



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



**"ANÁLISIS DE ARMÓNICOS DE TENSIÓN Y CORRIENTE PARA
DETERMINAR LA CALIDAD DE ENERGIA ELÉCTRICA CON
INYECCIÓN DE TRES SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE 3.0 KW EN EL
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y
EFICIENCIA ENERGÉTICA DE AYABACAS"**

Peter Nelson Cutimbo Quispe

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

Asesor:

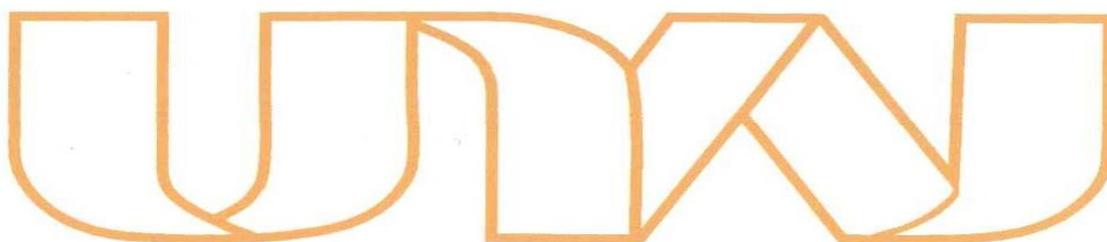
M.Sc. Reynaldo Condori Yucra



JULIACA - 2021



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



**“ANÁLISIS DE ARMÓNICOS DE TENSIÓN Y CORRIENTE PARA
DETERMINAR LA CALIDAD DE ENERGIA ELÉCTRICA CON
INYECCIÓN DE TRES SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE 3.0 KW EN EL
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGIAS RENOVABLES Y
EFICIENCIA ENERGÉTICA DE AYABACAS”**

Peter Nelson Cutimbo Quispe

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

Asesor:

M.Sc. Reynaldo Condori Yucra



JULIACA - 2021

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



**“ANÁLISIS DE ARMÓNICOS DE TENSION Y CORRIENTE PARA
DETERMINAR LA CALIDAD DE ENERGIA ELÉCTRICA CON
INYECCIÓN DE TRES SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE 3.0 KW EN
EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGIAS RENOVABLES Y
EFICIENCIA ENERGÉTICA DE AYABACAS”**

Bach. Peter Nelson Cutimbo Quispe

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGIAS
RENOVABLES

Asesor: M.Sc. Reynaldo Condori Yucra

Juliaca, 2021

Ficha catalográfica

Cutimbo, P. (2021). *Análisis de armónicos de tensión y corriente para determinar la calidad de energía eléctrica con inyección de tres sistemas fotovoltaicos de 3.0 kW en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de Ayabacas* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca.

AUTOR: Peter Nelson Cutimbo Quispe

TÍTULO: Análisis de armónicos de tensión y corriente para determinar la calidad de energía eléctrica con inyección de tres sistemas fotovoltaicos de 3.0 kW en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de Ayabacas

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2021

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (102 pp)

CÓDIGO: 02-00008-02/C96

NOTA: Incluye bibliografía

ASESOR: M.Sc. Reynaldo Condori Yucra

PALABRAS CLAVE:

Calidad de energía, armónicos de tensión y corriente, sistemas fotovoltaicos, NTCSE, Power Monitoring Expert.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ENERGIAS RENOVABLES

**“ANÁLISIS DE ARMÓNICOS DE TENSIÓN Y CORRIENTE PARA DETERMINAR
LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON INYECCIÓN DE TRES SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS DE 3.0 KW EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN
ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DE AYABACAS”**

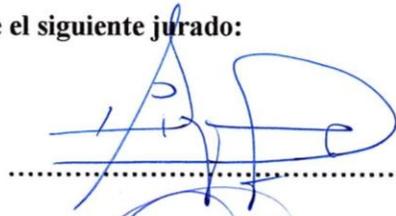
TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO EN ENERGIAS RENOVABLES

Presentada por:

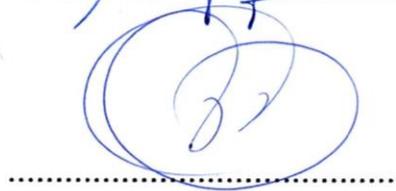
Bach. Peter Nelson Cutimbo Quispe

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Dr. Henry Pizarro Viveros
PRESIDENTE



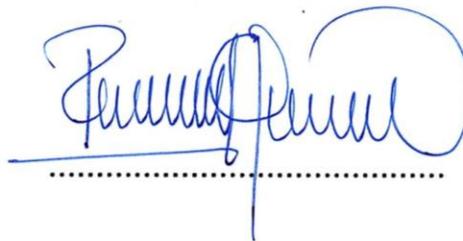
Dr. Norman Jesús Beltran Castañon
SECRETARIO



Dra. Vilma Sarmiento Mamani
TERCER MIEMBRO



M.Sc Reynaldo Condori Yucra
ASESOR



DEDICATORIA

A Dios, por su bondad y amor que me permitieron seguir adelante, siempre había momentos de desesperación, pero siempre te encontraba ahí guiándome y enseñándome nuevas cosas y preparándome día a día para ser una mejor persona.

A mis padres, hermano y tío, por su gran apoyo y comprensión que me daban día a día para lograr mis objetivos y metas trazadas.

A mis amigos que sobre todo lo que haya pasado siempre estuvieron apoyándome y creyendo en mí e impulsándome para que todo esto se hiciera real.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Juliaca, por haberme brindado la oportunidad de estudiar y crecer en mi formación académica.

A la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables, por los docentes que siempre me impulsaron e impartieron nuevos conocimientos a lo largo de estos cinco años.

Al Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética por permitirme la elaboración de mi proyecto de tesis, al Ing. Pedro y a todo el equipo que conformaba, quienes me apoyaron incondicionalmente.

A mi asesor de tesis M.Sc Reynaldo Condori Yucra, por sus consejos y guía durante todo el desarrollo de mi proyecto de investigación.

A mis amigos Junior, Fredy, David, Romario, Mari, Julissa y Yeni por impartirme de sus sugerencias y experiencias durante el trayecto de mi tesis, fueron una clave para que esto se haga realidad.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.....	2
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	2
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	2
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	3
1.4.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	3
1.4.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	4

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
--	---

2.2.	MARCO TEÓRICO	7
2.2.1.	CALIDAD DE ENERGÍA	7
2.2.2.	VARIACIÓN DE TENSIÓN	8
2.2.3.	CAÍDA DE TENSIÓN (SAGS)	8
2.2.4.	AUMENTO DE TENSIÓN (SWELL).....	9
2.2.5.	ARMÓNICOS	9
2.2.6.	CARGAS LINEALES Y NO LINEALES	11
2.2.7.	NORMATIVIDAD PARA LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	12
2.2.8.	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	13
2.2.9.	SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED (SFCR).....	14
2.2.10.	INVERSORES CONMUTADOS Y AUTOCONMUTADOS A LA RED..	14
2.2.11.	MODBUS TCP/IP	14

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1.	ÁMBITO DE ESTUDIO	16
3.2.	HIPÓTESIS	17
3.2.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	17
3.2.2.	HIPÓTESIS ESPECIFICO.....	17
3.3.	MATERIALES Y EQUIPOS	17
3.3.1.	DESCRIPCIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES	17
3.3.2.	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	20
3.3.3.	INVERSOR CC / CA A LA RED ELÉCTRICA	23
3.3.4.	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.....	27
3.3.5.	FUSIBLE	28
3.3.6.	CABLE DE RED ETHERNET	29
3.3.7.	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE DISTRIBUCIÓN	29
3.4.	METODOLOGÍA.....	30
3.4.1.	SELECCIÓN DEL PUNTO DE MEDICIÓN.....	31
3.4.2.	MONTAJE DEL EQUIPO	33
3.4.3.	CONFIGURACIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES PM5560	34
3.4.4.	PROCESO DE EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN.....	35

3.4.5. INSTALACIÓN DE SOFTWARE	36
--------------------------------------	----

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS	42
4.1.1. ANÁLISIS DE TENSIÓN.....	42
4.1.2. MEDICIONES DE CORRIENTE.....	45
4.1.3. ANÁLISIS DE FRECUENCIA.....	46
4.1.4. ANÁLISIS DE POTENCIA.....	48
4.2. ANÁLISIS DE LOS ARMÓNICOS	51
4.2.1. DISTORSIÓN ARMÓNICA THD TENSIÓN	51
4.2.2. DISTORSIÓN ARMÓNICA THD INTENSIDAD	53

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	54
5.2. RECOMENDACIONES	55
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	56
ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de las tolerancias de los armónicos	11
Tabla 2 Características del analizador de redes PM 5560	18
Tabla 3 Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico 1	21
Tabla 4 Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico Bauer energy–bsp370 m.....	22
Tabla 5 Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico TP660P-270.....	23
Tabla 6 Especificaciones técnicas del REPLUS.....	24
Tabla 7 Especificaciones técnicas del convertor C.C SOLAR EDGE.....	25
Tabla 8 Especificaciones técnicas del inversor Solar Edge.....	26
Tabla 9 Especificaciones técnicas del inversor SUNNY BOY	27
Tabla 10 Transformador de corriente	28
Tabla 11 Parámetros de soporte del protector de fusibles.	28
Tabla 12 Especificaciones del transformador TR2018-08049-02.....	29
Tabla 13 Características de Power Monitoring Expert.....	40
Tabla 14 Registros de tensión 220 L-N.....	42
Tabla 15 Tolerancia admisible según la NTCSE -220 V	43
Tabla 16 Tolerancia admisible de desviación +/- 5% 220 V.....	43
Tabla 17 Registros de tensión 380 L-L	44
Tabla 18 Tolerancia admisible según la NTCSE 380 V.....	45
Tabla 19 Tolerancia admisible de desviación del +/- 5% 380 V.....	45
Tabla 20 Registros de corriente L-L.....	46
Tabla 21 Registros de frecuencia.....	47
Tabla 22 Límites de Desviación de la Frecuencia.....	47
Tabla 23 Registro de Potencia activa	48
Tabla 24 Registro de Potencia activa total	48
Tabla 25 Registro de Potencia reactiva	49
Tabla 26 Registro de Potencia reactiva total	49
Tabla 27 Registro de Potencia aparente	50
Tabla 28 Registro de Potencia Aparente total	50
Tabla 29 Registro de THDV.....	51
Tabla30 Registro de THDV de línea a línea.....	52
Tabla31 Registro de THD I	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Caída de tensión	8
Figura 2. Aumento de tensión.....	9
Figura 3. Forma de onda original y sus componentes armónicos	10
Figura 4: Coordinadas del Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética.....	16
Figura 5: Diagrama de conexión y cableado del PM5560.....	19
Figura 6: La conexión fue de 3PH4W, 4CT (transformador de corriente).....	19
Figura 7: Modulo FV TALESUN-TP660, compuesto por 60 células de silicio	20
Figura 8: Modulo FV BSP370M, compuesto por 72 células de silicio monocristalino	21
Figura 9: Microinversor MicroReplus.....	23
Figura 10: Conversor CC/CC Solar Edge-P370.....	24
Figura 11: Inversor SolarEdge SE3000H.	25
Figura 12. Inversor String Sunny Boy.....	26
Figura 13. Transformador de corriente RISHXMER50/30 100/ 5	27
Figura 14. Protector de fusibles cilíndricos de contacto con tapa RT28.	28
Figura 15. Cable ethernet UTP categoría 5E-8 polos, 24 A.W.G.	29
Figura 16. Diagrama de la metodología.	30
Figura 17. Diagrama unifilar en Baja tensión.....	32
Figura 18. Armado de tablero parte interna, carriles, canaletas.	33
Figura 19. Cableado del analizador de redes PM5560	33
Figura 20. Tablero vista externa del Analizador de redes PM5560	34
Figura 21. Configuración del analizador de redes.....	35
Figura 22. Comunicación Modbus TCP/IP–RJ45	35
Figura 23. Configuración de comunicación Modbus TCP/IP	36
Figura 24. Configuración de dirección de los parámetros eléctricos	36

Figura 25. Modbus Poll parámetros eléctricos en tiempo real	37
Figura 26. Configuración para adquisición de datos	37
Figura 27. Almacenamiento de datos en Excel	38
Figura 28. Configuración de conexión MODBUS TCP/IP	38
Figura 29. Variables del analizador de redes.....	39
Figura 30. Parámetros eléctricos del analizador de redes.....	39
Figura 31. Monitoreo en tiempo real	39
Figura 32. Diagrama del monitoreo en tiempo real Power Monitoring Expert.....	41
Figura 33. Comportamiento de los diferentes parámetros en tiempo real PME.....	41
Figura 34. Registro de tensión y neutro de las fases	43
Figura 35. Registro de tensión L -L.....	44
Figura 36. Registro de intensidad por líneas –	46
Figura 37. Registro de frecuencia de la red.....	47
Figura 38. Registro de la tasa de distorsión armónica total de línea -neutro.....	51
Figura 39. Registro de irradiancia vs la tasa de distorsión armónica total de intensidad	53

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Instalacion del analizador de redes y sus componentes.....	59
ANEXO 2. <i>Monitoreo y extracción de los parámetros en tiempo real utilizando Modbus Poll, PME Win CC</i>	62
ANEXO 3. <i>Ubicación de los tres sistemas fotovoltaicos y sus componentes</i>	65
ANEXO 4. <i>Especificaciones técnicas de los sistemas fotovoltaicos e inversores</i>	67
ANEXO 5. <i>Especificaciones técnicas del analizador de redes y componentes</i>	78

SIGLAS Y ABREVIATURAS

OSINERGMIN	: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
NTCSE	: Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos
IEEE	: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IEC	: Comisión Electrotécnica Internacional
SFCR	: Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red
THD	: Distorsión Armónica Total
EM	: Energía y Minas
Dn	: Distorsión Armónica Individual
PME	: Experto en monitoreo de Energía Cobre
PM	: Monitoreo de Energía
PQ	: Calidad de energía
TCP	: Protocolo de Control de Transmisión
IP	: Protocolo de Internet
GPS	: sistema de Posicionamiento Global
CC	: Corriente Continua
AC	: Corriente Alterna
MINEM	: Ministerio de Energía y Minas
DREM	: Dirección Regional de Energía y Minas
VAN	: Valor Actual Neto
TIR	: Tasa Interna de Rentabilidad
PR	: Periodo de Recuperación
PMP	: Punto de Máxima Potencia

RESUMEN

En la actualidad los armónicos de tensión y corriente representan una situación problemática en cualquier servicio de energía eléctrica, lo cual conlleva a que la presente investigación tenga el objetivo de analizar los parámetros eléctricos con inyección de tres sistemas fotovoltaicos de 3.0 kW para determinar la calidad de energía eléctrica en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de Ayabacas. La adquisición de datos y monitoreo se realizó durante un periodo continuo de 5 meses en el horario de 6:00 am a 6:00 pm, esto mediante un analizador de redes de la marca Schneider Electric Power Logic™ PM5560 y software Modbus Poll y Power Monitoring Expert (PME), cuya interface de comunicación es Modbus TCP/IP. Así mismo, se evaluó si la calidad de energía eléctrica cumple con la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE). Los resultados determinaron que La calidad de servicio de la tensión en los valores máximos se encuentran del rango de la tolerancia establecida por la NTCSE (+/-5%) a excepción de los valores mínimos excepción de los valores mínimos que caen a un valor de (-8%), los valores de la frecuencia cumplen con la Normatividad del (+/-0.6%) y Los armónicos de Tensión THD V están dentro de las tolerancias emitidas por la (THD V < 8%), se concluye que los inversores (Microinversores, String y CC/CC) cumplen con la NTCSE pero con respecto al THD I están fuera del rango de tolerancia del 20% Finalmente la investigación concluye que los inversores no presentan un problema con respecto al THD V no superan los estándares dados por la NTCSE.

Palabras clave: Calidad de energía, armónicos de tensión y corriente, sistemas fotovoltaicos, NTCSE, Power Monitoring Expert.

ABSTRACT

At present, voltage and current harmonics represent a problematic situation in any electric power service, which led to the present investigation having the objective of analyzing the electrical parameters with injection of three 3.0 kW photovoltaic systems to determine the quality of electrical energy at the Ayabacas Renewable Energy and Energy Efficiency Research Institute. Data acquisition and monitoring was carried out during a continuous period of 5 months from 6:00 am to 6:00 pm, this using a Schneider Electric Power Logic™ PM5560 network analyzer and Modbus Poll software and Power Monitoring Expert. (PME), whose communication interface is Modbus TCP / IP. Likewise, it was evaluated whether the quality of electrical energy complies with the Technical Standard for the Quality of Electrical Services (NTCSE). The results determined that the quality of service of the voltage in the maximum values are within the range of the tolerance established by the NTCSE (+/- 5%) with the exception of the minimum values except for the minimum values that fall to a value of (-8%), the frequency values comply with the Normativity of (+/- 0.6%) and The harmonics of Voltage THD v are within the tolerances emitted by the (THDv <8%), it is concluded that the inverters (Microinverters, String and CC / CC) comply with the NTCSE but with respect to THD i they are outside the tolerance range of 20% Finally the investigation concludes that the inverters do not present a problem with respect to THDv they do not exceed the standards given by the NTCSE.

Keywords: Power quality, voltage and current harmonics, photovoltaic systems, NTCSE, Power Monitoring Expert.

INTRODUCCIÓN

Hasta la década de los años 40, la energía eléctrica no presentó problemas en su calidad en lo que se refiere a distorsión armónica, a partir de esa época el desarrollo tecnológico está modernizando a la sociedad a nivel mundial, con la aparición de nuevos equipos eléctricos para el uso en las actividades humanas, al estar estos conectados a la red obligan al sector eléctrico a incrementar la generación para satisfacer la demanda (Guerra, González, Ramos & Barraqueta, 2021).

A partir de Octubre de 1997 se inicia en el Perú el control de la calidad del servicio eléctrico en base a los estándares de la NTCSE (Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico) (DS-020-97-EM). la norma fue establecida por OSINERG (Organismo Supervisor de la inversión en Energía), los estándares de calidad son referidos a la continuidad del servicio y a la corriente eléctrica suministrada (Dammert, Gallardo & Quiso, 2004).

La calidad de energía es un término utilizado para referirse a los parámetros óptimos que debe tener el suministro de energía en las instalaciones eléctricas, en términos de los valores aceptables para la tensión o voltaje, forma de onda y frecuencia (Céspedes & Saad, 2007).

Hoy en día la energía eléctrica se ha vuelto un recurso muy importante en nuestra sociedad y el consumo crece cada día más y es utilizada mayormente en equipos de iluminación, refrigeración, motores, etc., en la generación de energía eléctrica la presencia de armónicos en los sistemas eléctricos está aumentando debido al uso de cargas no lineales que las generan los dispositivos electrónicos, motores, variadores de velocidad, computadoras, inversores etc. el mal funcionamiento de equipos es debido a perturbaciones en voltaje y esto es ocasionado por los consumidores con mala calidad de energía eléctrica.

En este contexto, la presente investigación estudió la calidad de energía eléctrica en el instituto de investigación en energías renovables y eficiencia energética de Ayabacas, donde se logró analizar los armónicos de tensión y corriente, mediante un analizador de redes Schneider Electric PowerLogic™ PM5560, determinando así la calidad de energía eléctrica con inyección de tres sistemas fotovoltaicos de 3.0 kw con inversores (String, conversores cc/cc y microinversores) .

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En Alemania fue donde se efectuaron los primeros análisis sobre la distorsión armónica, en los años 90, causada por los convertidores estáticos de potencia. Después de que pasaran 50 años se evoluciono considerablemente en el estudio de los armónicos de tensión y corriente producidas por los convertidores y no paso mucho tiempo para que se lleve reuniones para discutir el tema de los armónicos de tensión y corriente (Reyes, 1996).

En el Perú el suministro de energía eléctrica, ha evolucionado en los últimos años esto es debido a la liberación del mercado, por lo que el consumo de energía eléctrica está sujeto a una serie de parámetros que definen su calidad, siendo necesario conocer si la calidad de energía que se provee es el más adecuado, en cualquier punto de la cadena establecida entre generación y consumo, ya que pueden inyectarse perturbaciones a la red que afecten la calidad de energía eléctrica (Leonardo, 2018).

En la actualidad las cargas son más propensos a la alteración de los parámetros eléctricos que son la frecuencia, tensión, corriente y el factor de potencia o cantidades en los sistemas de suministro de energía eléctrica, también se encuentran cargas tanto industriales como residenciales y comerciales, que hacen un uso intensivo de controles basados en microprocesadores, computadoras etc. También existe cada vez mayor la presencia de la llamada electrónica de potencia, usada en distintas aplicaciones, como es el caso de controladores para motores eléctricos, variadores de velocidad (Harper, 2013).

Los parámetros como el valor eficaz (Rms), tasa de distorsión armónica total (THD) de voltaje y corriente, distorsión armónica individual (Dn) que son los armónicos impares de tensión y corriente del (1°, 3°,

5° y 9°, generan distorsión en la onda sinusoidal, ocasionando una serie de problemas como son la suba costo de tarifa eléctrica del usuario final, el sobrecalentamiento de los conductores y su disminución amperimétrica y por último la reducción de la vida útil de los equipos electrónicos. Por lo antes mencionado hubo la necesidad de realizar la medición, monitoreo y análisis de parámetros eléctricos con inyección de tres sistemas fotovoltaicos de 3.0 kW para así determinar la calidad de energía eléctrica en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de Ayabacas.

1.2. PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cómo analizar los armónicos de tensión y corriente para determinar la calidad de energía eléctrica con inyección de tres sistemas fotovoltaicos de 3.0 kW en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de Ayabacas?

1.2.2. PROBLEMA ESPECIFICO

- ¿Qué parámetros de armónicos de tensión y corriente con inyección de tres sistemas fotovoltaicos de 3.0 kW se deben considerar para la medición y monitoreo en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de Ayabacas?
- ¿Los armónicos de tensión y corriente cumplirán con los índices aceptables por la norma NTCSE?
- ¿El analizador de redes PM 5560 será adecuado para el análisis de calidad de energía eléctrica en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de Ayabacas?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Analizar los armónicos de tensión y corriente para determinar la calidad de energía eléctrica con inyección de tres sistemas fotovoltaicos de 3.0 kW en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de Ayabacas.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir y monitorear los parámetros de los armónicos de tensión y corriente con inyección de tres sistemas fotovoltaicos de 3.0 kW en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de Ayabacas.
- Evaluar los armónicos de tensión y corriente si cumplen con lo establecido por la norma NTCSE.
- Analizar la calidad de energía eléctrica mediante un analizador de redes PM 5560 en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de Ayabacas.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

El presente trabajo de investigación de análisis de armónicos de tensión y corriente para determinar la calidad de energía eléctrica con inyección de tres sistemas fotovoltaicos de 3.0 kW en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de Ayabacas, pretende realizar las mejoras operativas respecto a la calidad de energía eléctrica de acuerdo a la NTCSE.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Los armónicos de tensión y corriente vienen a ser un gran problema con respecto al ahorro energético como es la suba de costo de tarifa eléctrica y deterioro de los equipos electrónicos del Instituto de Investigación en Energías Renovables y

Eficiencia Energética de Ayabacas, por lo cual se conlleva a determinar la calidad de energía eléctrica.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La mala calidad de energía eléctrica enfocado en armónicos de tensión y corriente no solo perjudica en los centros educativos, empresas, hospitales e industrias etc. Si no que también a los clientes de baja tensión conectados a la red eléctrica, por lo cual todos merecemos una energía permanente sin cortes y de buena calidad.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los investigadores, Oviedo & Muñoz (2016), realizaron un estudio en la ciudad de Cali, sobre los paneles solares que requieren de inversores que convierten la corriente continua en alternar, en este trabajo de investigación se implementó seis inversores, con convertidores multinivel, multipulso y con modulo único de control, la conexión se realiza en serie de estos convertidores para generar una señal alterna y así poder reducir los porcentajes de disposición armónica total (THD).

