



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

“CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO MEDIDOR DE LA HUELLA DE CARBONO POR CONSUMO ELÉCTRICO CON MONITOREO REMOTO PARA LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título en
Ingeniería en Energías Renovables

Línea de investigación: Biotecnología, energía y recursos naturales renovables

AUTOR:

Aarón Alejandro Chantera Rueda

DIRECTOR:

Juan Fernando Guamán Tabango

Ibarra- Ecuador 2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003958798		
APELLIDOS Y NOMBRES:	CHANTERA RUEDA AARÓN ALEJANDRO		
DIRECCIÓN:	IBARRA IMBABURA		
EMAIL:	aaronchanterar@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELF. MOVIL	0995962078

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO MEDIDOR DE LA HUELLA DE CARBONO POR CONSUMO ELÉCTRICO CON MONITOREO REMOTO PARA LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
AUTOR (ES):	AARÓN ALEJANDRO CHANTERA RUEDA
FECHA: DD/MM/AAAA	24/11/2025
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES
DIRECTOR:	JUAN FERNANDO GUAMÁN TABANGO

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de noviembre de 2025

EL AUTOR:

Firma:

Nombre: Aarón Alejandro Chantera Rueda

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTERGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 25 de noviembre de 2025

Ing. Juan Guamán MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

f)

Ing. Juan Guamán MSc.

C.C.: 1002992244

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del Trabajo de Integración Curricular “CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO MEDIDOR DE LA HUELLA DE CARBONO POR CONSUMO ELÉCTRICO CON MONITOREO REMOTO PARA LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE” elaborado por Chantera Rueda Aarón Alejandro, previo a la obtención del título de Ingeniero en Energías Renovables, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f):.....

TUTOR: Ing. Juan Guamán MSc.

C.C.: 1002992244

(f):.....

ASESOR: Ing. Juan Carlos García PhD.

C.C.: 1002279535

(f):.....

BIOMETRISTA: Ing. Juan Carlos García PhD.

C.C.: 1002279535

DEDICATORIA

A Dios

Quien me ha sostenido durante estos años de estudio. Su presencia ha sido evidente en los momentos cuando parecía imposible avanzar y en las oportunidades que surgieron cuando más las necesitaba.

A mi padre

Víctor Chantera, crecí viendo cómo enfrentaba cada día con determinación, sin importar las dificultades. Me enseñó que el respeto y el trabajo honesto no son opcionales, sino la única manera de vivir con dignidad. Durante estos años de estudio, sus enseñanzas han sido mi guía constante. Su confianza en mis capacidades me ha dado la seguridad para perseguir mis objetivos con la misma tenacidad que él me mostró desde pequeño.

A mi familia

Por entender las ausencias, por celebrar los pequeños avances y por no dejarme solo cuando este camino se volvió cuesta arriba. Este trabajo también les pertenece.

AGRADECIMIENTO

Al MSc. Juan Guamán, quien dirigió este trabajo, le agradezco su apoyo y confianza, que me permitieron completar con éxito este proyecto.

Al PhD. Juan Carlos García, mi asesor, por su dedicación, orientación y comentarios perspicaces, que me ayudaron significativamente en la redacción y organización de esta tesis.

RESUMEN

La presente investigación surge de la creciente preocupación por comprender el impacto ambiental derivado del consumo energético, por lo tanto se ha desarrollado un prototipo que permite cuantificar la huella de carbono relacionada con el consumo de electricidad en el edificio FICAYA de la Universidad Técnica del Norte. Esta investigación describe un método que permite el almacenamiento en tiempo real, supervisar y calcular en tiempo real las emisiones de CO₂ equivalente utilizando una tecnología de sensores y microcontroladores basados en Arduino con un módulo Ethernet para transmitir datos a través del protocolo de comunicación TCP IP a la interfaz de usuario implementada en LabVIEW. El método incluye el diseño del circuito de medición, la integración asistida por computadora de los componentes de hardware, la calibración del sistema y la validación de las mediciones obtenidas con respecto a un instrumento de referencia, lo que garantiza la fiabilidad de la adquisición de datos y el rendimiento del sistema.

Palabras clave: Huella de carbono, consumo energético, monitoreo remoto, eficiencia energética, sostenibilidad, medición en tiempo real.

