



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN  
INVERSORES DE ONDA CUADRADA, MODIFICADA Y SENOIDAL PURA EN  
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS**

Propuesta Tecnológica presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en  
Electromecánica.

**Autores:**

Kevin Fabricio Basantes Guala

Edwin Marcelo Guaman Taco

**Tutor Académico:**

Ing. Efrén Damián Albán Andrade MSc.

**LATACUNGA-ECUADOR**

**AGOSTO 2025**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Basantes Guala Kevin Fabricio con cedula de ciudadanía N. 0504107111 y Guaman Taco Edwin Marcelo con cedula de ciudadanía N. 0503879249, con el título de Proyecto de titulación: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN INVERSORES DE ONDA CUADRADA, MODIFICADA Y SENOIDAL PURA EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS”**, siendo el Ing. Cruz Panchi Luis Rolando Ms.C, guía del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, agosto 2025



Basantes Guala Kevin Fabricio

C.C: 0504107111

AUTOR 1



Guaman Taco Edwin Marcelo

C.C: 0503879249

AUTOR 2

## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN INVERSORES DE ONDA CUADRADA, MODIFICADA Y SENOIDAL PURA EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS”**, propuesto por el estudiante Basantes Guala Kevin Fabricio con cédula de ciudadanía N. 0504107111 y Guaman Taco Edwin Marcelo con cédula de ciudadanía N. 0503879249, de la Carrera de Electromecánica, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.

Latacunga, julio de 2025



---

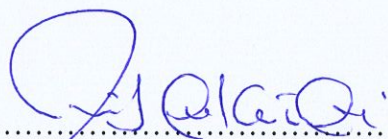
Ing. Efrén Damián Albán Andrade MSc.  
C.C. 050252951-4  
TUTOR

## AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban la presente propuesta tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Basantes Guala Kevin Fabricio con cedula de ciudadanía N. 0504107111 y Guaman Taco Edwin Marcelo con cedula de ciudadanía N. 0503879249, con el título de Proyecto de titulación: **“ANALISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE ENERGIA ELECTRICA EN INVERSORES DE ONDA CUADRADA, MODIFICADA Y SENOIDAL PURA EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

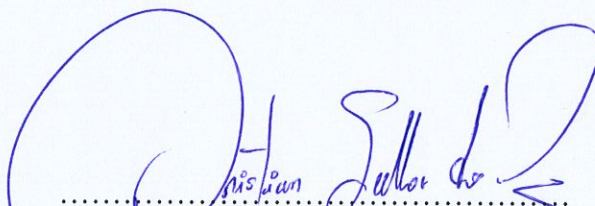
Latacunga, julio de 2025



.....  
Ing. Cruz Panchi Luis Rolando Msc.

CC:0502595176

LECTOR 1 (PRESIDENTE)



.....  
Ing. Gallardo Molina Cristian Fabian Ms.C

CC:0502847692

LECTOR 2 (MIEMBRO)



.....  
Ing. Laurencio Alfonso Héctor Luis Ms.C

CC:1758367252

LECTOR 3 (MIEMBRO)

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco principalmente a mi Madre y Padre que han sido el pilar fundamental para cumplir el sueño de ser un profesional.*

*A mi familia en general que han aportado con sus oraciones en mi vida.*

*A mis docentes que han sabido impartir su sabiduría y conocimientos en el tiempo de preparación profesional.*

*Gracias a la Universidad Técnica de Cotopaxi por  
ser un hogar más de enseñanza para la vida.*

***Edwin Guaman***

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo va dedicado principalmente a mi madre quien confía en mí y la que siempre me brindado su apoyo para poder lograr esta meta propuesta.*

**Edwin Guaman**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primera instancia daré siempre Gracias a Dios y a la Virgencita María por la salud y la vida que nos brinda día a día y bendice siempre con el bienestar de mi madre y de todos mis seres queridos que siempre han estado en mi vida.*

*El amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban mi madre por mis avances y desarrollo de esta tesis, es simplemente único y se refleja en la vida de un hijo.*

*Gracias a mi madre por ser la principal promotora de mis sueños, gracias a ella por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi*

*madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.*

*Gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.*

***Kevin Basantes***

## **DEDICATORIA**

*Dedico con todo mi corazón mi tesis a mis dos madres, Gloria Basantes Guala que está siempre junto a mí, pues sin ella no lo habría logrado. Sus bendiciones a diario a lo largo de mi vida me protegen y me llevan por el camino del bien. Por eso le doy mi trabajo en ofrenda por su paciencia y amor a mi madrecita, linda, la Amo Inmensamente.*

**Kevin Basantes**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

### TITULO: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE ENERGIA ELECTRICA EN INVERSORES DE ONDA CUADRADA, MODIFICADA Y SENOIDAL PURA EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS”

#### **Autores:**

Basantes Guala Kevin Fabricio

Guaman Taco Edwin Marcelo

#### **RESUMEN**

Los sistemas fotovoltaicos aislados en Ecuador enfrentan desafíos significativos relacionados con la calidad de energía eléctrica entregada por diferentes tipos de inversores, la ausencia de estudios comparativos locales que evalúen su cumplimiento con la normativa vigente generaba incertidumbre técnica tanto en los instaladores como en los usuarios finales. Para mitigar este problema, el presente estudio realizó un análisis comparativo entre tres tipos de inversores de onda cuadrada, onda senoidal modificada y onda senoidal pura evaluando su desempeño conforme a los parámetros establecidos en la regulación ARCERNNR 003/23. La metodología incluyó el diseño y construcción de un módulo de prueba que permitió la conexión segura de inversores, cargas domésticas típicas y un analizador de calidad de energía Fluke 1777. Posteriormente se realizaron mediciones en condiciones controladas, tanto en vacío como con cargas resistivas, inductivas y mixtas, se analizaron variables como el nivel de voltaje, la distorsión armónica total (THD) y el flicker.

Los resultados indican que el inversor de onda cuadrada no cumplió la normativa por su THD superior al 28% y variaciones de voltaje fuera del  $\pm 8\%$ . El inversor de onda modificada mejoró la regulación de voltaje, pero mantuvo alta distorsión armónica. En cambio, el inversor de onda senoidal pura cumplió todos los requisitos, proporcionando energía estable y apta para cargas sensibles. Este estudio aportó criterios técnicos validados para la selección de inversores en sistemas fotovoltaicos aislados.

**Palabras clave:** Calidad de energía, Inversores, Sistemas fotovoltaicos aislados, Normativa ARCERNNR 003/23, Distorsión armónica, Flicker.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TITLE: “COMPARATIVE ANALYSIS OF ELECTRICAL POWER QUALITY IN SQUARE WAVE, MODIFIED SINE WAVE, AND PURE SINE WAVE INVERTERS IN ISOLATED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS”**

**Authors:**

Basantes Guala Kevin Fabricio

Guaman Taco Edwin Marcelo

**ABSTRACT**

Isolated photovoltaic systems in Ecuador face significant challenges related to the quality of electrical power delivered by different types of inverters. The lack of local comparative studies evaluating compliance with current regulations has generated technical uncertainty among both installers and end users. To address this issue, the present study carried out a comparative analysis of three types of inverters square wave, modified sine wave, and pure sine wave in terms of their performance based on the parameters established in regulation ARCERNNR 003/23. The methodology included the design and construction of a test module that allowed for the safe connection of inverters, typical household loads, and a Fluke 1777 power quality analyzer. Measurements were then taken under controlled conditions, both at no load and with resistive, inductive, and mixed loads. Variables such as voltage level, total harmonic distortion (THD), and flicker were analyzed.

The results showed that the square wave inverter failed to comply with the regulation due to a THD greater than 28% and voltage variations exceeding the  $\pm 8\%$  limit. The modified sine wave inverter showed better voltage regulation but continued to exhibit high harmonic distortion. In contrast, the pure sine wave inverter met all regulatory requirements, providing stable energy suitable for sensitive loads. This study provides validated technical criteria for the appropriate selection of inverters in Isolated photovoltaic systems.

**Keywords:** Power quality, Inverters, Isolated photovoltaic systems, ARCERNNR 003/23 regulation, Harmonic distortion, Flicker.

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN INVERSORES DE ONDA CUADRADA, MODIFICADA Y SENOIDAL PURA EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS”** presentado por: **Basantés Guala Kevin Fabricio y Guamán Taco Edwin Marcelo**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 06 de agosto de 2025

Atentamente,



Mg. Patricia Marcela Chacón Porras  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**C.C: 0502211196**

## ÍNDICE GENERAL

1	INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2	INTRODUCCIÓN .....	1
2.1	Situación Problemática.....	2
2.2	Formulación del problema.....	3
2.3	OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN .....	3
2.3.1	Objeto de Investigación:.....	3
2.3.2	Campo de Acción: .....	3
2.3	BENEFICIARIOS .....	3
2.3.1	Directo .....	3
2.3.2	Indirecto.....	3
2.5	OBJETIVOS.....	4
2.5.1	General.....	4
2.5.2	Específicos.....	4
2.5.3.	SISTEMAS DE TAREAS .....	5
3	MARCO TEÓRICO .....	6
3.1	Definición y Aplicación.....	6
3.1.1	Desafíos Técnicos en Sistemas Aislados.....	8
3.2	Función del Inversor en Sistemas Aislados.....	9
3.2.1	Impacto de las Variaciones del Voltaje de Batería.....	9
3.2.2	Optimización de Eficiencia Variable del Inversor.....	9
3.2.3	Clasificación de Inversores según la Forma de Onda.....	10
3.2.4	Inversores de Onda Cuadrada.....	10
3.2.5	Funcionamiento del inversor de onda cuadrada.....	11
3.2.6	Limitaciones de operación.....	11
3.2.7	Análisis Matemático de la Forma de Onda .....	11

3.2.8 Inversores de Onda Modificada.....	12
3.2.9 Funcionamiento de la onda modificada.....	12
3.2.10 Limitaciones de operación.....	12
3.2.11 Modelo mate temático. ....	12
3.2.12 Inversores de Onda Senoidal Pura.....	13
3.2.13 Funcionamiento de la onda pura.....	13
3.2.14 Limitaciones de operación.....	14
3.3 Parámetros Técnicos de Calidad de Energía Eléctrica .....	14
3.3.1 Definiciones y conceptos fundamentales.....	14
3.3.2 Calidad de energía en sistemas fotovoltaicos. ....	15
3.4 Requisitos Regulatorios de Calidad Eléctrica (ARCERNNR 003/23).....	15
3.5 NORMATIVA ECUATORIANA .....	15
3.6 ARCERNNR-003/2023 CALIDAD DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	16
3.7 Clasificación de cargas eléctricas según su comportamiento.....	17
3.7.1 Cargas lineales .....	17
3.7.2 Cargas no lineales .....	17
3.8 Generación y Comportamiento de Armónicos. ....	18
3.8.1 Origen de los armónicos .....	18
3.9 Instrumento de Clase A para Evaluación Eléctrica.....	19
4 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS. ....	19
4.1 Declaración de variables.....	20
4.1.1 Variable independiente. ....	20
4.1.2 Variable dependiente. ....	20
4.2 Diagrama de metodología.....	20
4.3 Regulación ARCERNNR-003/23 .....	20
4.4 Diseño de módulo de prueba.....	22

4.4.1 Materiales utilizados para el armado del módulo. ....	24
4.4.2 Construcción de estructura metálica. ....	24
4.5 Cálculos para cargas, conductores y sistemas de protección. ....	24
Carga resistiva (Banco de resistencias) .....	25
4.6 Calibres de conductor. ....	25
4.6 Equipo empleado. ....	26
4.7 Conexión del analizador a los Inversores. ....	27
4.8 Diagramas de conexión.....	30
4.9 Configuración del sistema y registro de datos. ....	33
5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	34
5.1.1 Nivel de voltaje (%).....	36
5.1.2 Distorsión armónica de voltaje (%). ....	36
5.1.3 Flicker de voltaje.....	37
5.2 Caso II: Inversor de onda senoidal modificada.....	38
5.2.1 Nivel de voltaje (%).....	39
5.2.2 Distorsión armónica de voltaje (%) .....	40
5.2.3 Flicker de voltaje.....	41
5.3 Caso III: Inversor de onda senoidal pura .....	42
5.3.1 Nivel de voltaje (%).....	43
5.3.2 Distorsión armónica de voltaje (%) .....	44
5.3.3 Flicker de voltaje.....	45
5.4 DISCUSION. ....	46
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	46
6.1 CONCLUSIONES .....	46
6.2 RECOMENDACIONES.....	47
7 REFERENCIAS.....	47
8 ANEXOS .....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Funcionamiento de un Sistema fotovoltaico aislado.....	7
Figura 2 Inversores aislados y sus salidas características.....	10
Figura 3 Se observa el comportamiento de una Onda cuadrada.....	12
Figura 4 Comportamiento de una onda modificada. ....	13
Figura 5 Comportamiento de una onda senoidal pura. ....	14
Figura 6 Comportamientos de Ondas de voltaje y corriente de una carga lineal [22]. ....	17
Figura 7 Comportamiento de distorsión de voltaje provocado por la carga no lineal [22]. ....	18
Figura 8 Distorsión de una onda fundamental por armónicos.....	18
Figura 9 Diseño en CAD del módulo integrado de protecciones, inversores y banco de baterías. .....	23
Figura 10 Panel de conexiones. ....	27
Figura 11 Panel frontal [27].....	28
Figura 12 Topología de conexión del analizador de red. ....	29
Figura 13 Esquema de conexión de radio, batidora y focos - Analizador de red.....	30
Figura 14 Esquema de conexión de una radio, batidora y focos – Analizador de red. ....	31
Figura 15 Esquema de conexión de radio, batidora y focos - Analizador de red.....	32
Figura 16 Medio de interacción con el Software Fluke Energy Analyze Plus.....	33
Figura 17 Porcentaje de variación de voltaje. ....	36
Figura 18 Distorsión armónica total (THD). ....	37
Figura 19 Índice de severidad de flicker de corta duración.....	38
Figura 20 Porcentaje de variación de voltaje. ....	40
Figura 21 Distorsión armónica total (THD). ....	41
Figura 22 Índice de severidad de flicker de corta duración.....	42
Figura 23 Porcentaje de variación de voltaje. ....	44
Figura 24 Distorsión armónica total (THD). ....	44
Figura 25 Índice de severidad de flicker de corta duración.....	45

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Elementos que componen el Módulo de Prueba. ....	23
Tabla 2 Cargas de Prueba Experimental.....	24
Tabla 3 Capacidad de protección en según el calibre del conductor [26]. ....	25

Tabla 4 Descripción de elementos para el uso de conectores.....	27
Tabla 5 Descripción de elementos para el uso de conectores.....	28
La Tabla 6 especifica la descripción del esquema junto con sus elementos correspondientes.	30
La Tabla 7 especifica la descripción del esquema junto con sus elementos correspondientes.	31
La Tabla 8 especifica la descripción del esquema junto con sus elementos correspondientes.	32
Tabla 9 Comparación con Normativa ARCERNNR 003/23.....	35
Tabla 10 Comparación con Normativa ARCERNNR 003/23.....	39
Tabla 11 Comparación con Normativa ARCERNNR 003/23.....	43

## 1 INFORMACIÓN GENERAL

**Tema del proyecto:** Análisis comparativo de la calidad de energía en inversores de onda cuadrada, modificada y senoidal pura en sistemas fotovoltaicos aislados.

**Modalidad de Titulación:**

Propuestas Tecnológicas   
Proyectos de Investigación

**Carrera:** Electromecánica

**Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto:**

Desarrollo de tecnologías de eficiencia energética en el sector de producción de San Felipe.

**Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:**

Basantes Guala Kevin Fabricio

Guaman Taco Edwin Marcelo

Ing. Cruz Panchi Luis Rolando

**Área de Conocimiento:**

Basándonos en la norma CINE-UNESCO, se describen a continuación las áreas de conocimiento:

Tabla 1 Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO [2].

07 ingeniería, Industria y Construcción	07 ingeniería y Profesión Afines	0713 electricidad y Energía

**Línea de investigación:**

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

**Sublíneas de investigación de la Carrera:**

Eficiencia energética e integración de fuentes de energía renovables.

## 2 INTRODUCCIÓN

Ecuador atraviesa un cambio importante en su matriz energética impulsado por la exigencia de diversificar las fuentes de producción de electricidad. De acuerdo con información del Operador Nacional de Electricidad (Cenace), el 72% de su energía proviene del agua, circunstancia que ha provocado vulnerabilidades sistémicas que se han manifestado durante largos periodos de sequía [1]. Esta dependencia hidroeléctrica ha catalizado el interés gubernamental hacia tecnologías fotovoltaicas como alternativa de generación distribuida. Los sistemas fotovoltaicos aislados representan una solución técnicamente viable para

comunidades rurales remotas donde la extensión de redes eléctricas convencionales resulta económicamente [2]. identificaron que aproximadamente 250,000 habitantes en zonas rurales del Ecuador carecen de acceso confiable al servicio eléctrico nacional. En este contexto, los inversores fotovoltaicos desempeñan un papel fundamental como interfaz entre los paneles solares y la red eléctrica, siendo responsables de la conversión de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC) que permita el suministro de energía a las cargas conectadas [3].

La normativa nacional establece requisitos claros de calidad para la energía eléctrica que deben cumplir estos equipos, especialmente en aspectos como la forma de onda, el nivel de voltaje, contenido armónico, flicker, desequilibrio de voltaje. Sin embargo, en la práctica, muchos inversores comerciales no cumplen del todo con estos estándares, presentando diferencias importantes en su funcionamiento.

Un análisis detallado de las características de salida de los inversores fotovoltaicos disponibles en el mercado revela que la mayoría de estos dispositivos generan una señal de salida de forma cuadrada o cuadrada modificada, en lugar de la clásica señal sinusoidal pura que exige la normativa actual. Esta diferencia en la forma de onda no es solo un detalle técnico menor, sino que puede tener impactos importantes tanto en el funcionamiento de los sistemas eléctricos como en los costos y la eficiencia de los equipos conectados.

Los problemas que pueden surgir de esta situación incluyen un aumento en las pérdidas por calor en motores eléctricos, vibraciones mecánicas no deseadas, interferencias electromagnéticas, una menor eficiencia en el uso de la energía del sistema y, en casos extremos, daños prematuros en equipos sensibles. Todo esto no solo disminuye la eficacia y eleva los gastos de mantenimiento y sustitución, sino que además puede provocar averías imprevistas en los aparatos.

Esta investigación tiene como objetivo analizar comparativamente la calidad de energía eléctrica entregada por tres tipos de inversores, mediante un módulo de prueba diseñado para conectar cargas puntuales, siguiendo el procedimiento y los criterios definidos en la normativa. Los resultados permitirán establecer criterios técnicos para la selección adecuada de inversores, promoviendo instalaciones más seguras, eficientes y normativamente correctas.

## **2.1 Situación Problemática**

Los sistemas fotovoltaicos aislados en Ecuador enfrentan desafíos significativos relacionados con la calidad de energía eléctrica entregada por diferentes tipos de inversores [4]. La ausencia de estudios comparativos locales que evalúen el cumplimiento normativo según la

regulación ARCERNNR 003/23 genera incertidumbre técnica entre instaladores y usuarios finales. Los inversores comercializados localmente presentan especificaciones técnicas variables que no siempre incluyen caracterización completa de parámetros de calidad energética. Esta limitación informativa dificulta la selección apropiada según requisitos específicos de aplicación. Adicionalmente, la falta de protocolos estandarizados de medición contribuye a evaluaciones inconsistentes entre proveedores.

Frente a este escenario, resulta imprescindible promover estudios que incluyan pruebas experimentales bajo circunstancias reales de funcionamiento en el país. Estos análisis posibilitarían determinar el rendimiento auténtico de los inversores en relación con los indicadores esenciales de calidad eléctrica, promover una base de datos técnica a nivel nacional con datos comprobables contribuiría a optimizar la toma de decisiones en proyectos independientes, maximizando la inversión y asegurando una mayor fiabilidad en el abastecimiento de electricidad. Además, es crucial que las entidades académicas, técnicas y reguladoras colaboren de forma conjunta en la elaboración de regulaciones claras y renovadas que guíen la evaluación y elección de estos aparatos. Adicionalmente, el aumento en la necesidad de soluciones energéticas sustentables en regiones no interconectadas del país ha impulsado la implementación de sistemas fotovoltaicos sin una adecuada valoración previa del rendimiento de sus elementos, en particular de los inversores.

## **2.2 Formulación del problema**

En las zonas aisladas, los inversores no garantizan la calidad de energía eléctrica conforme a la normativa, lo que afecta el rendimiento y seguridad de los equipos.

## **2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **2.3.1 Objeto de Investigación:**

Sistemas Fotovoltaico aislado.

### **2.3.2 Campo de Acción:**

3322.05 Fuentes no convencionales de energía.

## **2.3 BENEFICIARIOS**

### **2.3.1 Directo**

Investigadores del proyecto, Docentes universitarios

### **2.3.2 Indirecto**

Comunidad Universitaria

## **2.4 JUSTIFICACIÓN**

La investigación propuesta responde a necesidades técnicas identificadas en el sector energético nacional. La caracterización comparativa de inversores permitirá establecer criterios objetivos de selección basados en evidencia experimental local. Los resultados contribuirán al desarrollo de recomendaciones técnicas para instaladores y formuladores de políticas públicas.

Desde un punto de vista económico, la investigación proporcionará información valiosa para maximizar la relación costo-beneficio en proyectos fotovoltaicos aislados. Las comunidades rurales con recursos limitados se beneficiarán principalmente de la identificación de inversores que cumplan con los estándares regulatorios con una menor inversión inicial.

La repercusión social de la investigación se evidencia por la capacidad de incrementar la calidad del servicio eléctrico para los consumidores de sistemas fotovoltaicos independientes. La presencia de datos técnicos fiables permitirá tomar decisiones fundamentadas, lo que incrementará la satisfacción del usuario y prolongará la durabilidad de los dispositivos conectados.

La ausencia de capacitación especializada en las regulaciones actuales y en la interpretación adecuada de los parámetros eléctricos registrados puede llevar a fallos en la ejecución de proyectos, influenciando tanto la eficiencia como la protección del sistema por esta razón, es imprescindible robustecer los programas de capacitación continua.

## **2.5 OBJETIVOS**

### **2.5.1 General**

Comparar la calidad de energía eléctrica entregada por inversores de onda cuadrada, modificada y sinusoidal pura en sistemas fotovoltaicos aislados, evaluando su cumplimiento con la normativa vigente en el país.

### **2.5.2 Específicos**

- Definir las variables a medir para determinar la calidad de energía eléctrica tomando como referencia la regulación ARCERNNR 003/23.
- Diseñar un módulo de prueba que permita conectar con seguridad eléctrica los inversores con la carga y el analizador de redes.
- Realizar mediciones de la calidad de energía eléctrica de los inversores de onda cuadrada, modificada y sinusoidal pura considerando el tiempo de muestreo y periodo de medición recomendado por la regulación ARCERNNR 003/23.
- Evaluar la calidad de energía (nivel, flicker, distorsión armónica) verificando que se encuentren dentro de los límites de regulación ARCERNNR-003.

### 2.5.3. SISTEMAS DE TAREAS

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Definir las variables a medir para determinar la calidad de energía eléctrica tomando como referencia la regulación ARCERNNR 003/23	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Búsqueda bibliográfica de información sobre calidad de energía.</li> <li>- Determinar las variables tomadas en cuenta en el estudio de la calidad de la energía.</li> <li>- Desarrollo de un diagrama de flujo para el sistema de recolección de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtención de información teórica y técnica que respalde el estudio de la calidad energética.</li> <li>- Descripción de las variables que afectan la calidad de la energía.</li> <li>- Diagrama de flujo que presenta de manera organizada el proceso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión bibliográfica</li> <li>- Normas para sistemas eléctricos.</li> </ul>
Diseñar un módulo de prueba que permita conectar con seguridad eléctrica los inversores con la carga y el analizador de redes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elección de los elementos eléctricos del módulo.</li> <li>- Dimensionar las protecciones y el cableado eléctrico del módulo para un funcionamiento eficaz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño del módulo de prueba.</li> <li>- Cálculos del dimensionamiento de protecciones de la mesa de prueba.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagrama unifilar del diseño eléctrico</li> <li>- Normas y reglas para sistemas eléctricos.</li> <li>- Hojas de cálculo con las fórmulas necesarias.</li> </ul>

<p>Realizar mediciones de la calidad de energía eléctrica de los inversores de onda cuadrada, modificada y sinusoidal pura considerando el tiempo de muestreo y periodo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elección de cargas a conectar.</li> <li>-Esquemas de conexión individual de los tres tipos de inversores.</li> <li>- Esquemas de la topología de conexión del analizador de red con los inversores con sus cargas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálculos de la demanda energética de las cargas.</li> <li>- Esquemas de conexiones de los inversores con sus cargas.</li> <li>- Esquema de la topología de conexión del analizador de red.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Normas y reglas para sistemas eléctricos.</li> <li>- Hojas de cálculo con las fórmulas necesarias.</li> <li>- Diagrama unifilar Eléctrico.</li> <li>- Analizador de calidad de energía (Fluke 1777).</li> </ul>
<p>Evaluar la calidad de energía (nivel, flicker, distorsión armónica) verificando que se encuentren dentro de los límites de regulación ARCERNR-003</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exportar los archivos de calidad energética individual de cada inversor.</li> <li>- Evaluar los datos recolectados en el programa Excel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Documentos que contienen los datos de la calidad energética individual de cada inversor.</li> <li>- Datos y graficas de las variables de calidad energía de los tres tipos de inversores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programas de análisis como Excel.</li> <li>Gráficos en analizador fluke 177</li> </ul>

### 3 MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Definición y Aplicación

En años recientes, el desarrollo de la energía solar fotovoltaica ha sido acelerado, registrando un incremento anual del 40% entre 2010 y 2019. Esto transforma a la fotovoltaica en una de las fuentes de energía renovable más importantes a nivel global, propulsada por la disminución de costos, las estrategias gubernamentales de estímulo y las metas audaces de

disminuir el calentamiento global. Debido a los altos niveles de radiación solar en la región, se predice que la capacidad fotovoltaica instalada en América Latina aumente en la década actual [5].



*Figura 1. Funcionamiento de un Sistema fotovoltaico aislado.*

La energía solar fotovoltaica se destaca como una de las tecnologías con mayor potencial para abordar los retos energéticos contemporáneos. Su operación se fundamenta en un intrigante fenómeno físico llamado efecto fotoeléctrico, hallado por Albert Einstein a comienzos del siglo XX. Cuando los fotones originados por la luz solar inciden en la superficie de un material semiconductor, como el silicio, envían su energía hacia los electrones de dicho material. Esta transmisión de energía causa que los electrones se desprendan de sus átomos y empiecen a desplazarse de forma organizada a través del semiconductor. Este desplazamiento en dirección de cargas eléctricas produce lo que denominamos corriente eléctrica [6].

El proceso es sorprendentemente elegante en su simplicidad. Los semiconductores utilizados en las células fotovoltaicas han sido tratados químicamente para crear dos capas con propiedades eléctricas distintas: una capa tipo "n" con exceso de electrones y otra capa tipo "p" con deficiencia de electrones. Cuando la luz solar incide sobre esta estructura, se crea un campo eléctrico en la zona de contacto entre ambas capas, lo que facilita el flujo ordenado de electrones.

Sin embargo, una sola célula fotovoltaica genera una cantidad limitada de energía eléctrica, típicamente entre 0.5 y 0.6 voltios. Para satisfacer las necesidades energéticas de hogares, empresas o comunidades enteras, es necesario crear sistemas más grandes y potentes. La construcción de paneles solares implica un proceso meticuloso de ensamblaje. Múltiples

células fotovoltaicas individuales se conectan eléctricamente entre sí, generalmente mediante soldadura de cintas conductoras. Estas células se encapsulan cuidadosamente entre capas de materiales protectores, como vidrio templado en la parte frontal y una lámina posterior resistente a la intemperie.

Todo el conjunto se enmarca en una estructura de aluminio resistente que proporciona rigidez estructural y facilita la instalación. La configuración eléctrica de estos sistemas puede variar según las necesidades específicas. Las células pueden conectarse en serie para aumentar el voltaje, en paralelo para incrementar la corriente, o en combinaciones más complejas para optimizar tanto voltaje como corriente. Los cables de conexión están especialmente diseñados para resistir las condiciones ambientales adversas y mantener la eficiencia del sistema durante décadas.

Los grandes parques solares llevan este concepto aún más lejos, conectando miles de paneles en configuraciones sofisticadas que pueden generar cientos de megavatios de energía limpia [7]. Estos sistemas abarcan inversores que transforman la energía continua producida por los paneles en corriente alterna compatible con la red eléctrica, sistemas de monitoreo solar que dirigen los paneles hacia el sol durante el día, y tecnologías de almacenaje que posibilitan el uso de la energía solar incluso cuando no hay luz solar accesible.

A diferencia de los sistemas conectados a red, los sistemas aislados deben gestionar de forma autónoma aspectos como la regulación de voltaje, frecuencia y calidad de onda. Por esta razón, el tipo de inversor utilizado influye directamente en el comportamiento eléctrico del sistema.