El investigador, Rubio (2018), tuvo como objetivo indagar sobre las actuales condiciones de suministro que se relacionan con la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), de ahí esto nos permite analizar que dispositivos vamos a utilizar para que esta pueda cumplir con la normatividad.

Los investigadores, Domínguez & Salvatierra (2016), tuvieron el objetivo de analizar las perturbaciones de la calidad de energía en la red eléctrica convencional cuando se conecta con una mini-central de generación solar fotovoltaica, para esta aplicación fue necesario el uso de un inversor on-grid, esto nos concierne que para el análisis se usó un analizador de redes y de acuerdo con los índices obtenidos, son analizados acorde a las normas nacionales e internacionales.

El investigador, Vizcaíno (2017), tiene como objetivo. Presentar un análisis de la calidad de la energía eléctrica del sistema de distribución subterráneo de la ZCU, así como cuantificar los parámetros referentes a la calidad de las ondas de las tensiones y las corrientes de las diferentes dependencias que la conforman y suministrar un documento de consulta para la Dirección General de Conservación y Obras, que recopile la información de la evaluación de la calidad de la energía de la ZCU y sus recomendaciones de mejoramiento.

Los investigadores, Ortega, Hernández, & García, (2013) tuvieron como objetivo indagar, realizar mediciones y evaluaciones de las características de la calidad de energía eléctrica para sistemas fotovoltaicos, lo cual estos índices de mediciones de campo tomadas en una planta de energía fotovoltaica se caracterizó en términos de Calidad de Energía (PQ) y se compararon con la planta de energía fotovoltaica, los objetivos de perturbación de THD y THD para la planta fotovoltaica monitoreada no se cumplieron con las normas nacionales e internacionales.

Los investigadores, Torres & Condori (2019), tuvieron el objetivo de analizar y evaluar técnicamente y económicamente un sistema fotovoltaico de 3 kw conectado a la red eléctrica en las instalaciones del pabellón administrativo de la Universidad Nacional de Juliaca, el cual se utilizó una metodología en base a la norma IEC 61724-1 que se encarga de la parte de la monitorización, VAN y TIR, la energía generada fue de 430.25 kWh con una eficiencia global en promedio de 87% y obteniendo un periodo de recuperación (PRS) en 11 años y con respecto a la calidad de energía eléctrica se encuentra dentro de los parámetros establecidos por las normas nacionales e internacionales como es la NTCSE, IEEE-519 e IEC.

Vilca (2020), tuvo como objetivo realizar un diseño de los sistemas fotovoltaicos, implementar y analizar económicamente la instalación de los sistemas fotovoltaico conectado a la red con Microinversores con una potencia de 2.16 kw analizado en las condiciones geográficas y climatológicas de la ciudad de Juliaca, compuesto por 8 modulo fotovoltaicos policristalinos de 270 w y 8 microinversores de potencia de salida de 215 w la producción anual de energía eléctrica fue de 4,561.62 kWh/año donde se obtuvo 93.13% de eficiencia y el costo de instalación del SFCR es de S/.25,404.24, el VPN fue de S/.8,566.26 y el TIR fue del 12%, con estos valores se concluyeron que el tiempo de recuperación es de ocho años.

Chura (2020), el proyecto de investigación se centró en el “diseño de un sistema fotovoltaico, implementación y análisis económico de un (SFCR) con un inversor string de la marca Sunny Boy, en condiciones geográficas y climatológicas de la ciudad de Juliaca”, el SFCR cuenta con 12 módulos fotovoltaicos policristalinos de 270 Wp con un inversor de una potencia de 3 kW, la producción de energía fue de 6142.56 kWh/año y el costo de instalación del SFCR es de S/. 19,985.29 y el tiempo de recuperación de la inversión es de 10 años siendo así viable económicamente.

Chavez (2020), Tuvo como objetivo el diseño, implementación y análisis económico de un SFCR en condiciones geográficas y climatológicas de Juliaca, el sistema tuvo 8 módulos fotovoltaicos con una potencia de generación de 370 Wp, 8 convertidores cc/cc y un inversor de 3 kW, el costo de recuperación del SFCR fue de 12 años con 9 meses, el proyecto tiene un índice de operación de 25 años.

Oblitas (2019), el objetivo de la presente investigación fue determinar la calidad de energía en las subestaciones de la empresa Agrícola Pampa Baja SAC Olmos - Tierras Nuevas, se analizaron 7 sub estaciones eléctricas, usando analizador de redes se llega a la conclusión que todas tienen parámetros de mala calidad, se empleó el software WinPQ.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. CALIDAD DE ENERGÍA ELECTRICA

Se entiende cuando la energía eléctrica es casi perfecta pero conforme circula la energía por los conductores este se va contaminando cuando llegan a motores de plantas eléctricas y equipos electrónicos, etc. Los síntomas son cortes del suministro eléctrico, disparo de los interruptores termomagnéticos e diferenciales, aumento de la facturación, parpadeo, calentamiento de los conductores, etc. Estas causan Caídas y subidas de tensión en la red, distorsión armónica de tensión y corriente, etc. para prevenir es recomendable realizar un análisis y dar una solución para así evitar las fallas, para el estudio de los armónicos individuales se multiplica la frecuencia, en el Perú se tiene una frecuencia nominal de 60 Hz que corresponde al valor 1, la 2 a 120 Hz, la 3 a 180 Hz y así sucesivamente. Esta distorsión (periódica) de la forma de onda senoidal del voltaje o corriente (Marroquín et al., 2014).

2.2.2. VARIACIÓN DE TENSIÓN

Si la variación de tensión se presenta durante un periodo prolongado, pueden dar lugar al deterioro de los componentes electrónicos en sistemas digitales y causar errores durante el almacenamiento o lectura de la información. Su presencia puede, algunas veces, detectarse visualmente al presentarse “parpadeo” o disminución del nivel de iluminación en lámparas o reducción del área de despliegue en monitores de televisión o computadoras (López et al., 2008).

2.2.3. CAÍDA DE TENSIÓN (SAGS)

La caída de tensión es una disminución de la tensión nominal de entre 10 y 90 % o bien de la corriente instantánea eficaz a la frecuencia que se tiene en la red, en un punto determinado del sistema y que tiene una duración desde 0.5 ciclos hasta 60 segundos y se pueden clasificar como instantáneos, momentáneos o temporales (Vizcaíno, 2017).

$$I_{eficaz} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^t i^2 dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707I_n \dots\dots\dots 1.1$$

$$V_{eficaz} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^t v^2 dt} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707V_n \dots\dots\dots 1.2$$

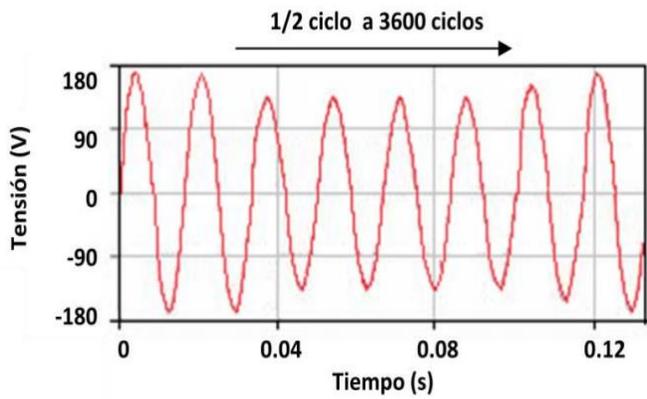


Figura 1. Caída de tensión (Vizcaíno, 2017)

2.2.4. AUMENTO DE TENSIÓN (SWELL)

Se debe al incremento temporal del valor Rms, la tensión se encuentra en el rango de del (10 hasta el 80 %) del valor nominal a la frecuencia del sistema, con duración de 0.5 ciclos o hasta 60 segundos (Vizcaíno, 2017). También se puede decir que el aumento de tensión se debe a su duración y magnitud.

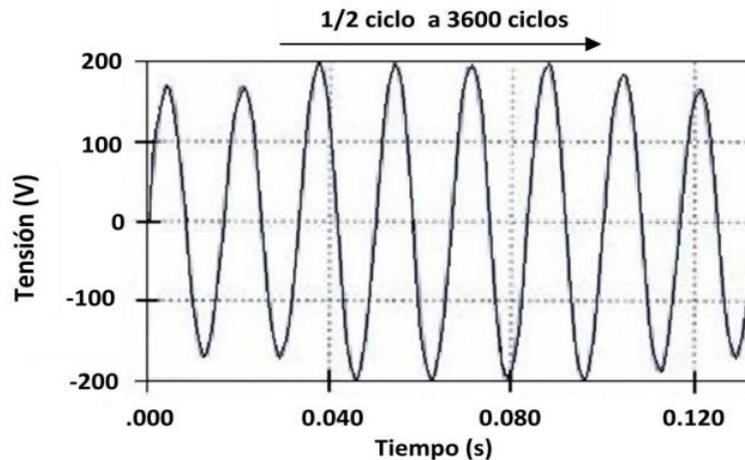


Figura 2. Aumento de tensión (Vizcaíno, 2017)

Según el Código Nacional de Electricidad (suministro y utilización); La caída de tensión, en los conductores de alimentación deben ser dimensionados para que la caída de tensión no sea mayor del 2.5 % y la caída de tensión total máxima en el alimentador y los circuitos derivados hasta la salida o punto de utilización más alejado, no supere el 4%.

$$D[\%] = \left| \frac{\text{Tension Maxima} - \text{Tension promedio}}{\text{Tension promedio}} \right| \dots\dots\dots 1.3$$

2.2.5. ARMÓNICOS

El uso de cargas y equipos con características no lineales en los sistemas eléctricos de potencia producen distorsiones en la forma de onda de corriente debido a su consumo de potencia no lineal. Este efecto produce corrientes sinusoidales con frecuencias múltiplo de la frecuencia de la onda original (60 Hz); a estas corrientes se les denomina corrientes armónicas. El efecto de estas corrientes armónicas puede

analizarse como si dichas corrientes se adicionaran a la onda original, sinusoidal pura, cambiando su forma y propagándose por las líneas del sistema de potencia hacia otras cargas conectadas en el punto de conexión común más próximo (Supriya & Padmanabhan Nambiar, 2012).

Una de las características sería que la corriente armónica, generaría incrementos de temperatura en el conductor, aumentando las pérdidas óhmicas, disminución de la capacidad amperimétrica del conductor, distorsión de la onda de tensión de las fases (Cadavid & Gallego, 2003).

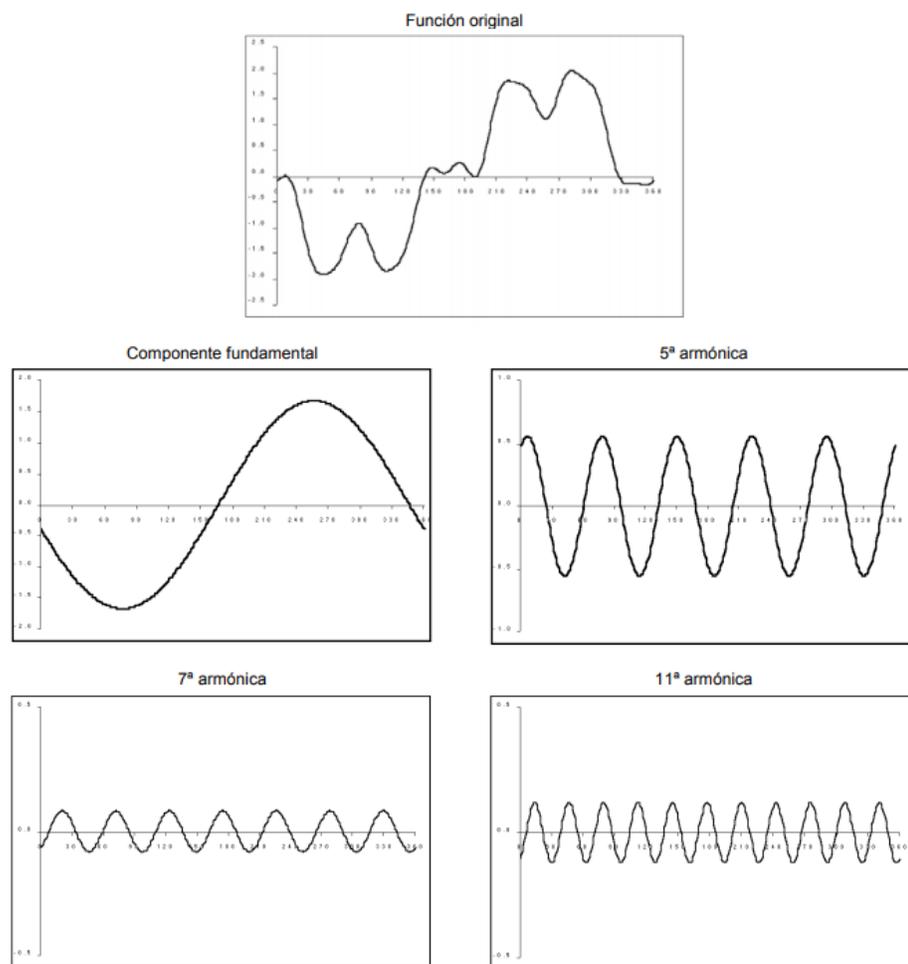


Figura 3. Forma de onda (Téllez Ramírez, 2008)

En la Tabla 1 nos indica las tolerancias que deben cumplir los armónicos la tasa de distorsión armónica total (THD) y distorsión armónica individual (D_n) expresado en

el porcentaje de la tensión nominal del punto de medición, por lo cual estos no deben superar los valores límite totales respecto a la norma NTCSE.

Tabla 1
Clasificación de las tolerancias de los armónicos

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA ó THD	TOLERANCIA V _i ' ó THD' (% con respecto a la Tensión Nominal del punto de medición)	
	Alta y Muy Alta Tensión	Media y Baja Tensión
(Armónicas Impares no múltiplos de 3)		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
Mayores de 25	0.1 + 2.5/n	0.2 + 12.5/n
(Armónicas impares múltiplos de 3)		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
(Pares)		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores de 12	0.2	0.2
THD	3	8

Nota: Los datos fueron extraídos de la NTCSE D.S. N° 020-97-EM (2006)

2.2.6. CARGAS LINEALES Y NO LINEALES

Cuando se aplica un voltaje senoidal directamente a cargas tales como resistencias, inductancias, capacitores o una combinación de ellos, se produce una corriente proporcional que también es senoidal lo cual en la carga lineal, la corriente y el voltaje siempre son proporcionales a lo largo de la línea de impedancia mientras que la carga no lineal de una resistencia controlada por un rectificador controlado de silicio (SCR) en la que la corriente y el voltaje no son proporcionales (Téllez, 2008).

2.2.7. NORMATIVIDAD PARA LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En el contexto de la distorsión armónica, encontramos varios reglamentos que es de uso mundial, se trata de las normas IEEE-519, IEC-61000-3-2 en el Perú estamos reglamentados por la NTCSE_DS020-97-EM (Barbosa et al., 2017).

a. IEEE Standard 519 – 2014

La IEEE (Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos) tiene límites para los armónico, componente de orden superior a una de las series de Fourier de una cantidad periódica como, por ejemplo, en un sistema de 60 Hz de orden 1, 120 Hz de orden 2 y 180 Hz de orden 3, y la distorsión armónica total (THD) es la relación entre el cuadrado medio de la raíz del contenido armónico, considerando los componentes armónicos hasta el orden de 50° y específicamente excluyendo la interarmónica, expresada como un porcentaje del fundamental (Verma & Nair, 2016).

Es importante mencionar que este estándar solo define recomendaciones prácticas.

b. IEC Standard 61000-3-2

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) es responsable de la creación de normativas internacionales en los distintos campos como son la electricidad y electrónica. El objetivo de esta norma es establecer límites para la generación de armónicos de equipos dentro de su ámbito de aplicación, de modo que, los cumplimientos de los límites deben ser garantizados, asegurando que los niveles de perturbación armónica no excedan los niveles de compatibilidad definidos en la IEC standard 61000-3-2 (Jettanasen & Pothisarn, 2014).

c. NTCSE_DS020-97-EM

Norma Técnica De Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) la cual fue aprobada mediante el decreto supremo N° 020-97-EM con el fin de tener un suministro eléctrico adecuado, oportuno y confiable, la presente norma es de aplicación imperativa para el suministro de servicios eléctricos relacionados con la generación, transmisión y distribución de la electricidad sujetos a la regulación de precios, conforme a la ley, también especifica las condiciones de mediciones, tolerancias y compensaciones y/o multas por incumplimiento (NTCSE, 2006).

2.2.8. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La radiación solar se transforma directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico, esta se basa en el uso de materiales semiconductores en lo cual se caracterizan porque conducen la electricidad mejor con un aislante. Cuando incide luz sobre un semiconductor, la energía suministrada ayuda a darle mayor movilidad a algunos de los electrones presentes en el material, por lo que su capacidad para conducir la electricidad aumenta. Sin embargo, para producir el efecto fotovoltaico no basta con liberar electrones. Es necesario que aparezca un voltaje que mueva a estos electrones en una dirección preferencial, generando una corriente eléctrica. La forma más común de lograr esto es unir dos materiales semiconductores de características electrónicas diferentes: uno de ellos debe ser capaz de ceder parte de sus electrones con facilidad (se le llama material tipo N), mientras que el otro debe aceptar fácilmente electrones adicionales (material tipo P). El efecto fotovoltaico se produce precisamente al iluminar la superficie de unión entre los dos diferentes materiales, dado que la potencia que genera una celda solar es pequeña, lo que se hace es conectar varias entre sí para aumentar el voltaje o la corriente. Generalmente se fabrican para producir voltajes de 12 o 24 volts de corriente directa. A un conjunto de varias celdas conectadas entre sí se le llama panel o módulo fotovoltaico.(Arancibia, Best, & Brown, 2010).

2.2.9. SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED (SFCR)

Es producir energía eléctrica en condiciones óptimas para así ser inyectada en la red convencional, un arreglo concierne a lo siguiente, un inversor DC/AC y un conjunto de protecciones para el sistema (Perpiñán, Colmenar & Castro, 2012).

2.2.10. INVERSORES CONMUTADOS Y AUTOCONMUTADOS A LA RED

Inversores conmutados destacan por su sencillez de instalación, la fiabilidad que presentan, son más baratos que los auto conmutados, pueden trabajar con grandes potencias y sus desventajas pueden resolverse con sistemas de filtrado más sencillos. Entre las desventajas están el nivel de corriente reactiva que presenta, lo que supone factores de potencia por debajo de la unidad, un alto nivel de distorsión armónica y presentan fallos de conmutación en caso de que se produzcan fallos de red (Ccama, 2014).

Inversores autoconmutados como su alta seguridad, ya que un cortocircuito a la salida no les afecta, la señal de salida es claramente sinusoidal, no precisa de grandes sistemas de filtrado de la señal, generan una tensión y una corriente totalmente en fase con la tensión de red y pueden compensar potencia reactiva, adelantando o retrasando la corriente respecto a la tensión de red. Como inconvenientes están una potencia máxima menor, aunque pueden conectarse en paralelo, un rendimiento más pequeño, lo que supone mayores pérdidas, y son más caros (Ccama, 2014).

2.2.11. MODBUS TCP/IP

Modbus es un protocolo de comunicación publicado por Modicon en 1979, diseñado para funcionar con equipos industriales tales como Controladores Lógicos Programables (PLCs), computadoras, motores, sensores, analizador de redes, etc. (Sánchez Llamas, 2012).

También se ha convertido en un estándar para el control industrial de sistemas, estos implementan la comunicación de conexión usando TCP / IP (Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet), TCP asigna el número 502 al protocolo Modbus.

Para mantener la compatibilidad a través de líneas seriales, las cargas útiles se limitan a como máximo 253 bytes, se emplea un simple maestro-esclavo (Goldenberg & Wool, 2013).

Dispositivo maestro: es el dispositivo que controla el intercambio de datos en el bus, complementa las tareas de coordinación entre diferentes esclavos por ejemplo (controlador lógico programable PLC, scada , etc.).

Dispositivo esclavo :son los dispositivos conectados al bus y que atienden a las peticiones del maestro proporcionando información ejecutando las tareas a petición del maestro.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

La investigación comprendió el área político - geográfico del Centro Poblado de Ayabacas Distrito de San Miguel, Provincia de San Román, Departamento de Puno, que geográficamente se encuentra ubicado a una latitud $-15,40936$, longitud $-70,09060$ y altitud 3845 m.s.n.m. en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética en la Universidad Nacional de Juliaca (UNAJ) en la figura 4, podemos visualizar las coordenadas extraídos por un GPS, Oruxmaps que es una aplicación Android y de fácil utilización. Para más detalles ver Anexo 3.

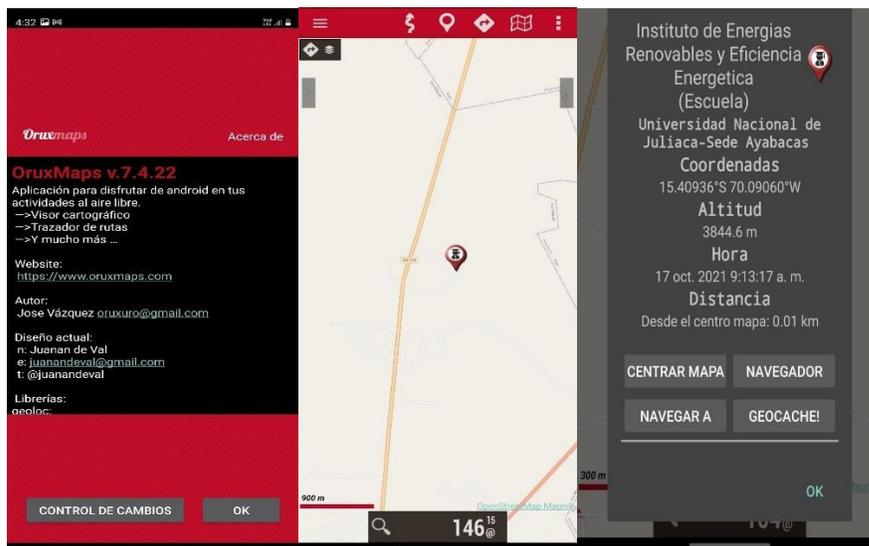


Figura 4: Coordenadas del Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética.