ABSTRACT

This research stems from a growing concern to understand the environmental impact of energy consumption. Therefore, a prototype has been developed that quantifies the carbon footprint related to electricity consumption in the FICAYA building at the Universidad Técnica del Norte. This research describes a method that allows real-time storage, monitoring, and calculation of CO₂ eq emissions using Arduino-based sensor and microcontroller technology with an Ethernet module to transmit data via the TCP/IP communication protocol to the user interface implemented in LabVIEW. The method includes the design of the measurement circuit, computer-aided integration of hardware components, system calibration, and validation of the measurements obtained with respect to a reference instrument, ensuring the reliability of data acquisition and system performance.

Keywords: Carbon footprint, energy consumption, remote monitoring, energy efficiency, sustainability, real-time measurement.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	9
ÍNDICE DE TABLAS.....	13
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivo.....	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Preguntas de Investigación.....	4
1.5. Hipótesis.....	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes	6
2.1.1. Cambio Climático	6
2.1.2. Huella de Carbono en Universidades del Ecuador.....	7
2.2. Matriz energética del Ecuador	8
2.3. Parámetros eléctricos	10

2.3.1. Tensión eléctrica.....	10
2.3.2. Corriente eléctrica	10
2.3.3. Potencia eléctrica	11
2.3.4. Energía eléctrica.....	12
2.4. Cálculo de la huella de carbono	12
2.4.1. Normas ISO.....	12
2.4.2. ISO 14000	12
2.4.3. ISO 14001:2015	13
2.4.4. ISO 14064	13
2.4.5. ISO/TS 14067.....	14
2.4.6. Greenhouse Gas Protocol.....	14
2.5. Prototipos de medición de energía	16
2.6. Sistema SCADA.....	18
2.7. Transmisión de datos.....	20
2.8 Monitoreo y gestión de parámetros eléctricos en tiempo real.....	21
2.9. Almacenamiento de datos	23
CAPÍTULO III.....	26
MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Descripción del área de Estudio.....	26
3.2. Diagnóstico de la Red Eléctrica	27
3.3. Diseño e Instrumentación.....	28

3.3.1. Sensor de Corriente.....	29
3.3.2. Señal de voltaje	34
3.3.3. Etapas de acondicionamiento de señal.....	37
3.3.4. Módulo Ethernet Shield	40
3.3.5. Tarjeta de adquisición.....	42
3.4. Procesamiento y transmisión de datos	44
3.4.1 Cálculo del valor eficaz de la tensión (Vrms).....	44
3.4.2. Cálculo del valor eficaz de la corriente (Irms).....	44
3.4.3. Cálculo del factor de potencia.....	45
3.4.4. Transmisión de Datos.....	45
3.5. Validación del prototipo	47
3.5.1. Analizador de Red MI-2792 Power Q4 Plus.....	47
3.5.2. Métodos de validación estadística.....	48
3.5.3. Error absoluto medio.....	49
3.5.4. Error absoluto porcentual medio.....	49
3.5.5. Error cuadrático medio.....	49
3.5.6. Prueba de Bland–Altman	50
CAPÍTULO IV.....	53
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1. Diseño e implementación del sistema de medición en tiempo real	53
4.1.1. Acondicionamiento de la señal del sensor SCT-013-100.....	53

4.1.2 Acondicionamiento de señal para el SCT-019-200	54
4.1.3. Configuración para señal de voltaje	55
4.1.4. Circuito de cruce por cero	55
4.1.5. Algoritmos de Cálculo y Procesamiento	57
4.1.6. Calibración de Offset	59
4.1.7. Cruce por cero de las señales	61
4.1.8. Comunicación del sistema.....	62
4.1.9. Cálculo de huella de carbono	63
4.2. Implementación del sistema con monitoreo en tiempo real.....	64
4.2.1. Ensamblaje del prototipo.....	64
4.2.2 Interfaz gráfica	65
4.2.3. Lecturas del sistema bajo condiciones reales.....	67
4.3. Análisis estadístico del prototipo	68
4.3.1 Comparación y validación estadística del prototipo	68
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1. Conclusiones	73
5.2. Recomendaciones.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXOS.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Características técnicas y operativas del sensor de corriente SCT-019-200</i>	
.....	31
Tabla 2. <i>Características del sensor de tensión ZMTP 101b</i>	35
Tabla 3. <i>Especificaciones Técnicas de Placa Arduino UNO</i>	43
Tabla 4. <i>Especificaciones del analizador MI-2792 Power Q4 Plus</i>	48
Tabla 5. <i>Valores de los parámetros eléctricos promedio</i>	67
Tabla 6. <i>Errores estadísticos del prototipo frente al MI 2792 Power Q4 Plus</i>	
.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Diagrama de causas y efectos de la necesidad de medir la huella de carbono dentro de la Universidad Técnica del Norte</i>	3
Figura 2. <i>Evolución del Factor de Emisión para cálculo de huella de carbono [t CO₂-eq / MWh]</i>	9
Figura 3. <i>Alcances y emisiones en una cadena de valor</i>	15
Figura 4. <i>Mapa de ubicación del campus el Olivo de la Universidad Técnica del Norte</i>	26
Figura 5. <i>Mediciones de corriente en la caja principal del edificio FICAYA</i>	29
Figura 6. <i>Sensor de corriente no invasivo SCT-019-200</i>	30
Figura 7. <i>Sensor de corriente no invasivo y curva de detección</i>	32
Figura 8. <i>Sensor para obtención de señal de voltaje</i>	35
Figura 9. <i>Mediciones de Voltaje en la caja principal del edificio FICAYA</i>	36
Figura 10. <i>Amplificador operacional LM358 en configuración no inversora</i>	37