En este estudio, se comparan inversores de onda cuadrada, modificada y senoidal pura para evaluar su impacto sobre la calidad de energía entregada.

### **3.1.1 Desafíos Técnicos en Sistemas Aislados.**

La operación en modo aislado presenta desafíos técnicos específicos relacionados con la estabilidad del sistema y la calidad de la energía suministrada. La ausencia de una red eléctrica robusta que actúe como referencia de frecuencia y voltaje obliga al inversor a generar una señal de referencia estable internamente [8].

Las variaciones en el voltaje de las baterías, que pueden oscilar típicamente entre 10.5V y 14.4V en sistemas de 12V nominales, requieren que el inversor mantenga un voltaje de salida regulado. Adicionalmente, las cargas conectadas pueden presentar características no lineales que introducen distorsiones en la forma de onda, las cuales deben ser minimizadas para preservar la calidad energética.

### **3.2 Función del Inversor en Sistemas Aislados.**

Uno de los elementos más cruciales en el diseño de sistemas fotovoltaico aislados son los inversores monofásicos, especialmente en el contexto de electrificación rural que define a las regiones serranas y amazónicas. Estos potentes aparatos electrónicos han ganado relevancia estratégica dentro del contexto del Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER), cuyo papel principal es transformar de manera eficaz la electricidad proveniente de los paneles solares como fuente alternativa de energía que sea compatible con los aparatos electrodomésticos convencionales [9].

Estos dispositivos transforman corriente continua en corriente alterna mediante diferentes topologías que determinan las características de la forma de onda generada. La eficiencia de conversión, un parámetro crucial en las aplicaciones fotovoltaicas, suele superar el 95% en los inversores contemporáneos.

#### **3.2.1 Impacto de las Variaciones del Voltaje de Batería.**

En sistemas fotovoltaicos aislados, el voltaje de las baterías varía significativamente durante los ciclos de carga y descarga, típicamente entre 85% y 115% del voltaje nominal. Esta variación presenta desafíos específicos para el control del inversor, que debe mantener un voltaje de salida regulado independientemente de las fluctuaciones en la entrada de corriente continua.

Los inversores diseñados para aplicaciones aisladas incorporan etapas de regulación que pueden incluir convertidores DC-DC intermedios o técnicas de modulación con índices variables que compensan las variaciones del voltaje de entrada. La regulación efectiva requiere rangos de control amplios que puedan acomodar las variaciones esperadas sin comprometer la calidad de la forma de onda de salida.

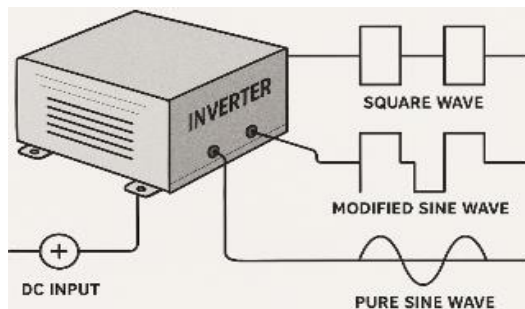
La respuesta dinámica del sistema de regulación debe ser suficientemente rápida para seguir las variaciones del voltaje de batería durante transitorios de carga, pero suficientemente lenta para evitar respuestas innecesarias a fluctuaciones de alta frecuencia que podrían introducir distorsión adicional en la forma de onda de salida.

#### **3.2.2 Optimización de Eficiencia Variable del Inversor.**

La eficiencia del inversor varía significativamente con el voltaje de entrada y la carga conectada, requiriendo estrategias de optimización que consideren las condiciones operacionales variables típicas de sistemas aislados. Durante períodos de baja carga y voltaje

reducido de batería, la eficiencia puede degradarse sustancialmente, afectando la autonomía total del sistema.

Las técnicas de optimización incluyen la modulación adaptativa de la frecuencia de conmutación, donde frecuencias más bajas se utilizan durante condiciones de baja carga para reducir las pérdidas por conmutación. Adicionalmente, algunos diseños incorporan múltiples etapas de potencia que pueden desactivarse durante operación de baja carga, manteniendo alta eficiencia en un rango amplio de condiciones operacionales.



*Figura 2 Inversores aislados y sus salidas características.*

Para la elección entre diferentes tipos de inversores se debe considerar múltiples factores técnicos y económicos. Los inversores fuera de red son fundamentales en sistemas energéticos autónomos, y existen varios tipos según la calidad de la onda y su frecuencia de trabajo.

### **3.2.3 Clasificación de Inversores según la Forma de Onda.**

La principal forma en que se clasifican los inversores fotovoltaicos es por el tipo de corriente alterna que producen. Esta característica determina la compatibilidad con varios tipos de carga y afecta directamente la calidad de entrega de energía del sistema. La clasificación incluye tres categorías principales:

- Inversores de onda cuadrada.
- Inversores de onda modificada.
- Inversores de onda sinusoidal pura.

Cada tipo tiene características técnicas únicas que afectan su costo, rendimiento operativo y su aplicación.

### **3.2.4 Inversores de Onda Cuadrada**

Los inversores de onda cuadrática son los más elementales y rentables, simbolizando la configuración más sencilla y accesible que se puede utilizar en el sector comercial. Su

funcionamiento se fundamenta en el corte instantáneo entre los niveles de voltaje positivo y negativo de la fuente de corriente continua, creando una forma de onda rectangular con transiciones inmediatas.

El alto contenido armónico de esta señal se debe a la ausencia de suavizado durante las transiciones. Las frecuencias impares armónicas (tercera, quinta, séptima) tienen amplitudes considerables que pueden llegar a fracciones significativas de la fundamental. Además, no resultan idóneos para alimentar aparatos que necesitan una forma de onda senoidal pura, como los motores de inducción y ciertos tipos de luz.

### **3.2.5 Funcionamiento del inversor de onda cuadrada.**

Para convertir la tensión de corriente continua en tensión alterna de onda cuadrada (o bipolar), se utiliza un circuito de conmutación. Un método es utilizar la bomba inversora (también conocida como bomba H). Los símbolos de interruptor se utilizan para representar transistores (IGBT o MOSFET) u otros tipos de dispositivos electrónicos de conmutación [10].

### **3.2.6 Limitaciones de operación**

Los inversores de onda cuadrada son para uso solamente para iluminación, televisores o aparatos pequeños debido a su elevado contenido armónico. Esta restricción operativa limita significativamente su aplicabilidad en sistemas modernos donde la calidad de la energía constituye un factor crítico. Los motores de inducción experimentan calentamientos excesivos y pérdidas adicionales cuando operan con este tipo de alimentación.

El ruido electromagnético generado por estas unidades puede interferir con equipos de comunicación cercanos, especialmente en frecuencias de radio AM. Además, muchos dispositivos electrónicos sensibles.

### **3.2.7 Análisis Matemático de la Forma de Onda**

La representación matemática de una onda cuadrada simétrica se expresa mediante la serie de Fourier:

$$v(t) = (4V_{dc}/\pi) \times \sum [1/n \times \text{sen}(n\omega t)]$$

donde  $n = 1, 3, 5, 7, \dots$  (armónicos impares únicamente)

Esta expresión revela que la onda cuadrada contiene exclusivamente armónicos impares, con amplitudes que decrecen inversamente proporcional al orden del armónico.

El tercer armónico presenta una amplitud equivalente al 33.3% de la fundamental, el quinto armónico 20%, y el séptimo 14.3%, generando un THD teórico del 48.3%.

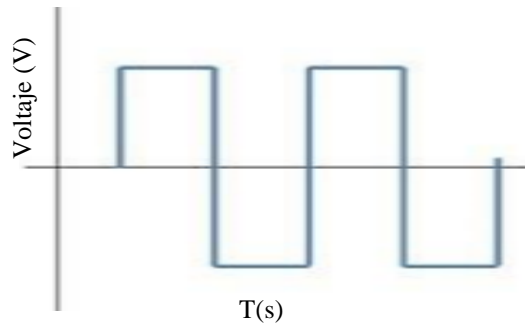


Figura 3 Se observa el comportamiento de una Onda cuadrada.

### 3.2.8 Inversores de Onda Modificada

Este tipo de onda deriva de la onda cuadrada, y mediante el uso de interruptores electrónicos, se ajustan los pulsos de la onda para que su máximo nivel se asemeje a una onda senoidal pura. El método utiliza la modulación por ancho de pulso (PWM) para generar escalones intermedios que se aproximan a la forma senoidal perfecta. Esta aproximación reduce sustancialmente el contenido armónico comparado con la onda cuadrada básica [11].

### 3.2.9 Funcionamiento de la onda modificada

La generación de onda senoidal modificada requiere circuitos de control más sofisticados que los necesarios para onda cuadrada. Los conmutadores electrónicos operan siguiendo patrones temporales específicos que crean múltiples niveles de tensión. Estos niveles escalonados proporcionan una aproximación por segmentos de la función senoidal continua [12]. Los inversores de senoidal modificada ofrecen mejor compatibilidad con cargas resistivas e inductivas básicas manteniendo costos de fabricación moderados. Su eficiencia energética supera típicamente el 85% en condiciones nominales de operación. Además, presentan menor generación de interferencias electromagnéticas respecto a las configuraciones de onda cuadrada pura [13].

### 3.2.10 Limitaciones de operación

Los inversores senoidales onda modificados son para dispositivos sin motor y que no funcionan bien con dispositivos complejos. Esta característica hace que destaquen como soluciones intermedias para aplicaciones residenciales básicas en las que no se necesita una alimentación precisa o sensible de los equipos.

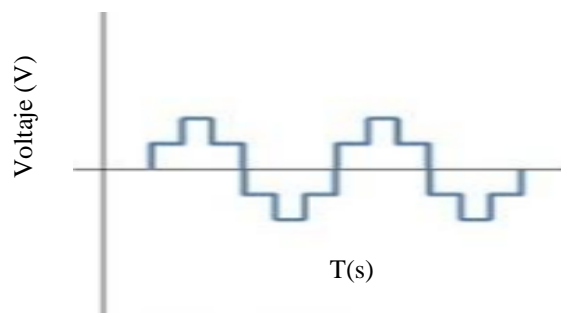
### 3.2.11 Modelo matemático.

La onda modificada presenta un espectro más complejo donde la introducción de períodos de voltaje cero modifica significativamente la distribución armónica. El ángulo de

conmutación optimizado puede eliminar armónicos específicos, típicamente el 3° y 5°, pero introduce componentes armónicos en frecuencias que no estaban presentes en la onda cuadrada. El análisis mediante series de Fourier de una onda modificada con ángulos de conmutación  $\theta_1$  y  $\theta_2$  muestra que los coeficientes armónicos dependen de las funciones trigonométricas de estos ángulos:

$$a_n = (4V_{dc}) / (n\pi) \times [\cos(n\theta_1) - \cos(n\theta_2)]$$

La optimización de  $\theta_1$  y  $\theta_2$  permite el control selectivo de armónicos específicos, aunque generalmente resulta en la aparición de nuevos armónicos de orden superior.



*Figura 4 Comportamiento de una onda modificada.*

### 3.2.12 Inversores de Onda Senoidal Pura

Los inversores onda senoidal pura son la tecnología de mayor avance y el estándar más elevado en conversión de energía.

Los inversores de onda senoidal pura producen patrones de onda que reproducen de manera precisa las propiedades de la red eléctrica diseñada para el uso comercial. Su implementación requiere técnicas avanzadas de modulación y filtrado que eliminan prácticamente todo el contenido armónico indeseado. La distorsión armónica total (THD) típicamente se mantiene por debajo del 3% en estos sistemas [14].

### 3.2.13 Funcionamiento de la onda pura

Este tipo de transformador produce mucha precisión y exactitud en términos de frecuencia y tensión, produciendo un océano más limpio que la misma red eléctrica.

Esto se debe al uso de componentes electrónicos más sofisticados, como los microprocesadores. Su aplicación requiere sofisticados circuitos de control, normalmente basados en la modulación por ancho de pulsos (PWM) de alta frecuencia, que permiten crear formas de onda prácticamente idénticas a las de la red eléctrica convencional [15]. Los inversores sinusoidales incorporan filtros de salida diseñados específicamente para eliminar

los componentes de alta frecuencia generados por la conmutación PWM. Estos filtros, típicamente de tipo LC o LCL, se dimensionan considerando la frecuencia de conmutación, la impedancia de carga esperada y los límites de distorsión armónica requeridos.

El diseño del filtro representa un compromiso entre la atenuación de armónicos de alta frecuencia y la respuesta dinámica del sistema. Filtros con mayor atenuación introducen retardos de fase que pueden afectar la estabilidad del control, especialmente con cargas no lineales que presentan corrientes con contenido armónico significativo.

### 3.2.14 Limitaciones de operación

Los inversores de onda senoidal pura funcionan con todo tipo de electrónica sensible y producen la misma onda que tenemos en nuestras vidas. Esta compatibilidad universal los convierte en la opción preferida para aplicaciones críticas en las que la calidad de la energía no puede verse comprometida. Este nivel de pureza en la alimentación es necesario para equipos médicos, sistemas de comunicación y dispositivos de precisión, alcanzan eficiencias superiores al 90% gracias a topologías optimizadas y componentes semiconductores avanzados. Su factor de potencia cercano a la unidad minimiza las pérdidas reactivas en la instalación.

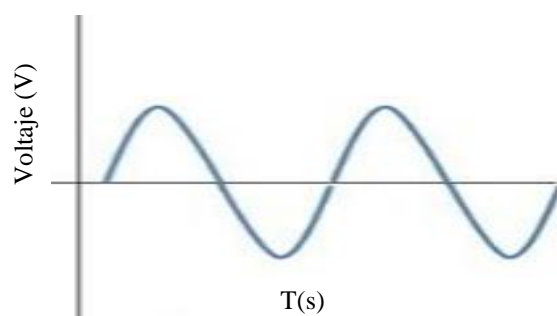


Figura 5 Comportamiento de una onda senoidal pura.

## 3.3 Parámetros Técnicos de Calidad de Energía Eléctrica

### 3.3.1 Definiciones y conceptos fundamentales

La calidad de energía eléctrica se define como un conjunto de características eléctricas que determinan la capacidad de los sistemas de potencia para funcionar de manera óptima sin afectar el rendimiento de las cargas conectadas. Este concepto abarca múltiples dimensiones técnicas que incluyen la estabilidad de la tensión dentro de rangos específicos para prevenir daños en equipos conectados al sistema. La frecuencia de corriente debe mantenerse estable

tanto en la entrada como en la salida del sistema para que pueda garantizar el funcionamiento correcto de todos los dispositivos eléctricos conectados [16].

### **3.3.2 Calidad de energía en sistemas fotovoltaicos.**

La calidad de la energía en los sistemas fotovoltaicos (FV) autónomos es un aspecto crítico que influye en la fiabilidad y eficiencia del suministro energético, sobre todo en zonas rurales y aisladas. La integración de sistemas de almacenamiento de energía, como las baterías, y de mecanismos de control avanzados es esencial para gestionar la variabilidad inherente a la energía solar y mantener la calidad de la energía [17].

En sistemas fotovoltaicos aislados, la calidad energética adquiere particular relevancia debido a la ausencia de una red eléctrica robusta que pueda compensar las deficiencias del inversor. Los equipos conectados dependen exclusivamente de la calidad proporcionada por el inversor, lo que hace crítico el cumplimiento de estándares específicos de calidad.

### **3.4 Requisitos Regulatorios de Calidad Eléctrica (ARCERNNR 003/23)**

Existen múltiples asociaciones profesionales que establecen estándares para la calidad de la energía; aunque la mayoría son a nivel nacional, algunas tienen alcance internacional.

La regulación ecuatoriana ARCERNNR 003/23 establece los valores límite para los parámetros mencionados, aun cuando se trate de sistemas aislados. Según esta normativa, el voltaje debe mantenerse dentro de un margen del  $\pm 8\%$  respecto al valor nominal; la distorsión armónica total no debe exceder el 8%; los índices de flicker Pst y Plt deben ser menores a 1.0 y 0.8 respectivamente.

Los procedimientos de evaluación incluyen disposiciones para consideración de circunstancias excepcionales, como condiciones meteorológicas adversas, variaciones estacionales extremas, o configuraciones de carga inusuales que puedan afectar la calidad energética. Estas disposiciones proporcionan un marco regulatorio robusto que balancea el cumplimiento normativo con la viabilidad técnica y económica de los sistemas aislados.

Evaluar estos parámetros permite garantizar la compatibilidad de los inversores con las cargas conectadas y verificar el cumplimiento de los estándares nacionales. La presente investigación se sustenta en dicha normativa para establecer los criterios de análisis y comparación entre los distintos tipos de inversores.

### **3.5 NORMATIVA ECUATORIANA**

En el Ecuador, se ha implementado un conjunto de regulaciones con el propósito fundamental de asegurar que los consumidores reciban un suministro de energía eléctrica de alta calidad.

La meta principal detrás de la creación de estas normativas es la definición y la restricción de ciertos parámetros técnicos para garantizar que el servicio eléctrico sea fiable y de la calidad. La normativa ecuatoriana analiza los siguientes índices:

- Nivel de voltaje.
- Flicker.
- Distorsión armónica de voltaje.

Estos parámetros pueden aplicarse a cualquier sistema eléctrico, incluidos los sistemas fotovoltaicos aislados, y se miden en un punto común de integración [18].

**Voltaje:** Es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. Cuando hablamos de calidad de energía, nos referimos a qué tan estable y fuerte es el voltaje que recibimos. Si hay fluctuaciones, picos o caídas en el voltaje, esto puede afectar el funcionamiento de nuestros aparatos electrónicos y eléctricos [19].

**Distorsión armónica de voltaje:** Son componentes adicionales en la forma de la corriente eléctrica, y son frecuencias que son múltiplos de la frecuencia principal. Normalmente, estos armónicos aparecen cuando cargas electrónicas no lineales, como cargadores de computadoras, convertidores de frecuencia o algunos equipos electrónicos, generan estas ondas adicionales. La presencia de estos armónicos puede distorsionar la forma de la señal y, en algunos casos, hacer que los equipos no funcionen correctamente.

### **Fluctuaciones Rápidas y Flicker**

Las fluctuaciones rápidas de voltaje, que pueden ocurrir en escalas de tiempo desde milisegundos hasta varios segundos, generan el fenómeno conocido como flicker luminoso. Este efecto, perceptible como variaciones en la intensidad luminosa de las lámparas, puede causar molestias visuales y fatiga en los usuarios.

La cuantificación del flicker se realiza mediante los indicadores Pst (flicker de corto plazo) y Plt (flicker de largo plazo), calculados según el estándar IEC 61000-4-15. Estos parámetros consideran la respuesta del ojo humano a las variaciones luminosas y establecen límites basados en estudios de percepción visual.

## **3.6 ARCERNNR-003/2023 CALIDAD DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Este reglamento está en vigor y fue publicado en el Registro Oficial No. 285 el 6 de abril de 2023. Su objetivo es establecer los estándares de calidad, indicadores y referencias que los distribuidores y comercializadores de energía eléctrica del país deben cumplir. Además, especifica los pasos para medir, registrar e informar estos indicadores [20].

Los procedimientos de evaluación incluyen disposiciones para consideración de circunstancias excepcionales, como condiciones meteorológicas adversas, variaciones estacionales extremas, o configuraciones de carga inusuales que puedan afectar la calidad energética. Estas disposiciones proporcionan un marco regulatorio robusto que balancea el cumplimiento normativo con la viabilidad técnica y económica de los sistemas aislados.

### 3.7 Clasificación de cargas eléctricas según su comportamiento

La distinción entre cargas lineales y no lineales constituye un aspecto crítico para comprender el comportamiento actual de las redes eléctricas.

#### 3.7.1 Cargas lineales

Las cargas lineales conservan una relación directamente proporcional entre la tensión aplicada y la corriente utilizada, de acuerdo con los principios dictados por la Ley de Ohm. Estas cargas mantienen la forma sinusoidal de la corriente al ser alimentadas con una tensión sinusoidal, conservando la impedancia inalterable sin importar la cantidad de tensión que se aplica [21]. Los dispositivos resistivos puros como calentadores eléctricos, bombillas incandescentes tradicionales y hornos de resistencia representan ejemplos característicos de cargas lineales. Los motores de inducción operando en condiciones nominales también exhiben comportamiento predominantemente lineal con mínima generación de componentes armónicas.

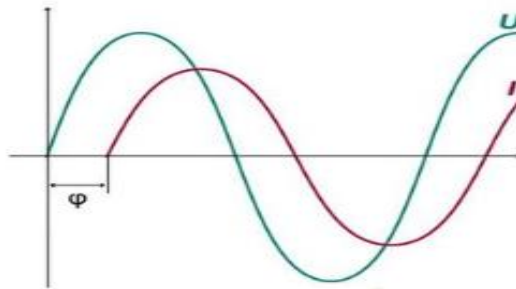
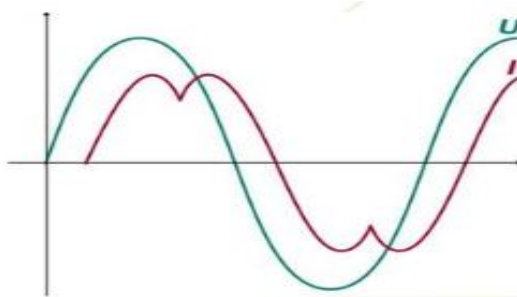


Figura 6 Comportamientos de Ondas de voltaje y corriente de una carga lineal [22].

#### 3.7.2 Cargas no lineales

Las cargas no lineales alteran la forma de la corriente en relación con el voltaje suministrado, lo que resulta en la creación de elementos armónicos que se añaden a la frecuencia básica del sistema eléctrico. Tales aparatos integran interruptores electrónicos de potencia que impiden el flujo de corriente durante la totalidad del ciclo de voltaje, lo cual provoca importantes alteraciones en la red eléctrica. Los convertidores electrónicos que se encuentran en aparatos contemporáneos como ordenadores, televisores LED, sistemas de iluminación fluorescente

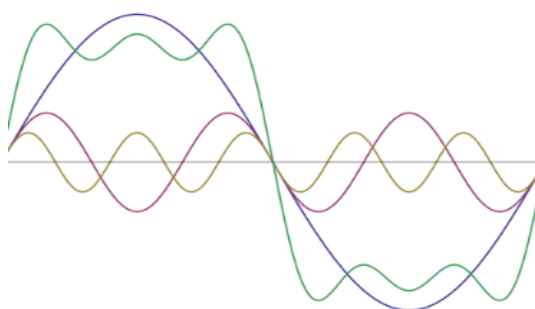
compacta y variadores de frecuencia, operan mediante conmutación veloz, generando pulsos de corriente que se desvían sustancialmente de la forma sinusoidal perfecta. Esta deformación se evalúa mediante el factor de distorsión armónica total (THD), que vincula la potencia de los componentes armónicos con el componente básico [23].



*Figura 7 Comportamiento de distorsión de voltaje provocado por la carga no lineal [22].*

### **3.8 Generación y Comportamiento de Armónicos.**

Los armónicos son un suceso que provoca la alteración de la onda sinusoidal, tanto en términos de tensión como de voltaje, en un sistema de electricidad. El cambio en la onda de voltaje y tensión se produce a través de la generación de ondas con frecuencias múltiples enteros de la frecuencia fundamental. La frecuencia armónica que se manifiesta en la onda inicial se denomina el múltiplo entero de la frecuencia fundamental, en tanto que el número de enteros que multiplican dicha frecuencia fundamental se denomina número armónico. Por ejemplo, si la frecuencia básica es de 60 Hz, los armónicos serían de 120 Hz (2o armónico), 180 Hz (3o armónico), 240 Hz (4o armónico) cuando se combinan, generarán un cierto tipo de onda distorsionante [24].



*Figura 8 Distorsión de una onda fundamental por armónicos.*

#### **3.8.1 Origen de los armónicos**

Estos problemas generalmente provienen de elementos no lineales presentes dentro del suministro eléctrico. Los elementos lineales, tal como una lámpara tradicional o un motor

sencillo, requieren corriente según el voltaje, conservando así la forma sinusoidal. Sin embargo, los elementos no lineales, como los rectificadores, inversores, ordenadores, variadores de velocidad o incluso aparatos modernos con componentes electrónicos complejos, no requieren corriente de manera constante. Un THD alto impacta de forma negativa la eficacia energética, acorta el tiempo de vida de los aparatos y pone en riesgo la seguridad de la instalación. Es por esto que, la normativa local impone límites rigurosos sobre su magnitud.

### **3.9 Instrumento de Clase A para Evaluación Eléctrica.**

El registrador de potencia Fluke 1777 es conocido por su precisión y versatilidad, ideal para entornos eléctricos complicados. Puede monitorear tres tensiones y cuatro corrientes al mismo tiempo, y captura datos importantes con intervalos ajustables según la necesidad del usuario. Gracias a su tecnología avanzada, facilita mucho el análisis de redes sin perder detalles en las mediciones. Ideal para estudios de carga prolongados o detección de anomalías en redes de baja y media tensión, este dispositivo revela perturbaciones que otros equipos pasarían por alto. Los técnicos confían en él para diagnosticar problemas intermitentes o evaluar instalaciones antes de ampliaciones críticas. La información que proporciona resulta clave para optimizar el consumo energético y prevenir fallos costosos [25].

El uso de este dispositivo garantiza la confiabilidad de los datos obtenidos, los cuales fueron utilizados para construir una base comparativa entre los tres tipos de inversores analizados en condiciones de vacío y con cargas puntuales. La correcta configuración del tiempo de muestreo y el periodo de medición fue realizada conforme a los lineamientos de la ARCERNR 003/23.

## **4 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.**

La metodología desarrollada en el presente estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo con diseño experimental de tipo comparativo. El objetivo central es evaluar el desempeño de tres tecnologías de inversión (onda cuadrada, onda senoidal modificada y onda senoidal pura) en sistemas fotovoltaicos aislados, mediante la medición y análisis de parámetros de calidad de energía, conforme a los lineamientos establecidos en la regulación ARCERNR 003/2023.

La naturaleza del problema de investigación requiere mediciones precisas y objetivas de parámetros eléctricos específicos, lo cual justifica la selección de un método cuantitativo experimental. La necesidad de comparar el desempeño de tres tecnologías diferentes bajo condiciones controladas hace indispensable un diseño experimental que permita aislar las

variables de interés y establecer relaciones causales entre el tipo de inversor y la calidad energética resultante.

El alcance del estudio comprende:

- Evaluación experimental directa en inversores conectados a cargas típicas de uso residencial.
- Análisis normativo con base en límites establecidos por la ARCERNNR.
- Determinación de condiciones de operación críticas que comprometen la calidad de energía.

Se adoptó un diseño experimental puro con grupos múltiples, en el que cada tipo de inversor representa un grupo experimental independiente. Este enfoque permite establecer relaciones causales entre la variable independiente (tipo de inversor) y la variable dependiente (parámetros de calidad de energía eléctrica), bajo condiciones controladas de laboratorio. Las variables se establecen de la forma siguiente:

#### **4.1 Declaración de variables.**

##### **4.1.1 Variable independiente.**

Tipo de tecnología de inversión (onda cuadrada, onda modificada, onda senoidal pura).

##### **4.1.2 Variable dependiente.**

Parámetros de calidad energética según regulación ARCERNNR 03/23, específicamente aquellos relacionados con la calidad del producto.

#### **4.2 Diagrama de metodología.**

En la figura 9, el diagrama de flujo presentado ilustra de manera sistemática la secuencia metodológica seguida en el desarrollo del proyecto.

#### **4.3 Regulación ARCERNNR-003/23**

Para el desarrollo de esta investigación, se inició con una revisión de la normativa vigente y actualizada del sector eléctrico de Ecuador ARCERNNR-003/2023. De igual manera, se identificó que la reglamentación ARCERNNR-003/2023 impone restricciones concretas para factores como el voltaje, la frecuencia, el contenido armónico y los flujos de energía, aspectos que deben tenerse en cuenta durante el diseño y la evaluación de sistemas fotovoltaicos independientes. Estos parámetros posibilitan comprobar si los dispositivos satisfacen los criterios de calidad mínimos requeridos por la entidad reguladora, En la figura 10 se muestra las variables en base a la calidad de producto (Nivel de voltaje, Armónicos, Flicker y desequilibrio) de mayor influencia para evaluar y determinar las condiciones que garantizan un sistema eléctrico más confiable y de alta calidad.