3.2. HIPÓTESIS

3.2.1. HIPÓTESIS GENERAL

Los armónicos de tensión y corriente son adecuados para determinar la calidad de energía eléctrica con inyección de tres sistemas fotovoltaicos de 3.0 kW en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de Ayabacas.

3.2.2. HIPÓTESIS ESPECIFICO

- El porcentaje de armónicos de tensión y corriente con inyección de tres sistemas fotovoltaicos de 3.0 kW afectaran a la calidad de energía eléctrica en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de Ayabacas
- Los armónicos de tensión y corriente cumplirán con la norma NTCSE.
- El analizador de redes PM 5560 es el adecuado para determinar la calidad de energía eléctrica en el Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética de Ayabacas.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

Se describirá los materiales y equipos utilizados en el proyecto de investigación.

3.3.1. DESCRIPCIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES

a. Características principales

El analizador de redes PM 5550 es un instrumento de medición, que registra diferentes parámetros eléctricos (frecuencia, voltaje, corriente, potencia, armónicos, etc.) tiene una precisión de la clase 0.2S y su clase de precisión es IEC 62053-22 y aporta un alto grado de calidad, fiabilidad y fácil instalación. Para más detalles ver Anexo 5.

Tabla 2
Características del analizador de redes PM 5560

Ítems	Parámetros
Marca	Schneider electric
Modelo	PM5560
Normas y Certificación	EN 50470-3 IEC 61557-12 IEC 62053-22 IEC 62053-24 IEC 60529 EN 50470-1 UL 61010-1
Frecuencia de red	50 Hz y 60 Hz
Tipo de conexión	3P + N 3P 1P + N
Pasarela de comunicación	Ethernet/serial
soporte de puerto de comunicación	RS485 Ethernet
Protocolo de comunicación	Modbus RTU y ASCII JBUS Modbus TCP/IP BACnet IP
Corriente Nominal (In)	1 A 5 A
Tensión de alimentación	125...250 V DC 100...480 V AC 45...65 Hz
Tipo de pantalla	LCD retroiluminada
Resolución de pantalla	128 x 128
Tensión de medida	20...690 V AC 45...65 Hz
Número de entradas y salidas	4 digital y 2 digital
Tipo de montaje	Empotrado
Grado de protección	IP52 conforme a IEC 60529 IP30 conforme a IEC 60529
Precisión de medida	Potencia Aparente +/- 0.5 % Frecuencia +/- 0.05 % Energía Activa +/- 0.2 % Energía Reactiva +/- 1 % Potencia Activa +/- 0.2 % Voltaje +/- 0.1 % Factor de potencia +/- 0.005 Corriente +/- 0.15

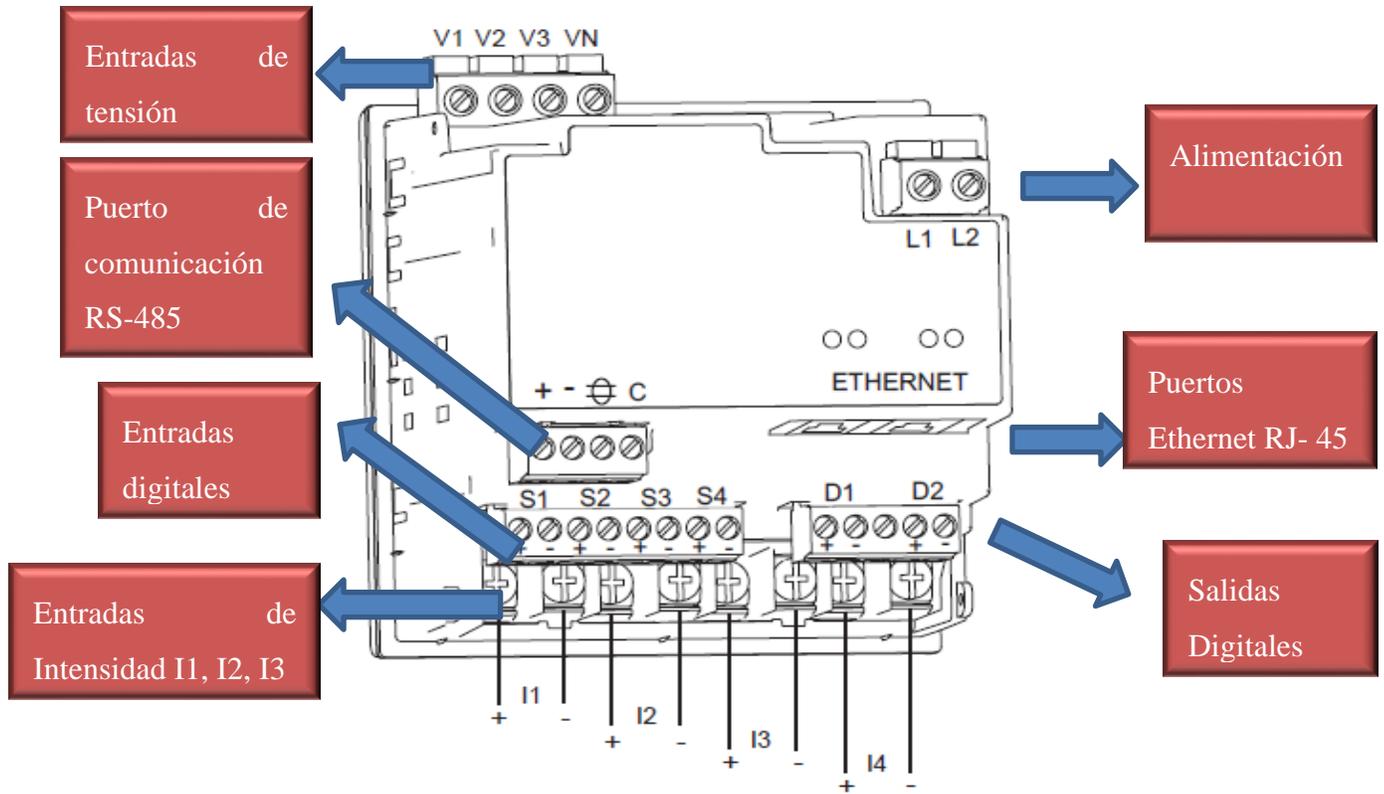


Figura 5: Diagrama de conexión y cableado del PM5560

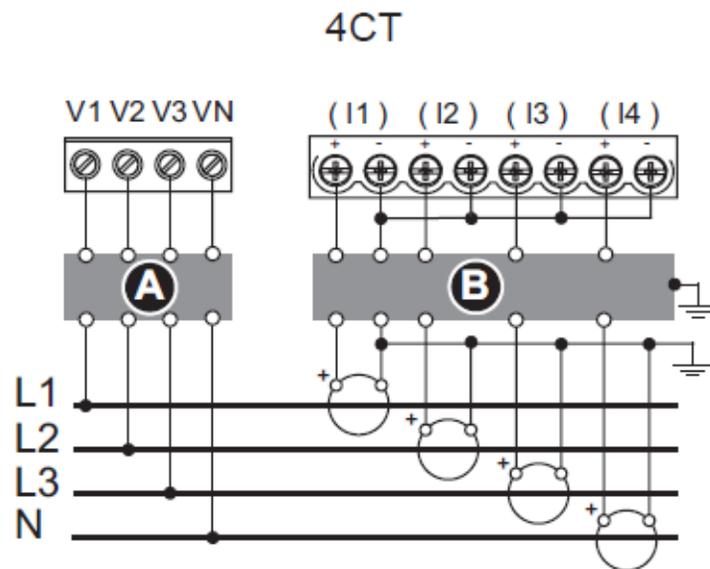


Figura 6: La conexión fue de 3PH4W, 4CT (transformador de corriente)

3.3.2. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

“Tiene la finalidad de captar la energía solar incidente y generar un corriente eléctrica” (Vilca, 2020). En el presente proyecto analizaremos tres sistemas fotovoltaicos con inyección a la red. Para más detalles ver Anexo 4.

- El primer generador fotovoltaico este compuesto por 8 módulos fotovoltaicos policristalino de una potencia de 270 W en la marca Talesun, modelo TP660P y una potencia nominal de 2,16 KW (Vilca, 2020).



Figura 7: Modulo FV TALESUN-TP660, compuesto por 60 células de silicio policristalino (Vilca, 2020).

Tabla 3
Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico 1

Parámetros eléctricos	1 módulo	8 módulos
	TP660P-270 W Policristalino	TP660P-2,16 KW Policristalino
Potencia eléctrica máxima (P mp)	270 W	2,16 KW
Intensidad de máxima potencia (I mp)	8,63 A	69,04 A
Diferencia de potencial máxima (Vmp)	31,3 V	31,3 V
Intensidad de corto circuito (I SC)	9,09 A	72,72 A
Diferencia de potencial abierto (VOC)	38,5 V	
Parámetros Térmicos		
Temperatura nominal	45° C ± 2° C	
Coeficiente de temperatura de (I SC)	0,060 %/°C	
Coeficiente de temperatura de (VOC)	-0,31 %/°C	
Coeficiente de temperatura de (P mpp)	-0,40 %/°C	

Nota: Los datos fueron extraídos de Vilca, (2020).

- El segundo generador fotovoltaico este compuesto por 8 módulos fotovoltaicos monocristalinos de una potencia de 370 W en la marca BAUER, modelo BSP370 M, eficiencia de 19 % y una potencia nominal de 2,96 KW (Chavez, 2020).



Figura 8: Módulo FV BSP370M, compuesto por 72 células de silicio monocristalino (Chavez, 2020).

Tabla 4
Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico BAUER ENERGY–BSP370 M

Parámetros eléctricos	1 Módulo BAUER ENERGY – BSP370 M	8 Módulos BAUER ENERGY – 2.96 kW
Potencia eléctrica máxima (P mp)	370 W	2,96 KW
Intensidad de máxima potencia (I mp)	9,23 A	9,23 A
Diferencia de potencial máxima (Vmp)	40,1 V	320,8 V
Intensidad de corto circuito (I SC)	9,95 A	9,95 A
Diferencia de potencial de circuito abierto (VOC)	48,3 V	386,4 V
Parámetros Térmicos		
Temperatura nominal de operación de la célula (TNOC)	45° C	
Coeficiente de temperatura de (I SC)	0,0297 %	
Coeficiente de temperatura de (VOC)	-0,380%	
Coeficiente de temperatura de (P mpp)	0,0057 %	

Nota: Los datos fueron extraídos de Chavez,(2020).

- El tercer generador fotovoltaico este compuesto por 12 módulos fotovoltaicos policristalinos de una potencia de 270 W en la marca TALESUN, modelo TP660P – 270, eficiencia del 16,5 % y una potencia nominal de 3,24 KW (Chura Palli, 2020).

Tabla 5
Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico TP660P-270

Parámetros eléctricos	1 módulo TP660P-270 W	12 módulos TP660P-3,24 KW
	Policristalino	Policristalino
Potencia eléctrica máxima (P mp)	270 W	3,24 KW
Intensidad de máxima potencia (I mp)	8,63 A	8,63 A
Diferencia de potencial máxima (Vmp)	31,3 V	375,6 V
Intensidad de corto circuito (I SC)	9,09 A	9,09 A
Diferencia de potencial abierto (VOC)	38,5 V	462 V
Parámetros Térmicos		
Temperatura nominal de operación de la célula (TNOc)	45° C ± 2° C	
Coefficiente de temperatura de (I SC)	0,060 %/°C	
Coefficiente de temperatura de (VOC)	-0,31 %/°C	
Coefficiente de temperatura de (P mpp)	-0,40 %/°C	

Nota: Los datos fueron extraídos de Chura, (2020).

3.3.3. INVERSOR CC / CA A LA RED ELÉCTRICA

La finalidad del inversor CC/CA, es convertir de corriente continua en corriente alterna, tiene que tener los mismos parámetros aceptables de la red eléctrica (Chavez, 2020). Para más detalles ver Anexo 4.

- Para el primer generador fotovoltaico usaremos 8 Microinversores de la marca REPLUS-250 A con una potencia máxima de salida de 225 W.



Figura 9: Microinversor MicroReplus

Tabla 6
Especificaciones técnicas del REPLUS

Inversor REPLUS-250A	
Parámetros eléctricos CC	
Potencia máxima: Pmax	250 W
Diferencia de potencial máxima: Voc	55 V
Intensidad máxima de entrada: Imáx	14 A
Rango de voltaje de CC de MPPT	22-45 V
Parámetros eléctricos CA (red eléctrica)	
Potencia de salida continua nominal máxima [W]	225 W
Corriente de salida de contacto máx. De CA	1,0 A
Voltaje / rango de CA nominal	240/211 - 264
Frecuencia / rango de alimentación de CA	60/59,3-60,5
Factor de potencia	>0.95

Nota: Los datos fueron extraídos de Vilca, (2020).

- Para el segundo generador fotovoltaico usaremos 8 Conversor CC/CC de la marca Solar Edge – P370, para cada módulo fotovoltaico, el objetivo de este es convertir el C.C. no regulado a CC regulado, también buscar siempre el Punto de Máxima Potencia (MPPT) (Chavez 2020). Conjuntamente usaremos un inversor de la marca Solar Edge – SE3000H.



Figura 10: Conversor CC/CC Solar Edge-P370 (Chavez, 2020).

Tabla 7
Especificaciones técnicas del conversor C.C SOLAR EDGE

Conversor CC/CC Solar Edge P370	
Parámetros eléctricos de entrada (salida del generador Fotovoltaico)	
Potencia de entrada nominal	370 W
Intensidad máxima	13,75 A
Diferencia de potencial máxima	60 V
Intensidad máxima de corto circuito	11 A
Condición de operación	8...60 V
Salida al Inversor	
Intensidad de salida máxima	15 A
Diferencia de potencial máxima	60 V
modo StandBy	
Diferencia de potencial	1 V

Nota: Los datos fueron extraídos de Chavez, (2020).



Figura 11: Inversor SolarEdge SE3000H (Chavez, 2020).

Tabla 8
Especificaciones técnicas del inversor Solar Edge

Inversor SOLAR EDGE SE3000H	
Parámetros eléctricos CC	
Máxima potencia de entrada	4650 W
Corriente máxima de entrada	9 A
Diferencia de potencial máxima	480 v
Diferencia de potencial nominal	380
Parámetros eléctricos CA (red eléctrica)	
Potencia nominal	3000 VA
Potencia máxima	3000 VA
Diferencia de potencial	220-230 V
Frecuencia	50-60 HZ
Intensidad máxima	14 A

Nota: Los datos fueron extraídos de Chavez, (2020).

- Para el tercer generador fotovoltaico usaremos 1 inversor string de la marca SUNNY BOY SMA 3.0 con una potencia máxima de salida de 3 kW.

s



Figura 12. Inversor String Sunny Boy (Chura, 2020).

Tabla 9
Especificaciones técnicas del inversor String SUNNY BOY

Inversor SUNNY BOY	
Parámetros eléctricos de entrada (salida del generador Fotovoltaico)	
Diferencia de potencial PMP	110-500 V
Diferencia de potencial máxima	600 V
Intensidad máxima	15 A
Potencia máxima	5500 Wp
Parámetros eléctricos CA	
Diferencia de potencial nominal	180 -280 V
Potencia nominal	3.0 kW
Factor de potencia	1
Frecuencia	50-60/± 5 Hz

Nota: Los datos fueron extraídos de Chura, (2020).

3.3.4. TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

Es un dispositivo que convierte una corriente nominal elevada a una de más baja para poder ser medida por un equipo. Para más detalles ver Anexo 5.



Figura 13. Transformador de corriente RISHXMER50/30 100/ 5

Tabla 10
Transformador de corriente

ESPECIFICACIONES	
Voltaje máximo	720VAC 50/60Hz
Tipo de transformador	Tipo ventana
Protección	IP20
Rango de corriente	100/5 A

Nota: Los datos fueron extraídos de Rishabh, (2016).

3.3.5. FUSIBLE

Es un componente eléctrico hecho de un material conductor que tiene la finalidad de interrumpir la corriente cuando esta es excesiva.



Figura 14. Protector de fusibles cilíndricos de contacto con tapa RT28.

Tabla 11
Parámetros de soporte del protector de fusibles.

	Fusible
Modelo	RT28N-32X
Tensión nominal (V)	500
Corriente nominal (A)	63
Numero de Polos	1

Nota: Los datos fueron extraídos de Chint, (2018).

3.3.6. CABLE DE RED ETHERNET

Es un cable de varios cables trenzados con revestimientos plástico o metálicos, el conector de red es un RJ-45, este tiene 8 conectores metálicos, para transferir información a través de impulsos eléctricos.



Figura 15. Cable ethernet UTP categoría 5E-8 polos, 24 A.W.G.

3.3.7. TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE DISTRIBUCIÓN

Son utilizados para reducir o elevar la tensión de la red de media tensión a los niveles de las redes de distribución de baja tensión.

Tabla 12

Especificaciones del transformador TR2018-08049-02

TRANSFORMADOR TRIFASICO DE DISTRIBUCIÓN	
SERIE	TR2018-08049-02
TIPO	TD3S
FASES	3
KVA	160
VOLT.AT	10000 V
VOLT.BT	400 V
AMP.AT	9,24 A
AMP.BT	230,94 A
FRECUENCIA	60 HZ
ALTITUD	4000 M.S.N.M
G.CONEX	Dyn5

Nota: Elaboración propia

3.4. METODOLOGÍA

El proyecto de investigación tiene un enfoque cuantitativo, de un diseño no experimental del tipo transeccional correlacional porque se relaciona los parámetros eléctricos y la calidad de energía eléctrica ya que no se manipula deliberadamente las variables, se realizó durante un periodo de 4 meses.

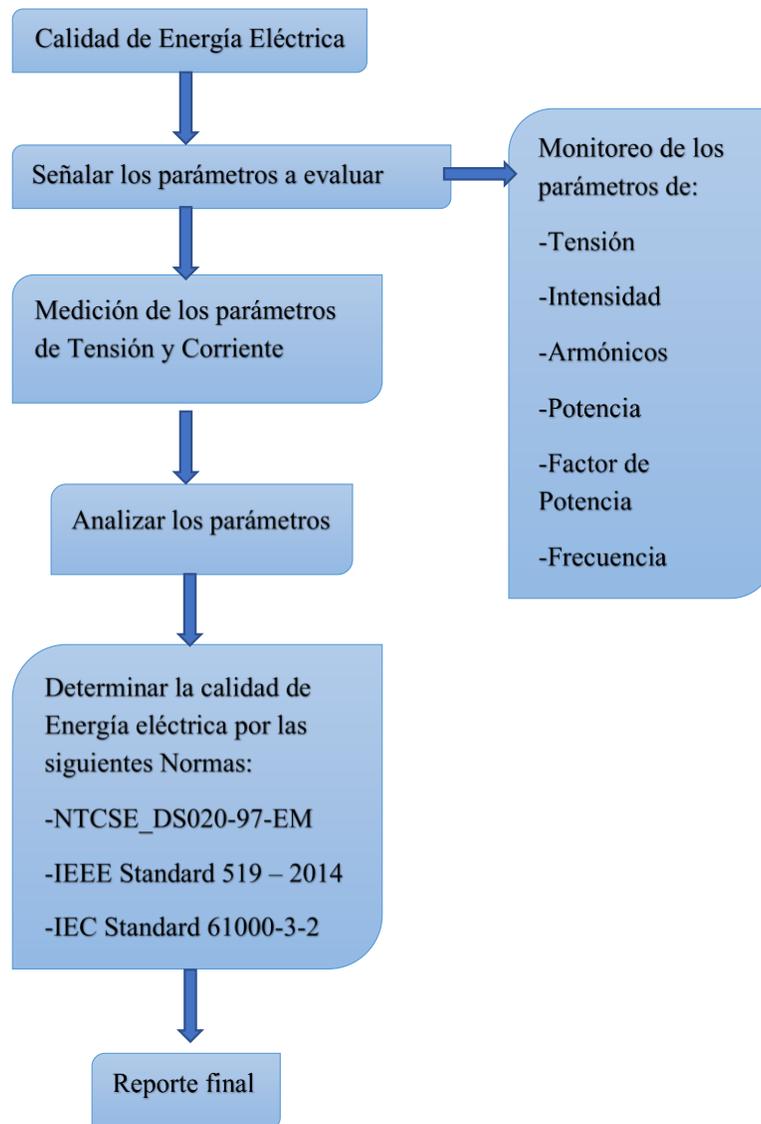


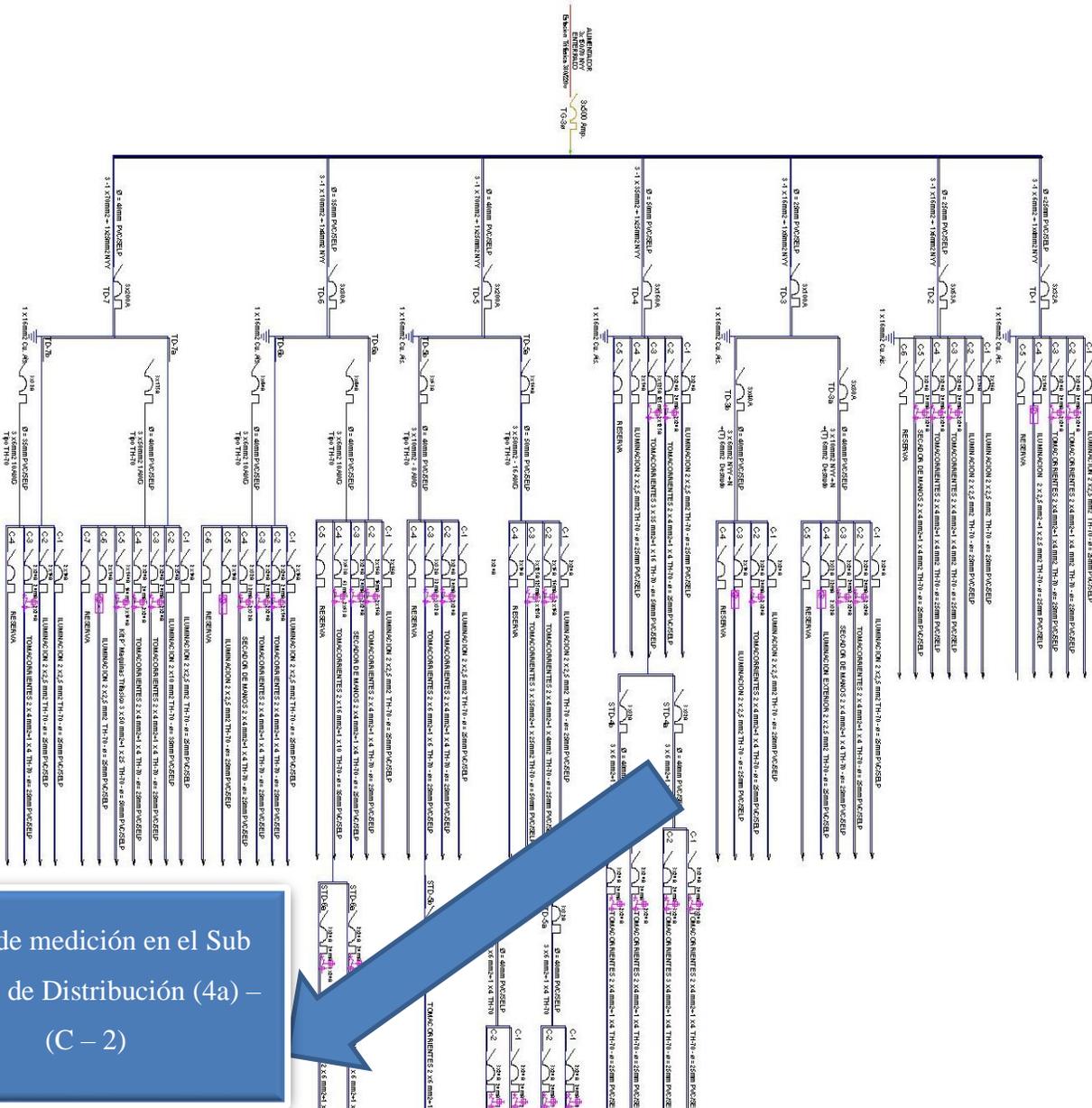
Figura 16. Diagrama de la metodología.