Figura 11. <i>Configuración circuito divisor de voltaje resistivo</i>	38
Figura 12. <i>Tarjeta Arduino Ethernet Shield</i>	40
Figura 13. <i>Conexión del Módulo Ethernet Shield a la placa Arduino Mega 2560</i>	41
Figura 14. <i>Circuito eléctrico para acondicionamiento de señal de corriente para el sensor SCT-013</i>	53
Figura 15. <i>Circuito eléctrico para acondicionamiento de señal de corriente del sensor SCT-019-200</i>	54
Figura 16. <i>Detector de cruce por cero basado en LM393</i>	56
Figura 17. <i>Diagrama de flujo del cálculo del valor eficaz de voltaje (V_{rms}) por fase</i>	58
Figura 18. <i>Diagrama de flujo del cálculo del valor eficaz de corriente (I_{rms}) por fase</i>	59
Figura 19. <i>Diagrama de flujo para calibración de offset de corriente y voltaje</i>	60
Figura 20. <i>Diagrama de flujo para registrar cruces por cero de las señales</i>	61
Figura 21. <i>Diagrama de flujo para comunicación TCP/IP desde Arduino</i>	62
Figura 22. <i>Programación del sistema de selección para cálculo energético</i>	63
Figura 23. <i>Vista de la conexión interna del prototipo ensamblado</i>	65
Figura 24. <i>Interfaz en LabVIEW para visualización de parámetros eléctricos y huella de carbono en tiempo real</i>	66
Figura 25. <i>Comparativa de lecturas de corriente entre el prototipo y el analizador de referencia</i>	71

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se detallan los antecedentes, la problemática, justificación de la investigación y los objetivos de este. También se presentan las preguntas directrices como eje de la investigación

1.1. Problema

En el contexto actual las universidades no solo son centros de formación y generación de conocimiento, sino también actúan como pequeñas ciudades con sus propios sistemas energéticos, de transporte y consumo de recursos. Esto implica que las universidades pueden generar una huella de carbono significativa. Sin embargo, su potencial para ser agentes de cambio hacia la sostenibilidad también es notable, ya que pueden liderar esfuerzos para implementar tecnologías de bajo impacto ambiental y promover la adopción de energías renovables dentro de sus propias instalaciones (Helmets et al., 2021).

Según la Cooperativa Rural de Electrificación (CRE, 2019) el consumo de energía eléctrica es un factor crucial para el desarrollo de una región. Por ello, es fundamental gestionar este recurso de manera eficiente, implementando mejoras en las instalaciones eléctricas y promoviendo un uso consciente y racional de la energía. La creciente preocupación por los altos niveles de contaminación y sus consecuencias tanto a nivel climático como en la salud pública ha generado la necesidad de desarrollar mecanismos precisos para medir la huella de carbono asociada al consumo energético (Alvarez et al., 2017).

Si bien se han desarrollado diversas calculadoras virtuales para estimar la huella de carbono, en muchos casos estas emplean factores de emisión genéricos que no consideran las características particulares del sistema eléctrico local. Como consecuencia, los resultados obtenidos pueden distorsionar el impacto real asociado al consumo energético. Tal como señalan Álvarez et al. (2017) el uso de factores de emisión específicos del Sistema Nacional Interconectado mejora notablemente la calidad de las mediciones, facilitando su aplicación en estrategias dirigidas a optimizar el uso de la energía. La Universidad Técnica del Norte tiene ante sí el desafío de transformarse en una institución verdaderamente sustentable. Esto implica trabajar activamente en la reducción de su huella de carbono, un elemento fundamental si queremos hacer frente al calentamiento global, al cambio climático y a todas las consecuencias negativas que traen consigo estos problemas ambientales.