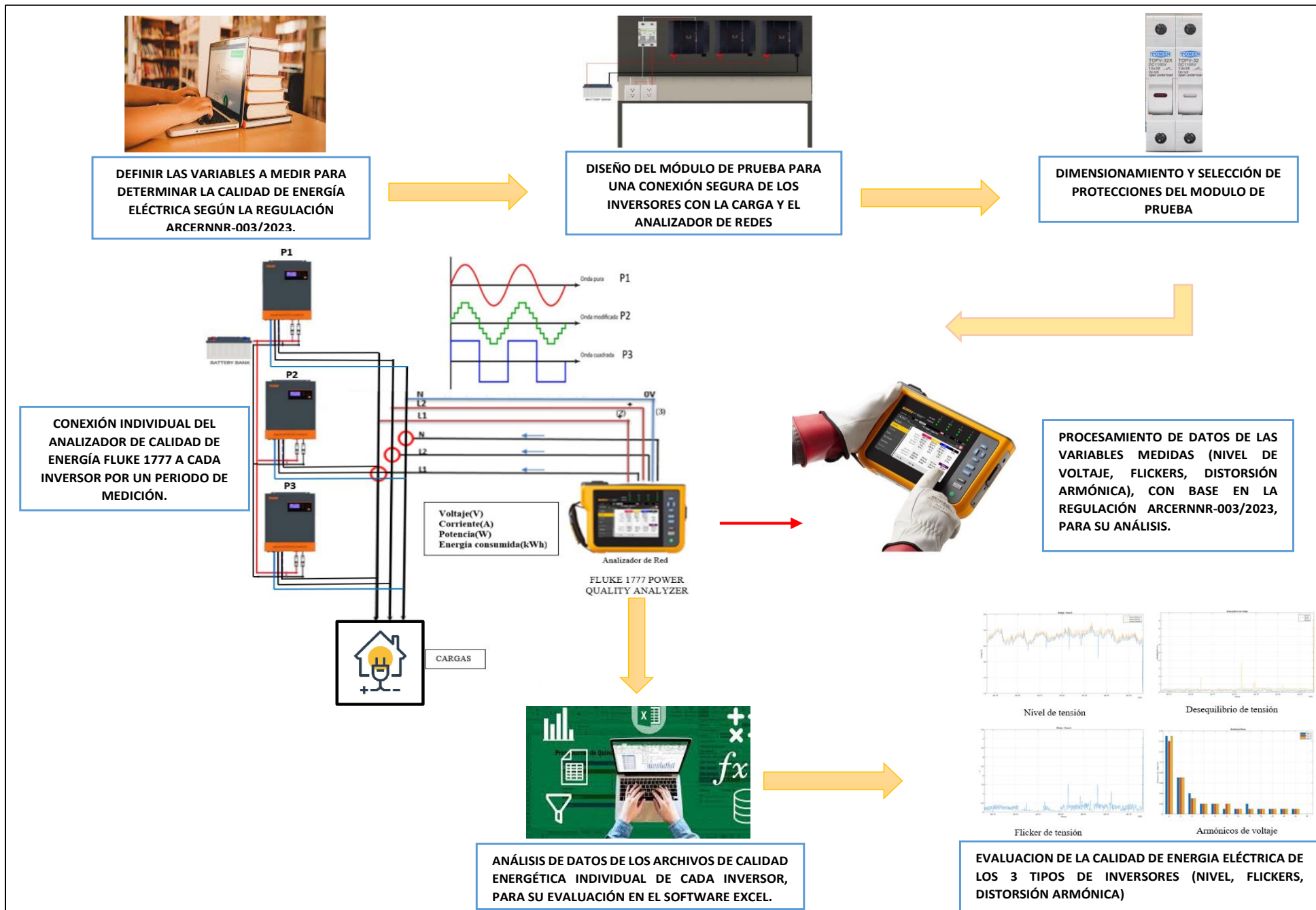


Figura 9 Diagrama de metodología.

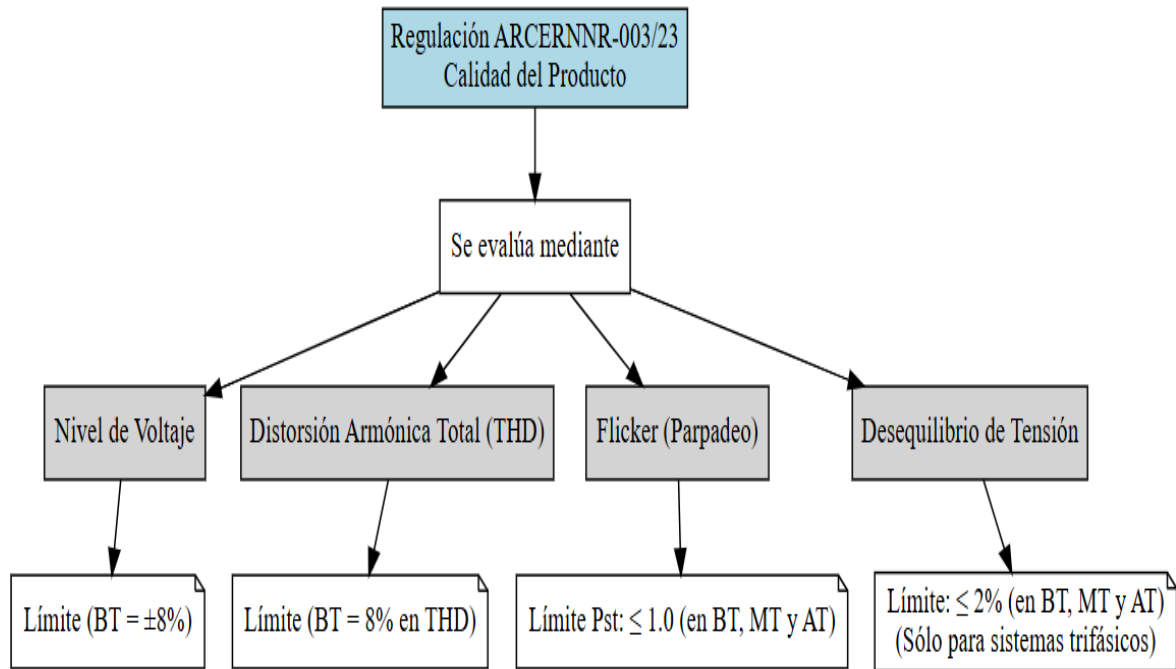


Figura 10 Mapa conceptual de la regulación ARCERNNR-003/23 sobre la calidad del producto.

#### 4.4 Diseño de módulo de prueba

En este contexto se desarrolla un módulo de pruebas metálico, con estructura soldada y montaje en melamina, que permite la instalación segura de inversores, sistema de protección, cargas y conexiones hacia el analizador.

Para lograr este objetivo se implementó diversos procesos de planificación, diseño AutoCAD. El banco incorporará protecciones mediante fusibles dimensionados según la corriente de salida de cada inversor, considerando un factor de seguridad del 1,25%. Este criterio está respaldado por la (NEC), donde se establece que para cargas continuas se debe considerar un incremento sobre la corriente nominal al dimensionar los dispositivos de protección contra sobre corriente. También se determinaron calibres de conductores de acuerdo a la norma ya descrita.

El protocolo de pruebas desarrollado incorporo dos tipos de inversores de onda cuadrada y de onda modificada y el tercer inversor de onda pura que se encuentra en los laboratorios de eficiencia energética de la Universidad Técnica de Cotopaxi el diagrama eléctrico se observa en anexos, cada uno con características y técnicas distintas, lo que permite evaluar el comportamiento de diversas tecnologías de conversión de energía.

La Figura 11 muestra el diseño en CAD del Módulo de Prueba, el cual permite visualizar de manera precisa la distribución y disposición de sus componentes principales. Este modelo digital sirve como referencia base para la fabricación y ensamblaje del prototipo. Para una

comprensión más detallada del proceso constructivo, se pueden consultar los planos técnicos completos que se incluyen en los Anexos.

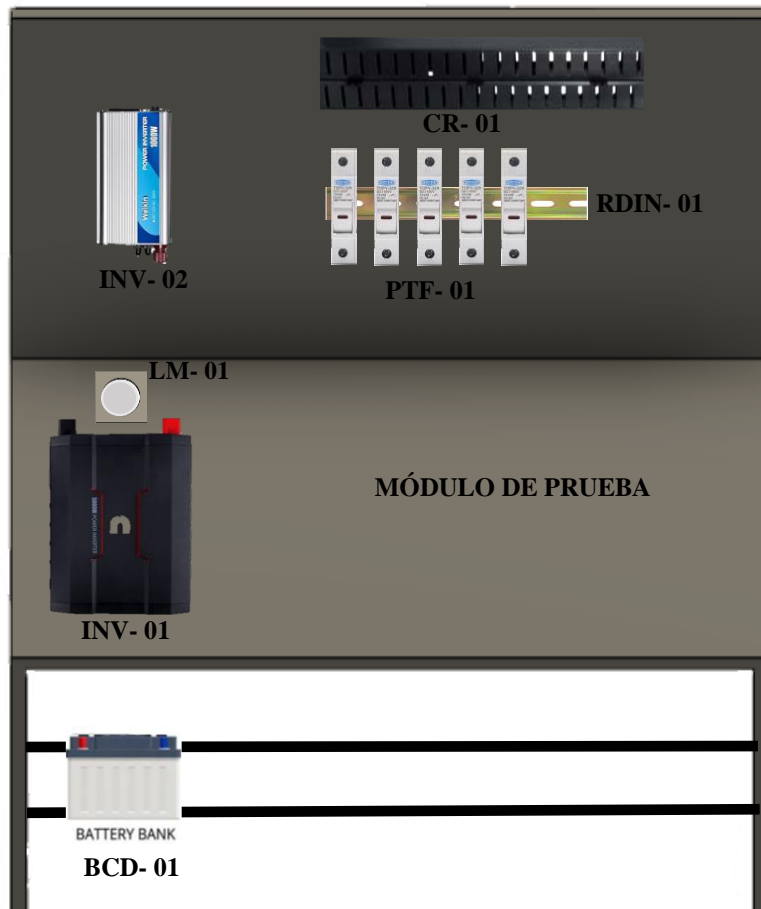


Figura 11 Diseño en CAD del módulo integrado de protecciones, inversores y banco de baterías.

La tabla 1, especifica los elementos que componen el Módulo de Prueba.

Tabla 1 Elementos que componen el Módulo de Prueba.

Equipo	Etiqueta
Banco de batería 12v	BCD-1
Inversor de onda cuadrada doxin	INV-01
Inversor de onda modificada cuminis	INV-02
portafusibles	PTF-01
Riel perforado de aluminio	RDIN-01
Canaleta ranurada	CR-01
Placa perforada 15*15cm	LM-01

#### 4.4.1 Materiales utilizados para el armado del módulo.

- Tubo cuadrado 2cm\*2cm (6m).
- Electrodo Aga 6011 1/8”.
- Disco de corte metal 7\*1/8”.
- Flexómetro.
- Plancha melamina con espesor de 1 cm.
- Tornillo para madera 1\*8.

#### 4.4.2 Construcción de estructura metálica.

Para la estructura se utilizó un tubo cuadrado de hierro de 2\*2cm de espesor. construido para soportar todo el peso de los equipos que serán montados en la plancha melamina (1cm de grosor).

La estructura estará sometida a presión sobre la plancha. Se procedió al sodado de la estructura de cada pata del módulo, se colocó dos planchas en los cuales se instalarán los inversores y las protecciones.

#### 4.5 Cálculos para cargas, conductores y sistemas de protección.

Las cargas seleccionadas representan equipos típicos de uso doméstico, permitiendo evaluar el comportamiento de los inversores bajo diferentes tipos de impedancia:

*Tabla 2 Cargas de Prueba Experimental.*

Tipo de Carga	Equipo	Potencia (W)	Factor de potencia
Resistiva	Banco de resistencias	252	1.0
Inductiva	Batidora	550	0.85
Mixta	Radio	3	1.0
Mixta	Foco LED	20	0.7
Resistiva	Foco incandescente	105	1.0
Inductiva	Foco fluorescente	62	0.6

Las cargas detalladas en la Tabla 2 fueron seleccionadas como base para el análisis, procediendo posteriormente al cálculo que permite determinar el consumo de cada carga utilizada. Dichos cálculos se llevan a cabo empleando la siguiente fórmula.

$$I_F = \frac{P}{U_F \cdot \cos\theta} \quad (1)$$

**Carga resistiva (Banco de resistencias)**

$$I_F = \frac{P}{U_F \cdot \cos\theta} = \frac{252W}{120V \cdot 1} = 2,10 A$$

**Inductiva (Batidora)**

$$I_F = \frac{P}{U_F \cdot \cos\theta} = \frac{550W}{120V \cdot 0,85} = 4,58 A$$

**Mixta (Radio)**

$$I_F = \frac{P}{U_F \cdot \cos\theta} = \frac{3W}{120V \cdot 1} = 0,025 A$$

**Mixta (Iluminación LED)**

$$I_F = \frac{P}{U_F \cdot \cos\theta} = \frac{20W}{120V \cdot 0,7} = 0,17 A$$

**Resistiva (Iluminación incandescente)**

$$I_F = \frac{P}{U_F \cdot \cos\theta} = \frac{105W}{120V \cdot 1} = 0,88 A$$

**Mixta (Iluminación fluorescente)**

$$I_F = \frac{P}{U_F \cdot \cos\theta} = \frac{62W}{120V \cdot 0,6} = 0,52A$$

En el análisis técnico descrito, las cargas especificadas en la Tabla 1, la intensidad total de consumo es de 8,28 A. Este es el punto de partida para el dimensionamiento y protección del sistema.

**4.6 Calibres de conductor.**

Para garantizar la seguridad operativa del módulo de pruebas, se seleccionaron conductores eléctricos conforme a la capacidad de corriente admisible estipulada en la normativa NEC y considerando un factor de seguridad de seguridad 1,25. La tabla 3 resume la relación entre calibre y capacidad de protección térmica.

*Tabla 3 Capacidad de protección en según el calibre del conductor [26].*

<b>Calibre AWG</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>6</b>
<b>Capacidad de protección (A)</b>	15/16	20	30/32	40	50

La corriente total aproximada de las cargas conectadas es de 8.28 amperios. Para asegurarnos de que el sistema funcione de manera segura y cumpla con las regulaciones técnicas, se aplica

un factor de seguridad de 1.25, lo que nos da una corriente de diseño de 10.35 amperios. Con base en este cálculo, seleccionamos el tamaño del cable 14 AWG a una temperatura ambiente de 30 °C y conductores con aislamiento THHN.

De acuerdo con la norma IEC60269-1, se ubica el fusible de 16A, de baja tensión, dentro del margen de protección, conforme a la disponibilidad estándar de dispositivos de protección en el mercado (ver catálogo en Anexos I). Este procedimiento asegura que el sistema eléctrico opere de manera segura, eficaz y acorde a las exigencias regulatorias. La figura 12 muestra el esquema eléctrico que muestra los resultados del diseño del módulo de prueba.

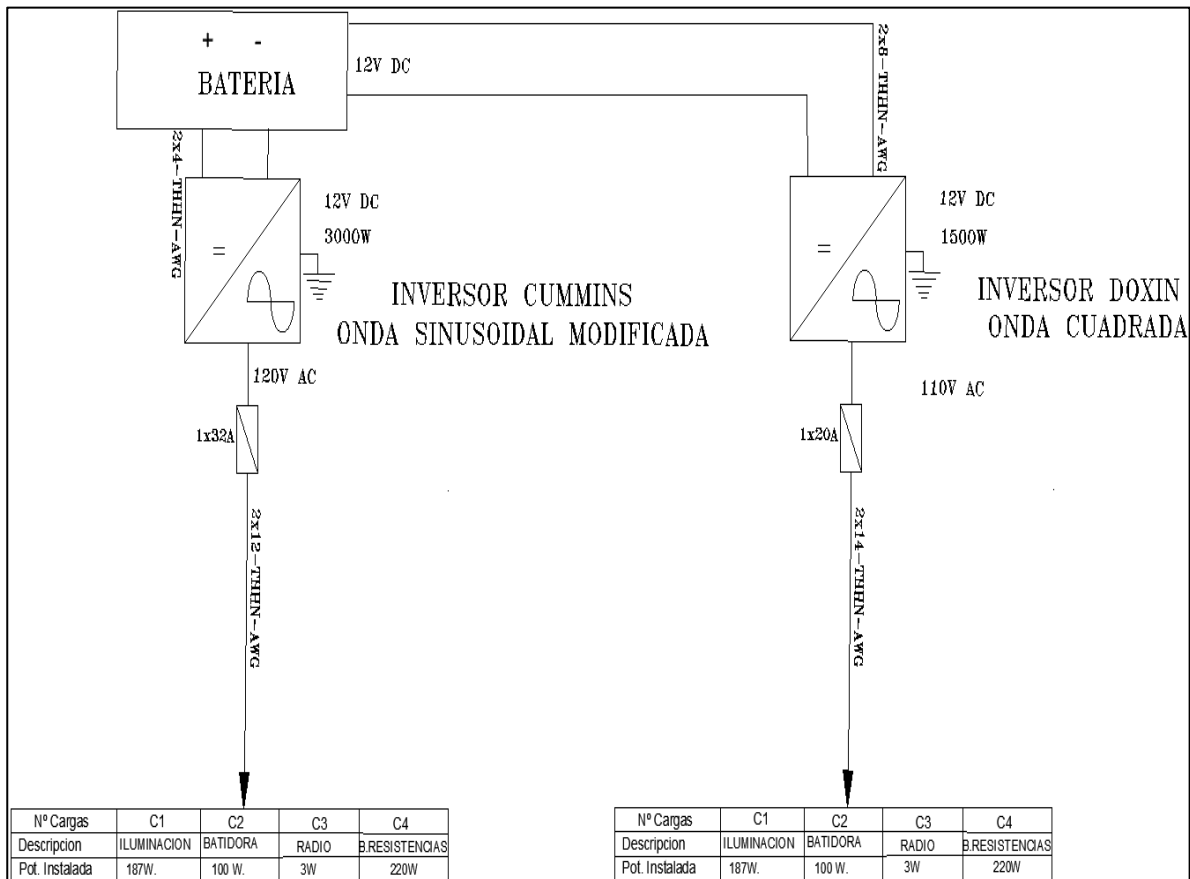


Figura 12 Diagrama eléctrico del módulo de prueba.

#### 4.6 Equipo empleado.

Para el desarrollo de esta investigación se empleó el registrador de calidad de potencia Fluke 1777, instrumento especializado en el análisis y monitoreo de parámetros eléctricos en sistemas de potencia. Este dispositivo fue escogido por su habilidad para llevar a cabo mediciones exactas y continuas de los fenómenos eléctricos relevantes en el sistema monofásico que se está investigando.

El dispositivo permitió evaluar tres parámetros fundamentales para caracterizar la calidad energética: los niveles de voltaje, el contenido armónico y las variaciones de flicker. Durante

el período de medición, se registraron las variaciones de tensión del sistema, identificando desviaciones respecto a los valores nominales establecidos por la normativa vigente.

#### 4.7 Conexión del analizador a los Inversores.

La implementación del sistema de medición se efectuó mediante la conexión directa del analizador de redes a la salida de los inversores objeto de estudio. El procedimiento de instalación se desarrolló en estricto cumplimiento de los protocolos de seguridad y las normativas eléctricas aplicables, garantizando la integridad tanto del personal técnico como del equipamiento utilizado.

La integración del analizador de redes se realizó a través del módulo de prueba diseñado específicamente para esta investigación, el cual proporciona una interfaz segura y estandarizada para la conexión simultánea del instrumento de medición y las cargas de ensayo. La configuración adoptada permitió el establecimiento de puntos de medición en el circuito principal de salida en corriente alterna de cada una de las tres topologías.

Esta disposición habilita la adquisición continua y en tiempo real de las variables eléctricas fundamentales: tensión, corriente, potencia activa y energía consumida. La documentación gráfica del panel de conectores y sus especificaciones técnicas se presenta en la Figura 13, proporcionando referencia visual para la replicación del montaje experimental.

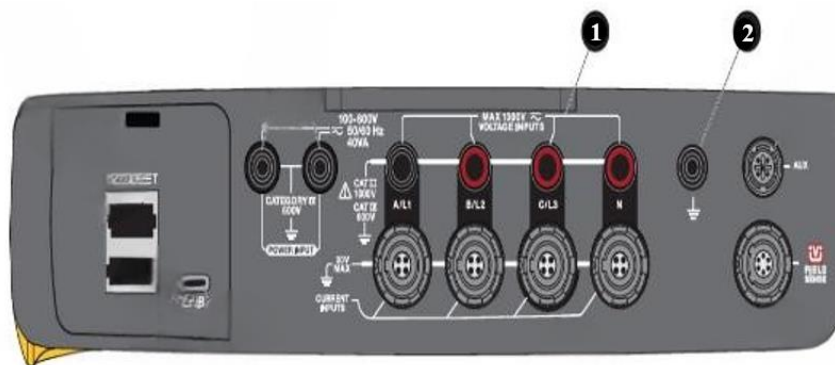


Figura 13 Panel de conexiones.

La Tabla 4 especifica el indicador del elemento y la explicación de los conectores en relación a la Figura 13.

Tabla 4 Descripción de elementos para el uso de conectores.

Elemento	Descripción
1	Entradas de medición de tensión (3 fases + neutro)
2	Entrada de medición de puesta a tierra

La Figura 14 muestra el panel de dirección del analizador Fluke, que contiene todas las señales necesarias para su correcta utilización. Este panel ha sido creado con la finalidad de facilitar el acceso a las funciones fundamentales del equipo, favoreciendo una interpretación exacta de los datos eléctricos. Las conexiones, botones e indicadores están organizados de forma lógica, lo que permite al usuario realizar mediciones con mayor precisión.

El aparato incluye indicadores visuales y etiquetas que orientan al usuario en cada etapa del proceso, desde el ajuste hasta la interpretación de los resultados. Esta medida promueve un desempeño seguro y eficiente, incluso en situaciones de trabajo estrictas. Además, se ha diseñado la interfaz del panel principal para reducir los errores humanos y garantizar un registro confiable.

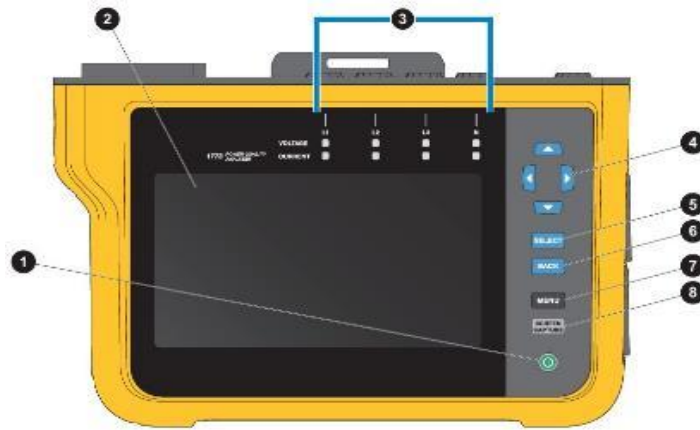


Figura 14 Panel frontal [27].

La Tabla 5 especifica el indicador del elemento y detalla las funciones y controles relacionados con la Figura 14.

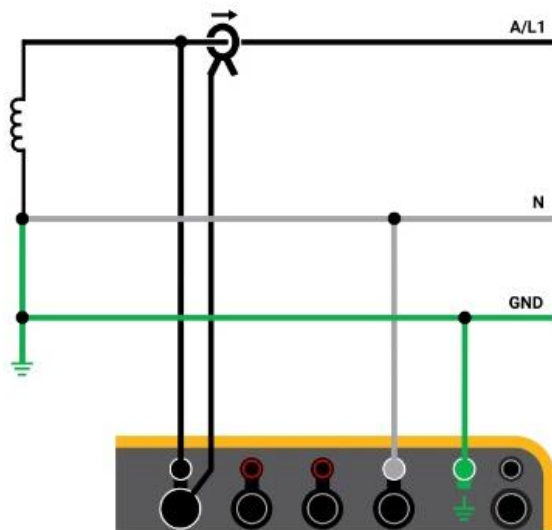
Tabla 5 Descripción de elementos para el uso de conectores.

Elemento	Descripción
1	Encendido/Apagado
2	Pantalla táctil
3	Luces LED de estado de corriente y tensión
4	Controles de cursor
5	Seleccionar
6	Atrás
7	Menú
8	Captura de pantalla

La Figura 15 muestra la topología de conexión del analizador de red, lo cual es fundamental para comprender cómo se integran los distintos elementos del sistema durante las mediciones. Esta topología representa de manera clara la disposición de los cables de prueba, pinzas de corriente y puntos de conexión a la red eléctrica. Su correcta interpretación garantiza una instalación adecuada del equipo, permitiendo obtener resultados precisos y seguros durante el análisis de los parámetros eléctricos.

En esta configuración se puede observar cómo el analizador se conecta a las fases del sistema eléctrico, así como al neutro y, en algunos casos, a tierra. Estas conexiones permiten al equipo registrar información detallada sobre el voltaje, la corriente, el factor de potencia, armónicos, desequilibrios y otros indicadores clave del comportamiento eléctrico. La disposición gráfica también ayuda a identificar la orientación de las pinzas amperimétricas, un detalle esencial para evitar errores de lectura y asegurar que los datos registrados correspondan al sentido correcto del flujo de corriente.

Además, esta topología sirve como guía para los técnicos encargados de realizar pruebas en campo, facilitando una conexión rápida, ordenada y conforme a las normas de seguridad eléctrica. Una conexión incorrecta puede generar lecturas inexactas o incluso daños en el equipo, por lo que seguir el esquema propuesto en la figura es crucial.



*Figura 15 Topología de conexión del analizador de red.*

En la figura 15, se presenta diferentes tipos de conectores individuales, en este caso usamos las sondas para medir corriente, una sonda para medir en L1, así mismo los conectores de pinzas de cocodrilo para voltaje son conectados a L1 y Neutro, para GND una pinza cocodrilo es conectado a Neutro.

#### 4.8 Diagramas de conexión

La Figura 16 muestra la conexión de radio, batidora y focos (fluorescente-incandescente-led) en inversor de onda cuadrada Doxin 1500W de 12v-110v

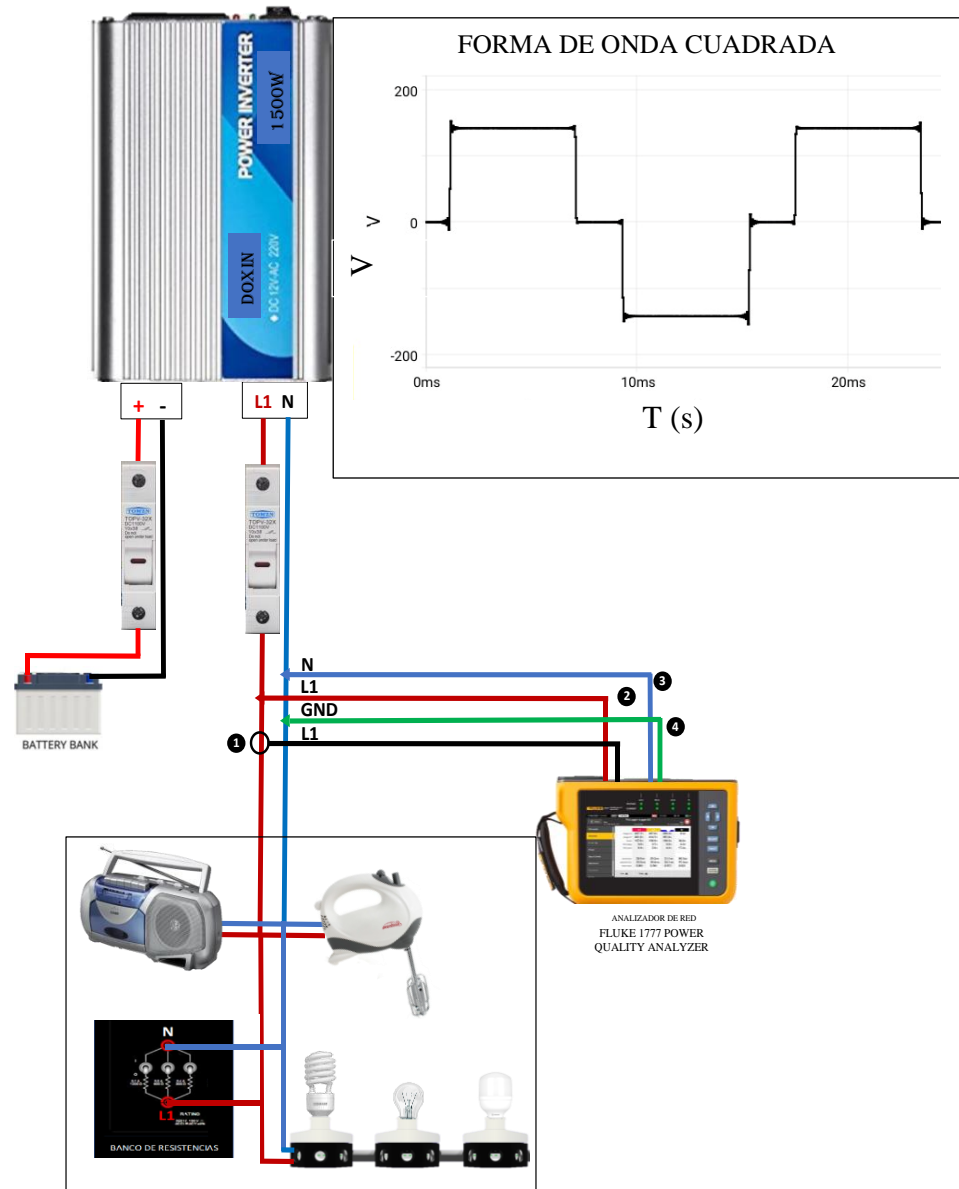


Figura 16 Esquema de conexión de radio, batidora y focos - Analizador de red.