3.4.1. SELECCIÓN DEL PUNTO DE MEDICIÓN

Selección del punto de medición, en el en el instituto de investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética, se siguieron los siguientes pasos.

- Salida
- de los tres inversores, ubicación de su tablero de distribución.
- Diagrama unifilar indicando la ubicación de los puntos de medición.
- Instalación de un tablero eléctrico, para el analizador de redes PM 5560.

DIAGRAMA UNIFILAR
 TABLERO GENERAL TRIFÁSICO 800/220V - TG-3a



Punto de medición en el Sub
 Tablero de Distribución (4a) –
 (C – 2)

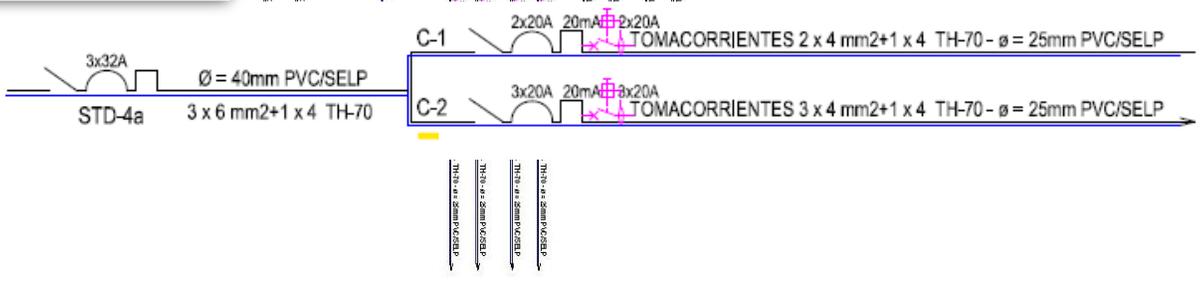


Figura 17. Diagrama unifilar en Baja tensión

3.4.2. MONTAJE DEL EQUIPO

A continuación, se instala un tablero de distribución de baja tensión para el analizador de redes PM 5560 de las siguientes características, altura 500 mm, ancho 400 mm, profundidad 200 mm, dos carriles Din ranurados de largo 250 mm, canaleta para cables de 60x60x300mm. Para más detalles ver Anexo 1.



Figura 18. Armado de tablero parte interna, carriles, canaletas.



Figura 19. Cableado del analizador de redes PM5560



Figura 20. Tablero vista externa del Analizador de redes PM5560

3.4.3. CONFIGURACIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES PM5560

Hay dos maneras para configurar el analizador de redes PM5560, la primera es por la misma pantalla del analizador y la segunda es por ION SETUP V3.2 o Power Monitoring Expert estos vienen a ser softwares de la marca Schneider Electric ya que cabe resaltar que cada analizador de las diferentes marcas que hay en el mercado tienen su propio software.

Para poner en marcha el servicio, es importante establecer los límites en sus menús, el tipo de conexión es 3PH4W.

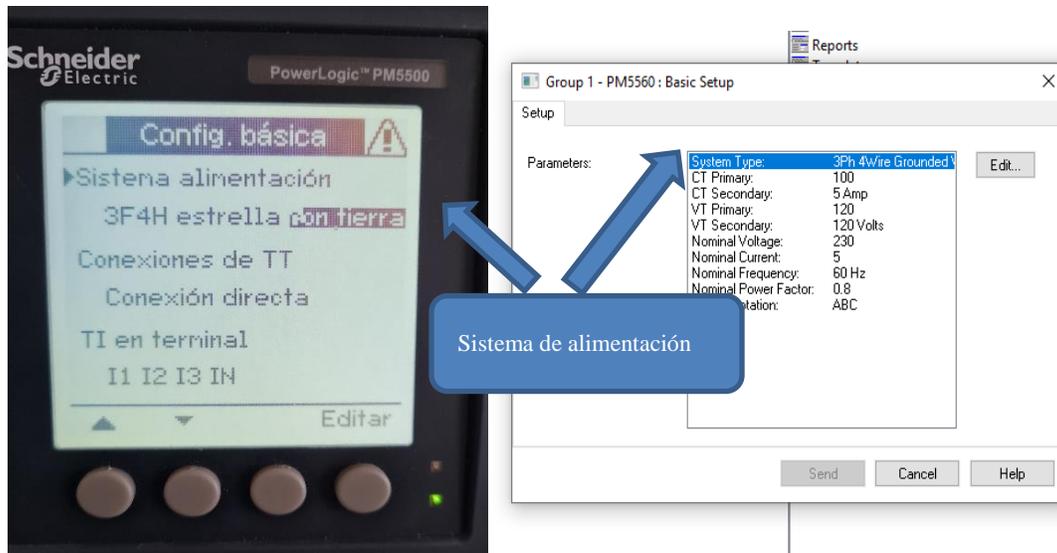


Figura 21. Configuración del analizador de redes.

Expert estos vienen a ser softwares de la marca Schneider Electric ya que cabe resaltar que cada analizador de las diferentes marcas que hay en el mercado tienen su propio software.

3.4.4. PROCESO DE EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la extracción de información debemos de tener una comunicación modbus Rtu del analizador de redes hacia nuestra computadora.

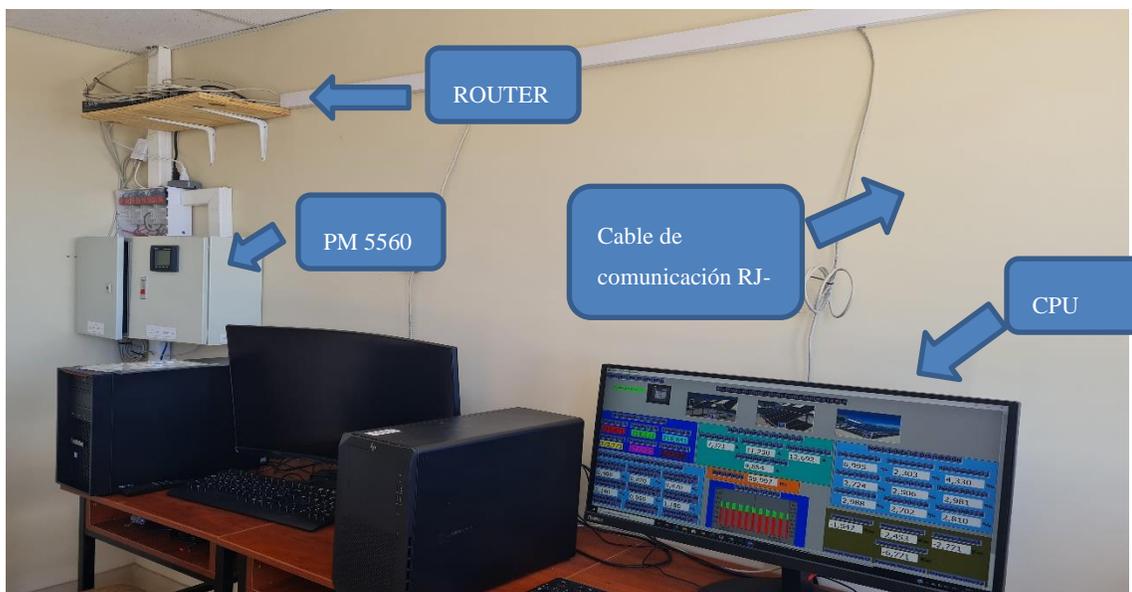


Figura 22. Comunicación Modbus TCP/IP-RJ45

3.4.5. INSTALACIÓN DE SOFTWARE

Se instalaron tres programas en nuestra PC, el primero es Modbus Poll para la extracción de datos y medición de los parámetros eléctricos, el segundo es WinnCC para el monitoreo en tiempo real y Power Monitoring Expert. (para más detalles ver el Anexo 2).

a. Modbus Poll

Es un software maestro modbus de fácil uso, y sencilla interfaz de comunicación.

- Se ingresa a Modbus Poll, se elige la opción de Connection_Connect (F3)

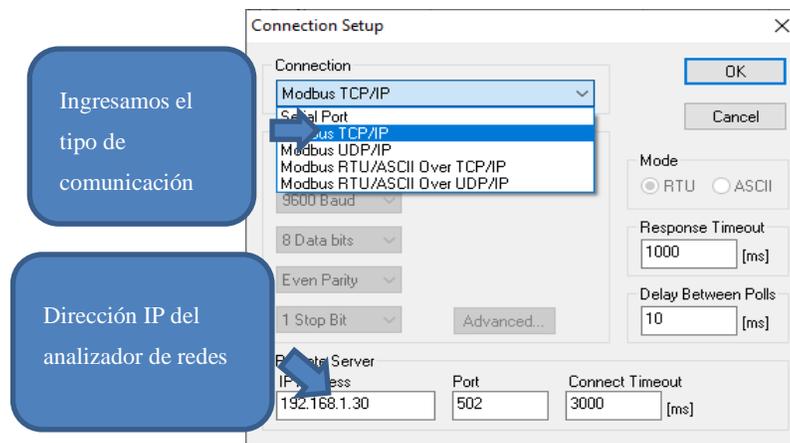


Figura 23. Configuración de comunicación Modbus TCP/IP

- Luego se ingresa a Setup_Read/Write Definition,

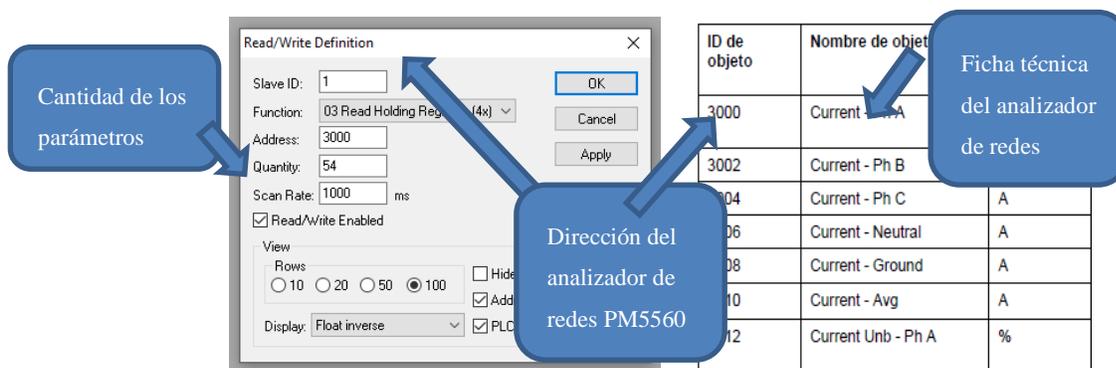


Figura 24. Configuración de dirección de los parámetros eléctricos

- Vista de las lecturas de los parámetros eléctricos

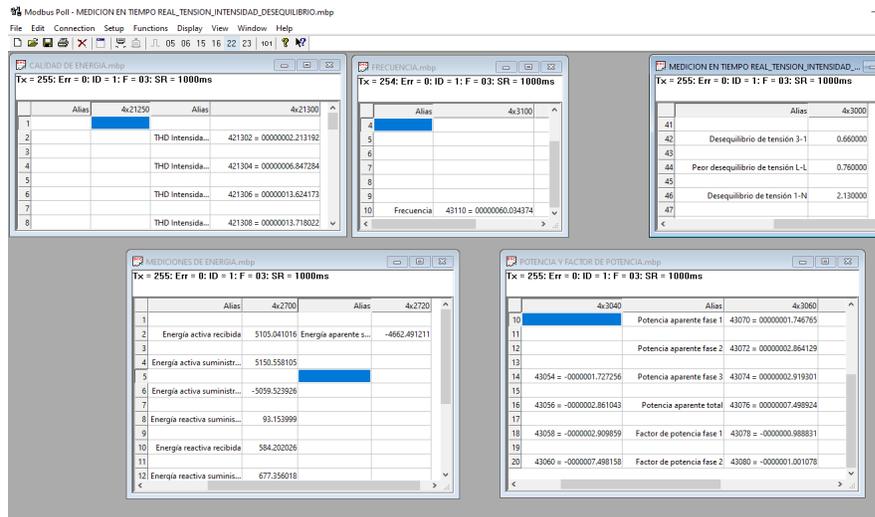


Figura 25. Modbus Poll parámetros eléctricos en tiempo real

- Para la visualización de los datos en un archivo Exel, elegimos la opción de Setup Exel Log, en la Figura x finalmente obtenemos un registro de los datos en tiempo real.

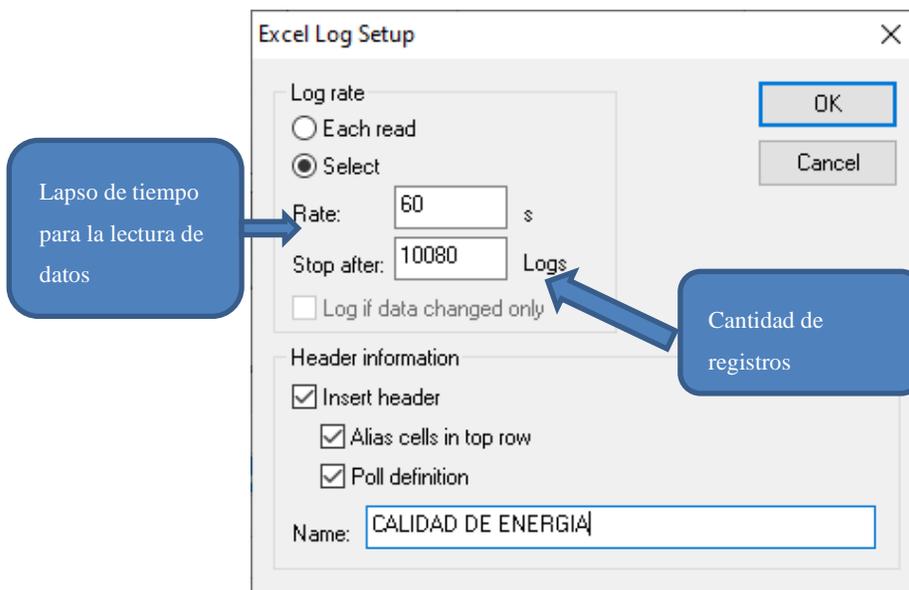


Figura 26. Configuración para adquisición de datos

	Intensidad de	Intensidad d	Intensidad de	Intensidad d	Intensidad a	Intensidad n	Desec
08/19/21 19:	0,907378495	0,24971028	0,443819582	0,79021472	1,58541942	0,53363609	70,04
08/19/21 19:	0,907632589	0,25061169	0,443737686	0,79010189	1,58542955	0,53399396	69,97
08/19/21 19:	0,909331441	0,25129896	0,446124822	0,79285473	1,59048533	0,53558511	69,77
08/19/21 19:	0,907860518	0,25179762	0,443840593	0,78957182	1,583956	0,53449959	69,84
08/19/21 19:	0,908149242	0,25038648	0,448576629	0,79391557	1,59270442	0,53570414	69,51
08/19/21 19:	0,909535408	0,25143829	0,446989387	0,79380167	1,59284091	0,53598768	69,68
08/19/21 19:	0,909039319	0,25040448	0,444222242	0,79155952	1,58808887	0,53455538	70,05
08/19/21 19:	0,90895921	0,25036305	0,444027841	0,79136926	1,58770394	0,53445005	70,06
08/19/21 19:	0,908550799	0,25000083	0,444336623	0,7911188	1,58677387	0,5342961	70,05

Figura 27. Almacenamiento de datos en Excel

b. WinCC

WinCC flexible es el software HMI, para las más variadas tareas de manejo y visualización, permite controlar el proceso y funcionamiento de máquinas e instalaciones.

- Se ingresa al Software Wincc, ingresamos a la parte de conexiones driver de comunicación _Modicon MODBUS TCP/IP.



Figura 28. Configuración de conexión MODBUS TCP/IP

- Creamos nuestras variables del analizador de redes.

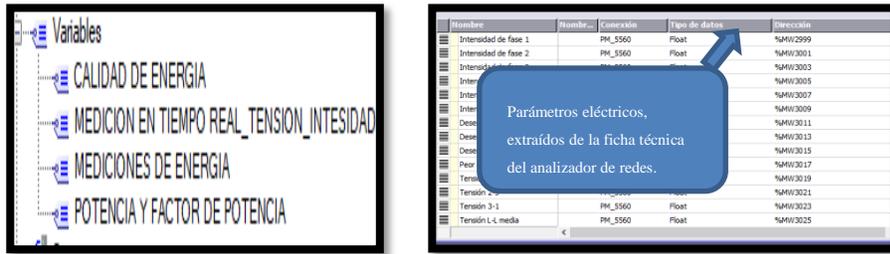


Figura 29. Variables del analizador de redes

- Agregamos una imagen, para visualizar los parámetros eléctricos en tiempo real.

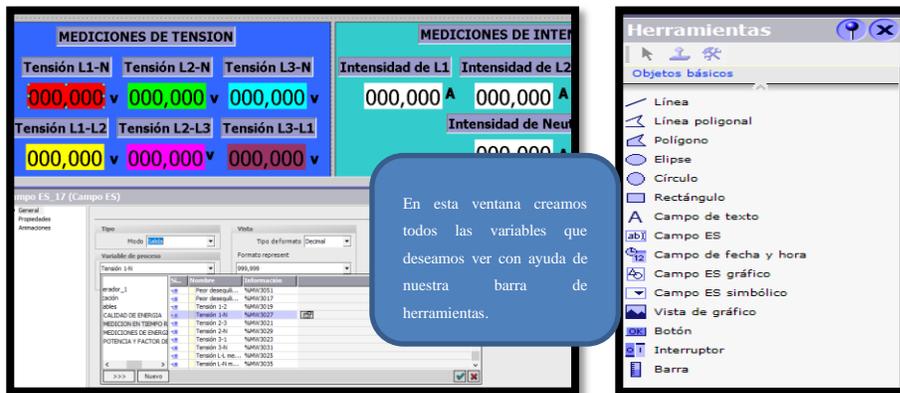


Figura 30. Parámetros eléctricos del analizador de redes

- Para la visualización de datos en tiempo real iniciamos un runtime.

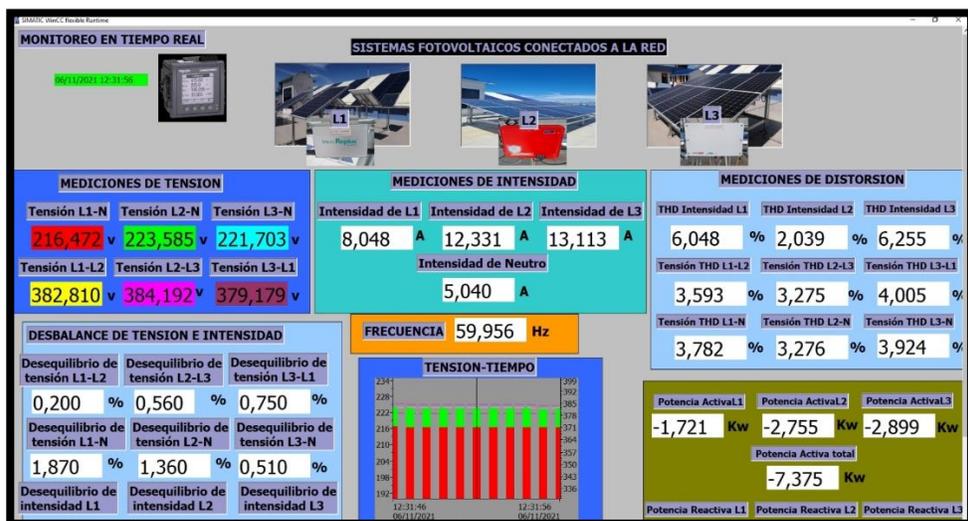


Figura 31. Monitoreo en tiempo real

c. Power Monitoring Expert

El software Power Monitoring Expert es una solución completa de gestión de energía ideada para proveedores y consumidores de energía, permite gestionar información y control (Andia, 2015). Es un software de la marca Schneider electric

Esta nos facilita en la extracción de los datos, tiene una monitorización en tiempo real, puedes realizar informes energéticos y se puede integrar analizadores de redes de las diferentes marcas del mercado, siempre y cuando tengan comunicación modbus tcp/ip en caso de que no se tenga, tendremos que adquirir un Gateway pasarela EGX 100.

Tabla 13
Características de Power Monitoring Expert

PARAMETROS	DESCRIPCION
Creador	Schneider electric
Nombre del software	Power Monitoring Expert
Logo	
compatibilidad	Windows 7 Profesional - Windows 10
Aplicaciones	Monitoreo de energía, generación de reportes y supervisión de consumos
Soporta comunicación	Modbus TCP/IP
	Herramientas
Vista	Diseño
Designer	Programación
Managment Console	Configuraciones
Repórter	Reportes
Web Client	Supervisión

Nota: Elaboración propia (2021).