1.2. Justificación

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que fueron planteados por las Naciones Unidas en el año 2015, tienen como propósito orientar los esfuerzos globales frente a diversos problemas ambientales. Entre ellos, sobresale el ODS 13 por exponer con claridad la necesidad de actuación en materia de cambio climático, que está mostrando consecuencias visibles en distintos lugares del planeta cada vez mayores.

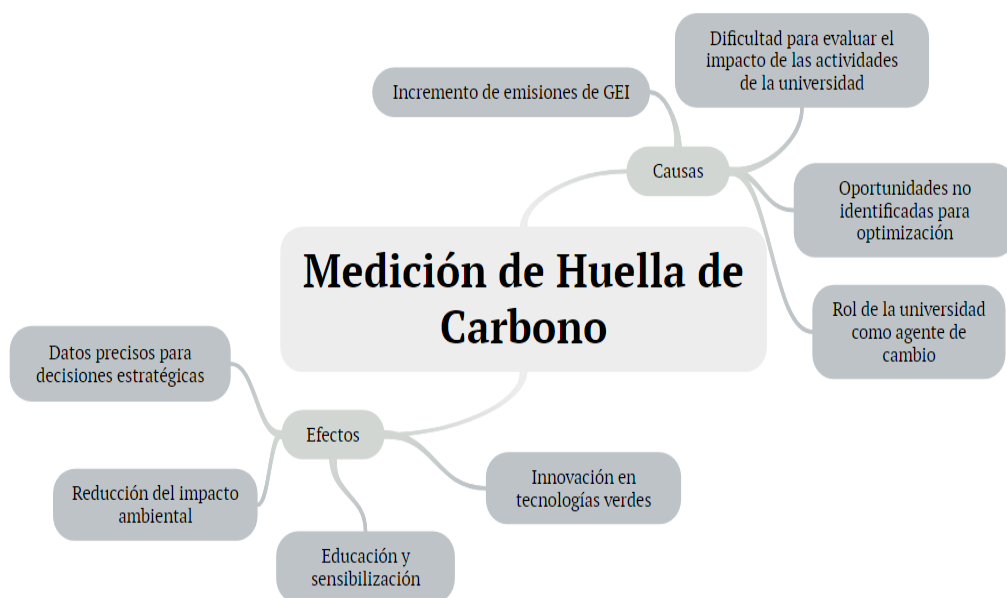
En este sentido, un diseño de prototipo para medir la huella de carbono en el área universitaria es de gran utilidad. Con un sistema de este tipo, sería posible tener datos mucho más precisos en cuanto a cómo se utiliza la energía en la institución. Esa información, además, sería clave para entender mejor las emisiones

de gases de efecto invernadero, sobre todo las relacionadas con el dióxido de carbono, que suele ser el más significativo en este tipo de análisis. Estas emisiones se generan, en gran parte, por actividades cotidianas que se desarrollan tanto en los espacios administrativos como en los académicos.

Con ello, es más factible identificar espacios o procesos que podrían optimizarse desde el punto de vista energético. Esta aproximación contribuiría de manera directa a mitigar los impactos ambientales vinculados al consumo eléctrico de la universidad (véase Figura 1).

Figura 1

Diagrama de causas y efectos de la necesidad de medir la huella de carbono dentro de la Universidad Técnica del Norte



Dado que el cambio climático se perfila como una amenaza creciente, medir y reducir la huella de carbono se ha convertido en una prioridad esencial para instituciones y gobiernos comprometidos con la sostenibilidad. En este contexto, la Universidad Técnica del Norte, como institución líder en la región norte de

Ecuador, desempeña un papel clave en el impulso de iniciativas sostenibles y en la gestión eficiente de recursos. Este proyecto busca no solo sensibilizar y educar a la comunidad universitaria sobre la adopción de prácticas sostenibles, sino también fomentar el desarrollo de tecnologías verdes aplicables en el ámbito académico y en otros sectores.