La Tabla 6 especifica la descripción del esquema junto con sus elementos correspondientes.

Elemento	Descripción
1	Sonda de corriente
2	Conector de voltaje
3	Conector de neutro
4	Conector de GND

La Figura 17 muestra la conexión de radio, batidora y focos (incandescente fluorescente-led) en inversor de onda modificada Cummins 3000W de 12v-120v.

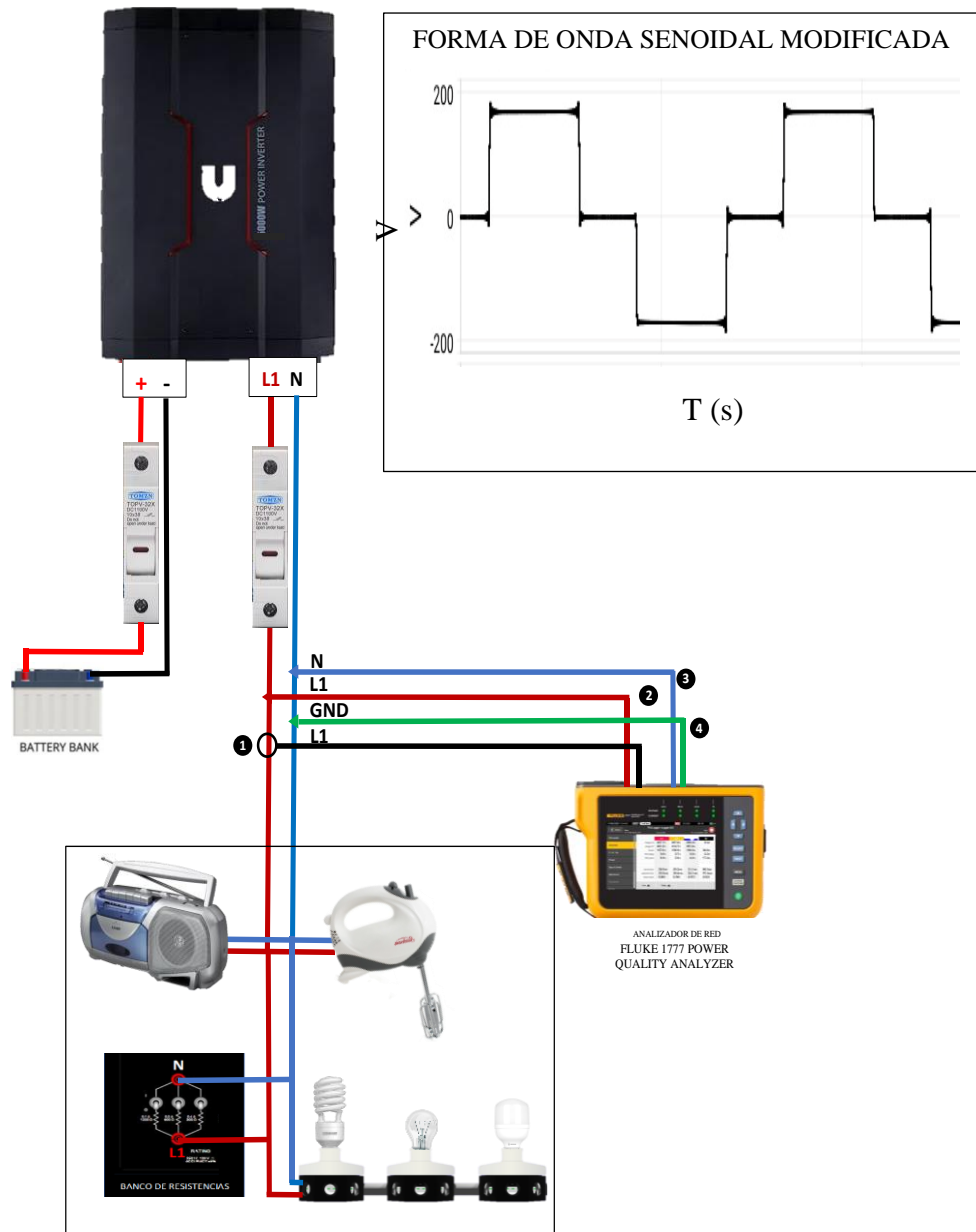


Figura 17 Esquema de conexión de una radio, batidora y focos – Analizador de red.

La Tabla 7 especifica la descripción del esquema junto con sus elementos correspondientes.

Elemento	Descripción
1	Sonda de corriente
2	Conector de voltaje
3	Conector de neutro
4	Conector de GND

La Figura 18 muestra la conexión radio, batidora y focos (fluorescente-incandescente-led) en inversor de onda sinusoidal pura Sure Sine 2500W de 48v-120v.

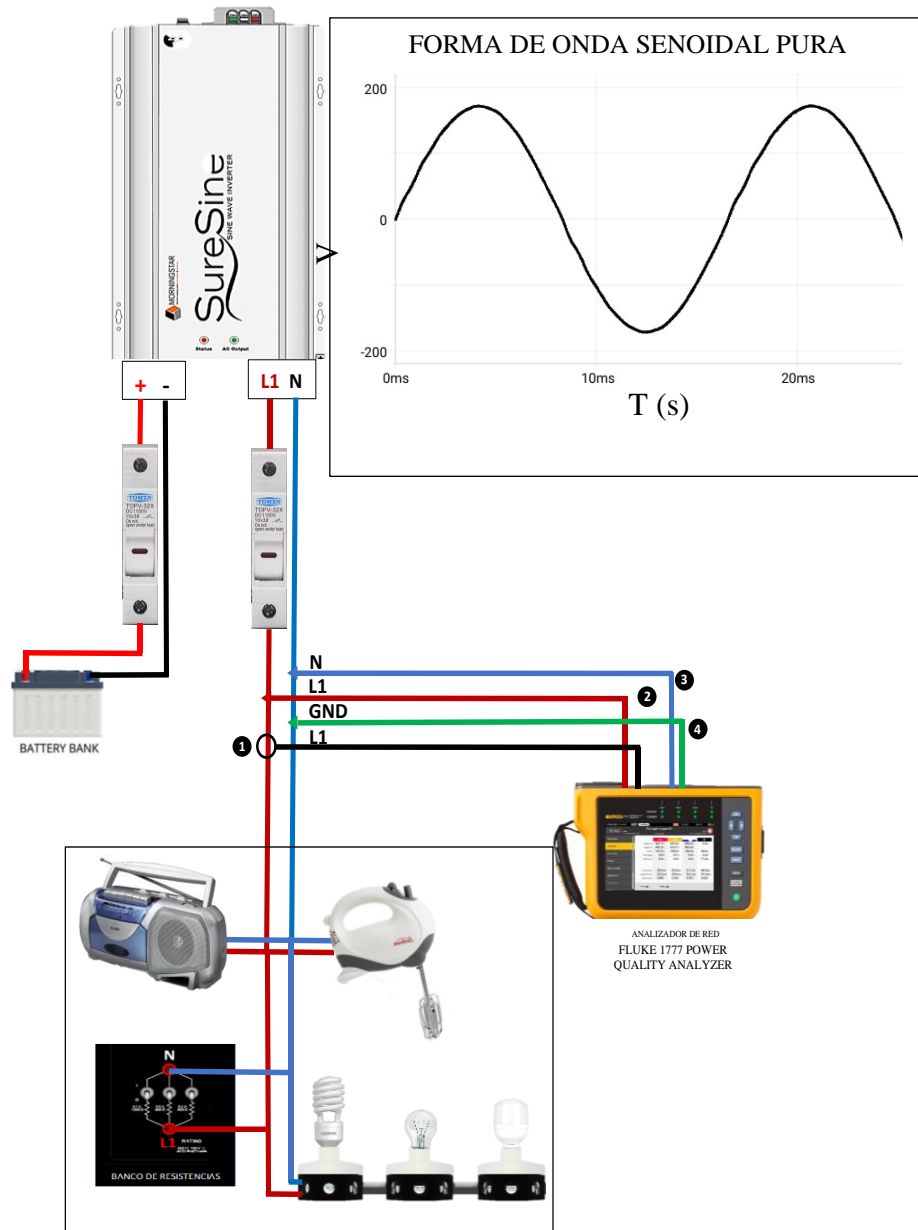


Figura 18 Esquema de conexión de radio, batidora y focos - Analizador de red.

La Tabla 8 especifica la descripción del esquema junto con sus elementos correspondientes.

Elemento	Descripción
1	Sonda de corriente
2	Conector de voltaje
3	Conector de neutro
4	Conector de GND

#### **4.9 Configuración del sistema y registro de datos.**

El analizador de energía requirió efectuar una configuración en su interfaz para recopilar los datos, lo que implica una serie de etapas en su proceso.

A continuación, los pasos de configuración:

1. Encendido del equipo.  
Es fundamental que el equipo esté encendido y listo para ser empleado.
2. Escoger la opción de Registrador CP.  
Nos permite realizar mediciones a largo plazo.
3. Ajustes de medida.  
En la pantalla se muestran varias opciones.
4. Selección del tipo de sistema (Topología).  
Sistema monofásico según la necesidad.
5. Configuración del intervalo de muestreo y nombre (Ajustes de la sesión).  
Se ajustó según la necesidad del proyecto siendo este la elección de un intervalo de un minuto por dato y escribimos el nombre con el que se guardará los datos.
6. Tipo de datos a registrar.  
Seleccionar los parámetros a medirse, estos fueron: Tensión (nivel, flicker, distorsión armónica).
7. Inicio del registro.  
Una vez configurado los parámetros, seleccionar la opción inicio para comenzar el registro, el dispositivo comenzará a recopilar los datos.
8. Transferencia de datos.  
Se utilizó el cable USB para la transferencia de datos a la Laptop, por lo general, el sistema operativo lo identifica de manera automática.
9. Exportar y guardar los datos.  
Se debe exportar los datos del software Energy Analyze Plus al software de Excel

La Figura 19 ilustra la interfaz utilizada por el equipo Fluke 1777 para seleccionar valores de los diferentes parámetros estudiados: Nivel de voltaje, flicker, distorsión armónica, para posteriormente exportar la información al programa de Excel.

*Figura 19 Medio de interacción con el Software Fluke Energy Analyze Plus.*

## **5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

En este capítulo, se describen los descubrimientos vinculados a la valoración de la calidad energética. Se realizaron mediciones de manera sistemática en tres tipos de inversores: onda cuadrada, onda senoidal modificada y onda senoidal pura. El protocolo experimental se desarrolló en dos fases claramente diferenciadas: inicialmente se caracterizó el comportamiento de cada inversor operando en vacío, lo cual permitió establecer las condiciones base de funcionamiento y determinar las pérdidas intrínsecas de cada tecnología. Posteriormente, se procedió a evaluar el desempeño de cada configuración bajo diferentes tipos de carga representativas de aplicaciones domésticas típicas, incluyendo cargas resistivas, inductivas y capacitivas. Los datos recolectados durante los siete días de experimentación revelaron diferencias significativas entre las tres tecnologías de inversión evaluadas. El análisis estadístico de estos datos, complementado con representaciones gráficas detalladas, evidenció patrones de comportamiento distintivos para cada tipo de inversor, especialmente en términos de calidad de la forma de onda.

Dichos criterios están orientados principalmente a mantener los parámetros en base a la calidad de producto dentro de los límites operativos establecidos por la Regulación No. ARCERNR - 03/23. En este marco, se propone llevar a cabo un análisis de calidad energética, donde se examinarán los siguientes parámetros:

- Nivel de voltaje
- Flicker de voltaje
- Armónicos de voltaje.

La propuesta de medición sigue un enfoque sistemático que comienza con el análisis en vacío de tres tipos inversores de onda: cuadrada, modificada y senoidal pura. A continuación, se especifica las cargas evaluadas.

1. En Vacío
2. Carga resistiva (banco de resistencias)
3. Carga mixta (foco led)
4. Carga mixta (foco led y foco incandescente)
5. Carga mixta (foco led, foco incandescente y foco fluorescente)
6. Carga mixta (batidora y radio)
7. Carga mixta (batidora, radio e iluminación)

### **5.1 Caso I: Inversor de onda cuadrada**

En el Anexo A, se presenta el análisis de la forma de onda que produce el inversor de onda cuadrada en vacío y con diferentes cargas evaluadas, conforme el estándar de calidad del producto definido en la Norma ARCERNNR 003/23. El análisis aborda variables de nivel de voltaje, flicker y distorsión armónica, la adquisición de datos se efectuó empleando el equipo FLUKE 1777.

En la Tabla 9, se presenta el resumen de mediciones y se las compara con el límite establecido en la normativa ecuatoriana ARCERNNR 003/23.

*Tabla 9 Comparación con Normativa ARCERNNR 003/23.*

Índice de variación de nivel de voltaje (%) - Rango Admisible= $\pm 8$ % para BT		
Cargas Evaluadas	Valor medido (%)	Cumple – No cumple
1. En Vacío	23,57	No cumple
2. C. resistiva	9,64	No cumple
3. C. mixta (foco led)	19,86	No cumple
4. C. mixta (f. L y f. I)	14,395	No cumple
5. C. mixta (f. L, f. I y f. F)	12,504	No cumple
6. C. mixta (batidora y radio)	16,117	No cumple
7. C. mixta (Batidora, radio e iluminación)	11,627	No cumple
Distorsión armónica total de voltaje (%) - Rango Admisible =8% para BT		
Cargas Evaluadas	Valor medido (%)	Cumple – No cumple
1. En Vacío	38,129	No cumple
2. C. resistiva	29,567	No cumple
3. C. mixta (foco led)	33,836	No cumple
4. C. mixta (f. L y f. I)	28,969	No cumple
5. C. mixta (f. L, f. I y f. F)	28,116	No cumple
6. C. mixta (batidora y radio)	29,966	No cumple
7. C. mixta (Batidora, radio e iluminación)	28,059	No cumple
Flicker de voltaje - Rango Admisible Pst: $\leq 1.0$		
Cargas Evaluadas	Valor medido	Cumple – No cumple
1. En Vacío	0,0566	Cumple
2. C. resistiva	0,0792	Cumple
3. C. mixta (foco led)	0,0588	Cumple
4. C. mixta (f. L y f. I)	0,0952	Cumple
5. C. mixta (f. L, f. I y f. F)	0,0761	Cumple
6. C. mixta (batidora y radio)	0,668	Cumple
7. C. mixta (Batidora, radio e iluminación)	0,1118	Cumple

### 5.1.1 Nivel de voltaje (%)

La figura 20 indica el porcentaje de variación del voltaje respecto a su valor nominal con las diferentes cargas evaluadas.

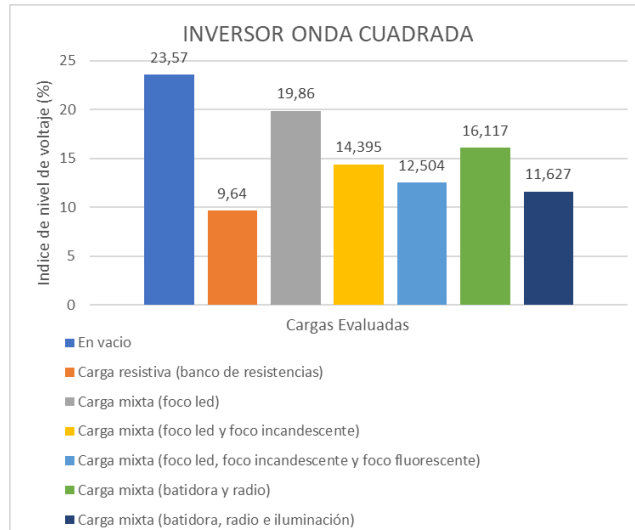


Figura 20 Porcentaje de variación de voltaje.

En la figura 20, el inversor en vacío presenta una elevada variación de voltaje del 23,57%, lo que señala una sobrecompensación de voltaje cuando no se encuentra ninguna carga conectada. Sin embargo, el inversor con cargas mixtas los valores bajan considerablemente, pero siguen siendo inestables ya que el inversor no ajusta adecuadamente la salida conforme cambia la carga. Según la regulación ARCERNR 003/23 el inversor de onda cuadrada no cumple con el límite de porcentaje de desviación de voltaje de  $\pm 8\%$ , incluso la mejor condición con carga resistiva con un valor medido de 9,64 % se encuentra fuera del rango permitido.

Esto demuestra que el inversor de onda cuadrada genera una calidad energética inadecuada para usos en el hogar o en el ámbito comercial, especialmente aquellos que albergan cargas electrónicas sensibles, como la iluminación LED y electrodomésticos sensibles.

### 5.1.2 Distorsión armónica de voltaje (%).

La figura 21 indica el porcentaje de la cantidad de distorsión armónica total (THD) en la forma de onda del voltaje con las diferentes cargas evaluadas.

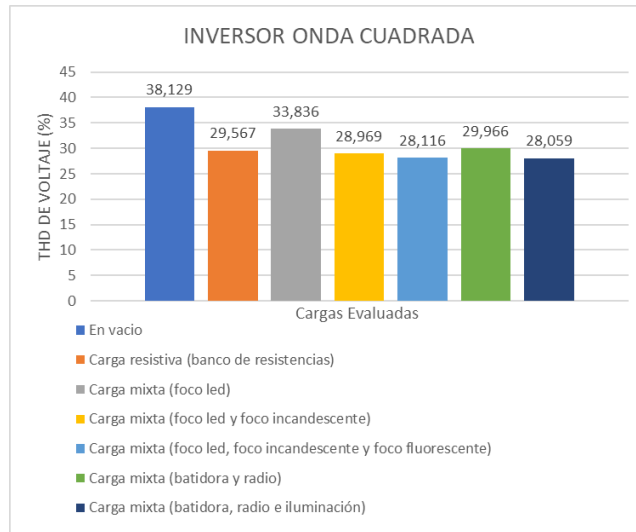


Figura 21 Distorsión armónica total (THD).

En la figura 21, el inversor en vacío presenta una distorsión armónica total de voltaje del 38,12%, lo que indica una alta distorsión armónica sin carga. Los valores del inversor con cargas mixtas o resistivas se reducen, pero siguen siendo considerablemente altos, lo que señala que la forma de onda cuadrada del inversor genera armónicos elevados. De acuerdo con la regulación ARCERNR 003/23, el inversor de onda cuadrada no satisface el límite de distorsión armónica total (THD) de voltaje de  $\pm 8\%$  fijado.

Esto indica que el inversor no logra filtrar adecuadamente las armónicas generadas, lo que afecta directamente la calidad de la energía suministrada, el uso de este inversor representa un riesgo operativo y técnico, siendo recomendable optar por alternativas de onda senoidal pura que aseguren una entrega de energía eléctrica estable y confiable.

### 5.1.3 Flicker de voltaje.

La figura 22 indica el índice de severidad de flicker de corta duración ( $P_{st}$ ) con diferentes de cargas evaluadas.

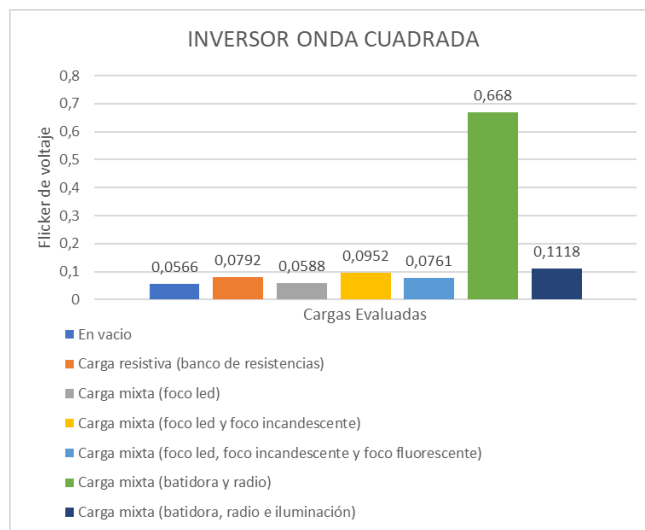


Figura 22 Índice de severidad de flicker de corta duración.

El inversor en vacío en la figura 22, presenta un índice de flicker a corto plazo inferior a 0.056. Sin embargo, el inversor con cargas simples los valores siguen siendo bajos, el valor de la carga mixta (radio y batidora) el índice de severidad de flicker es alto de 0.668, aunque este valor evaluado todavía está dentro del rango permitido, podría causar molestias visuales o un parpadeo notable, especialmente en lámparas LED. Según la regulación ARCERNNR 003/23 el índice de severidad de corto plazo no debe ser superior a 1, el inversor de onda cuadrada cumple con los límites establecidos.

Por tanto, aunque el inversor sí cumple en el parámetro de flicker, su desempeño general se ve comprometido por los altos niveles de distorsión armónica total (THD) y la desviación de voltaje fuera del rango normativo en todos los casos evaluados.

En consecuencia, no se recomienda su uso para alimentar cargas electrónicas sensibles ni electrodomésticos de uso cotidiano, ya que podrían experimentar fallos de funcionamiento, reducción en la vida útil o comportamiento errático.

## 5.2 Caso II: Inversor de onda senoidal modificada.

En el Anexo B, se presenta el análisis de la forma de onda que produce el inversor de onda senoidal modificada en vacío y con diferentes cargas evaluadas, conforme el estándar de calidad del producto definido en la Norma ARCERNNR 003/23. El análisis aborda variables de nivel de voltaje, flicker y distorsión armónica, la adquisición de datos se efectuó empleando el equipo FLUKE 1777.

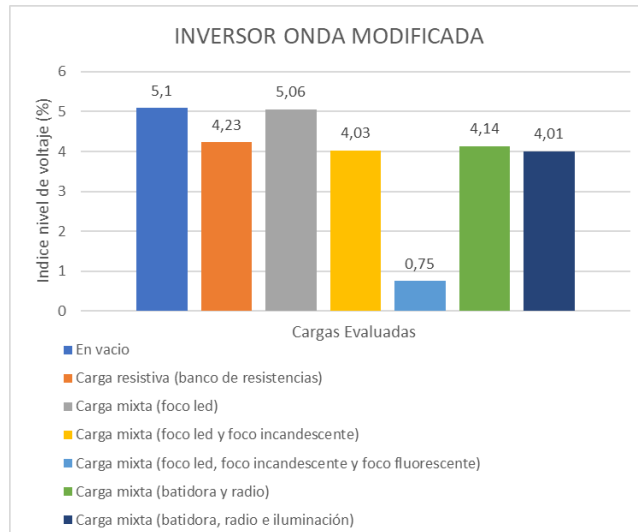
En la Tabla 10, se presenta el resumen de mediciones y se las compara con el límite establecido en la normativa ecuatoriana ARCERNNR 003/23.

Tabla 10 Comparación con Normativa ARCERNNR 003/23.

INVERSOR DE ONDA MODIFICADA		
Nivel de voltaje (%) – Rango Admisible BT: $\pm 8\%$		
Cargas Evaluadas	Valor medido (%)	Cumple – No cumple
1. En Vacío	5,1	Cumple
2. C. resistiva	4,23	Cumple
3. C. mixta (foco led)	5,06	Cumple
4. C. mixta (f. L y f. I)	4,03	Cumple
5. C. mixta (f. L, f. I y f. F)	0,75	Cumple
6. C. mixta (batidora y radio)	4,14	Cumple
7. C. mixta (Batidora, radio e iluminación)	4,01	Cumple
Distorsión armónica total de VOLTAJE (%) - Rango Admisible =8% para BT		
Cargas Evaluadas	Valor medido (%)	Cumple- No cumple
1. En Vacío	27,92	No cumple
2. C. resistiva	29,02	No cumple
3. C. mixta (foco led)	27,96	No cumple
4. C. mixta (f. L y f. I)	35,95	No cumple
5. C. mixta (f. L, f. I y f. F)	34,47	No cumple
6. C. mixta (batidora y radio)	41,34	No cumple
7. C. mixta (Batidora, radio e iluminación)	32,43	No cumple
Flicker de voltaje - Rango Admisible Pst: $\leq 1.0$		
Cargas Evaluadas	Valor medido	Cumple- No cumple
1. En Vacío	0,034	Cumple
2. C. resistiva	0,106	Cumple
3. C. mixta (foco led)	0,248	Cumple
4. C. mixta (f. L y f. I)	0,319	Cumple
5. C. mixta (f. L, f. I y f. F)	0,503	Cumple
6. C. mixta (batidora y radio)	0,594	Cumple
7. C. mixta (Batidora, radio e iluminación)	0,6001	Cumple

### 5.2.1 Nivel de voltaje (%)

La figura 23 indica el porcentaje de variación del voltaje respecto a su valor nominal con las diferentes cargas evaluadas.



*Figura 23 Porcentaje de variación de voltaje.*

En la figura 23, el inversor en vacío presenta una elevada variación de voltaje con un valor de 5,1%, el inversor con carga mixta (foco led) también tiene un valor alto lo que señala variación de voltaje. Sin embargo, el valor más bajo es la carga mixta (foco led, foco incandescente y foco fluorescente) con un valor medido de 0,75% que presenta una variación de voltaje muy bajo, las demás cargas los valores están en un rango intermedio. Según la regulación ARCERNR 003/23 el inversor de onda modificada cumple con el límite de porcentaje de desviación de voltaje de  $\pm 8\%$ .

Estos resultados evidencian que el inversor de onda modificada mantiene una regulación de voltaje estable y adecuada para alimentar cargas residenciales y comerciales, incluidos dispositivos electrónicos sensibles, garantizando así una calidad de energía confiable y segura.

### **5.2.2 Distorsión armónica de voltaje (%)**

La figura 24 indica el porcentaje de la cantidad de distorsión armónica total (THD) en la forma de onda del voltaje con las diferentes cargas evaluadas.

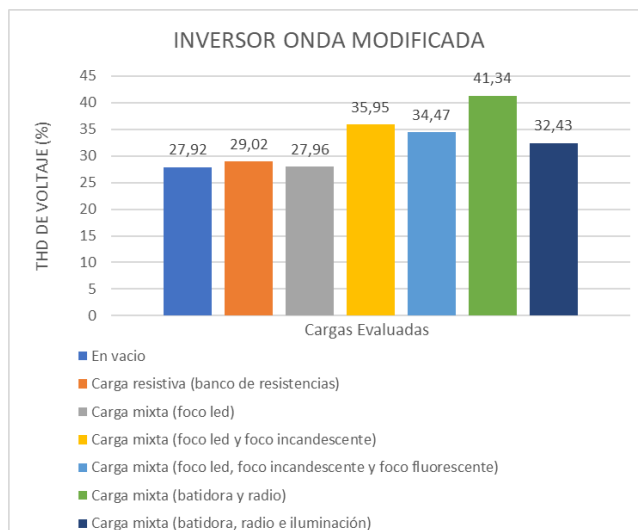


Figura 24 Distorsión armónica total (THD).

En la figura 24, el inversor en vacío presenta una elevada distorsión armónica total de voltaje de 27.92%, el inversor con todas las cargas los valores medidos suben, siendo considerablemente altos lo que señala que la forma de onda modificada del inversor genera altos armónicos, especialmente el 3°, 5° y 7° que son muy perjudiciales. Según la norma ARCERNNR 003/23, el inversor de onda cuadrada no cumple con el rango admisible de distorsión armónica total (THD) de voltaje de  $\pm 8\%$  establecido.

Esto sugiere que, aunque el inversor de onda modificada mantiene un óptimo control del nivel de voltaje, su alto contenido armónico lo desestima para alimentar dispositivos electrónicos delicados. El THD registrado en todos los casos supera el 27 %, siendo particularmente crítico con la carga mixta (radio y batidora) con un valor muy alto de 41,34 %. Por tanto, este tipo de inversor solo es recomendable para cargas resistivas simples, como calefactores, estufas o bombillas incandescentes, y no debe emplearse en aplicaciones donde la calidad de energía sea crucial, como en entornos residenciales modernos o comerciales que dependan de tecnología sensible.

### 5.2.3 Flicker de voltaje

La figura 25 indica el índice de severidad de flicker de corta duración ( $P_{st}$ ) con diferentes de cargas evaluadas.

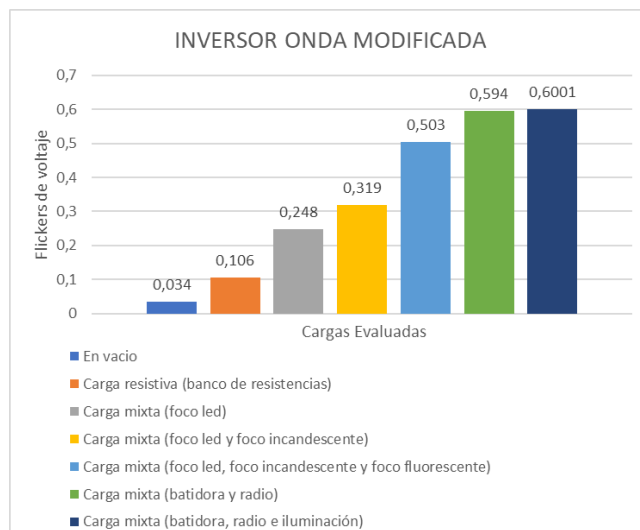


Figura 25 Índice de severidad de flicker de corta duración.