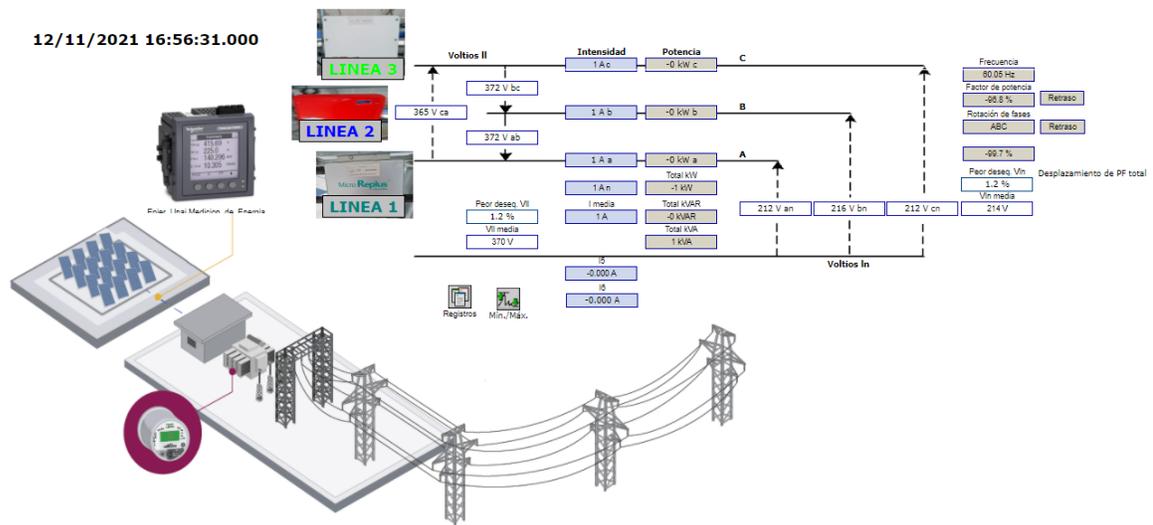


Figura 32. Diagrama del monitoreo en tiempo real Power Monitoring Expert

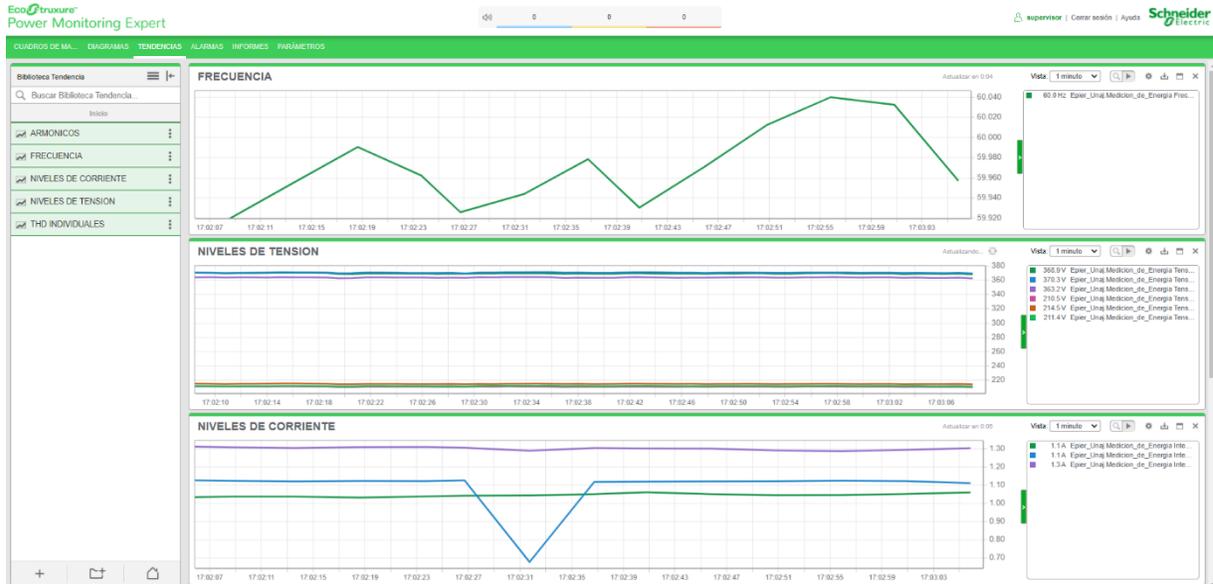


Figura 33. Comportamiento de los diferentes parámetros en tiempo real Power Monitoring Expert

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS

Las mediciones se realizaron en las salidas de cada uno de los inversores (Microinversores, inversor string, convertidores cc) conectado a la red del 23 de junio hasta el 12 de noviembre durante un periodo de 5 meses, a partir de las 6:00 am – 18:00 pm. Los datos fueron extraídos del analizador de redes PM 5560 con ayuda de un software modbus poll y almacenados en la computadora de la EPIER los datos fueron interpretados con la ayuda de Microsoft Excel, así como en las gráficas.

4.1.1. ANÁLISIS DE TENSIÓN

En la presente tabla se muestra la tensión registrada el valor máximo, promedio y mínimo, en la Tabla 14 observamos que la Línea L2-N (Sunny Boy) tiene un valor máximo de 228,55 V y la Línea L1-N (Microinversores) tiene un valor mínimo de 202,40 V.

Tabla 14
Registros de tensión 220 L-N

Puntos de Medición	Tensión de operación	Fases	Registro de tensión		
			Máximo	Promedio	Mínimo
SALIDA DE LOS TRES INVERSORES CON INYECCION A LA RED	220 V	L1-N	222.93	213.32	202.40
		L2-N	228.55	218.65	206.88
		L3-N	228.44	217.43	202.62

Nota: Elaboración propia (2021).

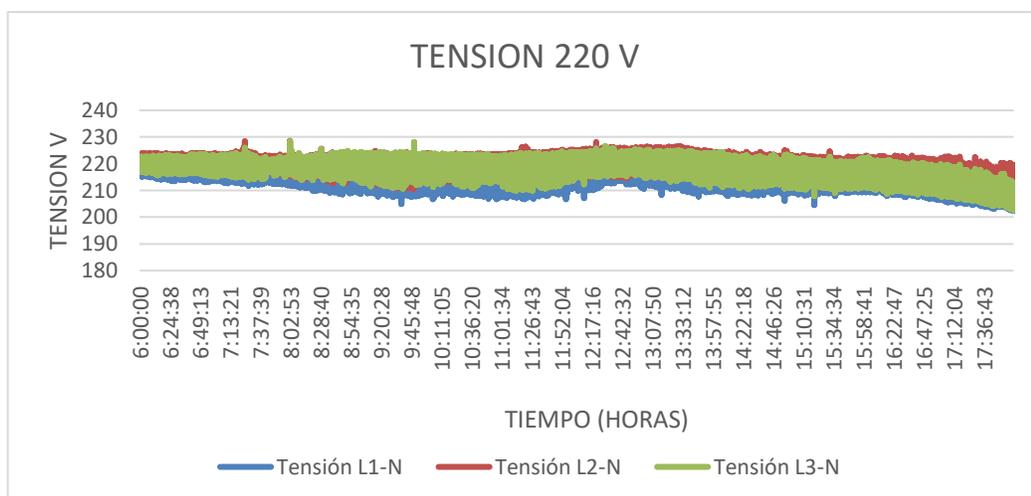


Figura 34. Registro de tensión y neutro de las fases

Para la determinación de la desviación (%) de los Valores de la Tensión – Neutro se usó la NTCSE donde esta nos indica las tolerancias admitidas sobre la tensión nominal es de hasta +/- 5% y en los servicios calificados como Urban-Rurales son de +/- 7.5 %.

Tabla 15
Tolerancia admisible según la NTCSE -220 V

Tensión de operación	Voltaje limite +/-5%	
	Máximo	Mínimo
220 V	230.36	208.42

Nota: Elaboración propia (2021).

Tabla 16
Tolerancia admisible de desviación +/- 5% 220 V

Tensión de operación	Fases	Desviación +/-5%		
		Máximo	Promedio	Mínimo
220 V	L1-N	1.33	-3.04	-8
	L2-N	3.64	-0.61	-5.96
	L3-N	3.84	-1.36	-7.9

Nota: Elaboración propia (2021).

Podemos observar la desviación del valor máximo que todos los valores están en el rango del 5%, la desviación de los valores mínimos sobrepasa - 5% y el valor promedio están en los rangos permitidos por la NTCSE.

Tabla 17
Registros de tensión 380 L-L

Puntos de Medición	Tensión de operación	Fases	Registro de tensión		
			Máximo	Promedio	Mínimo
SALIDA DE LOS TRES INVESTORES CON INYECCION A LA RED	380 V	L1-L2	392.39	375.00	354.52
		L2-L3	395.45	377.59	356.96
		L3-L1	390.39	372.20	348.34

Nota: Elaboración propia (2021).

De igual manera observamos que el valor máximo es la línea L2-L3 con un valor de 395,45 V y el valor mínimo concierne a la línea L3-L1 con un valor de 348,35.

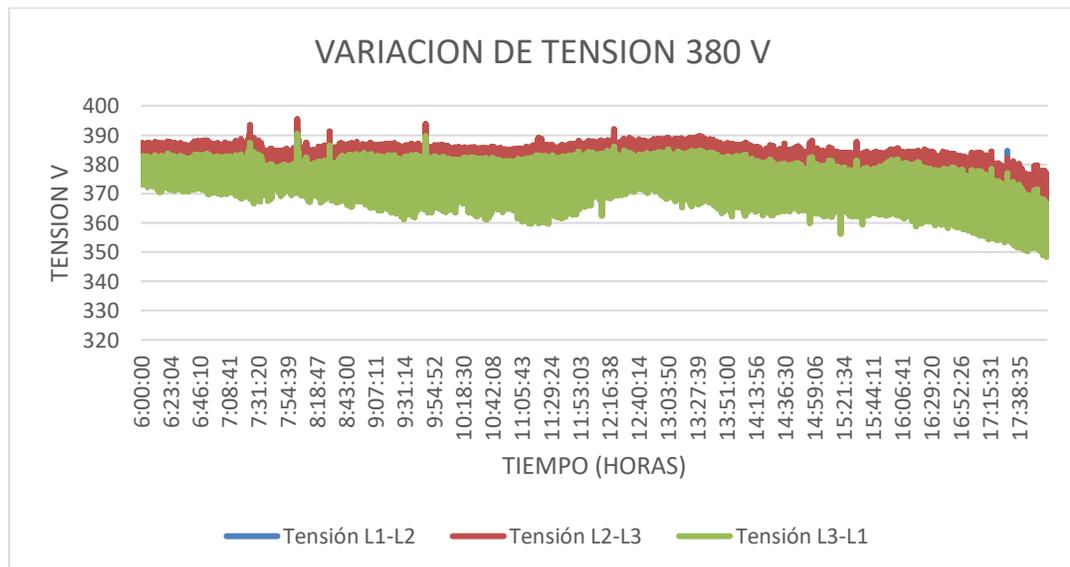


Figura 35. Registro de tensión L -L

Tabla 18
Tolerancia admisible según la NTCSE 380 V

Tensión de operación	Voltaje limite +/-5%	
	Máximo	Mínimo
3800 V	399.00	361.00

Nota: Elaboración propia (2021).

Tabla 19
Tolerancia admisible de desviación del +/- 5% 380 V

Tensión de operación	Fases	Desviación +/-5%		
		Máximo	Promedio	Mínimo
380 V	L1-N	3.26	-1.32	-6.71
	L2-N	4.07	-0.63	-6.06
	L3-N	2.73	-2.11	-8.33

Nota: Elaboración propia (2021).

De las siguientes tablas de nivel de tensión podemos decir que la desviación máxima está dentro del rango y los valores mínimos llegan a una desviación del 8.33 el caso más extremo, por los demás valores son aceptables.

4.1.2. MEDICIONES DE CORRIENTE

En la tabla 20 nos muestra el valor máximo, promedio y mínimo de la corriente en la salida de los inversores conectados a red eléctrica, en las tres fases que vendrían a ser L1(Microinversores), l2(inversor string) y L3 (inversor con convertidores cc/cc).

Tabla 20
Registros de corriente L-L

Puntos de Medición	Fases	Registro de Intensidad I (A)		
		Máximo	Promedio	Mínimo
SALIDA DE LOS TRES INVESTORES CON INYECCION A LA RED	L1	9,23	4,43	0,70
	L2	13,69	6,70	0,06
	L3	13,69	7,57	0,47

Nota: Elaboración propia (2021).

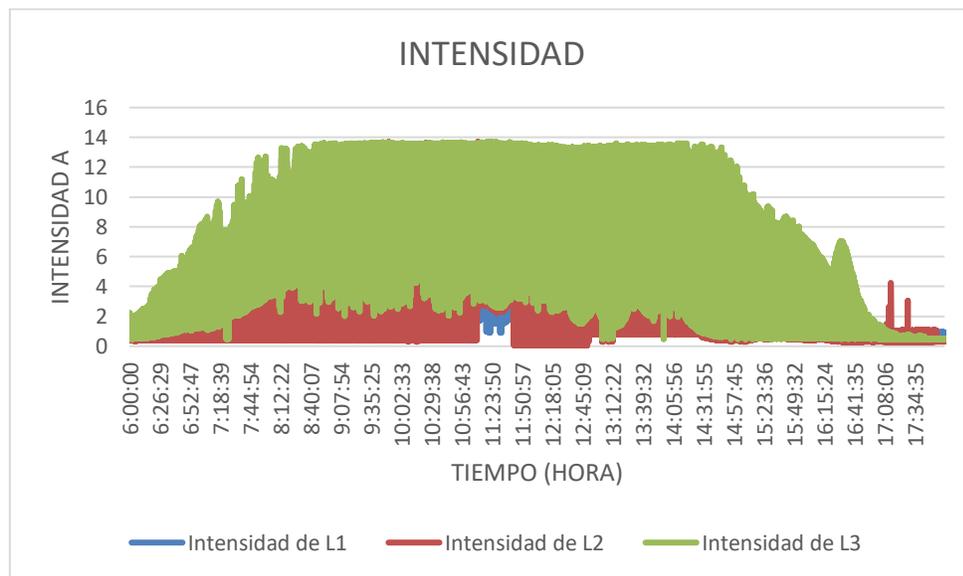


Figura 36. Registro de intensidad

De la figura 36 se muestra el registro de las intensidades de cada una de las líneas I1, I2 e I3 donde la corriente máxima está entre la L1 y L2 con un valor de 13.69 A y el valor mínimo de la línea 2 con un valor de 0.06 A.

4.1.3. ANÁLISIS DE FRECUENCIA

Se muestra el valor máximo, promedio y mínimo de la Frecuencia de la red eléctrica con inyección de sistemas fotovoltaicos.

Tabla 21
Registros de frecuencia

valor nominal	Registro de la Frecuencia		
	Máximo	Promedio	Mínimo
60 Hz	60,23	60.00	59,79

Nota: Elaboración propia (2021).

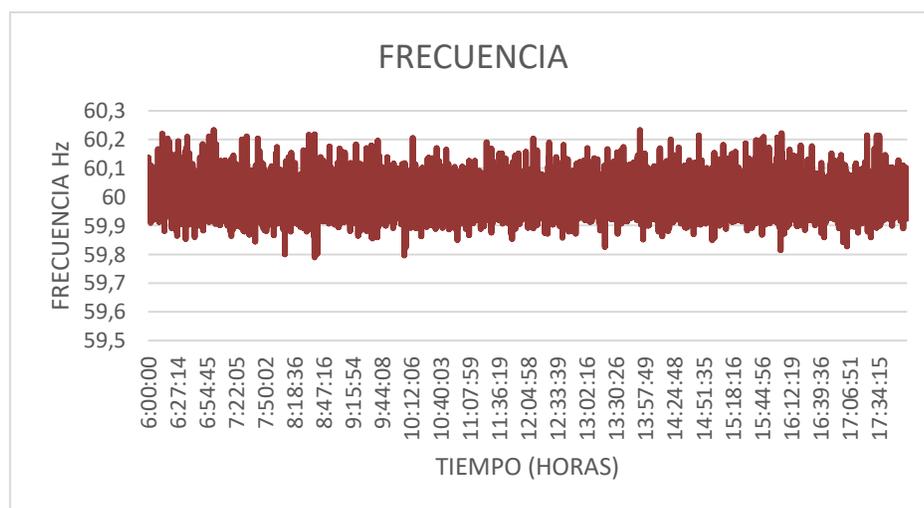


Figura 37. Registro de frecuencia de la red

Tabla 22
Límites de Desviación de la Frecuencia

valor nominal	Desviación +/- 0,6%		
	Máximo	Promedio	Mínimo
60 Hz	63,6		56,4
	0,38	0	-0,35

Nota: Elaboración propia (2021).

En el registro de datos de frecuencia observamos que el valor máximo es de 60.23 Hz y el mínimo de 59.79, según la NTCSE los valores de desviación +/- 0.6 % tanto como

máximo y mínimo están en el rango se puede decir que la calidad del servicio eléctrico está cumpliendo según la normativa

4.1.4. ANÁLISIS DE POTENCIA

a. Potencia Activa

En la tabla 23 se registra los valores máximos, promedios y mínimos de la potencia Activa, en la salida de los inversores conectados a red eléctrica, en las tres fases que vendrían a ser L1(Microinversores), L2(inversor string) y L3 (inversor con convertidores cc/cc).

Tabla 23
Registro de Potencia activa

Puntos de Medición	Fases	Potencia Activa (kW)		
		Máximo	Promedio	Mínimo
SALIDA DE LOS TRES INVESTORES CON INYECCION A LA RED	L1	1,93	0,027	0
	L2	2,98	0,043	0
	L3	2,93	0,048	0

Nota: Elaboración propia (2021).

Tabla 24
Registro de Potencia activa total

POTENCIA ACTIVA TOTAL		
Máxima	Promedio	Mínima
7,79	0,12	0

Nota: Elaboración propia (2021).

De las tablas y grafica podemos decir que el sistema de mayor generación es la L2(inversor string, Sunny boy) con 2.98 kW y el que le sigue es L3 conversores

(CC/CC solar, Edge) con 2.93 kW concierne a la hora de 11:00 am – 3:00pm y una potencia total de 7.79 kW.

b. Potencia Reactiva

En la siguiente tabla se registra los valores máximos, promedios y mínimos de la potencia Reactiva, en la salida de los inversores conectados a red eléctrica, en las tres fases que vendrían a ser L1(Microinversores), l2(inversor string) y L3 (inversor con convertidores cc/cc).

Tabla 25
Registro de Potencia reactiva

Puntos de Medición	Fases	Potencia Reactiva (kVAR)		
		Máximo	Promedio	Mínimo
SALIDA DE LOS TRES INVERSORES CON INYECCION A LA RED	L1	0,58	0,005	0
	L2	0,76	0,003	0
	L3	0,30	0,005	0

Nota: Elaboración propia (2021).

Tabla 26
Registro de Potencia reactiva total

POTENCIA REACTIVA TOTAL		
Máxima	Promedio	Mínima
0,722585	0,006195766	0

Nota: Elaboración propia (2021).

De las tablas y grafica podemos decir que el sistema de mayor generación de potencia reactiva es la L2(inversor string, Sunny boy) con 0.76 kVAR y el que le sigue es L1 (Microinversores, replus) con 0.58 kVAR.

c. Potencia Aparente

En la siguiente tabla se registra los valores máximos, promedios y mínimos de la potencia Activa, en la salida de los inversores conectados a red eléctrica, en las tres fases que vendrían a ser L1(Microinversores), L2(inversor string) y L3 (inversor con convertidores cc/cc).

Tabla 27
Registro de Potencia aparente

Puntos de Medición	Fases	Potencia Aparente (kVA)		
		Máximo	Promedio	Mínimo
SALIDA DE LOS TRES INVERSORES CON INYECCION A LA RED	L1	1,95	0,94	0,14
	L2	2,98	1,47	0,012
	L3	2,94	1,66	0,09

Nota: Elaboración propia (2021).

Tabla 28
Registro de Potencia Aparente total

Potencia aparente total		
Máxima	Promedio	Mínima
1,95	0,94	0,14

Nota: Elaboración propia (2021).

De las tablas y grafica podemos decir que el sistema de mayor generación de potencia aparente es la L2(inversor string, Sunny boy) con 2.98 kVA y el que le sigue es L3 (inversor con convertidores cc/cc, solar edge.) con 2.94 kVA.

4.2. ANÁLISIS DE LOS ARMÓNICOS

4.2.1. DISTORSIÓN ARMÓNICA THD TENSIÓN

Los valores de THDV (Tasa de Distorsión Total de Armónicos en Tensión), registrados se detallan, los valores máximos y mínimos en las tres líneas y neutro (L1-N, L2-N y L3-N)

Tabla 29
Registro de THDV

Puntos de medición	Fases	THD Tensión (%)		
		Máximo	Promedio	Mínimo
SALIDA DE LOS TRES INYESORES CON INYECCION A LA RED	L1-N	6,36	3,1	1,67
	L2-N	4,79	2,78	1,63
	L3-N	6,36	3,33	1,77

Nota: Elaboración propia (2021).

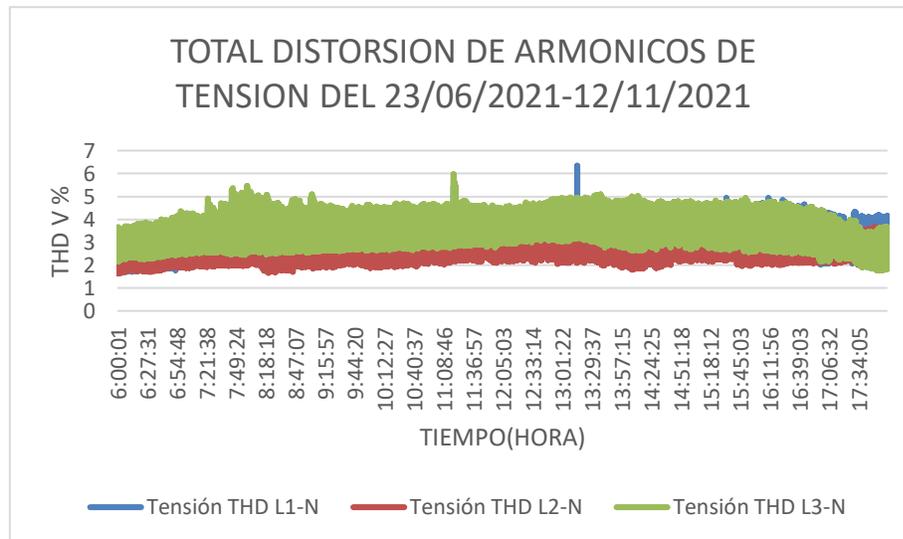


Figura 38. Registro de la tasa de distorsión armónica total de línea - neutro

De la tabla 29 y figura 37 podemos interpretar que el valor máximo THD V de las líneas de tensión son L1 y L3 con un valor de 6.36 % y el valor mínimo de la L2 con 1.63 %

Para la determinación del límite del THD_v según la NTCSE no debe superar el 8.0 %, podemos decir que respecto a la tensión-neutro todos los valores estarían dentro del rango.

Tabla30

Registro de THDV de línea a línea

Tensión de operación	THD V %				
	Máximo	Promedio	Mínimo	% LIMITE NTCSE	
380 V	L1-L2	6,08	2,92	1,5	8,0
	L2-L3	4,95	2,83	1,67	8,0
	L3-L1	6,04	3,32	1,85	8,0

Nota: Elaboración propia (2021).

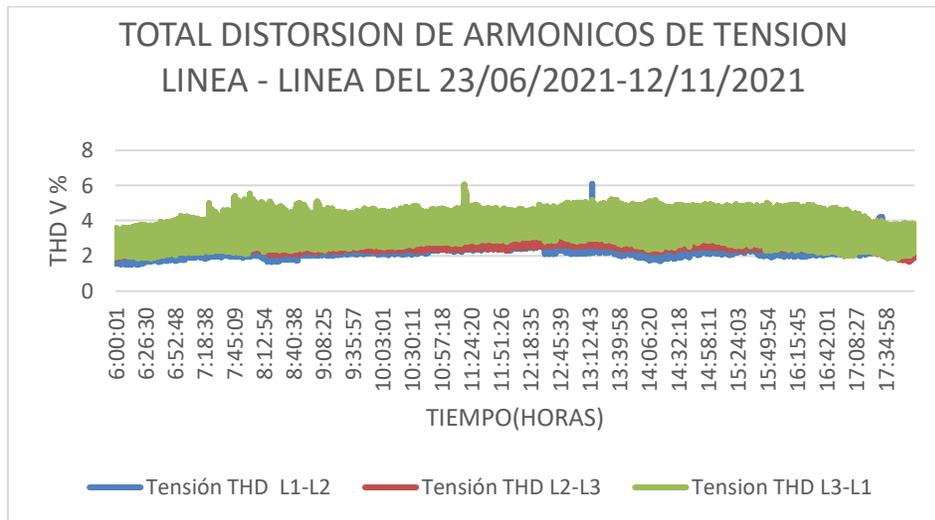


Figura 38. Registro de la tasa de distorsión armónica total de línea - línea

De la figura podemos indicar que los valores máximos se encuentran en la L1 y L2 con un valor de 6.08 % y 6.04 %, Podemos afirmar que todos los valores de tolerancia de la NTCSE estas dentro del rango del 8%.

4.2.2. DISTORSIÓN ARMÓNICA THD INTENSIDAD

En la figura 39 podemos observar el comportamiento de la irradiancia a lo largo del día y el impacto que esta trae para la THD I, cuando la Irradiancia baja el THD I aumenta.

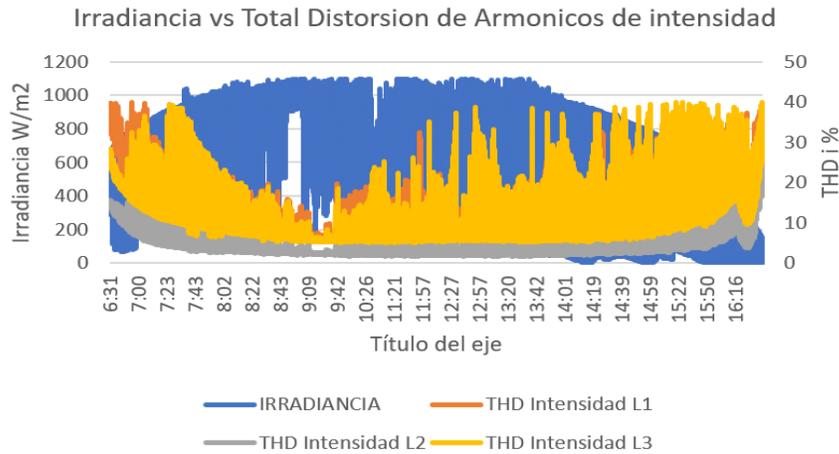


Figura 39. Registro de irradiancia vs la tasa de distorsión armónica total de intensidad

Tabla31

Registro de THD I

Tensión de operación	THD I %				
	Máximo	Promedio	Mínimo	% LIMITE IEE 519	
380 V	L1	39.5	16,79	3,44	20,0
	L2	38.4	25,51	1,65	20.0
	L3	39.6	34,55	4,78	20.0

Nota: Elaboración propia (2021).

Podemos decir que respecto horas fuera de punta los THD I son bastante altos, y en las horas punta reduce drásticamente el incremento del THD I.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se logró desarrollar e implementar una plataforma para la medición, monitoreo en tiempo real y almacenamiento de datos basados en un software Modbus Poll y Power Monitoring Expert, para el análisis de los diferentes parámetros de la calidad de energía eléctrica.

La calidad de servicio de la tensión los valores máximos se encuentran del rango de la tolerancia establecida por la NTCSE (+/-5%) a excepción de los valores mínimos que caen a un valor de (-8 %) se debe a que las instalaciones del Instituto de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética sede Ayabaca se encuentra fuera de la zona urbana y por ende las zonas rurales hay caída de tensión o al mal dimensionamiento eléctrico, los valores de la frecuencia cumplen con la Normatividad del (+/-0.6%).

Los armónicos de Tensión THD V están dentro de las tolerancias emitidas por la (THD V <8%), se concluye que los inversores (Microinversores, String y CC/CC) cumplen con la NTCSE, pero con respecto al THD I están fuera del rango de tolerancia del (20%), esto se debe que cuando hay menor irradiancia hay mayor THD I y los sistemas fotovoltaicos de día actúan como un generador y en las noches como una carga.

5.2. RECOMENDACIONES

Los sistemas fotovoltaicos conectados a red deberían tener un control para que solo de día actúe como generador y mas no como carga (consumidor) por la noche.

Se recomienda tener un sistema de monitoreo, instalación de 3 analizadores de redes permanentes) en la salida de transformador y otras dos en los laboratorios de control y automatización en donde hay mayor carga con la finalidad de tener un mejor registro y control de las perturbaciones que estas ocasionan.

Vale señalar que debería haber un cronograma para realizar la limpieza de los paneles solares con la finalidad de evitar pérdidas de Energía y así reducir los THD i.

Contar con un estabilizador Ups con la finalidad que estos garanticen por un cierto periodo de tiempo para la recolección de datos.

Se recomienda realizar un mantenimiento de todo el sistema eléctrico (estado del cable, dimensionamiento de los interruptores termomagnéticos diferenciales etc.).

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Andía Diaz, D. A. (2015). *Sistema de Monitoreo a traves del Protocolo Modbus Para La Eficiencia Energética De Planta Arequipa-Corporacion Lindley S.A.* Universidad Nacional De San Agustin De Arequipa.
- Arancibia Bulnes, C., Best, R., & Brown. (2010). Energia del sol. *Ciencia*, 17. <https://doi.org/10.14409/cc.v1i14.2184>
- Barbosa Franco, A. F., Noguera Vega, L. A., & Giral Ramírez, W. M. (2017). Análisis de distorsión armónica en iluminación LED. *Revista Vínculos*, 14(2), 95–107. <https://doi.org/10.14483/2322939X.12520>
- Céspedes, L. E., & Saad, J. A. (2007). *Evaluación técnica y diagnóstico de la calidad de energía eléctrica en la planta QUALA S.A.* Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/75
- Chavez Chambi, V. (2020). *Diseño, implementación y análisis económico de un sistema fotovoltaico conectado a la red (sfcr) de 3 kw con convertidores cc/cc analizado en las condiciones geográficas y climatológicas de la ciudad de Juliaca.* Univesidad Nacional de Juliaca.
- Chura Palli, V. D. (2020). *Diseño, implementación y análisis económico de un sistema fotovoltaico conectado a la red (sfcr) de 3 kw con inversor string analizado en las condiciones geográficas y climatológicas de la ciudad de Juliaca.* Univerisdad Nacional de Juliaca.
- Dammert, A., Gallardo, J., & Quiso, L. (2004). Problemática de la Supervisión de la Calidad del Servicio Eléctrico en el Perú. *Osinerg*, 86.
- Domínguez Guamán, D. H., & Salvatierra Cánepa, B. G. (2016). *Análisis de calidad de energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos conectados a la red.* Universidad Politecnica Salesiana.
- Enríquez Harper, G. (2013). EL ABC de la calidad de la ENERGIA ELECTRICA. *Profesor Titular de La ESIME-IPN*, 0, 15–246. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Goldenberg, N., & Wool, A. (2013). Accurate modeling of Modbus/TCP for intrusion detection in SCADA systems. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 6(2), 63–

75. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2013.05.001>

Guerra, J. D., González, L., Ramos, M. V., & Barraqueta, S. (2021). Evaluación de la calidad de energía eléctrica para un laboratorio de automatización de Industria 4.0. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 8(1), 56–67.

Jettanasen, C., & Pothisarn, C. (2014). Analytical study of harmonics issued from LED lamp driver. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, II*(January), 12–15.

Leonardo Ventura, M. K. (2018). *Estudio y análisis de calidad del producto enfocado en perturbaciones armónicas en el sistema eléctrico de un ingenio azucarero cartavio S.A.A.* Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Marroquín, Á., Olivares, J., Ortiz, E., Martínez, D., & Ugalde, B. (2014). *Análisis armónico de un sistema fotovoltaico operando bajo la modalidad tipo isla.* (125), 102–114.

Oblitas, J. A. M. (2019). *Análisis de calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la empresa agrícola pampa baja sac olmos - tierras nuevas.* Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Ortega, M. J., Hernández, J. C., & García, O. G. (2013). Measurement and assessment of power quality characteristics for photovoltaic systems: Harmonics, flicker, unbalance, and slow voltage variations. *Electric Power Systems Research*, 96, 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2012.11.003>

Oviedo Lutkens, J. M., & Muñoz Tascón, D. (2016). *Diseño e implementación de un arreglo de microinversores solares conectados en serie con control de amplitud.* Pontificia Universidad Javeriana de Cali.

Pérez López, R., Monroy Centeno, V. S., & Castrejón Martínez, L. C. (2008). Calidad de la energía requerida para el campus universitario en el siglo xxi. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

Perpiñán Lamigueiro, Ó., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. A. (2012). *DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.*

Reyes Calderon, G. (1996). *Armonicas En Sistemas De Distribucion De Energia Eléctrica.*

Universidad Autonoma de Nuevo Leon.

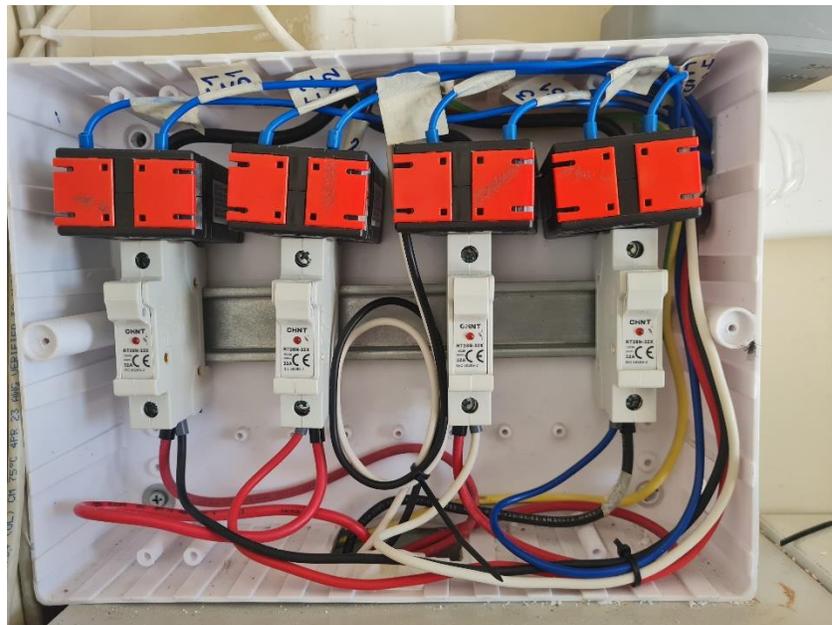
- Rubio German, J. K. (2018). *Análisis del suministro de energía eléctrica de la planta procesadora de limón y mango de agroindustrias aib – motupe – lambayeque en el marco de la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Sánchez Llamas, R. (2012). *Implementacion De Protocolo De Comunicaciones Modbus / Tcp Para Linux En Lenguaje C ++ . Aplicación Sobre Analizadores*. 97. Retrieved from <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/2819/1/pfc4310.pdf>
- Supriya, P., & Padmanabhan Nambiar, T. N. (2012). Review of harmonic source identification techniques. *International Review of Electrical Engineering*.
- Téllez Ramírez, E. (2008). Distorsion Armonica. *Automatizacion Productividad Y Calidad S.a. De C.V.*
- Torres, J., & Condori, J. (2019). *Análisis y evaluación del sistema fotovoltaico con inyección a la red de 3kW en el pabellón administrativo de la UNAJ*. 1–95.
- Vilca Choque, M. C. (2020). Diseño, implementación y análisis económico de un sistema fotovoltaico conectado a la red (sfcrs) de 2.16 kw con microinversor analizado en las condiciones geográficas y climatológicas de la ciudad de Juliaca. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 0(0), 1–118.
- Vizcaíno Torres, R. (2017). *Análisis de la calidad de la energía del sistema eléctrico de la zona cultural universitaria de la unam* (Universidad Nacional Autonoma de Mexico). Retrieved from <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14279/Tesis.pdf?sequence=3>

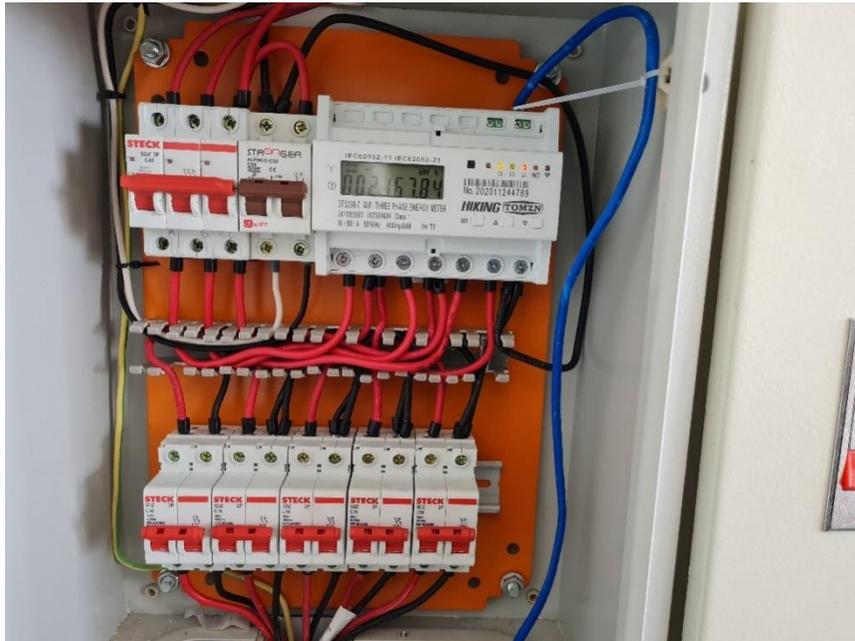
ANEXOS

ANEXO 1.

Instalación del analizador de redes y sus componentes

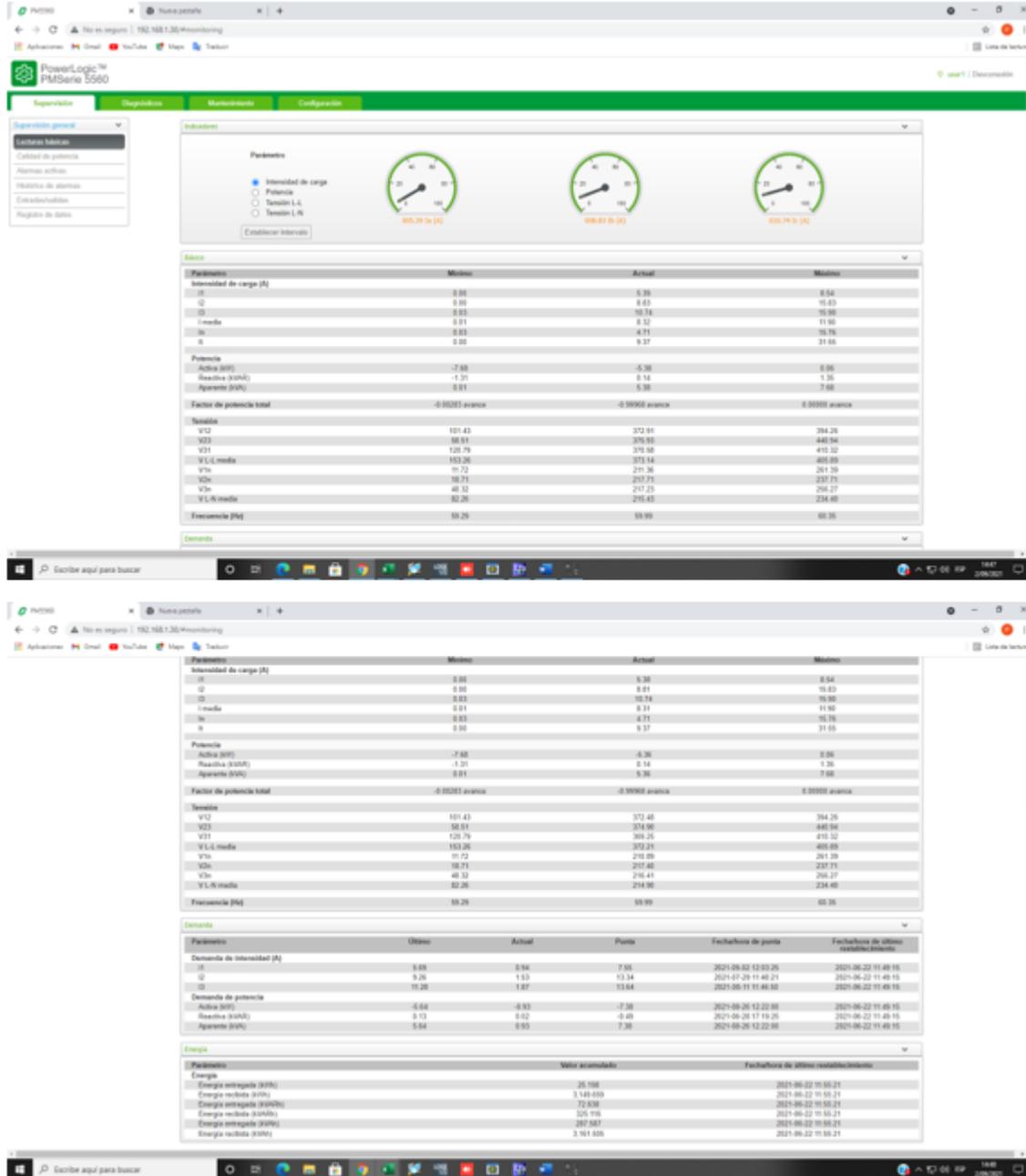






ANEXO 2.

Monitoreo y extracción de los parámetros en tiempo real utilizando Modbus Poll, PME Win CC





Modbus Poll - MEDICION EN TIEMPO REAL_TENSION_INTENSIDAD_DESEQUILIBRIO.mbp

File Edit Connection Setup Functions Display View Window Help

05 06 15 16 22 23 101

CALIDAD DE ENERGIA.mbp

Tx = 255; Err = 0; ID = 1; F = 03; SR = 1000ms

	Alias	4x21250	Alias	4x21300
1				
2			THD Intensida...	421302 = 00000002.213192
3				
4			THD Intensida...	421304 = 00000006.847284
5				
6			THD Intensida...	421306 = 00000013.624173
7				
8			THD Intensida...	421308 = 00000013.718022

FRECUENCIA.mbp

Tx = 254; Err = 0; ID = 1; F = 03; SR = 1000ms

	Alias	4x3100
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10	Frecuencia	43110 = 00000060.034374

MEDICION EN TIEMPO REAL_TENSION_INTENSIDAD_...

Tx = 255; Err = 0; ID = 1; F = 03; SR = 1000ms

	Alias	4x3000
41		
42	Desequilibrio de tensión 3-1	0.660000
43		
44	Peor desequilibrio de tensión L-L	0.760000
45		
46	Desequilibrio de tensión 1-N	2.130000
47		

MEDICIONES DE ENERGIA.mbp

Tx = 255; Err = 0; ID = 1; F = 03; SR = 1000ms

	Alias	4x2700	Alias	4x2720
1				
2	Energia activa recibida	5105.041016	Energia aparente s...	-4662.491211
3				
4	Energia activa suministr...	5150.558105		
5				
6	Energia activa suministr...	-5059.523926		
7				
8	Energia reactiva suminis...	93.153999		
9				
10	Energia reactiva recibida	584.202026		
11				
12	Energia reactiva suminis...	677.356018		

POTENCIA Y FACTOR DE POTENCIA.mbp

Tx = 255; Err = 0; ID = 1; F = 03; SR = 1000ms

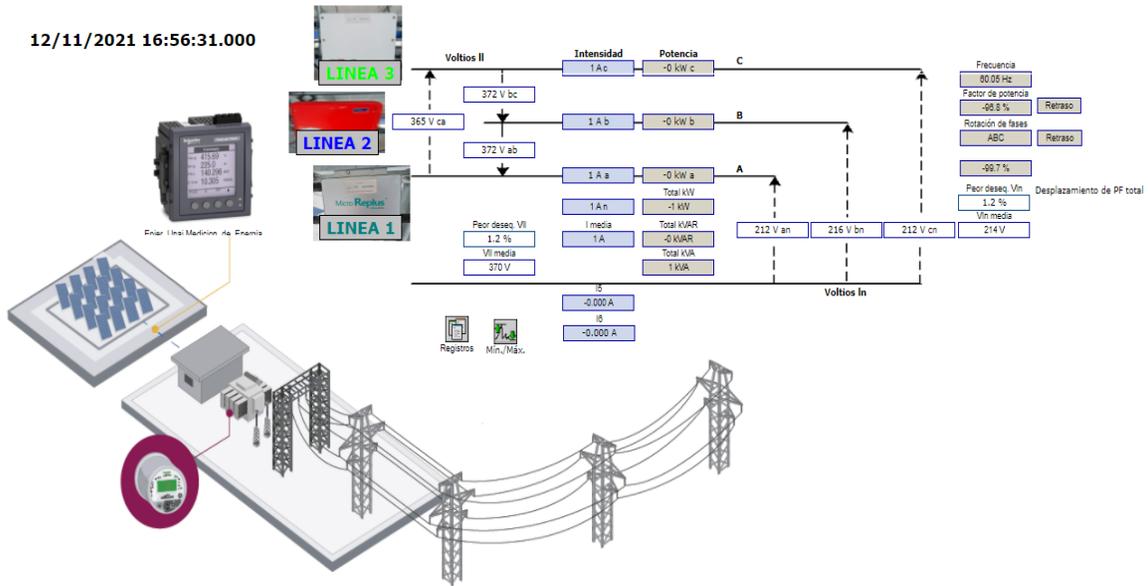
	4x3040	Alias	4x3060
10		Potencia aparente fase 1	43070 = 00000001.746765
11			
12		Potencia aparente fase 2	43072 = 00000002.864129
13			
14	43054 = -0000001.727256	Potencia aparente fase 3	43074 = 00000002.919301
15			
16	43056 = -0000002.861043	Potencia aparente total	43076 = 00000007.498924
17			
18	43058 = -0000002.909859	Factor de potencia fase 1	43078 = -0000000.988831
19			
20	43060 = -0000007.498158	Factor de potencia fase 2	43080 = -0000001.001078



INSTITUTO DE INVESTIGACION EN ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGETICA



12/11/2021 16:56:31.000



ANEXO 3.