En la figura 25, el inversor en vacío presenta un índice de severidad de flicker de corta duración baja de 0.034. Sin embargo, el inversor con cargas simples los valores son bajos, pero cuando se conectan cargas mixtas el índice de severidad de flicker son altos. Sin embargo todas las cargas se encuentran dentro del rango admisible, el índice de severidad de corto plazo no debe ser superior a 1 de acuerdo con la regulación ARCERNNR 003/23. Esto indica que no se espera un parpadeo visual perceptible en luminarias, incluso bajo configuraciones mixtas (radio, batidora, iluminación) con el valor más alto de 0.6.

Lo que lo hace técnicamente apto para alimentar iluminación LED, electrodomésticos y equipos de uso común en entornos residenciales o comerciales sin provocar molestias visuales ni inestabilidad perceptible.

Sin embargo, es necesario tener cautela al utilizarlo en cargas electrónicas delicadas, dado que los índices de distorsión armónica total (THD) son altos (pueden llegar al 41,34 % en configuraciones mixtas), superando ampliamente los límites recomendados para una buena calidad de energía eléctrica. Por ello, su implementación debe ser evaluada integralmente, considerando el tipo de carga a alimentar.

### 5.3 Caso III: Inversor de onda senoidal pura

En el Anexo A, se presenta el análisis de la forma de onda que produce el inversor de onda senoidal pura en vacío y con diferentes cargas evaluadas, conforme el estándar de calidad del producto definido en la Norma ARCERNNR 003/23.

En la Tabla 11, se presenta el resumen de mediciones y se las compara con el límite establecido en la normativa ecuatoriana ARCERNNR 003/23.

Tabla 11 Comparación con Normativa ARCERNNR 003/23.

INVERSOR DE ONDA SENOIDAL PURA		
Nivel de voltaje (%) - Rango Normal Admisible BT: $\pm 8$ %		
Cargas Evaluadas	Valor medido (%)	Cumple - No cumple
1. En Vacío	1,02	Cumple
2. C. resistiva	0,45	Cumple
3. C. mixta (foco led)	0,98	Cumple
4. C. mixta (f. L y f. I)	0,86	Cumple
5. C. mixta (f. L, f. I y f. F)	0,85	Cumple
6. C. mixta (batidora y radio)	0,94	Cumple
7. C. mixta (Batidora, radio e iluminación)	0,32	Cumple
Distorsión armónica total de voltaje (%) - Rango Admisible =8% para BT		
Cargas Evaluadas	Valor medido (%)	Cumple- No cumple
1. En Vacío	0,77	Cumple
2. C. resistiva	1,01	Cumple
3. C. mixta (foco led)	0,78	Cumple
4. C. mixta (f. L y f. I)	1,109	Cumple
5. C. mixta (f. L, f. I y f. F)	1,37	Cumple
6. C. mixta (batidora y radio)	0,8	Cumple
7. C. mixta (Batidora, radio e iluminación)	1,32	Cumple
Flicker de voltaje - Rango Admisible Pst: $\leq 1.0$		
Cargas Evaluadas	Valor medido	Cumple- No cumple
1. En Vacío	0,333	Cumple
2. C. resistiva	0,339	Cumple
3. C. mixta (foco led)	0,374	Cumple
4. C. mixta (f. L y f. I)	0,372	Cumple
5. C. mixta (f. L, f. I y f. F)	0,389	Cumple
6. C. mixta (batidora y radio)	0,347	Cumple
7. C. mixta (Batidora, radio e iluminación)	0,6	Cumple

### 5.3.1 Nivel de voltaje (%)

La figura 26 indica el porcentaje de variación del voltaje respecto a su valor nominal con las diferentes cargas evaluadas.

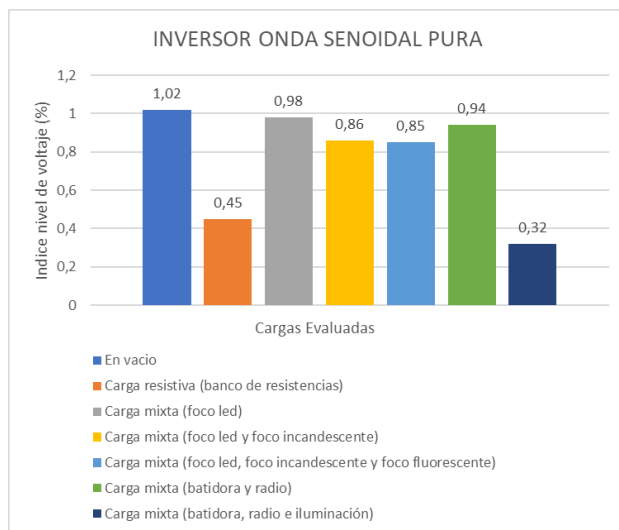


Figura 26 Porcentaje de variación de voltaje.

En la figura 26, el inversor en vacío presenta un valor elevado del 1.02%, pero completamente dentro de los límites permitidos, la variación de voltaje es mínima entre el 0,32 % y el 1,02 %, incluso en situaciones de carga mixta compleja. En todas las cargas analizadas se cumple el rango admisible del 8% según la regulación ARCERNNR 003/23.

Esto indica este inversor es altamente apto para aplicaciones residenciales y comerciales, incluyendo el uso de iluminación LED, electrodomésticos y equipos electrónicos sensibles, sin riesgo de fluctuaciones de tensión que comprometan su funcionamiento.

### 5.3.2 Distorsión armónica de voltaje (%)

La figura 27 indica el porcentaje de la cantidad de distorsión armónica total (THD) en la forma de onda del voltaje con las diferentes cargas evaluadas.

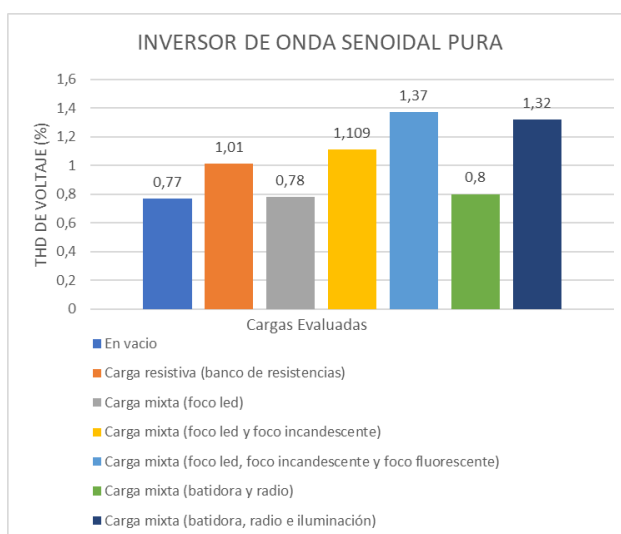


Figura 27 Distorsión armónica total (THD).

En la figura 27, se muestra un rendimiento destacado del inversor de onda senoidal pura respecto a la distorsión armónica total de voltaje (THD). Los valores registrados oscilan entre el 0,77 % y el 1,37 %, bastante por debajo del límite del 8 % fijado por la regulación ARCERNNR 003/23. Esto indica que es una opción segura y confiable para suministrar cargas electrónicas sensibles, sistemas de iluminación LED, electrodomésticos y aparatos de uso doméstico o industrial.

Este nivel reducido de distorsión armónica, asegura el desempeño eficaz de los dispositivos vinculados y la salvaguarda contra sobrecalentamientos o errores provocados por armónicos, particularmente en cargas mixtas de gran complejidad.

### 5.3.3 Flicker de voltaje

La figura 28 indica el índice de severidad de flicker de corta duración ( $P_{st}$ ) con diferentes de cargas evaluadas.

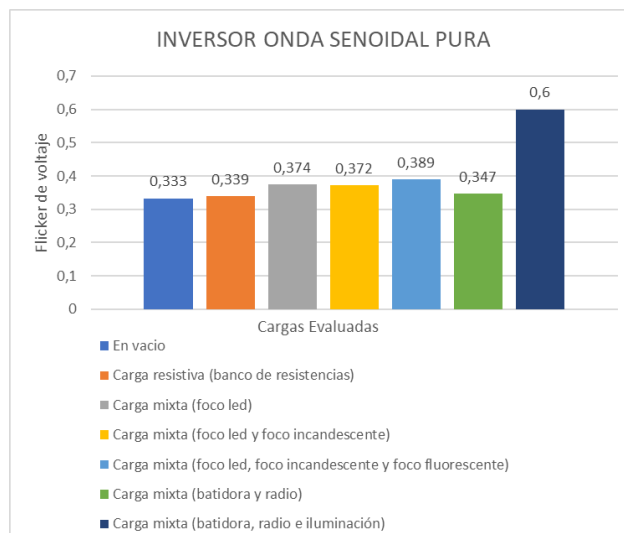


Figura 28 Índice de severidad de flicker de corta duración.

En la figura 28, el inversor de onda senoidal pura en vacío mantiene valor muy bajo de nivel de flicker, con un valor máximo de 0,600 en una condición de carga altamente mixta (batidora, radio e iluminación) y un valor mínimo de 0.347 con carga mixta (batidora y radio), todas las cargas se encuentran considerablemente por debajo del límite de 1.0 establecido por la normativa ARCERNNR 003/23.

Esto corrobora que el inversor es técnicamente apropiado para aplicaciones tanto domésticas como comerciales, incluyendo las que requieren iluminación LED, electrodomésticos y cargas electrónicas delicadas, sin provocar molestias visuales ni parpadeos no deseados. Además, al considerar conjuntamente los excelentes valores de desviación de voltaje (<1.02 %) y bajo

THD (<1.4 %), se concluye que este tipo de inversor ofrece la mejor calidad energética entre las topologías evaluadas, siendo ideal para entornos sensibles a la calidad de suministro.

#### **5.4 DISCUSION.**

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que las variables nivel de voltaje, flicker y distorsión armónica total (THD) son fundamentales para evaluar la calidad de la energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos aislados, conforme a los criterios establecidos por la normativa ecuatoriana ARCERNNR 003/23.

Se determinó que únicamente los inversores de onda senoidal pura y modificada cumplen con los límites permitidos de desviación de voltaje ( $\pm 8\%$ ), mientras que el inversor de onda cuadrada presenta valores excesivos, especialmente en vacío con un valor hasta 23,57 %, lo que evidencia su baja capacidad de regulación ante variaciones de carga. Esta característica lo hace inadecuado para alimentar cargas electrónicas sensibles.

En cuanto a la distorsión armónica total del voltaje, solo el inversor de onda senoidal pura mantiene los valores por debajo del límite del 8 % definido por la norma, con distorsión armónica total (THD) inferior al 1,4 % en todas las configuraciones. Por el contrario, los inversores de onda cuadrada y modificada presentan niveles elevados de armónicos (hasta 41,34 %), lo que limita su uso a cargas resistivas no críticas, como bombillas incandescentes o calentadores.

Respecto al flicker de voltaje (Pst), los tres inversores se encuentran dentro del rango permitido ( $Pst \leq 1.0$ ). Sin embargo, el inversor de onda senoidal pura exhibe una mayor estabilidad visual, en contraste con el inversor de onda cuadrada a pesar de cumplir con el límite, produce valores próximos al límite máximo con cargas mixtas, lo que podría producir parpadeo perceptible en iluminación LED.

En síntesis, el análisis comparativo confirma que, si bien todos los inversores pueden satisfacer el parámetro de flicker, solo el inversor de onda senoidal pura cumple de manera integral con todos los parámetros de calidad establecidos por la regulación ARCERNNR 003/23. Este tipo de inversor asegura una forma de onda sinusoidal limpia, voltaje estable y bajo contenido armónico, siendo la opción más adecuada para entornos residenciales, comerciales y con dispositivos electrónicos sensibles.

## **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 CONCLUSIONES**

Se determinó que únicamente los inversores de onda senoidal pura y modificada cumplen con los límites permitidos de desviación de voltaje ( $\pm 8\%$ ), mientras que el

inversor de onda cuadrada presenta valores excesivos, especialmente en vacío con un valor hasta 23,57 %, lo que evidencia su baja capacidad de regulación ante variaciones de carga. Esta característica lo hace inadecuado para alimentar cargas electrónicas sensibles.

A través de las mediciones se evidencian que el inversor de onda cuadrada presenta el mayor nivel de distorsión armónica (30,95%) y una desviación de voltaje que supera ampliamente el límite permitido (15,38%), por lo que no cumple con la normativa. El inversor de onda modificada mejora en cuanto a estabilidad de desviación de voltaje y flicker, pero también falla en el cumplimiento de total de distorsión armónica (THD) (15,35%). Por otro lado, el inversor de onda senoidal pura muestra un comportamiento ideal en los tres parámetros evaluados, lo que lo hace la elección más apropiada desde el punto de vista técnico y normativo.

Se determina que únicamente el inversor de onda senoidal pura se halla dentro de los parámetros definidos por la ARCERNNR 003/23 en todas las variables evaluadas. Los resultados muestran que, aunque los tres inversores cumplen con el índice de flicker, únicamente el de onda senoidal logra un rendimiento óptimo dentro del rango admisible normativo, destacándose como la mejor opción para aplicaciones en sistemas fotovoltaicos aislados donde se requiere cumplir con estándares de calidad eléctrica.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- Utilizar inversores de onda senoidal pura en instalaciones fotovoltaicas aisladas con cargas electrónicas delicadas, tales como sistemas de iluminación LED, dispositivos informáticos, electrodomésticos y aparatos de comunicación. Este inversor cumple con los rangos establecidos por la regulación ARCERNNR 003/23 con menor pérdidas eléctricas en el sistema.
- Emplear inversores de onda cuadrada y modificada únicamente para cargas resistivas no delicadas, como la estufa eléctrica, los componentes de calefacción o las lámparas incandescentes. Estos aparatos no son impactados por los elevados grados de distorsión armónica total (THD).

## **7 REFERENCIAS**

- [1] “La matriz energética del Ecuador depende en un 72 % del agua; el Ministro de Energía y Minas detalló algunas de las medidas implementadas para evitar un impacto mayor en el sistema energético – Ministerio de Energía y Minas.” Accessed: Jun. 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/la-matriz-energetica-del-ecuador-depende-en-un-72-del-agua-el-ministro-de-energia-y-minas-detalle-algunas->

de-las-medidas-implementadas-para-evitar-un-impacto-mayor-en-el-sistema-energetico/

- [2] B. Domenech, L. Ferrer-Martí, F. García, G. Hidalgo, R. Pastor, and A. Ponsich, “Optimizing PV Microgrid Isolated Electrification Projects—A Case Study in Ecuador,” *Mathematics*, vol. 10, no. 8, Apr. 2022, doi: 10.3390/math10081226.
- [3] H. Zhang, W. Xiang, W. Lin, and J. Wen, “Grid Forming Converters in Renewable Energy Sources Dominated Power Grid: Control Strategy, Stability, Application, and Challenges,” *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, vol. 9, no. 6, pp. 1239–1256, Nov. 2021, doi: 10.35833/MPCE.2021.000257.
- [4] A. W. Fonseca Vallejo, D. F. Trujillo Ronquillo, and Y. Morales Tamayo, “Desafíos que Abarcan la Integración de Sistemas Solares Fotovoltaicos a la Red Eléctrica por Medio de un Medidor Bidireccional,” *Revista Científica Kosmos*, vol. 3, no. 2, pp. 17–32, Jul. 2024, doi: 10.62943/rck.v3n2.2024.86.
- [5] V. J. Argüello Pazmiño, S. R. Cargua Suárez, A. M. Argüello Pazmiño, and A. M. Argüello Pazmiño, “Distribución de Poisson en el análisis de defunciones en menores de un año,” *Polo del Conocimiento*, vol. 8, no. 5, pp. 292–303, May 2023, doi: 10.23857/pc.v8i5.5564.
- [6] J. Cui *et al.*, “Monitoring and Analysis of Power Quality in Photovoltaic Power Generation System”, doi: 10.1051/e3sconf/2018.
- [7] “¿Qué son los parques fotovoltaicos o parques solares? | factorenergia.” Accessed: Jul. 02, 2025. [Online]. Available: <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo-electrico/que-son-los-parques-fotovoltaicos-o-parques-solares/>
- [8] J. M. Carrasco *et al.*, “Power-electronic systems for the grid integration of renewable energy sources: A survey,” Jun. 2006. doi: 10.1109/TIE.2006.878356.
- [9] W. I. Gonzales-Saenz and R. I. Corasma-Quispe, “Modulador por anchura de pulso sinusoidal SPWM para un inversor monofásico de 60Hz de bajo costo SPWM sine pulse width modulator for a low cost 60Hz single phase inverter Modulador de largura de pulso senoidal SPWM para um inversor monofásico de 60 Hz de baixo custo,” vol. 6, no. 5, pp. 197–191, 2021, doi: 10.23857/pc.v6i5.2646.
- [10] S. M. Bhat, “Square Wave Inverters-A performance Comparison with Pure Sine wave Inverters,” 2019. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/332265514>
- [11] “¿Cómo son los inversores de onda senoidal? | Blog AutoSolar.” Accessed: Jun. 30, 2025. [Online]. Available: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/como-son-los-inversores-de-onda-senoidal>
- [12] “¿Cómo funcionan los inversores de onda senoidal modificada?” Accessed: Jun. 30, 2025. [Online]. Available: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/como-funcionan-los-inversores-de-onda-senoidal-modificada>
- [13] “Las interferencias electromagnéticas - Cables RCT.” Accessed: Jun. 30, 2025. [Online]. Available: <https://www.cablesrct.com/blog-cables-rct-es/2681-las-interferencias-electromagneticas>
- [14] “Distorsión armónica total (THD) en sistemas eléctricos de potencia - Intone Power.” Accessed: Jun. 30, 2025. [Online]. Available: <https://www.intonepower.com/es/news/total-harmonic-distortion-thd-in-electrical-power-systems/>
- [15] D. Kolantla, S. Mikkili, S. R. Pendem, and A. Desai, “Critical review on various inverter topologies for PV system architectures,” *IET Renewable Power Generation*, vol. 14, Jun. 2021, doi: 10.1049/iet-rpg.2020.0317.
- [16] M. Rida Tur, “Solution Methods and Recommendations for Power Quality Analysis in Power Systems,” 2018.

- [17] M. Rodríguez Gámez, A. Vázquez Pérez, A. M. Velez Quiroz, and W. M. Saltos Arauz, “Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales,” *Revista científica*, vol. 3, no. 33, pp. 265–274, Sep. 2018, doi: 10.14483/23448350.13104.
- [18] L. Regulación, “EL DIRECTORIO DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD, ARCONEL, DENTRO DE SUS ATRIBUCIONES LEGALES Y REGLAMENTARIAS: Expide.”
- [19] “Calidad de Energía - Redes y Energías.” Accessed: Jul. 07, 2025. [Online]. Available: <https://redesyenergias.com/ingenieria-electrica/calidad-de-energia/>
- [20] “Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (Codificada) EL DIRECTORIO DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES.” [Online]. Available: [www.controlrecursosyenergia.gob.ec](http://www.controlrecursosyenergia.gob.ec)
- [21] P. Bagheri, W. Xu, and T. Ding, “A Distributed Filtering Scheme to Mitigate Harmonics in Residential Distribution Systems,” *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 31, no. 2, pp. 648–656, Apr. 2016, doi: 10.1109/TPWRD.2015.2460460.
- [22] “Filtro Activo SINAF 3.0 REDUCCIÓN DE ARMÓNICOS Y CONSUMO - ppt descargar.” Accessed: Jul. 01, 2025. [Online]. Available: <https://slideplayer.es/slide/14363511/>
- [23] A. Kumar, “Power Quality Issues and Harmonics Performance Analysis for Non-Linear Load in Power Distribution System,” in *CCE 2022 - 2022 19th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022. doi: 10.1109/CCE56709.2022.9975948.
- [24] “Armónicos en sistemas eléctricos: causas, efectos y soluciones.” Accessed: Jul. 01, 2025. [Online]. Available: <https://www.electricalengineeringplanet.com/2024/12/harmonics-in-electrical-systems-causes.html>
- [25] “Instrumentos de prueba y medida y software de Fluke Ecuador.” Accessed: Jul. 07, 2025. [Online]. Available: <https://www.fluke.com/es-ec>
- [26] M. de Desarrollo Urbano Vivienda Arq Leonel Chica Martínez, A. Gustavo Raúl Ordoñez, A. Jenny Lorena Arias Zambrano, and I. Miguel Iza Ing Franklin Medina Ing Carlos Parra Ing Diego Chimarro Ing Ramiro Rosero Ing Luis Fernando Bonifaccini Ing Sofía Terán Ing Mentor Poveda Ing Francisco Parra Textos Edición, “Ing. Adrián David Sandoya Unamuno,” 2018.

## 8 ANEXOS

### ANEXO A: COMPORTAMIENTO DE LA FORMA DE ONDA DEL INVERSOR DE ONDA CUADRADA EN VACÍO Y DIFERENTES CARGAS.

#### En vacío

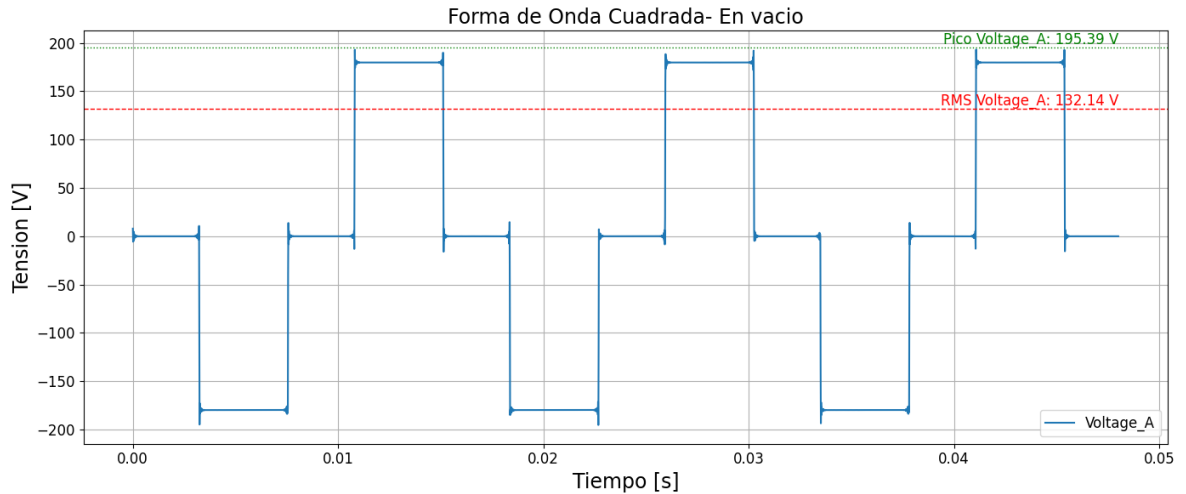


Figura A.1: Forma de onda de voltaje en vacío

En la figura A.1. la señal presenta transiciones abruptas entre niveles de voltaje entre niveles positivos y negativos, refleja un alto contenido armónico, típicas de una onda cuadrada, con distorsión armónica significativa ( $THD = 38.13\%$ ). Esto incumple con la normativa ARCERNR 003/23 ( $THD$  máximo permitido:  $8\%$ ) como se observa en la tabla 9.

#### Carga resistiva

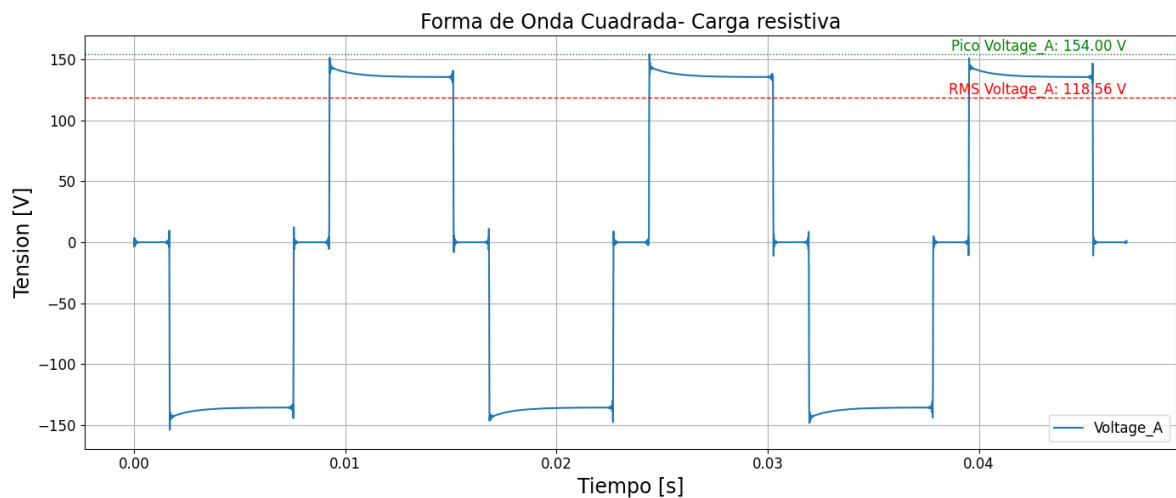
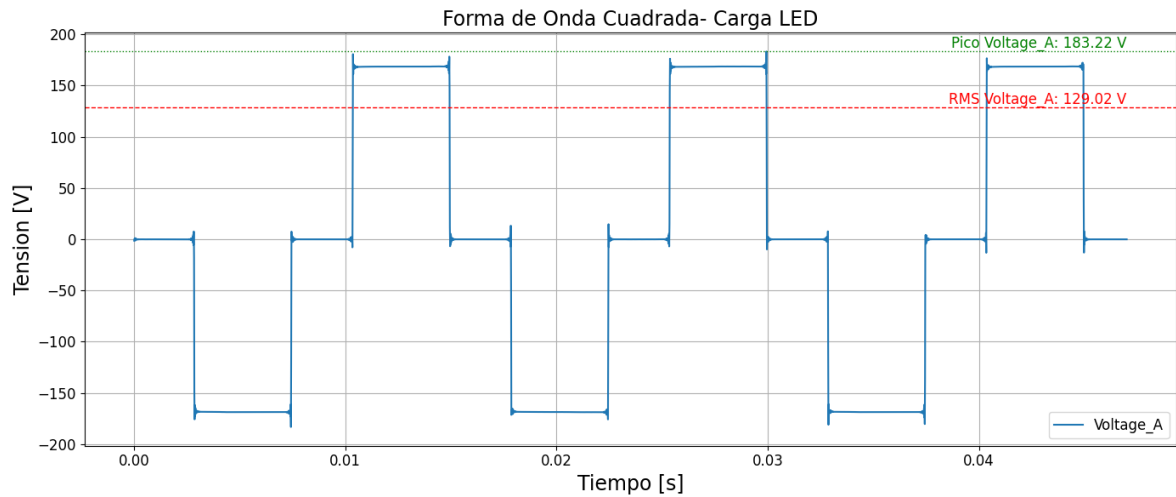


Figura A.2: Forma de onda con carga resistiva

En la figura A.2 la forma de onda presenta ligeras deformaciones en los bordes, aunque mantiene las transiciones abruptas características, pero con menor THD (29.57%) debido a la atenuación de armónicos por la carga resistiva. Sin embargo, sigue incumpliendo la normativa como se observa en la tabla 9.

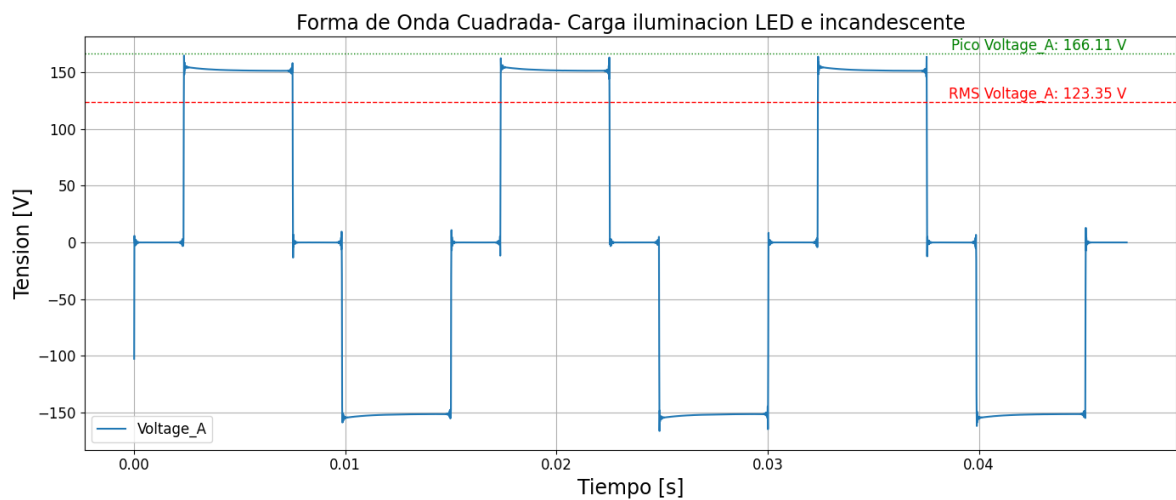
**Carga mixta (Iluminación led)**



*Figura A.3: Forma de onda con carga iluminación led.*

En la figura A.3 la distorsión aumenta (THD = 33.84%) por la carga de iluminación Leds, exacerbando los armónicos como se observa en la tabla 9.