Ubicación de los tres sistemas fotovoltaicos y sus componentes





ANEXO 4.

Especificaciones técnicas de los sistemas fotovoltaicos e inversores

TP660P

Polycrystalline Solar Module
60 Cell Series



KEY FEATURES

275W

Highest power output

10 years

Material & workmanship warranty

PID Free

Certified by TÜV Rheinland

25 years

Linear power output warranty

- * Positive power tolerance: 0-+3%
- * Robust design: Certified to withstand up to 2400 Pa wind load and up to 5400 Pa snow load
- * Proved high reliability built on dozens of projects
- * Four busbar cell: Improve the efficiency of modules

QUALITY WARRANTY

TALESUN guarantees that defects will not appear in materials and workmanship defined by IEC61215, IEC61730 and UL1703 under normal installation, use and maintenance as specified in Talesun's installation manual for 10 years from the warranty starting date.



ABOUT TALESUN

Suzhou Talesun Solar Technologies Co., Ltd. is one of the world's largest integrated PV manufacturers. Its standard and high-efficiency product offerings are among the most powerful and cost-effective in the industry. With over 6 GW of modules installed globally, we are a leading solar energy company built upon proven product reliability and sustainable performance.

PERFORMANCE WARRANTY

Polycrystalline Solar Cell Modules

- During the first year, TALESUN guarantees the nominal power output of the product will be no less than 97.5% of the labeled power output.
- From year 2 to year 24, the nominal power decline will be no more than 0.7% in each year; by the end of year 25, the nominal power output will be no less than 80.7% of the labeled power output.

ELECTRICAL PARAMETERS

Performance at STC (Power Tolerance 0 - +3%)				
Maximum Power (Pmax/W)	260	265	270	275
Operating Voltage (Vmpp/V)	30.6	31.0	31.3	31.7
Operating Current (Impp/A)	8.50	8.56	8.63	8.69
Open-Circuit Voltage (Voc/V)	37.9	38.2	38.5	38.7
Short-Circuit Current (Isc/A)	8.97	9.04	9.09	9.17
Module Efficiency ηm(%)	15.9	16.2	16.5	16.8

Performance at NOCT				
Maximum Power (Pmax/W)	192	196	199	203
Operating Voltage (Vmpp/V)	28.3	28.7	28.9	29.2
Operating Current (Impp/A)	6.78	6.83	6.90	6.97
Open-Circuit Voltage (Voc/V)	35.0	35.2	35.5	35.7
Short-Circuit Current (Isc/A)	7.26	7.32	7.36	7.42

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5 *NOCT: 800W/m², 20°C, AM 1.5, Wind Speed: 1m/s

MECHANICAL SPECIFICATION

Cell Type	Poly Crystalline
Cell Dimensions	156.75*156.75mm(6inch)
Cell Arrangement	60(6*10)
Weight	18.5kg(40.8lbs)
Module Dimensions	1650*992*35mm(64.96*39.06*1.38inch)
Cable Length	900mm(35.4inch)
Cable Cross Section Size	4mm ² (0.006sq.in)
Front Glass	3.2mm High Transmission, Tempered Glass
No. of Bypass Diodes	3/6
Packing Configuration (1)	30pcs/Pallet, 840pcs/40hq
Packing Configuration (2)	30pcs+5pcs/Pallet, 910pcs/40hq
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP65/IP67

OPERATING CONDITIONS

Maximum System Voltage	1000V/DC(IEC)
Operating Temp.	-40°C - +85°C
Maximum Series Fuse	15A
Static Loading	5400Pa
Conductivity at Ground	≤ 0.1Ω
Safety Class	II
Resistance	≥ 100MΩ
Connector	MC4 Compatible

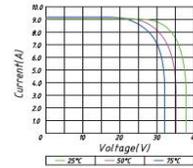
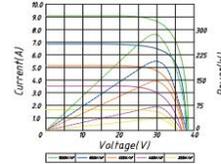
SUZHOU TALESUN SOLAR TECHNOLOGIES CO.,LTD.

Email: sales@talesun.com Web: www.talesun.com Tel: + 86 400 885 1098

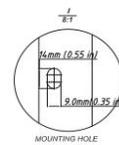
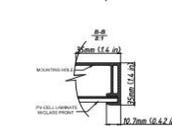
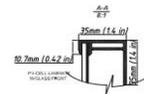
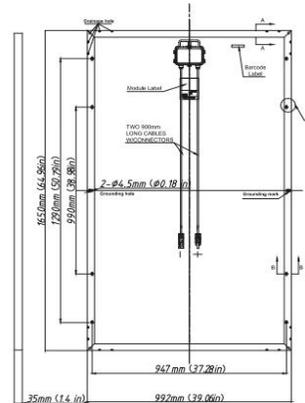
TEMPERATURE COEFFICIENT

Temperature Coefficient Pmax	-0.40%/°C
Temperature Coefficient Voc	-0.31%/°C
Temperature Coefficient Isc	+0.06%/°C
NOCT	45±2°C

I-V CURVE TP660P Pm(W)260



TECHNICAL DRAWINGS

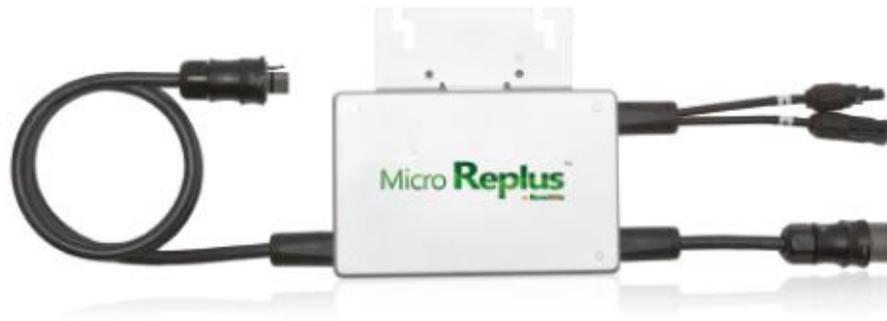


Specifications subject to technical changes without notice. Talesun Solar Rev. 2017.7



Replus[™]
by ReneSola

Replus-250A / Replus-250B



Features

- Maximum power Production; Resilient to dust, debris, and shading
- MPPT efficiency greater than 99.5%; No single point of system failure
- Simplified PV system design & installation; Performance monitoring for each PV module
- Low DC input voltage, resulting in safe installation

INTRODUCTION

The smart design of ReneSola's Micro Replus inverters improves solar PV harvesting and reliability. The Micro Replus system includes the micro-inverter, MRG Communications Gateway, and Monitoring Software.

Follow us



www.renesola.com

Replus[™]
by ReneSola

Replus-250A / Replus-250B

Input(DC)		Replus-250A	Replus-250B	
Max.PV-Generator Power [Wp]		250	250	
Max.DC Voltage [V]		55	55	
MPPT DC Voltage Rangeset [V]		22-45	22-45	
Max.DC Current [A]		14	14	
Max.Units per Branch Circuit		15	12	
Output (AC)				
Rated Maximum Continuous Output Power [W]		225	217	
AC Max.cont.Output Current [A]		1.0	1.2	
Nominal AC Voltage / Range [V]		240 / 211~264	208 / 186~228	
AC Power Frequency / Range [Hz]		60 / 59.3~60.5	60 / 59.3~60.5	
Power Factor [cosΦ]		>0.95	>0.95	
Maximum Output Fault Current [Aac]		1.5	1.5	
Total Harmonic Distortion [THD]		<5%	<5%	
Protection			Output (AC)	
Over / Under Voltage Protection	Yes		Peak Efficiency	98.3%
Over / Under Frequency Protection	Yes		CEC Efficiency	95.0%
Anti-Islanding Protection	Yes		MPPT Efficiency	>99.5%
Over Current Protection	Yes			
Reverse DC Polarity Protection	Yes			
Overload Protection	Yes			
General Data				
Degree of Protection		NEMA 6		
Power Consumption at Night [W]		<0.17		
Operation Ambient Temperature		-40°C~+65°C		
Relative Humidity		0~95%		
Display		LED Indicator		
Communication		PLC(Power Line Communication)		
Dimensions [WxHxD]		9.06*5.44*1.38 inch / 23.*138*35 mm		
Weight		4.4 lbs / 2.0 kg (including cables&connectors)		
Warranty		25-year limited warranty		
Compliance		UL1741 / CSA-C22.2 No.107.1 / FCC Part 15Class B, AS4777.2, AS4777.3		

PANEL SOLAR 370W 72 CÉLULAS MONOCRISTALINO

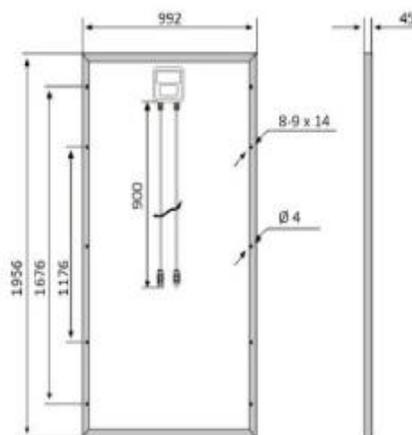
BSP370M

Características

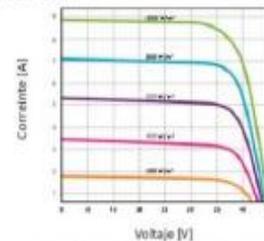
Tamaño del módulo	1956 x 992 x 45 mm
Células	72 piezas monocristalinas (156 x 156 mm)
Cristal	Bajo contenido en hierro y templado (3,2 mm)
Potencia máxima (Wp)	370W
Cable	90cm, 4mm ²
Voltaje en circuito abierto (Voc)	48.3V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	9.95A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	40.1V
Intensidad a máxima potencia (Im)	9.23A
Condiciones del test	1000W/m ² , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coficiente temperatura – Isc	+0.02973%
Coficiente temperatura – Uoc	-0.38038%
Coficiente temperatura – Pmpp	-0.57402%
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	19%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	21.5 kg
Garantía del producto	10 años
Garantía de potencia	25 años



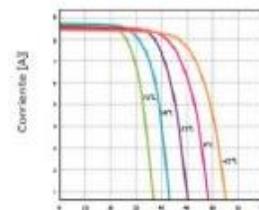
Esquemas



Curvas



Características de los módulos a temperaturas constantes de 25°C y niveles variables de irradiación



Power Optimizer

P300 / P370 / P404 / P405 / P485 / P500 / P505

POWER OPTIMIZER



PV power optimization at the module level

- Specifically designed to work with SolarEdge inverters
- Superior efficiency (99.5%)
- Up to 25% more energy
- Flexible system design for maximum space utilization
- Next generation maintenance with module-level monitoring
- Module-level voltage shutdown for installer and firefighter safety
- Mitigates all types of modules mismatch-loss, from manufacturing tolerance to partial shading
- Fast installation with a single bolt

solaredge.com

solaredge

/ Power Optimizer

P300 / P370 / P404 / P405 / P485 / P500 / P505

OPTIMIZER MODEL (typical module compatibility)	P300 (for 60-cell modules)	P370 (for high power 60&72-cell modules)	P404 (for 60/72- cell short strings)	P405 (for high-voltage modules)	P485 (for high-voltage modules)	P500 (for 96-cell modules)	P505 (for higher current modules)	UNIT
INPUT								
Rated Input DC Power ⁽¹⁾	300	370	405	405	485	500	505	W
Absolute Maximum Input Voltage (Voc at lowest temperature)	48	60	80	125		80	83	Vdc
MPPT Operating Range	8 - 48	8 - 60	12.5 - 80	12.5 - 105		8 - 80	12.5-83	Vdc
Maximum Short Circuit Current (Isc)	11		10.1				14	Adc
Maximum Efficiency				99.5				%
Weighted Efficiency				98.8				%
Overvoltage Category				II				
OUTPUT DURING OPERATION (POWER OPTIMIZER CONNECTED TO OPERATING SOLAREEDGE INVERTER)								
Maximum Output Current				15				Adc
Maximum Output Voltage	60		85		60	85		Vdc
OUTPUT DURING STANDBY (POWER OPTIMIZER DISCONNECTED FROM SOLAREEDGE INVERTER OR SOLAREEDGE INVERTER OFF)								
Safety Output Voltage per Power Optimizer				1 ± 0.1				Vdc
STANDARD COMPLIANCE								
EMC				FCC Part15 Class B, IEC61000-6-2, IEC61000-6-3				
Safety				IEC62109-1 (class II safety), UL1741				
RoHS				Yes				
Fire Safety				VDE-AR-E 2100-712:2013-05				
INSTALLATION SPECIFICATIONS								
Maximum Allowed System Voltage				1000				Vdc
Dimensions (W x L x H)	129 x 153 x 27.5 / 5.1 x 6 x 1.1		129 x 89 x 42.5 / 5.1 x 3.5 x 1.7	129 x 90 x 49.5 / 5.1 x 3.5 x 1.9		129 x 153 x 33.5 / 5.1 x 6 x 1.3	129 x 162 x 59 / 5.1 x 6.4 x 2.3	mm / in
Weight (including cables)	630 / 1.4	655 / 1.5	775 / 1.7	845 / 1.9		750 / 1.7	1064 / 2.3	gr / lb
Input Connector	MC4 ⁽²⁾			Single or Dual MC4 ⁽²⁾⁽³⁾	MC4 ⁽²⁾			
Input Wire Length				0.16 / 0.52				m / ft
Output Connector				MC4				
Output Wire Length	0.9 / 2.95		1.2 / 3.9					m / ft
Operating Temperature Range				-40 - +85 / -40 - +185				°C / °F
Protection Rating				IP68				
Relative Humidity				0 - 100				%

⁽¹⁾ Rated power of the module at STC will not exceed the optimizer "Rated Input DC Power". Modules with up to +5% power tolerance are allowed.

⁽²⁾ For other connector types please contact SolarEdge.

⁽³⁾ For dual version for parallel connection of two modules use the P485. In the case of an odd number of PV modules in one string, installing one P485 dual version power optimizer connected to one PV module is supported. When connecting a single module, seal the unused input connectors using the supplied pair of seals.

PV SYSTEM DESIGN USING A SOLAREEDGE INVERTER ⁽¹⁾⁽⁵⁾	SINGLE PHASE HD-WAVE	SINGLE PHASE	THREE PHASE	THREE PHASE FOR 277/480V GRID	
Minimum String Length (Power Optimizers)	P300, P370, P500 ⁽²⁾	8	16	18	
	P404, P405, P485, P505	6	14 (13 with SE3K ⁽³⁾)	14	
Maximum String Length (Power Optimizers)		25	50	50	
Maximum Power per String		5700	5250	11250 ⁽⁴⁾	12750
Parallel Strings of Different Lengths or Orientations		Yes			

⁽¹⁾ It is not allowed to mix P404/P405/P485/P505 with P300/P370/P500/P600/P650/P730/P800/P850 in one string.

⁽²⁾ For SE15K and above, the minimum DC power should be 11KW.

⁽³⁾ The P300/P370/P500 cannot be used with the SE3K three phase inverter (available in some countries; refer to the three phase inverter SE3K-SE10K datasheet).

⁽⁴⁾ Exactly 10 when using SE3K-RW0108N14.

⁽⁵⁾ For 230/400V grid: It is allowed to install up to 13,500W per string when 3 strings are connected to the inverter and when the maximum power difference between the strings is less than 2000W.



Single Phase Inverter with HD-Wave Technology

SE2200H, SE3000H, SE3500H, SE3680H
SE4000H, SE5000H, SE6000H



INVERTERS

Optimized installation with HD-Wave technology

- Specifically designed to work with power optimizers
- Record-breaking efficiency
- Extremely small, lightweight and easy to install
- High reliability
- Built-in module-level monitoring
- Outdoor and indoor installation
- Fixed voltage inverter for longer strings
- Smart Energy Management control
- Compatible with the StorEdge Interface for StorEdge™ applications





Single Phase Inverter with HD-Wave Technology

SE2200H, SE3000H, SE3500H, SE3680H
SE4000H, SE5000H, SE6000H

	SE2200H	SE3000H	SE3500H	SE3680H	SE4000H	SE5000H	SE6000H	
OUTPUT								
Rated AC Power Output	2200	3000	3500	3680	4000	5000 ²⁾	6000	VA
Maximum AC Power Output	2200	3000	3500	3680	4000	5000 ²⁾	6000	VA
AC Output Voltage (nominal)	220 / 230							Vac
AC Output Voltage Range	184 - 264.5							Vac
AC Frequency (nominal)	50 / 60 ± 5							Hz
Maximum Continuous Output Current	10	14	16	16	18.5	23	27.5	A
Utility Monitoring, Islanding Protection, Country Configurable Thresholds	Yes							
INPUT								
Maximum DC Power	3400	4650	5425	5700	6200	7750	9300	W
Transformer-less, Ungrounded	Yes							
Maximum Input Voltage	480							Vdc
Nominal DC Input Voltage	380							Vdc
Maximum Input Current	6.5	9	10	10.5	11.5	13.5	16.5	Adc
Reverse-Polarity Protection	Yes							
Ground-Fault Isolation Detection	600kΩ Sensitivity							
Maximum Inverter Efficiency	99.2							%
European Weighted Efficiency	98.3	98.8				99		%
Nighttime Power Consumption	< 2.5							W
ADDITIONAL FEATURES								
Supported Communication Interfaces	RS485, Ethernet, ZigBee (optional), WiFi (optional), Cellular (optional)							
Smart Energy Management	Export Limitation, Smart Energy, StorEdge applications							
STANDARD COMPLIANCE								
Safety	IEC-62109-1/2, AS-3100							
Grid Connection Standards	AS-4777, VDE-AR-N-4105, VDE 0126-1-1, UTE C15-712, G83/2, G59/3, CEI-021, EN 50438, IEC61727, IEC62116, ÖNORM, TF3.2.1, C10-11, NRS 097-2-1							
Emissions	IEC61000-6-2, IEC61000-6-3, IEC61000-3-11, IEC61000-3-12, FCC Part 15 Class B							
INSTALLATION SPECIFICATIONS								
AC Output - Supported Cable Diameter	9 - 16							mm
AC - Supported Wire Cross Section	1 - 16							mm ²
DC Input	1 x MC4			2 x MC4 pair				
Dimensions (H x W x D)	280 x 370 x 142							mm
Noise	< 25							dB(A)
Weight	7.8				9	10.6		kg
Cooling	Natural Convection							
Operating Temperature Range	-20 to +60 ²⁾ (-40°C option)							°C
Protection Rating	IP65 - Outdoor and Indoor							

¹⁾ 1460VA in Germany

²⁾ For power de-rating information refer to: <https://www.solaredge.com/sites/default/files/se-temperature-de-rating-note.pdf>

SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0 con SMA SMART CONNECTED



Servicio inteligente con SMA Smart Connected

Compacto

- Montaje por parte de una sola persona gracias al bajo peso de 17,5 kg
- Mínima necesidad de espacio gracias al diseño compacto

Cómodo

- Instalación 100 % plug & play
- Monitorización en línea gratuita por medio de Sunny Places
- Servicio automatizado mediante SMA Smart Connected

De gran rendimiento

- Aprovechamiento de la energía sobrante por la limitación de la potencia activa dinámica
- Gestión de sombras mediante OptiTrac™ Global Peak o la comunicación TS4-R integrada

Combinable

- Ampliable en cualquier momento con gestión inteligente de la energía y soluciones de almacenamiento
- Combinable con componentes TS4-R para la optimización de módulos

SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0

Mayor rendimiento para los hogares particulares: generación inteligente de la energía solar

El nuevo Sunny Boy 3.0-6.0 garantiza máximos rendimientos energéticos para los hogares particulares. Este combina el servicio integrado SMA Smart Connected con una tecnología inteligente para cualquier requisito del entorno. El equipo es fácil de instalar gracias a su diseño extremadamente sencillo. Mediante la interfaz web integrada, el Sunny Boy puede ponerse rápidamente en funcionamiento a través del teléfono inteligente o la tableta. Y para los requisitos especiales en el techo, en caso de p. ej. sombra pueden añadirse fácilmente y de forma precisa los optimizadores de módulos TS4-R. Los estándares de comunicación actuales hacen que el inversor pueda ampliarse con seguridad para el futuro y de forma flexible en cualquier momento con la gestión inteligente de la energía y las soluciones de almacenamiento de SMA.