**Carga mixta (foco led y foco incandescente)**



*Figura A.4: Forma de onda con carga electrónica pura y carga resistiva.*

En la figura A.4, se observa una distorsión significativa en comparación con una señal sinusoidal ideal, la cual es resultado del uso de cargas electrónicas puras como la iluminación LED. Con un valor variación de nivel de voltaje 14,39 y la distorsión armónica total (THD) llega a un 28,969 %. Sin embargo, el valor de flicker  $P_{st} = 0,095$ , lo que señala estabilidad en la fluctuación de la tensión a corto plazo como se observa en la tabla 9.

### Carga Mixta (foco led, foco incandescente y foco fluorescente)

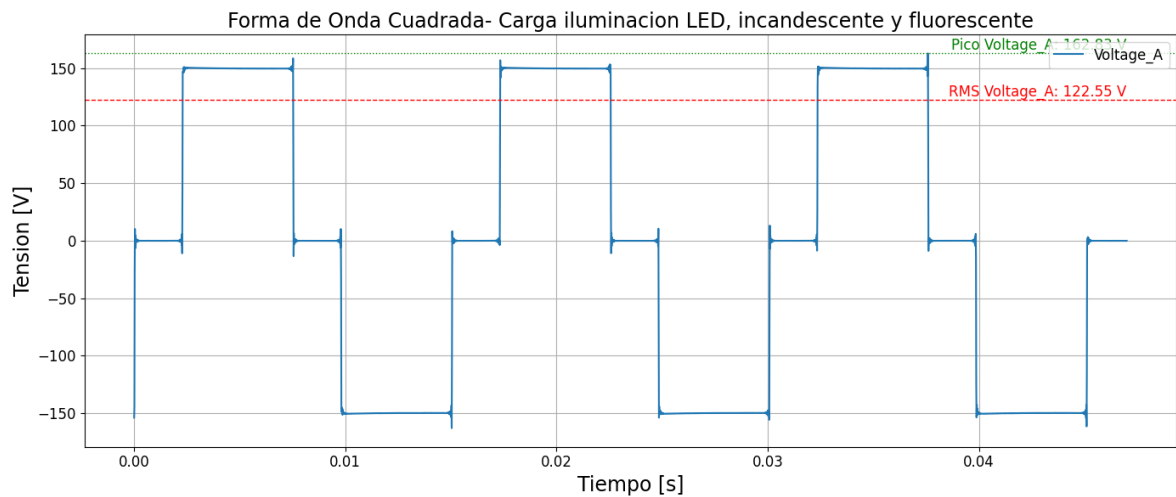


Figura A.5: Forma de onda con Carga Mixta, (foco led, foco incandescente y foco fluorescente).

En la figura A.5, la onda de salida del inversor presenta una onda distorsionada con un grado de variación de tensión del 12,50 %, superando el límite de variación de tensión del 8 % y una distorsión armónica total (THD) de 28,116 %, muy por encima del máximo permitido del 8 %. No obstante, el flicker a corto plazo tiene un valor ( $P_{st} = 0,0761$ ), lo que indica estabilidad en la variación de voltaje como se observa en la tabla 9.

### Carga Mixta (batidora y radio)

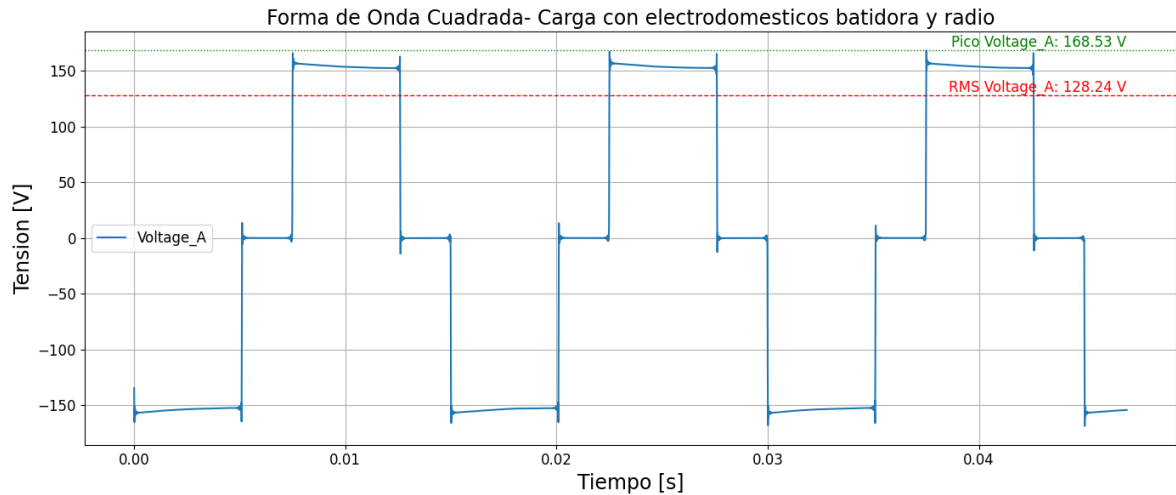


Figura A.6: Forma de onda con carga mixta (batidora y radio)

En la figura A.6, la forma de onda generada por el inversor al alimentar una carga mixta (radio y batidora) generan una severa deformación de la señal. El nivel de voltaje supera el límite en un 16,11 %, y la distorsión armónica total (THD) alcanza un 29,966 %, ambos valores fuera del rango permitido por la normativa ARCERNNR 003/23. Por otro lado, el flicker tiene un valor ( $P_{st} = 0,6681$ ) está dentro del rango aceptable, lo que indica estabilidad en variaciones rápidas de voltaje como se observa en la tabla 9.

### Carga Mixta (batidora, radio e iluminación)

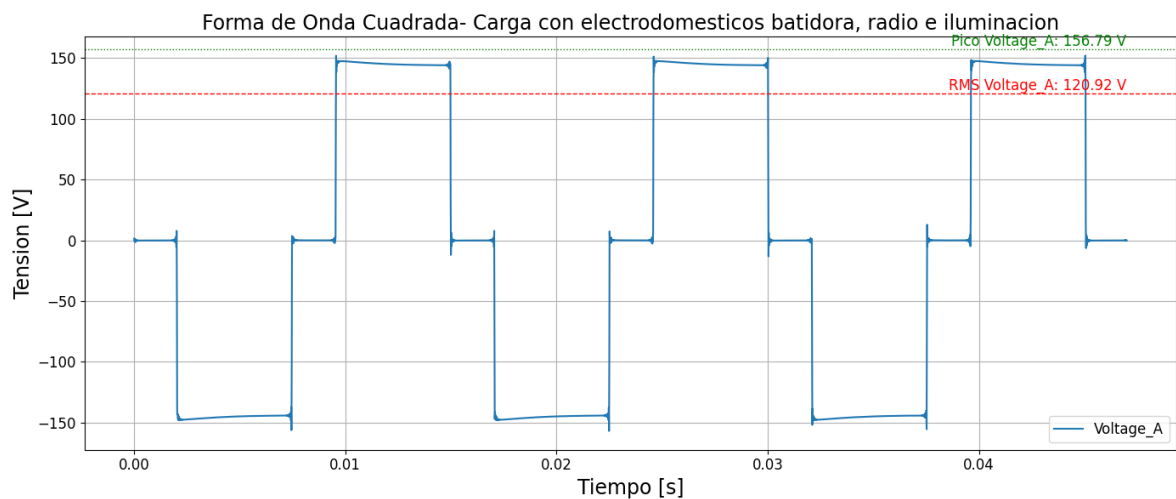


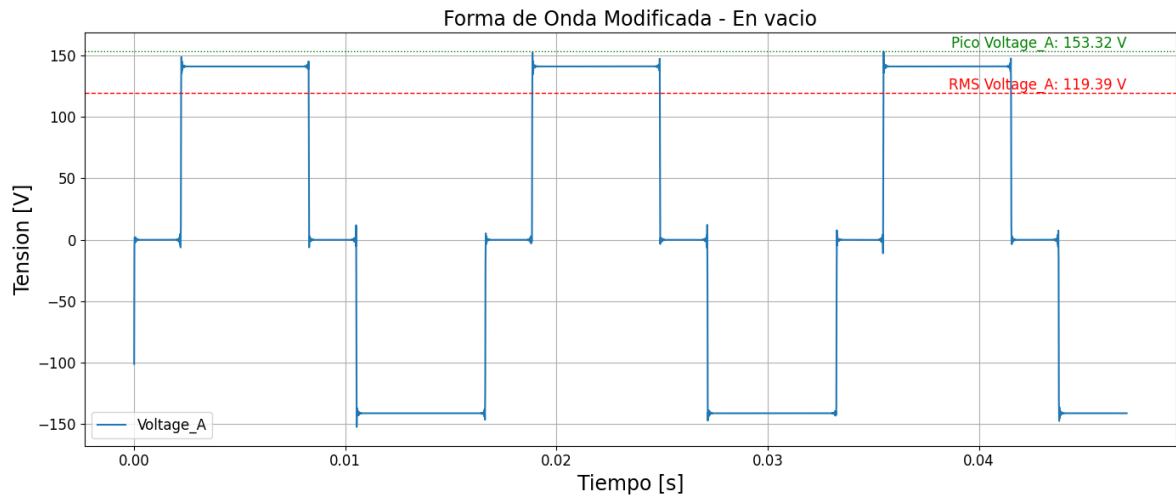
Figura A.7: Forma de onda con carga mixta (radio, batidora e iluminación)

En la figura A.7 la operación del inversor de onda cuadrada con una carga mixta (radio, batidora e iluminación) genera una forma de onda que no cumple con los parámetros normativos de calidad de energía. El voltaje excede el límite en un 11,62% y la THD llega a un 28,059 %, lo que señala una elevada distorsión por armónicos. Ambos parámetros se encuentran fuera del

rango permitido por la normativa ARCERNNR 003/23. Por otro lado, el flicker tiene un valor ( $Pst = 0,1119$ ) está dentro del rango aceptable, lo que indica estabilidad en variaciones rápidas de voltaje como se observa en la tabla 9.

**ANEXO B: COMPORTAMIENTO DE LA FORMA DE ONDA DEL INVERSOR DE ONDA SENOIDAL MODIFICADA EN VACÍO Y CON CARGA.**

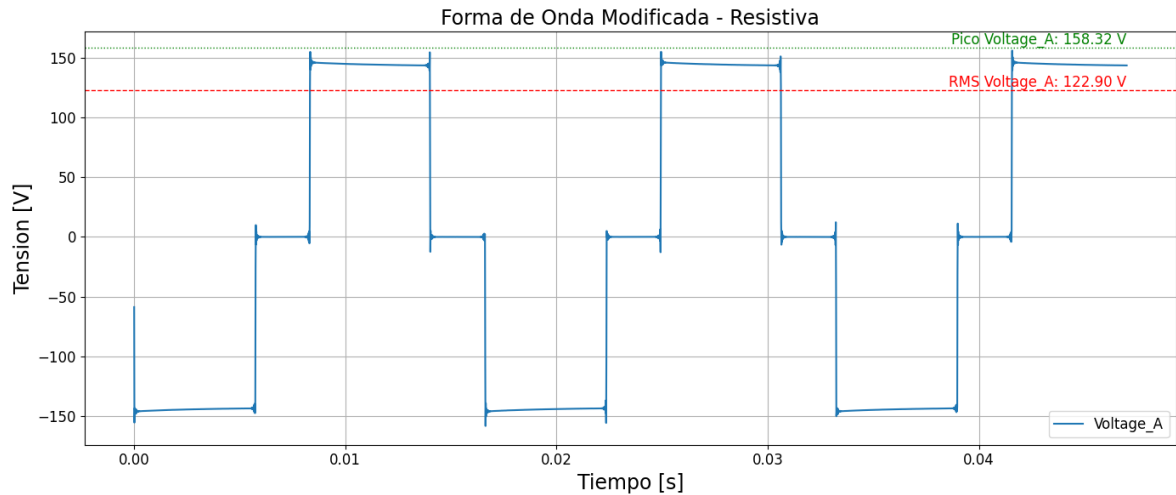
**En vacío**



*Figura B.1: Forma de onda modificada en vacío*

En la figura B.1 la forma de onda no sinusoidal del inversor característico en este tipo de inversores. Posee una variación de voltaje del 5.1% dentro del rango establecido, sin presencia de flicker ( $Pst = 0,034$ ), pero presenta una elevada distorsión armónica total ( $THD = 27,92 \%$ ), que no cumple la normativa ARCERNNR 003/23 como se observa en la tabla 10.

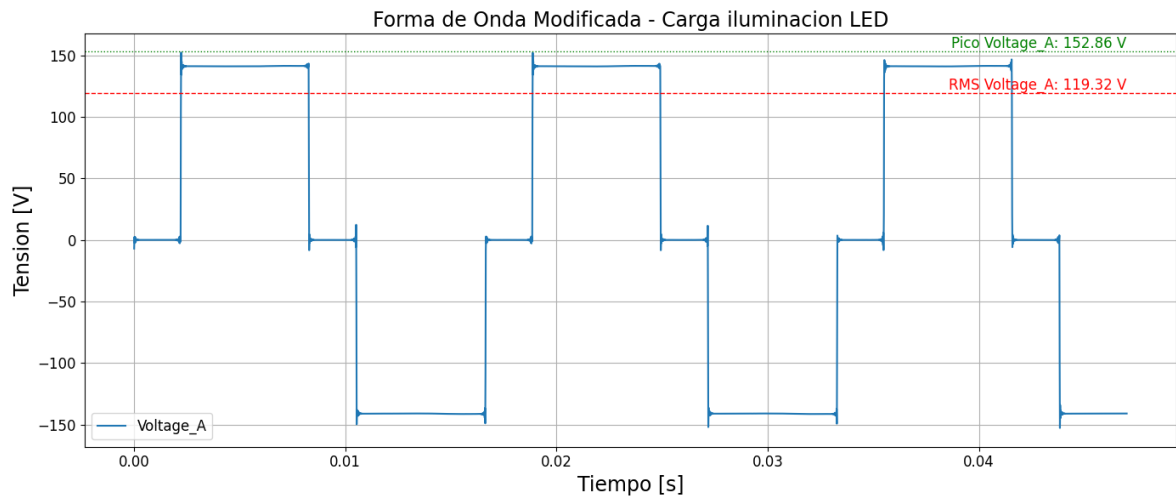
**Carga resistiva**



*Figura B.2: Forma de onda con carga resistiva*

En la figura B.2, la forma de onda, bajo carga resistiva forma de onda distorsionada. Entrega un voltaje con variación del 4,23 %, cumpliendo el rango permitido según la normativa ARCERNNR 003/23. Sin embargo, presenta un THD de 29,02 %, excediendo ampliamente el límite del 8 %. A pesar de esto, el flicker ( $P_{st} = 0,106899$ ) se mantiene muy por debajo del valor crítico, indicando una tensión estable en el tiempo como se observa en la tabla 10.

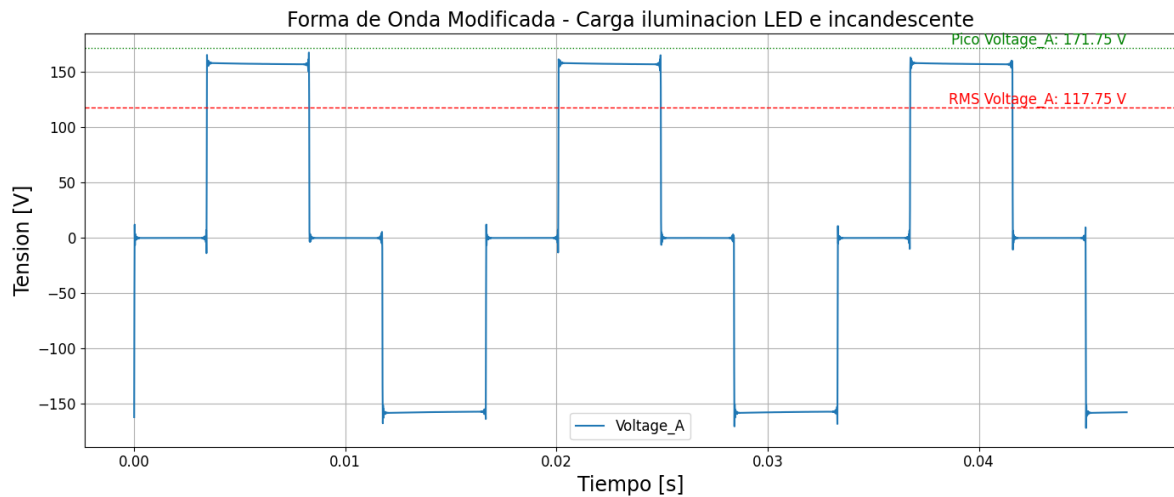
### **Carga mixta (foco led)**



*Figura B.3: Forma de onda con carga mixta (foco led)*

La figura B.3, no muestra un cambio notable en la forma de onda a causa de la carga de iluminación LED. Posee una variación de voltaje ( $5,06 \% < \pm 8 \%$ ) y flicker ( $P_{st} = 0,248 < 1,0$ ) que se ajusta al límite establecido, lo que señala una tensión estable y sin fluctuaciones notables. Sin embargo, el valor de distorsión armónica total ( $THD = 27,961 \%$ ) excede ampliamente el límite permitido (8 %) como se observa en la tabla 10.

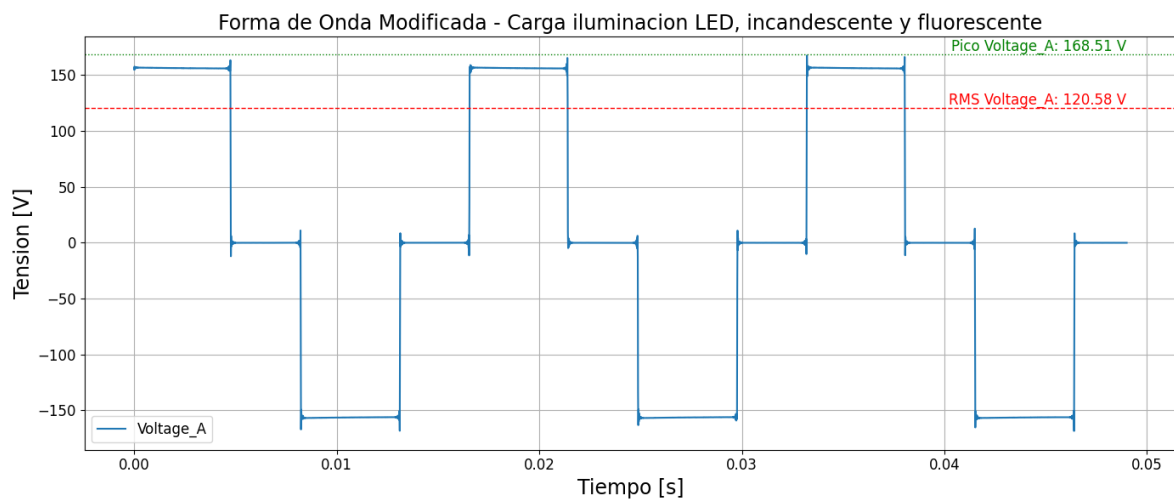
### **Carga mixta (foco led y foco incandescente)**



*Figura B.4: Forma de onda con carga mixta (foco led y foco incandescente).*

En la figura B.4, la forma de onda se muestra fuertemente distorsionada, presenta un nivel de voltaje dentro del rango permitido (4,03 %) y valores de flicker aceptables ( $P_{st} = 0,31907$ ). Sin embargo, el THD alcanza un 35,958 %, muy por encima del límite normativo (8 %) como se observa en la tabla 10.

### **Carga mixta (foco led, incandescente y fluorescente)**

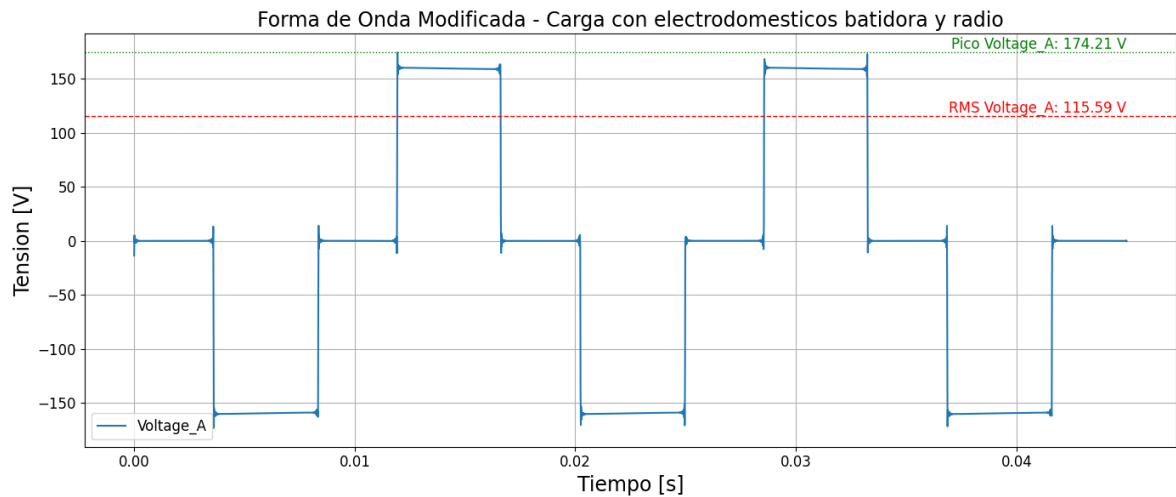


*Figura B.5: Forma de onda con carga mixta (foco led, foco incandescente y foco fluorescente)*

En la figura B.5, se evidencia una alta distorsión de la forma de onda con combinación de cargas LED, incandescente y fluorescente, presenta un nivel de voltaje estable (0,75 %) y flicker dentro del rango permitido ( $P_{st}=0,503$ ). Sin embargo, el THD de voltaje es muy alto (34,47 %),

superando ampliamente el límite del 8 % establecido por la normativa ARCERNNR 003/23 como se observa en la tabla 10.

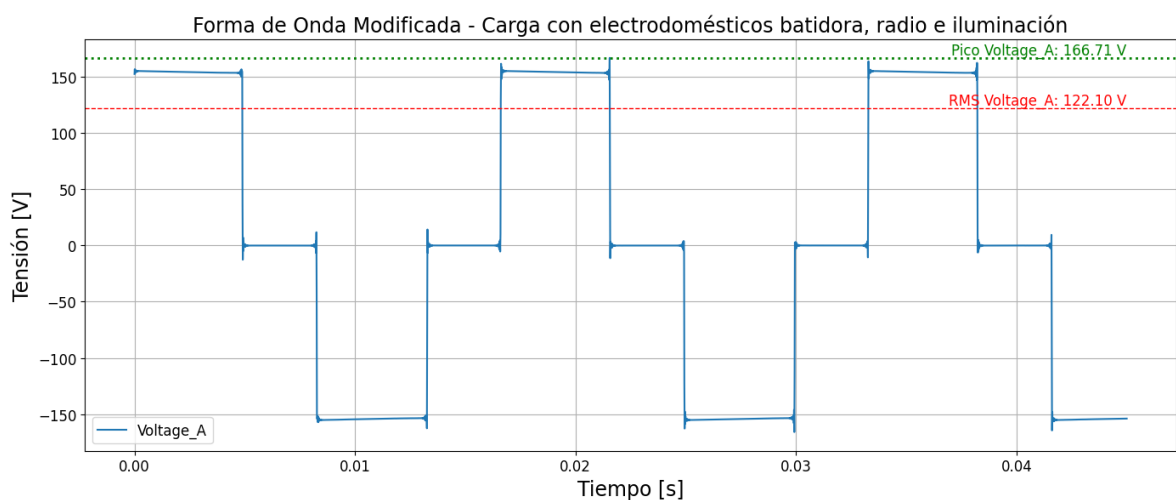
**Carga mixta (radio y batidora).**



*Figura B.6: Forma de onda con carga mixta (radio y batidora).*

En la figura B.6, se muestra distorsión en la forma de onda, presenta una buena estabilidad de variación de tensión (4,14 %) y flicker dentro del límite (0,594561), cumpliendo con la normativa en esos aspectos. No obstante, el THD es muy elevado (41,345 %), superando ampliamente el límite permitido y no cumple con la normativa ARCERNNR 003/23 como se observa en la tabla 10.

**Carga mixta (radio, batidora e iluminación)**



*Figura B.7: Forma de onda con carga mixta (radio, batidora e iluminación)*

En la figura B.7, se evidencia una alta distorsión de la forma de onda, presenta un nivel de voltaje estable (4,01 %) y flicker dentro del rango permitido ( $P_{st} = 0,600172$ ), lo cual garantiza una buena estabilidad y confort visual. Sin embargo, el THD de voltaje es elevado (32,43 %), superando ampliamente el límite del 8 % establecido por la normativa ARCERNNR 003/23 como se observa en la tabla 10.

### ANEXO C: COMPORTAMIENTO DE LA FORMA DE ONDA DEL INVERSOR DE ONDA SENOIDAL PURA EN VACÍO Y CON CARGA.

#### En vacío

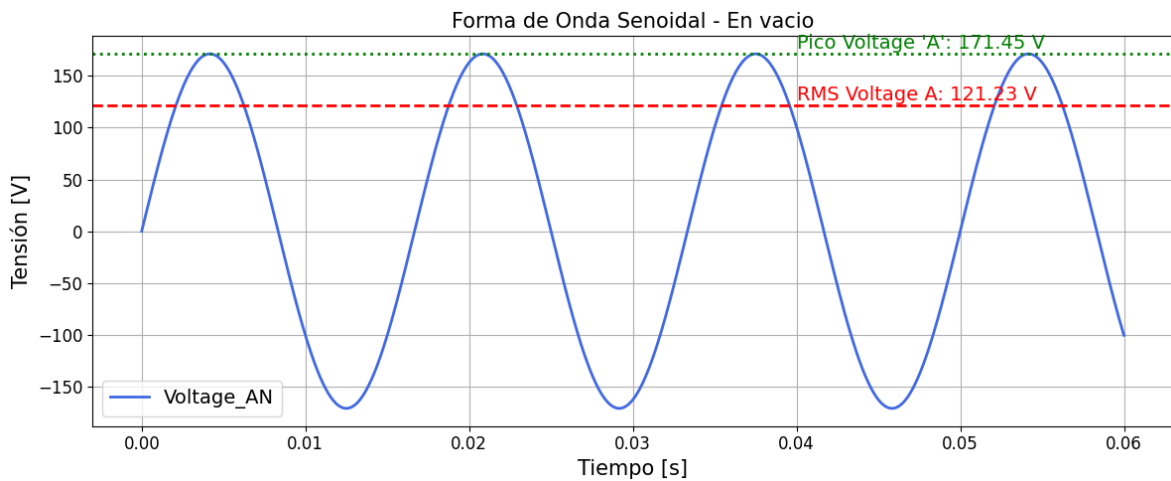


Figura C.1: Forma de onda en vacío

En la figura C.1, el inversor muestra una forma senoidal pura en vacío. El voltaje experimentó una variación del 1,028%, que se encuentra dentro del margen permitido de  $\pm 8\%$ , asegurando una salida estable y adecuadamente regulada. La distorsión armónica total (THD) llega a un 0,770 %, un porcentaje significativamente inferior al límite del 8 %. Además, el flicker registrado ( $P_{st} = 0,333417$ ) también está dentro del valor límite ( $\leq 1.0$ ), lo que asegura la falta de variaciones rápidas en la tensión como se observa en la tabla 11.

#### Carga resistiva

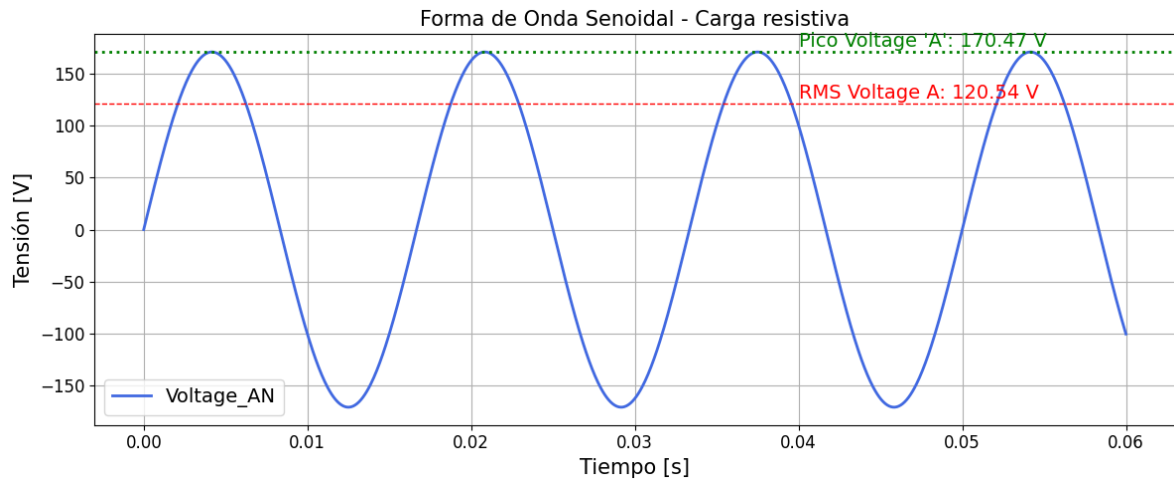


Figura C.2: Forma de onda con carga resistiva

En la figura C.2, no muestra distorsión considerable en la forma de onda. El nivel de variación de voltaje registrado es del 0,45 %, dentro del rango normativo permitido de  $\pm 8$  %, lo cual asegura una tensión de salida estable y adecuada.

El análisis de distorsión armónica total (THD) muestra un valor de 1,014 %, valor dentro del límite del 8 % y el flicker Pst registrado fue de 0,339, cumplió con el límite establecido ( $\leq 1.0$ ) según la norma ARCERNR 003/23 como se observa en la tabla 11.

**Carga mixta (foco led)**

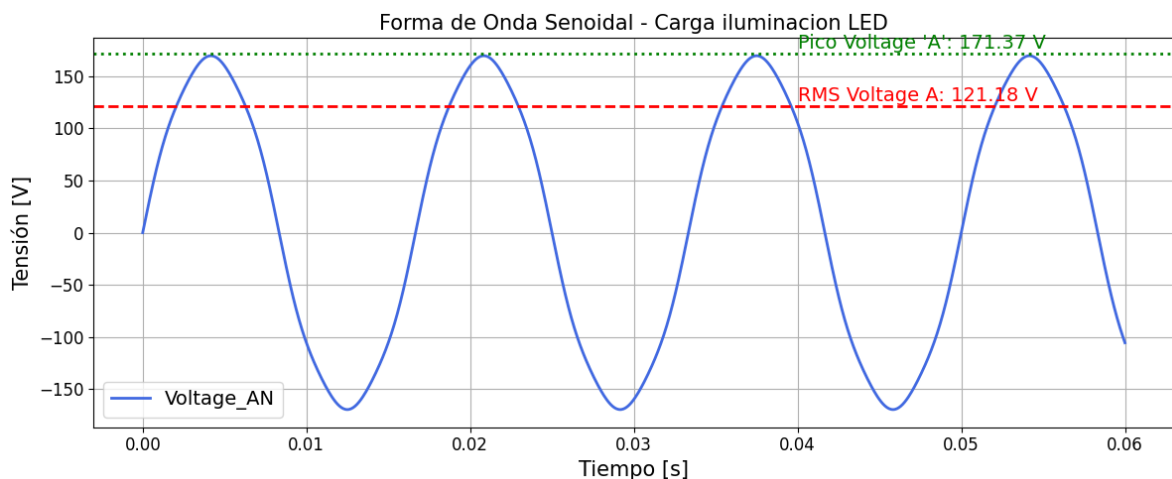


Figura C.3: Forma de onda con carga mixta (foco led)

En la figura C.3, la forma de onda observada es simétrica, suave y continua, con una desviación de voltaje de 0,98 %, valor dentro del rango permitido de  $\pm 8$  %. La distorsión armónica total

del voltaje (THD) registrada fue de 0,780 % y flicker con un valor Pst = 0,37433, lo cual cumple con rango admisible normativo de  $\leq 1.0$  según la norma ARCERNNR 003/23 como se observa en la tabla 11.

### Carga mixta (foco led y foco incandescente)

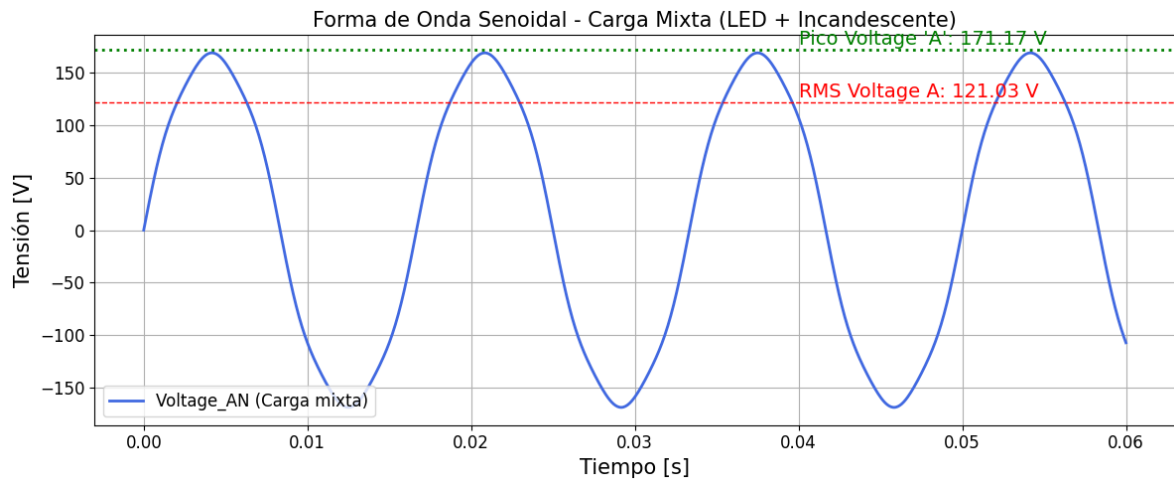


Figura C.4: Forma de onda con carga mixta (foco led y foco incandescente)

En la figura C.4, la forma de onda es claramente senoidal, simétrica y estable, con una desviación de 0,86 %, lo cual se encuentra dentro del rango normativo permitido de  $\pm 8$  %, distorsión armónica total (THD = 1,109 %) está muy por debajo del límite del 8 %, y el flicker (Pst = 0,372609) también cumple con el valor máximo de 1,0 según ARCERNNR 003/23. cómo se observa en la tabla 11.

### Carga Mixta (foco led, foco incandescente y foco fluorescente)

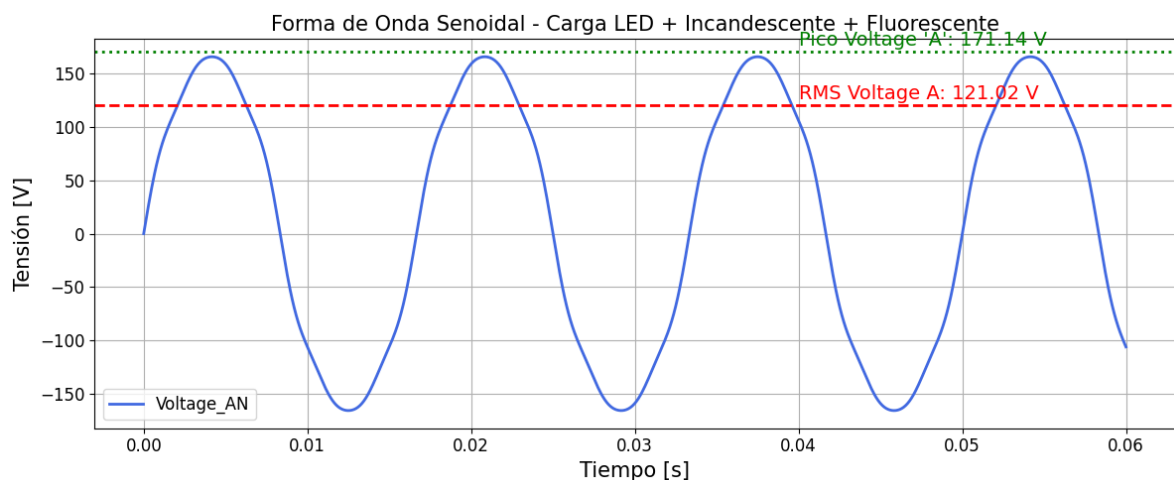
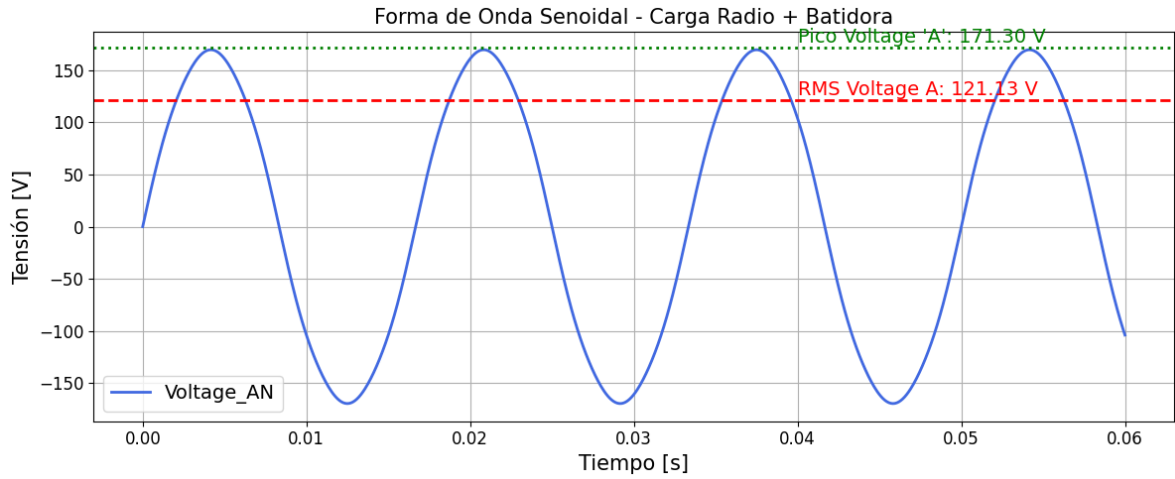


Figura C.5: Forma de onda con carga mixta (foco led, foco incandescente y foco fluorescente)

En la figura C.5, se observa una forma de onda senoidal estable con deformaciones no tan notables. El nivel de variación del voltaje es del 0,85 %, respetando el rango permitido de  $\pm 8$  %, la distorsión armónica total del voltaje (THD = 1,377 %) se encuentra dentro del límite del 8%, y el flicker (Pst = 0,389511) se mantiene en el rango permitido de 1.0 conforme a la regulación ARCERNNR 003/23 como se observa en la tabla 11.

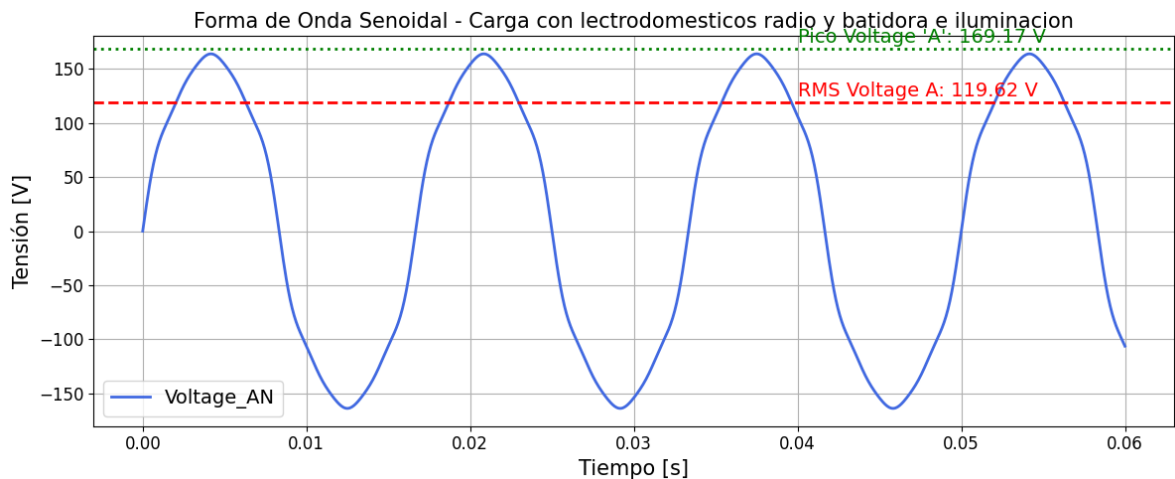
**Carga Mixta (batidora y radio)**



*Figura C.6: Forma de onda con carga mixta (batidora y radio)*

En la figura C.6, la forma de onda no muestra distorsiones visibles, con variación de voltaje del 0,94 %, cumpliendo el rango permitido de  $\pm 8$  % y distorsión armónica total del voltaje (THD = 0,803 %) se encuentra dentro del límite del 8 % para baja tensión. Además, el valor de flicker (Pst = 0,347319) está por debajo del umbral de 1.0 según la regulación a la regulación ARCERNNR 003/23 como se observa en la tabla 11.

**Carga Mixta (batidora, radio, foco led e iluminación)**



*Figura C.7: Forma de onda con carga mixta (batidora, radio, foco led e iluminación)*

En la figura C.7: La forma de onda observada es senoidal pura, simétrica y sin distorsiones significativas con variación del nivel de voltaje de 0,32 %, lo cual cumple con el rango normativo de  $\pm 8$  % y THD de voltaje alcanza el 1,32 %, manteniéndose por debajo del límite del 8 %. Además, el flicker ( $P_{st} = 0,6$ ) se encuentra dentro del límite permitido de 1.0 según la regulación ARCERNNR 003/23 como se observa en la tabla 11.



Please read this manual thoroughly before installing and operating your inverter. This manual contains information you need to obtain the performance required for your application. The information is provided for your Cummins® "Backup" inverter is the first of its kind in the market. This inverter has high starting capability and max efficiency up to 90%.

The Cummins® inverter can connect with all Android® and iOS smartphones. Our phone APP can help you check and monitor the battery voltage, output power, and product temperature. Set up the protections such as under voltage, over voltage, overload, and over-temperature at a distance. Also included are personal settings and battery testing, with a user friendly experience.

**WELCOME TO THE FUTURE OF POWER INVERTERS!**

**WARNINGS, CAUTIONS, AND NOTES**

This is very important that you read and understand all of the information in this manual and follow all **WARNINGS, CAUTIONS AND NOTES** and all installation and operation instructions. In particular, comply with **WARNINGS** (possibility of serious injury or death), **CAUTIONS** (possibility of damage to the inverter and/or other equipment), and **NOTES** (included to assist you in achieving the maximum performance and longest working life from this advanced-design inverter).

**WARNINGS: INVERTER OUTPUT**

This heavy-duty device produces voltages similar to commercial AC power.

- Danger of shock or electrocution; treat inverter output the same as commercial AC power.
- Do not use the inverter near flammable materials or in any locations that may accumulate flammable fumes or gases.
- Do not use the inverter in areas where it may be exposed to electrical connections or made to, or where it may be used to connect electrical equipment.
- Do not use appliances with damaged or wet cords.

- Do not connect to transfer switch.
- Do not connect to household outlets.

**CAUTIONS: INVERTER OPERATING ENVIRONMENT**

- Surrounding air temperature should be between 32°F-104°F
- Keep the inverter away from direct sunlight, if possible.
- Keep the area surrounding the inverter clear to ensure free air circulation around the unit. Do not place items on or over the inverter during operation. The unit will shut down if the internal temperature gets too hot. Restart by unplugging all loads.
- Your starting surge is generated from a 12V power source.
- Do not attempt to connect the inverter to any other power source, including any AC power source. Do not reverse the DC input polarity-this will void the warranty.

**APPLIANCE CAUTIONS**

- DO NOT plug in battery chargers for cordless power tools if the charger carries a warning that dangerous voltages are present.
- Certain chargers for small nickel-cadmium or nickel-metal-hydrate batteries can be damaged if powered by this inverter. Two types of appliances are susceptible to damage: Small, battery-operated appliances such as flashlights, cordless razors, and toothbrushes that plug directly into an AC-receptacle.
- Some fans with synchronous motors may slightly increase in temperature when connected to the inverter. This is not harmful to the fan or to the inverter.
- Use safety approved extension cords rated at 15A or higher.
- GFCI devices may not work with modified sine wave (MSW) power.
- This inverter is not tested for use with medical equipment.
- Do not use power strips with surge protection.

- This inverter is not tested for use in marine applications.
- In the event of a continuous audible alarm or automatic shutdown, turn the inverter OFF immediately. Do not attempt to restart the inverter until the source of the problem has been identified and corrected.
- When using your Cummins® inverter to power lead acid battery chargers (like those used for a car, boat or motorcycle) with modified sine wave, check the temperature of the battery charger after 10 minutes. If the battery charger becomes hot, immediately disconnect it from the inverter and allow it to cool before resuming the charging operation.

**WARNING: DANGER OF BATTERY EXPLOSION -**

Batteries can deliver very high levels of current that can vaporize metal, start fires and cause explosions. Cummins® recommends installing ANL type fuses/holder or circuit breaker close to the positive battery bank terminal. This fuse protects the batteries from accidental DC cable shorts, and the fuse holder is available at most hardware supply stores.

**CAUTIONS**

- Loose connections can result in a severe decrease in voltage that can cause damage to cables & insulation.
- Failure to make correct polarity (Pos/Neg) connection between the inverter and the battery bank can result in the inverter catching fire and can penetrate the inverter housing. Damage caused by reversed polarity is not covered under the warranty.
- Making the connection to the Positive terminal may cause a spark as a result of current flowing to charge capacitors within the inverter. This is a normal occurrence.

- Because of the possibility of sparking, it is extremely important that both the inverter and the 12-volt battery be positioned far from any possible source of flammable vapors, fumes, or liquids. Failure to heed this warning could result in fire or explosion.
- Operating the inverter without correctly grounding the unit may result in an electrical shock.

**GETTING STARTED**

When some tools turn, there is an initial surge of power to start. This surge of power is referred to as the "starting load" or "peak load" and is the load on the inverter at the moment you start the tool. This surge of power is the "continuous load" in terms of power requirements. You will need to determine how much power your tool or appliance requires to start up (starting load) and its continued running power requirements (continuous load).

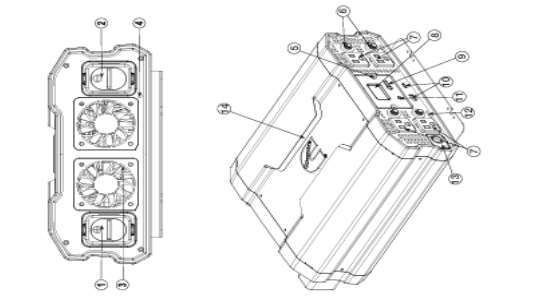
Power consumption is rated in watts or it can be calculated from Amperes (Amps). This information is usually stamped on the appliance. The information is not indicated on the appliance or equipment; check the owner's manual. For electrically sensitive equipment, contact the manufacturer to determine if the device you are using is compatible with modified sine wave AC.

**Multiply: AC AMPS x 110 (AC voltage) = WATTS**

This formula yields a close approximation of the continuous load of your appliance.

**Multiply: WATTS x 2 = Starting Load** for most appliances

This formula yields a close approximation of the starting load of most appliances. Exceptions are motorized appliances such as pumps, freezers and air conditioners. These appliances can have startup loads of up to eight times the rated watts.



**FEATURES**

1. Positive Power Input Terminal.
2. Negative Power Input Terminal.
3. High-Speed Cooling Fans. When the temperature inside the inverter exceeds a preset limit, the cooling fan automatically turns on to cool the inverter. When the temperature reduces, the fan turns off.
4. Ground terminal.
5. Circuit breaker to protect the inverter.
6. Circuit breaker to attach removable control panel.
7. Four (4) standard North American AC outlets, each rated at 15 Amps.
8. Detachable LCD display which can display battery voltage, power watts and fault display.
9. ON/OFF Switch. Turn the inverter ON and OFF.
10. Standard USB output 2.1A and USB-C output 1.6W.
11. Battery temperature sensor.
12. Ventilation hole.
13. AC socket.
14. Backlight. The red backlight could be controlled by ON/OFF through settings in Cummins® APP.

**DETERMINING THE DC POWER REQUIREMENTS**

Your inverter requires the input of a 12-volt battery. To determine the DC power requirements for your inverter, you need to know the current or amps required for powering the continuous AC load. As a shortcut method to divide the continuous AC load wattage by 10. For example, the continuous AC load is 3000W. The current-Ampereage is: 3000/10 or 300A at 12V DC. Add to the load any DC appliances that may be powered by the battery bank.

**SIZING THE BATTERY**

To determine the minimum battery Amp-Hour (AH) rating that you will need to operate appliances from the inverter, and any DC appliances powered by the battery, follow these steps:

1. List the maximum wattage that the inverter has to provide (as above).
2. Estimate the number of hours the appliances will be in use. For example, a typical home-use coffee maker draws 500W during its brew time of about 10 minutes. Typical use of a microwave oven is only for a few minutes. Some longer operating time appliances are lamps, TVs, computers and refrigerator/freezers.
3. Determine the total watt-hours of energy needed. Then divide the total watt-hours by the inverter's efficiency. The number of hours of run time. For example: 2000W for 10 hours = 20,000W hours. Using the 2000W for 200A for 10 hours example as above, then 200A is needed for 10 hours. This provides us with the basic AH of battery that is required. Ten hours at 200A equals 2000AH. However, there are other conditions that determine actual run time.

**These include:**

- AC appliance load and time in use (Basic Amp Hour)
- Cable gauge and length
- Charge level of the batteries (between use, chargers have to be able to fully charge the batteries)
- Temperature of the batteries (colder batteries provide fewer Amps)
- Age and condition of the batteries (older batteries lose capacity)
- Compliance with turning off unnecessary AC and DC loads.

If there is any doubt about sizing the battery, it is safe to overestimate the Amp hour requirements of the battery.

**Note:** The type of batteries you use to power your high-power inverter is important. Operating a high-power inverter will routinely discharge batteries and they will require recharging. Batteries used to start engines are not designed to repeatedly charge and discharge. We recommend using "deep-cycle" or "marine" rated batteries.

**CABLE GAUGES**

When connecting the inverter to a battery use the thickest stranded insulated copper wire available in the shortest length practical.

LENGTH	CAN2000W	CAN3000W	CAN4000W	CAN5000W
1ft	6AWG	4AWG	4AWG	4AWG
2ft	4AWG	2AWG	2AWG	2AWG
3ft	4AWG	2AWG	2AWG	2AWG
5ft	2AWG	1AWG	1AWG	2/0AWG
6ft	1/0AWG	1/0AWG	2/0AWG	2/0AWG
7ft	2/0AWG	2/0AWG	3/0AWG	3/0AWG
8ft	3/0AWG	3/0AWG	4/0AWG	4/0AWG
10ft	3/0AWG	3/0AWG	4/0AWG	4/0AWG

**RECOMMENDED SIZE**

AMPERAGE	200A	300A	400A	500A
----------	------	------	------	------

**MOUNTING THE INVERTER**

Your inverter should not be mounted under the hood of a vehicle. If installing in a vehicle, choose a dry, cool, ventilated area as close to the battery as practical. Before drilling any mounting holes, make sure that there are no wires, hoses, or tanks directly behind the surface to be drilled.

1. Inverter ON/OFF switch must be in the OFF position.
2. The inverter should be mounted horizontally.

**TELEVISION AND AUDIO SUGGESTIONS**  
 The inverter is shielded and filtered to minimize signal interference with your television picture. It may still be unavoidable, especially in weak signal areas. Here are some suggestions that may improve reception:  
 1. First, make sure that the television antenna produces a clear signal under normal operating conditions. Also, ensure that the antenna cable is properly shielded and of appropriate length.  
 2. Check the positions of the inverter, antenna cables or TV power cord.  
 3. Isolate the TV, its power cord and antenna cables from the 12-volt power source by running an extension cord from the inverter to the television set.  
 4. Coil the television power cord and the input cable to the inverter.  
 5. Attach a "Ferrite Data Line Filter" to the television power cord. More than one filter may be required. These filters are available at most electronic supply stores.

**Note:** Some inexpensive audio systems may produce a slight "buzzing" sound when operated with the inverter. The addition to the system of a sound system with better power supply filtering.

7. Route the ignition control wire to the left side of the inverter compartment. The ignition control wire should pass through the hole on the side of the DC wiring cover.  
 8. Route the DC wiring cover onto the DC wiring compartment. The ignition control wire should pass through the hole on the side of the DC wiring cover.

**About Cummins™ Bluetooth® APP**

- The Main Function of the APP is to control the inverter.
- Real-time display of Input Voltage / Output Voltage / Output Power / Power source level.
- Display working hours, set auto-off time.
- Real-time monitor the temperature, to avoid potential safety hazard.
- Control the red backlight ON/OFF.

**How to download the APP?**

Go into Google Play and search "Cummins Inverter" or scan the QR code below.



Please refer to the APP manual to check the operation details about controlling the inverter through the APP by your smartphone.

The inverter is designed to provide acceptable protection against harmful interference in a residential installation. This equipment generates, uses, and can radiate radio frequency energy and if not installed and used in accordance with the instructions, may cause harmful interference to radio communications. However, there is no guarantee that interference will not occur in a particular installation. If you experience interference, you may try to correct the interference by one or more of the following measures:  
 • Increase the separation between the equipment and receiver.  
 • Connect the equipment into an outlet on a circuit different from that to which the receiver is connected.  
 • Consult the dealer or an experienced radio/TV technician for help.  
 Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment.  
 Operation is subject to the following two conditions: (1) This device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

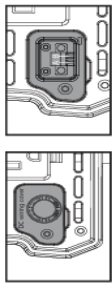
**One-Year Limited Warranty**

For support, product, and warranty information, call 717-261-9101 or email [commissupport@basinc.com](mailto:commissupport@basinc.com)  
 The C Cummins Logo and Cummins are trademarks of Cummins Inc. used under license. The BAS logo is a trademark of Basinc LLC. The Cummins logo is a trademark of Cummins Inc. used under license. USBC is a registered trademark of USBC Implementers Forum. Apple and iPhone are registered trademarks of Apple Inc. Android is a trademark of Google Inc. All other trademarks and trade names are property of their respective owners.  
 48 Industrial Drive, Elizabeth, PA 15022

• When using an extension cord from the inverter to an appliance the extension cord should not be longer than 50ft.

**Inverter Ignition Control**

The inverter can be wired to inhibit inverter operation in the absence of a vehicle's (or vessel's) ignition control signal. This feature can avoid unnecessary battery drain that would otherwise occur if the inverter were operated without a charging source such as the vehicle alternator.



**To enable ignition control:**

1. Ensure that AC and DC power are both OFF.
2. Ensure the vehicle's ignition is turned to OFF position. It is important that the vehicle's ignition is turned to OFF, disconnecting the vehicle's battery cables. Refer to the vehicle's owner's guide for proper instructions on how to disconnect the battery cables.
3. Locate the vehicle's ignition control wire from the vehicle's ignition circuit. This wire must be used properly and no more than 3A. Refer to the vehicle's owner's guide for proper instructions on how to disconnect the battery cables.
4. Using a proper screwdriver, remove the screw securing the DC wiring cover on the left hand side of the unit.
5. Remove the DC wiring cover to expose the ignition control terminals of the DC wiring compartment.
6. Strip the vehicle's ignition control wire and connect it to terminal Ignition Control (A or B).

**SPECIFICATIONS**

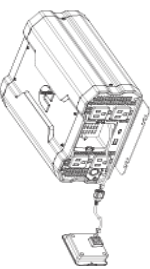
Model	CUMS200W	CUMS300W	CUMS400W	CUMS600W	CUMS1000W
Input	11/15V DC	11/15V DC	11/15V AC	11/15V AC	11/15V DC
Output	115V AC	115V AC	115V AC	115V AC	115V AC
Output Frequency	60Hz	60Hz	60Hz	60Hz	60Hz
Continuous Power	200W	300W	400W	600W	1000W
Surge Power	400W	600W	800W	1200W	2000W
Efficiency	up to 90%				
Load Regulation	-0.8A				
Low Battery Shutdown	15.5±0.3V DC				
Output Port	2.4A				
USB-C™ Output Port	18W				
Internal Protection	4 standard North American sockets				
Internal Fuse	15/20A blade fuse	15/20A blade fuse	15/20A blade fuse	15/20A blade fuse	15/20A blade fuse
Operating Temperature	32°F-148°F				
Battery Low Alarm	11.5±0.3V DC				
Auto Shut Down	30'				
Dimensions	13.29x4.9x4.11"	14.32x5.02x4.21"	15.15x5.12x4.27"	16.12x5.22x4.32"	17.18x5.32x4.37"
Net Weight	7.8lbs	10.8lbs	17.9lbs	17.9lbs	18.6lbs

Notes for battery cable short circuit only. Not for AC power output.

**Note:** Sparking is normal for the first connection.  
 1. The inverter has two DC cable connections. Do not use splicing to have good secure connections – Do not use electrical tape.  
 2. If you need the information on the panel at a distance, you can take out the panel and connect it to a 12ft extension cord (included) or simply use the APP.

**Removable Faceplate Remote Control**

1. Remove the screws fixing the panel (Keep the screws and extension cord).
2. Follow the diagram below to connect the panel and extension cord.



**Operation**

1. Turn ON the inverter. Press the ON/OFF switch on the front panel for 1 second.
2. Turn ON the inverter. Press the ON/OFF switch on the front panel for 1 second.
3. When you have confirmed that the appliance to be operated is turned off, plug an appliance cord into one of the 110V AC Outlets on the front panel of the inverter.
4. Turn ON the inverter.
5. Display will show voltage and power usage.
6. Turn on the appliances ON.
7. Plug in additional appliances and turn them ON.