Datos técnicos	Sunny Boy 3.0	Sunny Boy 3.6	Sunny Boy 4.0	Sunny Boy 5.0	Sunny Boy 6.0
Entrada (CC)					
Potencia máx. del generador fotovoltaico	5500 Wp	5500 Wp	7500 Wp	7500 Wp	9000 Wp
Tensión de entrada máx.	600 V				
Rango de tensión del MPP	De 110 V a 500 V	De 130 V a 500 V	De 140 V a 500 V	De 175 V a 500 V	De 210 V a 500 V
Tensión asignada de entrada	365 V				
Tensión de entrada mín./de inicio	100 V/125 V				
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	15 A/15 A				
Corriente máx. de entrada por string, entradas: A / B	15 A/15 A				
Número de entradas de MPP independientes/Strings por entrada de MPP	2/A;2; B;2				
Salida (CA)					
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	3000 W	3680 W	4000 W	5000 W ¹⁾	6000 W
Potencia máx. aparente de CA	3000 VA	3680 VA	4000 VA	5000 VA ¹⁾	6000 VA
Tensión nominal de CA/Rango	220 V, 230 V, 240 V/De 180 V a 280 V				
Frecuencia de red de CA/Rango	50 Hz, 60 Hz/De -5 Hz a +5 Hz				
Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red	50 Hz/230 V				
Corriente máx. de salida	16 A	16 A	22 A ²⁾	22 A ²⁾	26,1 A
Factor de potencia a potencia asignada	1				
Factor de desfase ajustable	0,8 inductivo a 0,8 capacitivo				
Fases de inyección/conexión	1/1				
Rendimiento					
Rendimiento máx./europeo Rendimiento	97,0%/96,4%	97,0%/96,5%	97,0%/96,5%	97,0%/96,5%	97,0%/96,6%
Dispositivos de protección					
Punto de desconexión en el lado de entrada	●				
Monitorización de toma a tierra/de red	●/●				
Protección contra polarización inversa de CC/Resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	●/●/—				
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●				
Clase de protección (según IEC 61140)/Categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	I/III				
Datos generales					
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	435 mm/470 mm/176 mm (17,1 in/18,5 in/6,9 in)				
Peso	17,5 kg (38,5 lb)				
Rango de temperatura de funcionamiento	De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)				
Emisión sonora, típica	25 dB(A)				
Autoconsumo (nocturno)	5,0 W				
Topología	Sin transformador				
Sistema de refrigeración	Convección				
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65				
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H				
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100 %				
Equipamiento					
Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Conector de enchufe de CA				
Visualización a través de teléfono inteligente, tableta o portátil	●				
Interfaces: WLAN, Speedwire/Webconnect	●/●/●				
Protocolos de comunicación	Modbus (SMA, Sunspec), Webconnect, SMA Data, TS4-R				
Gestión de las sombras: OptiTrac Global Peak	●/○				
Garantía: 5/10/15 años	●/○/○				
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	AS 4777.2, C10/11, CE, CEI 0-21, EN 50438, G59/3-4, G83/2-1, DIN EN 62109 / IEC 62109, NEN-EN50438, IEC-EN50438, NT_Lay20.571, ÖVE/ÖNORM E 8001-4.712 & TOR D4, PPDS, PPC, RD1699, TR3.2.1, UTE C15-712, VDE-AR-N 4105, VDE0126-1-1, VFR 2014				
Certificados y autorizaciones (en planificación)	DEWA, IEC 61727, IEC 62116, MEA, NBR16149, PEA, SI4777, TR3.2.2				
Disponibilidad de SMA Smart Connected en los países	AU, AT, BE, CH, DE, ES, FR, IT, LU, NL, UK				
● Equipamiento de serie ○ Opcional — No disponible Datos en condiciones nominales: 02/2019					
1) 4600 W/4600 VA para VDE-AR-N 4105 2) AS 4777: 21,7 A					
Modelo comercial	SB3.0-1AV-41	SB3.6-1AV-41	SB4.0-1AV-41	SB5.0-1AV-41	SB6.0-1AV-41

ANEXO 5.

Especificaciones técnicas del analizador de redes y componentes

Ficha técnica del producto Características

METSEPM5560

PM5560 Meter, 2 ethernet, up to 63th H, 1,1M
4DI/2DO 52 alarms



Principal

Gama	PowerLogic
Nombre del producto	PowerLogic PM5001
Nombre corto del dispositivo	PM5560
Tipo de producto o componente	Central de medida

Complementario

Análisis de calidad de energía	up to the 63rd harmonic
Tipo de medición	Measured neutral current Calculated ground current
Aplicación del dispositivo	Gateway (*) Medición de WAGES Supervisión de potencia Multi-tarifa
Tipo de medición	Current Voltage Frequency Power factor Energy Active and reactive power
Supply voltage	125...250 V DC 100...480 V AC 45...65 Hz
Frecuencia de red	60 Hz 50 Hz
[In] corriente nominal	1 A 5 A
Type of network	3P + N 3P 1P + N
Consumo de potencia en VA	10 VA at 480 V
Señalizaciones en local	35 ms 120 V AC typical 129 ms 230 V AC typical

PowerLogic PM5560 Meter, 2 ethernet, up to 63th H, 1,1M 4DI/2DO 52 alarms

Tipo de pantalla	LCD retroiluminada
Resolución de la pantalla	128 x 128
Velocidad de muestreo	128 muestras/ciclos
Corriente de medición	5...10000 mA
Tipo de entrada analógica	Voltage (impedance 5 MOhm) Current (impedance 0.3 mOhm)
Tensión de medida	20...400 V AC 45...65 Hz between phase and neutral 20...690 V AC 45...65 Hz between phases
Frecuencia	45...65 Hz
Número de entradas	4 digital
Precisión de medida	Apparent power +/- 0.5 % Frequency +/- 0.05 % Active energy +/- 0.2 % Reactive energy +/- 1 % Active power +/- 0.2 % Voltage +/- 0.1 % Power factor +/- 0.005 Current +/- 0.15 %
Clase de precisión	Class 0.2S active energy conforming to IEC 62053-22
Número de salidas	2 digital
Información mostrada	Tariff (8)
Protocolo de puerto de comunicaciones	Modbus RTU and ASCII at 9.6, 19.2 and 38.4 kbauds even/odd or none - 2 wires, insulation 2500 V JBUS Modbus TCP/IP at 10/100 Mbit/s, insulation 2500 V Ethernet Modbus TCP/IP daisy chain BACnet IP
Soprote del puerto de comunicación	RS485 Ethernet
Pasarela de comunicación	Ethernet/serial ((*))
Registro de datos	Registros de eventos Registros de mantenimiento Valores instantáneos mín./máx. Registros de datos Registros de alarmas Sellado de tiempo
Capacidad de memoria	1.1 MB
Servicios web	Notificación de alarma por correo electrónico Diagnóstico via páginas web predefinidas Servidor web Real time viewing of data ((*))
Servicio Ethernet	Cliente SNMP SNMP-Traps ((*))
Conexiones - terminales	Voltage circuit: screw terminal block4 Control circuit: screw terminal block2 Current transformer: screw terminal block6 RS485 link: screw terminal block4 Digital input: screw terminal block8 Digital output: screw terminal block4 Ethernet network: RJ45 connector2
Tipo de montaje	Empotrado
Soprote de montaje	Framework
Normas	EN 50470-3 IEC 61557-12 IEC 62053-22 IEC 62053-24 IEC 60529 EN 50470-1 UL 61010-1 ANSI C12.20
Certificaciones de producto	CE conforming to IEC 61010-1 CULus conforming to UL 61010-1 BTL

5 Wiring / Cableado / Câblage / Verdrahtung

en

- A 500 mA fuses and disconnect switch
- B Shorting block
- C VT primary fuses and disconnect switch
- ♦ Indicates wiring for a balanced system

Clearly label the device's disconnected circuit mechanism and install it within easy reach of the operator.

The fuses / circuit breakers must be rated for the installation voltage and sized for the available fault current.

Fuse for neutral terminal is required if the source neutral connection is not grounded.

es

- A Fusibles de 500 mA e interruptor de desconexión
- B Bloque de cortocircuito
- C Fusibles del primario del TT e interruptor de desconexión
- ♦ Indica el cableado de un sistema equilibrado.

Etiquete con claridad el mecanismo del circuito de desconexión del dispositivo e instálelo al alcance del operador.

Los fusibles/interruptores automáticos deberán estar dimensionados para la tensión de la instalación y la intensidad de fallo disponible.

Se requiere un fusible para el terminal del neutro si la conexión del neutro de la fuente de alimentación no está conectada a tierra.

fr

- A Fusibles 500 mA et organe de coupure
- B Bloc de court-circuitage
- C Fusibles du primaire TT et organe de coupure
- ♦ Indique le câblage pour un réseau équilibré

Étiquetez clairement le mécanisme de coupure de circuit de l'appareil et installez-le de sorte qu'il soit facilement accessible par l'opérateur.

Les fusibles et disjoncteurs doivent offrir une capacité nominale correspondant à la tension d'installation et un calibre correspondant au courant de défaut disponible.

La borne de neutre doit être munie d'un fusible si la connexion de neutre de la source n'est pas mise à la terre.

de

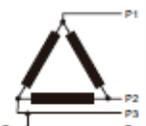
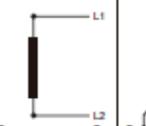
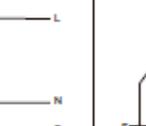
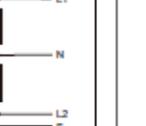
- A Sicherungen 500 mA und Trennschalter
- B Messklemmenblock
- C Spannungswandler-Primärsicherungen und Trennschalter
- ♦ Stellt die Verdrahtung für ein symmetrisches System dar.

Der Stromkreistrennmechanismus des Geräts ist eindeutig zu kennzeichnen und in bequemer Reichweite für den Bediener zu installieren.

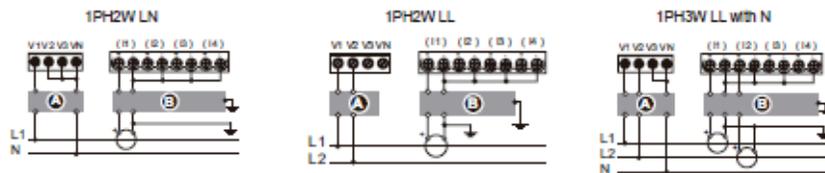
Die Sicherungen bzw. Leitungsschutzschalter müssen für die Anlagenspannung und den vorhandenen Fehlerstrom bemessen sein.

Für den Neutralleiteranschluss ist eine Sicherung erforderlich, wenn der Neutralleiteranschluss der Quelle nicht geerdet ist.

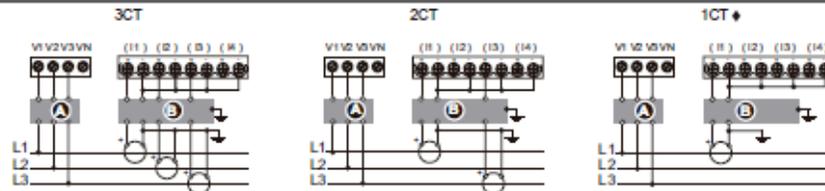
Maximum voltage at terminals / Tensión máxima en los terminales / Tension maximale aux bornes / Maximale Spannung an den Klemmen

						
UL	UL	UL	UL	UL	UL	UL
≤ 347 VLN / 600 VLL	≤ 347 VLN / 600 VLL	≤ 600 VLL	≤ 600 VLL	≤ 600 VLL	≤ 347 VLN	≤ 347 VLN / 600 VLL
IEC	IEC	IEC	IEC	IEC	IEC	IEC
≤ 400 VLN / 690 VLL	≤ 347 VLN / 600 VLL	≤ 600 VLL	≤ 600 VLL	≤ 600 VLL	≤ 400 VLN	≤ 400 VLN / 690 VLL

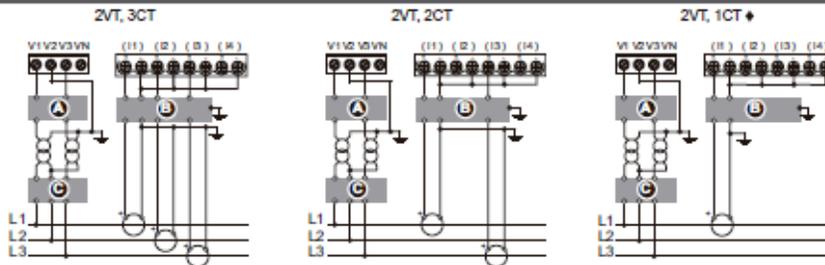
1PH



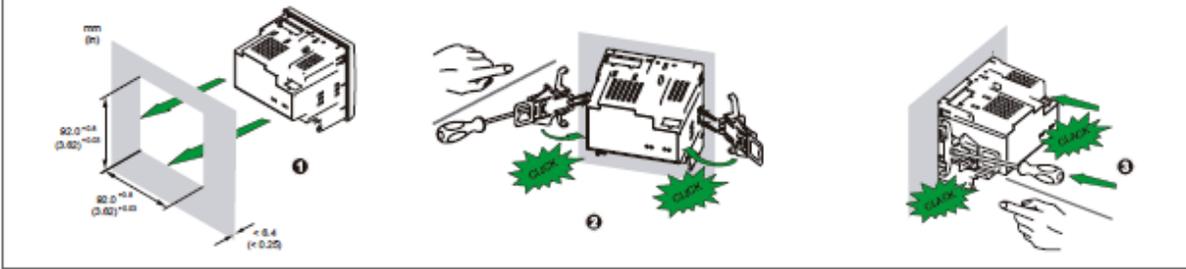
3PH3W



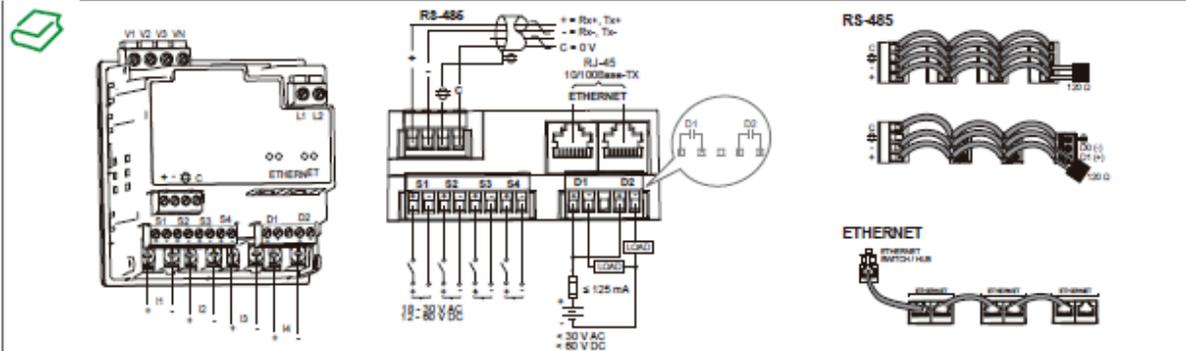
3PH3W



4 Mounting / Montaje / Montage / Montage



5 Wiring / Cableado / Câblage / Verdrahtung



I1+, I1-, I2+, I2-, I3+, I3-, I4+, I4-	0.82 - 3.31 mm ² (18 - 12 AWG)	3.68 mm ±0.08 [145 in ±.003] DIA 6.35 mm [0.250 in] MAX	⊕ (PH2)	0.9 - 1.0 N·m (8.0 - 9.0 In·lb)
V1, V2, V3, VN L1, L2	0.82 - 3.31 mm ² (18 - 12 AWG)	7 mm (0.28 in)	⊙ (M3)	0.5 - 0.6 N·m (4.4 - 5.3 In·lb)
+, -, 0, C	0.05 - 3.31 mm ² (30 - 12 AWG)	6 mm (0.24 in)	⊙ (M3)	
S1+, S1-, S2+, S2-, S3+, S3-, S4+, S4- D1+, D1-, D2+, D1-				

en	VT	CT	N.O. switch
es	TT	TI	Interruptor normalmente abierto
fr	TT	TC	Commutateur normalement ouvert
de	Spannungswandler	Stromwandler	Schalter mit Schließerkontakten
IEC			
ANSI			

LOW VOLTAGE CURRENT TRANSFORMER

RISHABH XMER SERIES



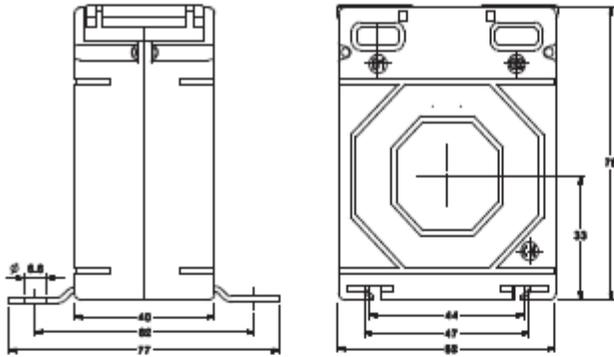
Data Sheet

SQUARE TYPE CURRENT TRANSFORMER



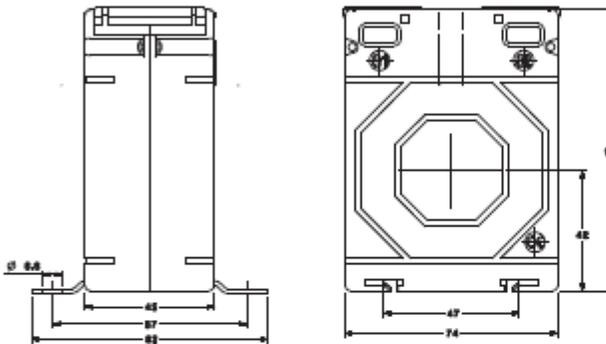
RISH XMER WOUND PRIMARY SERIES

RISH XMER 62W (40)



Primary Current	RISH XMER 62W (40)		
	Accuracy		
	0.2	0.5	1.0
1A	1VA	2.5VA	5VA
2.5A	1VA	2.5VA	5VA
5A	1VA	2.5VA	5VA
7.5A	1VA	2.5VA	5VA
10A	1VA	2.5VA	5VA
15A	1VA	2.5VA	5VA
20A	1VA	2.5VA	5VA
25A	1VA	2.5VA	5VA
30A	1VA	2.5VA	5VA

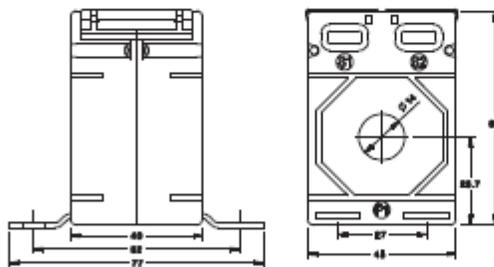
RISH XMER 74W (40)



Primary Current	RISH XMER 74W (40)		
	Accuracy		
	0.2	0.5	1.0
1A	1.5VA	5VA	10VA
2.5A	1.5VA	5VA	10VA
5A	1.5VA	5VA	10VA
7.5A	1.5VA	5VA	10VA
10A	1.5VA	5VA	10VA
15A	1.5VA	5VA	10VA
20A	1.5VA	5VA	10VA
25A	1.5VA	5VA	10VA
30A	1.5VA	5VA	10VA
40A	1.5VA	5VA	10VA
50A	1.5VA	5VA	10VA
60A	1.5VA	5VA	10VA

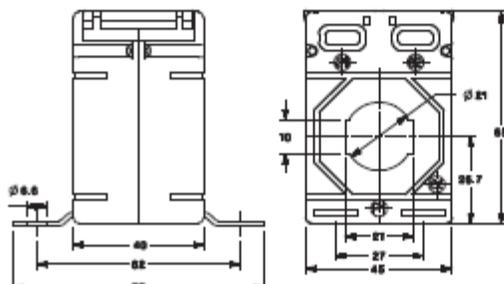
RISH XMER 45 SERIES

RISH XMER 45-14



Primary Current	RISH XMER 45/14 (40)	
	Accuracy	
	0.5	1.0
30A	-	1VA
40A	-	1VA
50A	-	1.5VA
60A	-	1.5VA
75A	1.5VA	2.5VA
80A	1.5VA	2.5VA
100A	1.5VA	3.75VA
120A	2.5VA	3.75VA
125A	2.5VA	3.75VA
150A	2.5VA	5VA
200A	3.75VA	7.5VA
250A	5VA	7.5VA
300A	5VA	10VA

RISH XMER 45-21



Primary Current	RISH XMER 45/21 (40)	
	Accuracy	
	0.5	1.0
50A	-	1.5VA
60A	-	1.5VA
75A	-	2.5VA
80A	1VA	2.5VA
100A	1.5VA	3.75VA
120A	1.5VA	3.75VA
125A	2.5VA	3.75VA
150A	2.5VA	5VA
200A	3.75VA	5VA
250A	5VA	5VA
300A	5VA	5VA
400A	5VA	5VA



Protector de fusibles cilíndricos de contacto con tapa RT28

1. Resumen

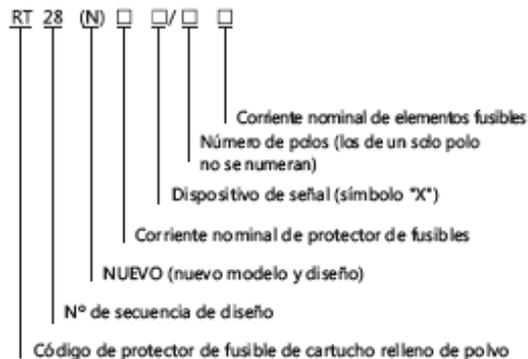
El protector de fusibles cilíndricos de contacto con tapa RT28 puede emplearse en equipos de distribución de 50Hz de CA, con una tensión nominal de 500V y corriente nominal no superior a 63A para proteger el circuito frente a sobrecargas y cortocircuitos (se recomienda el protector de fusibles RT36-00 para su uso en caja de condensador en lugar de este tipo de protectores de fusibles).

La luz de neón y la resistencia constituyen un dispositivo de señal de fusión del elemento fusible de la base del protector de fusibles (símbolo "X").

Los elementos fusibles RT28-32 y RT28-63 se dividen en los de tipo "gG". Los "gG" son protectores de fusibles normales con poder de corte total.

Este producto cumple con las normativas GB/T 13539.2 e IEC 60269-2. Sus indicadores técnicos han alcanzado un nivel internacional avanzado. Los elementos fusibles "gG" son compatibles con las bases RT28 o RT29. Este producto cumple con las normativas GB/T 13539.2 e IEC 60269-2.

2. Codificación de referencia



3. Datos técnicos

3.1 Parámetros de soporte del protector de fusibles (base)

Modelo	Tensión nominal (V)	Corriente nominal (A)	Número de polos	Tamaño							Peso (en kg):
				A	B	D	E	F	G	K	
RT28N-32	500	32	1P	79±1.5	74±1.5	55±1.0	60±1.5	17.5±0.5	10.3±0.1	38±0.6	0.075
	500	32	2P	79±1.5	74±1.5	55±1.0	60±1.5	35±1.0	10.3±0.1	38±0.6	0.16
	500	32	3P	79±1.5	74±1.5	55±1.0	60±1.5	52.5±1.5	10.3±0.1	38±0.6	0.24
RT28N-32X	500	32	1P	79±1.5	74±1.5	55±1.0	60±1.5	17.5±0.5	10.3±0.1	38±0.6	0.075
	500	32	2P	79±1.5	74±1.5	55±1.0	60±1.5	35±1.0	10.3±0.1	38±0.6	0.16
	500	32	3P	79±1.5	74±1.5	55±1.0	60±1.5	52.5±1.5	10.3±0.1	38±0.6	0.24
RT28-63	500	63	1P	102±2.0	100±1.2	72±1.0	80±2.0	26.5±0.5	14.3±0.1	51 ^{+0.6} _{-1.0}	0.18
	500	63	2P	102±2.0	100±1.2	72±1.0	80±2.0	53±1	14.3±0.1	51 ^{+0.6} _{-1.0}	0.36
	500	63	3P	102±2.0	100±1.2	72±1.0	80±2.0	79.5±1.5	14.3±0.1	51 ^{+0.6} _{-1.0}	0.54
RT28-63X	500	63	1P	102±2.0	100±1.2	72±1.0	80±2.0	26.5±0.5	14.3±0.1	51 ^{+0.6} _{-1.0}	0.18
	500	63	2P	102±2.0	100±1.2	72±1.0	80±2.0	53±1	14.3±0.1	51 ^{+0.6} _{-1.0}	0.36
	500	63	3P	102±2.0	100±1.2	72±1.0	80±2.0	79.5±1.5	14.3±0.1	51 ^{+0.6} _{-1.0}	0.54

UWA