**PROBLEM: Low Battery Alarm on all the time**

Cause	Solution
Input voltage below 11V-buzzing sound.	Keep input voltage above 11V to maintain regulation.
Poor or weak battery condition.	Recharge or replace battery.
Inadequate power being delivered to the inverter or excessive voltage drop.	Use lower gauge (heavier) cable. Keep cable length as short as possible.

**PROBLEM: TV does not work**

Cause	Solution
TV does not turn on.	Contact TV manufacturer to find out if the TV is compatible with a modified sine wave.

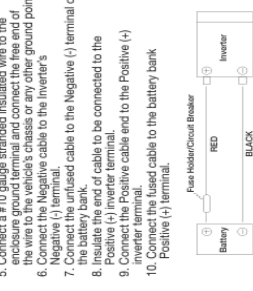
**PROBLEM: Error display & solution**

Error Code	Solution
LOW BATTERY	Low Battery Voltage. Please charge the vehicle battery or replace the vehicle battery by new one. Remove all appliances and turn off by ON/OFF switch. Check the battery voltage, make sure it is within 11V-15V.
WRONG BATTERY	Over Temperature Protection. Remove all appliances and turn off by ON/OFF switch. Turn on for 15 minutes before turning on again.
OVER HEAT	Over Load Protection. Turn OFF the inverter and remove all appliances, then use appliance with smaller power consumption.
OVER LOAD	

3. Position the inverter against the mounting surface and secure it with the screws in the following order:  
 4. Remove the inverter and drill four (4) mounting holes.  
 5. Fasten the inverter to the mounting surface using corrosion-resistant fasteners sized #10 or larger.

**Connecting the Inverter**

1. This inverter has two DC cable connections, one positive and one negative. In the order of steps in the following diagram, connect the positive (+) terminal of the inverter to the positive (+) terminal of the battery bank. Minimize the danger of igniting near the battery bank.
2. Connect the positive (+) terminal of the inverter to the positive (+) terminal of the battery bank.
3. Connect the negative (-) terminal of the inverter to the negative (-) terminal of the battery bank.
4. Connect the end of cable to be connected to the Positive (+) inverter terminal.
5. Connect the Positive cable end to the Positive (+) terminal of the battery bank.
6. Connect the Negative cable to the battery bank Positive (+) terminal.



**TROUBLESHOOTING**

**PROBLEM: No Input Voltage**

Cause	Solution
Battery is defective.	Replace battery.
Blown fuse.	Ask for help from technician.
Loose cable connections.	Check the connection to the battery. Tighten as required.

**PROBLEM: Inverter Shut Down**

Cause	Solution
The actual output power is higher than rated power of inverter, or inverter protection has occurred.	Reduce load to have the actual output lower than rated power of inverter.
The actual output is less than rated power, but high starting surge has caused overload shutdown.	Use a product with starting surge power within the inverter's capability.
The voltage input is too low.	Charge the battery.
Inverter is overheated due to poor ventilation and has shut down.	Disconnect the inverter from battery or DC socket and allow to be cooled for 15 minutes. Remove objects covering unit.



+1-215-321-4457  
sales@morningstarcorp.com



## Línea de inversores SureSine™

Inversor de onda senoidal

- Calidad industrial superior
- Control remoto por contacto seco
- Líder en seguridad industrial, bajo nivel de ruido y alto rendimiento
- Refrigeración por convección sin ventilador



Desde 1993, Morningstar ha sido sinónimo de líderes en la industria de controladores de carga, usados en las aplicaciones más exigentes de todo el mundo. Con esta herencia y reputación, los "inversores Morningstar" tienen el listón muy alto.

La nueva línea SureSine ha sido concebida por esa misma razón: satisfacer las peticiones de los clientes de un inversor Morningstar que esté a la altura de la calidad y el rendimiento de nuestros controladores de carga. Estos nuevos modelos cumplen con creces esa tarea.

### CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS PRINCIPALES

- Funciones del inversor: conversión CC/CA con salida de onda senoidal pura.
- Diseño y fabricación de productos de calidad industrial superior.
- Diseñado para una integración y comunicación a nivel de sistema con los controladores de carga Morningstar.
- Puertos de comunicación: RS485 USB, Ethernet, MS-CAN, Bluetooth, con el protocolo MODBUS estándar de la industria.
- Aplicaciones inalámbricas para Android e iOS incluidas para la configuración y supervisión con dispositivos remotos.
- Opción de terminal de cableado de CA disponible en determinados modelos (todos los rangos de potencia y frecuencias).
- El encendido/apagado remoto mejora la seguridad y permite el control en lugares inaccesibles.
- La potencia de salida auxiliar (modelos de 700-2500 W) proporciona alimentación para un bus EIA-485 u otras pequeñas cargas de CC.
- Transformador de baja frecuencia de calidad industrial reforzado para mejorar la estabilidad de la onda senoidal.
- Refrigeración por convección sin ventilador con disipador de calor de aluminio extruido para una máxima eficiencia y fiabilidad.
- Indicadores de estado LED para el sistema y la salida de CA de onda senoidal para garantizar un funcionamiento fiable y notificar cualquier alerta del sistema.
- Certificaciones NRTL de líderes en el sector en seguridad, bajo nivel de ruido y alto rendimiento que garantizan la fiabilidad y la adecuación del sistema.
- La configuración se puede realizar manualmente a través de los interruptores DIP o programarse digitalmente a través de los puntos de ajuste personalizados.



Funciones de comunicación y configuración de SureSine

- Los puertos de comunicación incluyen Ethernet, USB y MS-CAN.
- El inversor puede configurarse manualmente mediante un interruptor DIP o programarse digitalmente con valores de consigna personalizados.



# SureSine

INVERSOR DE ONDA SINUSOIDAL



## Guía de inicio rápido

### Modelos de inversores SureSine:

700 vatios\* / 1.000 vatios /  
1.250 vatios / 2.500 vatios

*\*para modelos que requieren cableado.*



#### IMPORTANTE:

El inversor SureSine está diseñado para convertir la alimentación de CC en alimentación de CA únicamente. No cargará las baterías.



#### ADVERTENCIA: Voltaje peligroso

El inversor SureSine debe ser instalado por un técnico calificado de acuerdo con las reglamentaciones eléctricas del país de instalación.



**PRECAUCIÓN:** Esta guía debe utilizarse con el manual completo del producto que incluye información importante. Lea atentamente el manual del producto del inversor SureSine para conocer todas las especificaciones, seguridad, información regulatoria y de garantía, y todas las instrucciones requeridas sobre los procedimientos de instalación, configuración y operación.

Para usar con sistemas de  
12 V CC, 24 V CC o 48 V CC

Escanee el código QR para ir directamente al manual de instalación del inversor SureSine y a la información de garantía en línea.



Registro de garantía: <https://www.morningstarcorp.com/product-registration/>

### En el cuadro:



Inversor SureSine



# 10 Tornillos de montaje (x4)



Conectores de bloque de terminales enchufables de 8 pines (x2)



Resistencia Terminal

### Herramientas necesarias:

- Destornillador Philips n.º 2
- Destornillador de cabeza plana de 5 mm y 3,8 mm
- Taladrar con broca de 3,8 mm
- Multímetro
- Herramienta que prensa
- Llave inglesa





# SureSine

INVERSOR DE ONDA SINUSOIDAL



## Guía de inicio rápido

### Modelos de inversores SureSine:

700 vatios\* / 1.000 vatios /  
1.250 vatios / 2.500 vatios

*\*para modelos que requieren cableado.*

Para usar con sistemas de  
12 V CC, 24 V CC o 48 V CC



#### IMPORTANTE:

El inversor SureSine está diseñado para convertir la alimentación de CC en alimentación de CA únicamente. No cargará las baterías.



#### ADVERTENCIA: Voltaje peligroso

El inversor SureSine debe ser instalado por un técnico calificado de acuerdo con las reglamentaciones eléctricas del país de instalación.

Escanee el código QR para ir directamente al manual de instalación del inversor SureSine y a la información de garantía en línea.



**PRECAUCIÓN:** Esta guía debe utilizarse con el manual completo del producto que incluye información importante. Lea atentamente el manual del producto del inversor SureSine para conocer todas las especificaciones, seguridad, información regulatoria y de garantía, y todas las instrucciones requeridas sobre los procedimientos de instalación, configuración y operación.

Registro de garantía: <https://www.morningstarcorp.com/product-registration/>

### En el cuadro:



Inversor SureSine



# 10 Tornillos de montaje (x4)



Conectores de bloque de terminales enchufables de 8 pines (x2)



Resistencia Terminal

### Herramientas necesarias:

- ✦ — Destornillador Philips n.º 2
- ✦ — Destornillador de cabeza plana de 5 mm y 3,8 mm
- Taladrar con broca de 3,8 mm
- Multimetro
- Herramienta que prensa
- Llave inglesa





### Datos Técnicos

Potencia nominal: 700 W

Potencia máxima: 1500 W

Voltaje de entrada: 12 V DC

Voltaje de salida: 110 V AC

Forma de onda: onda sinusoidal modificada

Frecuencia:  $50 \pm 5$  Hz

Eficiencia de conversión: > 90%

Con pantalla indicadora de voltios de salida de  
entrada LED

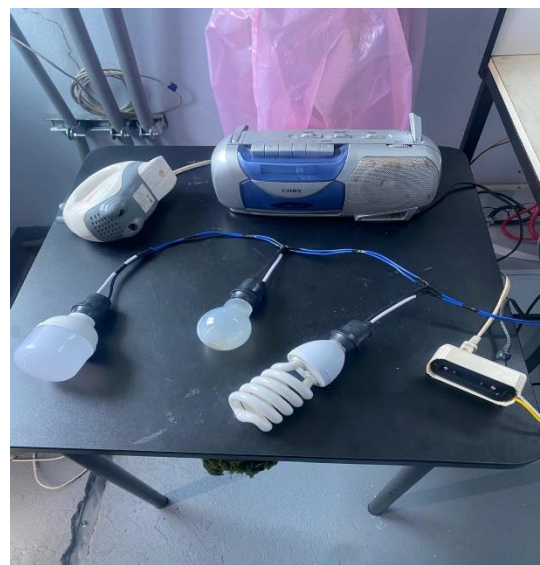
Alarma Bateria Baja (no load): DC 10.2~10.8V

Bateria Baja auto apagado (no load): DC 9.7~10.3V

Bateria Alta auto apagado(no load): DC 14~16V

ANEXO G	FOTOGRAFÍAS DONDE SE ENCUENTRA MONTADO EL INVERSOR DE ONDA SINUSOIDAL PURA SURE SINE.	1 DE 1
---------	---	--------





Información técnica 720115

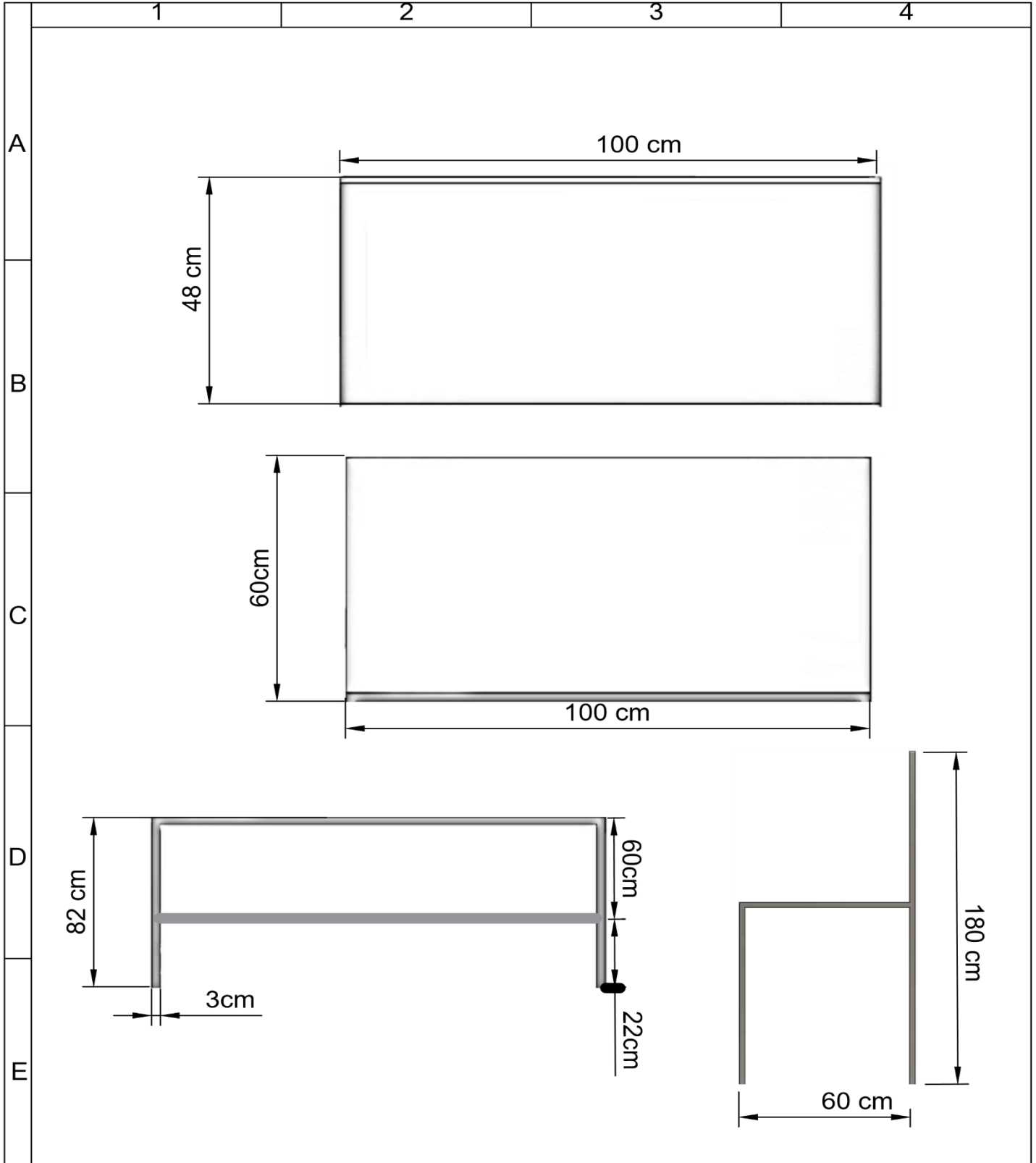
Fusibles cilíndricos clase gG/gL y aM


Agosto de 2021

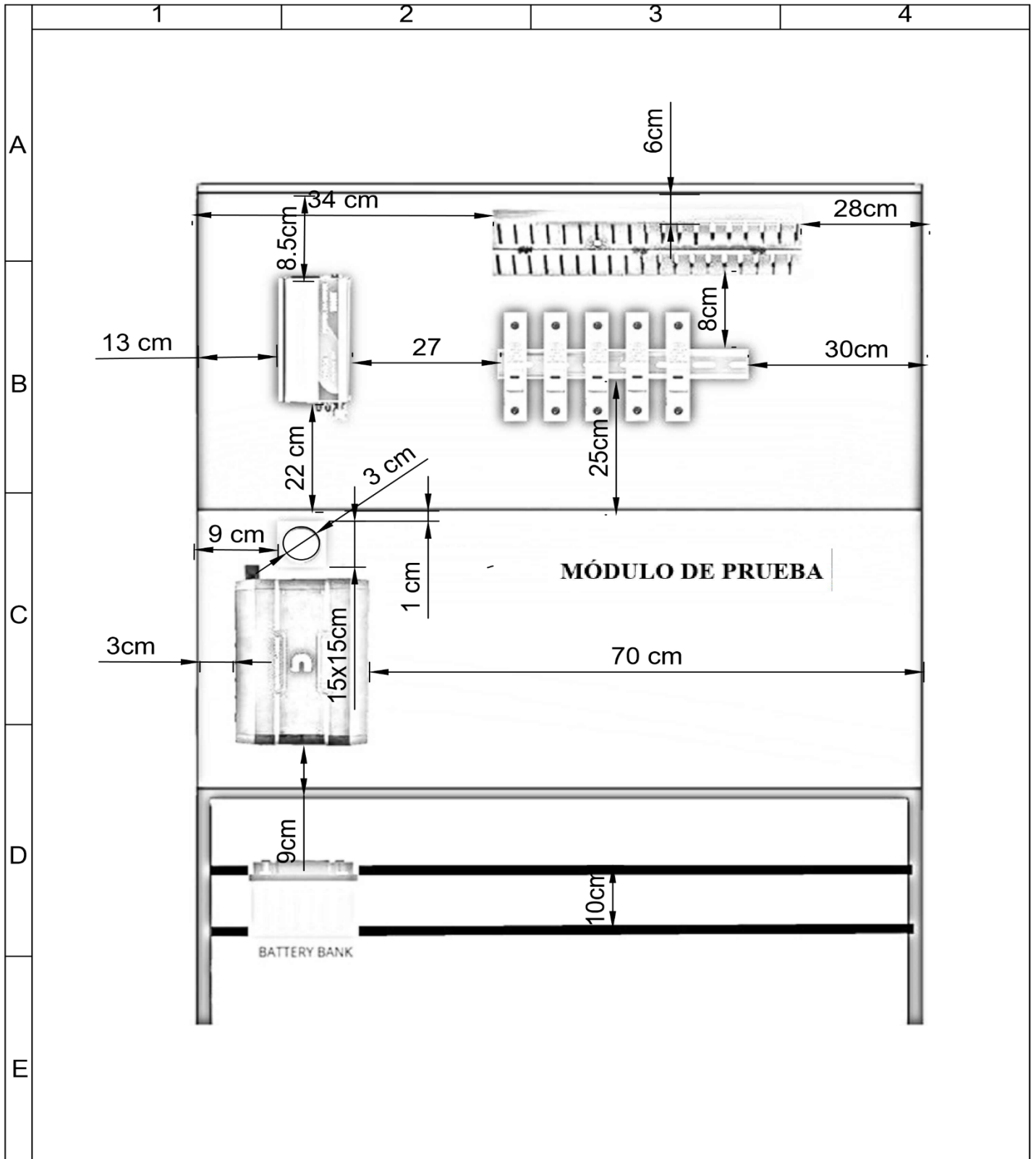
Tabla 2. Números de catálogo gG y gL 10 x 38 mm, 14 x 51 mm y 22 x 58 mm


Tamaño (mm)	Clase	Corriente eléctrica (A)	Tensión eléctrica (V <sub>ca</sub> )	Capacidad de interrupción (kA)	Número de catálogo	Módulo de empaque Portafusible*	Tamaño (mm)	Clase	Corriente eléctrica (A)	Tensión eléctrica (V <sub>ca</sub> )	Capacidad de interrupción (kA)	Número de catálogo	Módulo de empaque Portafusible*
<b>10 x 38 mm, sin indicador</b>							<b>22 x 58 mm, sin indicador</b>						
10 x 38	gG/gL	0.5	500	120	C10G0-5	10 CHM	22 x 58	gG/gL	2	690	80	C22G2	10 CH22
10 x 38	gG/gL	1	500	120	C10G1	10 CHM	22 x 58	gG/gL	4	690	80	C22G4	10 CH22
10 x 38	gG/gL	2	500	120	C10G2	10 CHM	22 x 58	gG/gL	6	690	80	C22G6	10 CH22
10 x 38	gG/gL	4	500	120	C10G4	10 CHM	22 x 58	gG/gL	8	690	80	C22G8	10 CH22
10 x 38	gG/gL	6	500	120	C10G6	10 CHM	22 x 58	gG/gL	10	690	80	C22G10	10 CH22
10 x 38	gG/gL	8	500	120	C10G8	10 CHM	22 x 58	gG/gL	12	690	80	C22G12	10 CH22
10 x 38	gG/gL	10	500	120	C10G10	10 CHM	22 x 58	gG/gL	16	690	80	C22G16	10 CH22
10 x 38	gG/gL	12	500	120	C10G12	10 CHM	22 x 58	gG/gL	20	690	80	C22G20	10 CH22
10 x 38	gG/gL	16	500	120	C10G16	10 CHM	22 x 58	gG/gL	25	690	80	C22G25	10 CH22
10 x 38	gG/gL	20	500	120	C10G20	10 CHM	22 x 58	gG/gL	32	690	80	C22G32	10 CH22
10 x 38	gG/gL	25	500	120	C10G25	10 CHM	22 x 58	gG/gL	40	690	80	C22G40	10 CH22
10 x 38	gG/gL	32	400	120	C10G32	10 CHM	22 x 58	gG/gL	50	690	80	C22G50	10 CH22
<b>14 x 51 mm, sin indicador</b>							<b>22 x 58 mm, con percutor</b>						
14 x 51	gG/gL	1	690	80	C14G1	10 CH14	22 x 58	gG/gL	4	690	80	C22G4S	10 CH22
14 x 51	gG/gL	2	690	80	C14G2	10 CH14	22 x 58	gG/gL	6	690	80	C22G6S	10 CH22
14 x 51	gG/gL	4	690	80	C14G4	10 CH14	22 x 58	gG/gL	8	690	80	C22G8S	10 CH22
14 x 51	gG/gL	6	690	80	C14G6	10 CH14	22 x 58	gG/gL	10	690	80	C22G10S	10 CH22
14 x 51	gG/gL	8	690	80	C14G8	10 CH14	22 x 58	gG/gL	12	690	80	C22G12S	10 CH22
14 x 51	gG/gL	10	690	80	C14G10	10 CH14	22 x 58	gG/gL	16	690	80	C22G16S	10 CH22
14 x 51	gG/gL	12	690	80	C14G12	10 CH14	22 x 58	gG/gL	20	690	80	C22G20S	10 CH22
14 x 51	gG/gL	16	690	80	C14G16	10 CH14	22 x 58	gG/gL	25	690	80	C22G25S	10 CH22
14 x 51	gG/gL	20	690	80	C14G20	10 CH14	22 x 58	gG/gL	32	690	80	C22G32S	10 CH22
14 x 51	gG/gL	25	690	80	C14G25	10 CH14	22 x 58	gG/gL	40	690	80	C22G40S	10 CH22
14 x 51	gG/gL	32	500	120	C14G32	10 CH14	22 x 58	gG/gL	50	690	80	C22G50S	10 CH22
14 x 51	gG/gL	40	500	120	C14G40	10 CH14	22 x 58	gG/gL	63	690	80	C22G63S	10 CH22
14 x 51	gG/gL	50	400	120	C14G50	10 CH14	22 x 58	gG/gL	80	500	120	C22G80S	10 CH22
<b>14 x 51 mm, con percutor</b>							22 x 58	gG/gL	100	500	120	C22G100S	10 CH22
14 x 51	gG/gL	2	500	120	C14G2S	10 CH14	22 x 58	gG/gL	125	500	120	C22G125S	10 CH22
14 x 51	gG/gL	4	500	120	C14G4S	10 CH14							
14 x 51	gG/gL	6	500	120	C14G6S	10 CH14							
14 x 51	gG/gL	8	500	120	C14G8S	10 CH14							
14 x 51	gG/gL	10	500	120	C14G10S	10 CH14							
14 x 51	gG/gL	12	500	120	C14G12S	10 CH14							
14 x 51	gG/gL	16	500	120	C14G16S	10 CH14							
14 x 51	gG/gL	20	500	120	C14G20S	10 CH14							
14 x 51	gG/gL	25	500	120	C14G25S	10 CH14							
14 x 51	gG/gL	32	500	120	C14G32S	10 CH14							
14 x 51	gG/gL	40	500	120	C14G40S	10 CH14							
14 x 51	gG/gL	50	400	120	C14G50S	10 CH14							

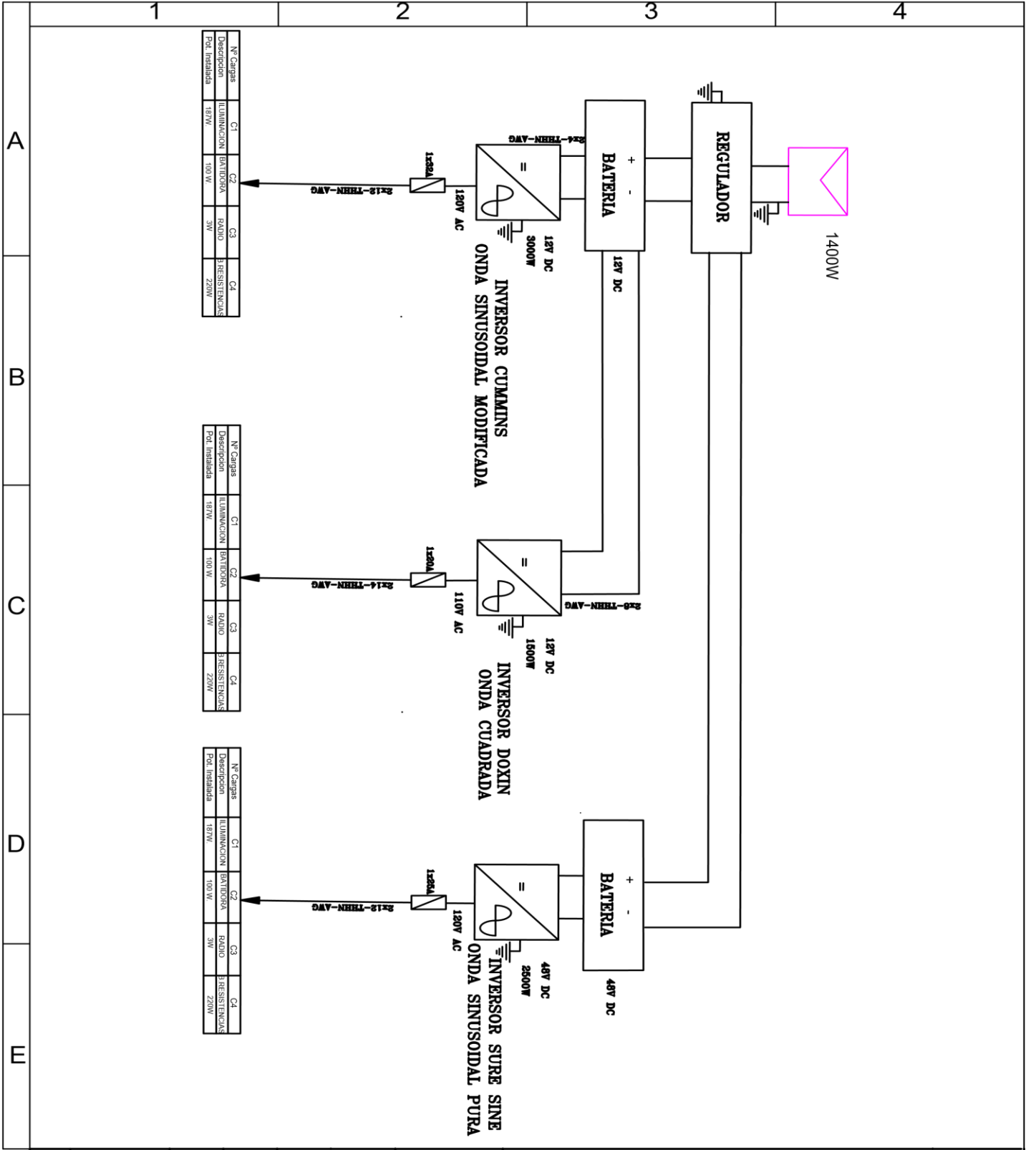
# PLANOS



				Tolerancia	Peso	Materiales	
				Div.	Fecha	Nombre	Denominación Plano <u>Mecanico</u> del Modulo de Prueba
				Rev.	06/06/2025	Ing.Luis Cruz	
				Apro.	06/06/2025	Ing.Luis Cruz	
						Número de dibujo 73	02
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	 <b>Ingeniería Electromecánica</b>		Escala 1:0:1	
						Sustitución	




				Tolerancia	Peso	Materiales AutoCAD		
						Denominación Plano Mecanico Modulo de Prueba	Escala 1:0:1	
				Div.	Fecha			Nombre
				Rev.	06/05/2025			Ing.Luis Cruz
				Apro.	06/05/2025	Ing.Luis Cruz		
				 <b>Ingeniería Electromecánica</b>		Número de dibujo 74	Marca de registro	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución		



Nº Cargas	C1	C2	C3	C4
Descripcion	ILUMINACION	BATERIA	RADIO	RESISTENCIAS
Pot. Instalada	187W	100W	3W	220W

Nº Cargas	C1	C2	C3	C4
Descripcion	ILUMINACION	BATERIA	RADIO	RESISTENCIAS
Pot. Instalada	187W	100W	3W	220W

Nº Cargas	C1	C2	C3	C4
Descripcion	ILUMINACION	BATERIA	RADIO	RESISTENCIAS
Pot. Instalada	187W	100W	3W	220W

Tolerancia		Peso		Materiales AutoCAD	
Div.		Fecha	Nombre	Denominación	
Rev.		06/05/2025	Kevin Basantes	Diagrama Unifilar - Sistema Fotovoltaico Aislado	
Apro.		06/05/2025	Ing.Luis Cruz	Escala 1:0:1	
Edición		Modificación		Número de dibujo 75 01	
Fecha		Nombre		Sustitución	
		 <b>Ingeniería Electromecánica</b>		Marca de registro	