1.3. Objetivo

1.3.1. Objetivo General

Construir un prototipo medidor de la huella de carbono del consumo eléctrico con monitoreo remoto para el edificio FICAYA.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema tecnológico que permita medir en tiempo real la energía eléctrica consumida y generada en el edificio.
- Implementar un sistema de recopilación y monitoreo remoto de datos, para registro y análisis de huella de carbono en tiempo real e históricos en la FICAYA.
- Validar el prototipo diseñado mediante análisis estadísticos para una evaluación de desempeño del sistema.

1.4. Preguntas de Investigación

¿Cómo construir un prototipo eficiente y confiable para medir la huella de carbono del consumo eléctrico en el edificio FICAYA, incorporando monitoreo remoto y asegurando precisión en tiempo real?

1.5. Hipótesis

- Alternativa: El prototipo diseñado no presenta un error significativo de la huella de carbono generada por el consumo eléctrico, contribuyendo al análisis y monitoreo del impacto ambiental.
- Nula: El prototipo diseñado presenta un error significativo de la huella de carbono generada por el consumo eléctrico, y no contribuye al análisis y monitoreo del impacto ambiental real.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este apartado se presenta la información teórica referencial sobre el diseño de una herramienta capaz de medir la huella de carbono en tiempo real. Además, se analizarán casos de instalaciones con herramientas similares, lo que permitirá desarrollar un prototipo que pueda ser validado para su implementación efectiva.

2.1. Antecedentes

2.1.1. Cambio Climático

El cambio climático es uno de los mayores retos a nivel global. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) este fenómeno se manifiesta cuando los patrones climáticos promedio del planeta experimentan un cambio sostenido (IPCC, 2021). Por su parte, National Geographic (2024) amplía esta definición señalando que el cambio climático no solo incluye el incremento de las temperaturas globales, conocido comúnmente como calentamiento global, sino también la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos, tales como huracanes, sequías y lluvias intensas, que han aumentado en frecuencia e intensidad debido a este fenómeno. Estos efectos subrayan la urgencia de transformar los sistemas energéticos hacia alternativas más sostenibles. En este contexto, la fragilidad de la era de los combustibles fósiles resalta tanto los peligros ambientales que genera como las oportunidades para impulsar una economía basada en energías limpias, esenciales para mitigar los impactos del cambio climático y garantizar un futuro más resiliente (International Energy Agency [IEA], 2023).

2.1.2. Huella de Carbono en Universidades del Ecuador

La huella de carbono cuantifica el total de gases de efecto invernadero que resultan de diversas actividades humanas y de los productos que utilizamos. Expresada en kilogramos o toneladas de CO₂ equivalente, esta medida refleja las emisiones originadas principalmente por el uso de combustibles fósiles en procesos como la generación de energía, el transporte, calefacción, entre otros (Schneider y Samaniego, 2010).

Durante el análisis realizado por Melo (2018) en las instalaciones de la sede Quito de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, se encontró que el año 2016 registró emisiones de carbono equivalentes a 7 Megatoneladas de CO₂. Estas cifras se explican principalmente por dos factores: el uso de papel y el consumo eléctrico, que juntos abarcaron más del 80% del total emitido. Los hallazgos demuestran lo importante que resulta crear mecanismos eficaces para bajar las emisiones que producen estas dos actividades.

Sobre la situación del Campus El Olivo, vale mencionar que según Farinango (2020) hay poca claridad respecto a qué tan bien cumple con los estándares de calidad energética de ARCONEL. Tampoco se sabe con certeza cuánta energía se pierde ni dónde están los lugares más problemáticos en términos de malgasto eléctrico. Hay que considerar además que el alto gasto energético de estos edificios crea un problema ambiental que empeora el calentamiento global.

Así, un menor consumo de electricidad implicaría una reducción en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) al ambiente. En un estudio realizado por

López (2023), la huella de carbono total en la Universidad Técnica del Norte para el año 2020 se estimó en 1501.17 toneladas métricas, esto se realizó mediante un análisis de las emisiones de CO₂ de los últimos 12 meses, tomando en cuenta las actividades que generaron gases de efecto invernadero (GEI), como el consumo de energía eléctrica y el uso de vehículos, tanto automóviles como motocicletas, dando como resultado que el consumo eléctrico emitió 1496.86 toneladas métricas de CO₂.

Según el estudio realizado Farinango (2020) en el edificio FICAYA se estimó que la huella de carbono generada por el consumo eléctrico llega a 20,43 toneladas de CO₂ por año. Este valor, aunque parezca relativamente bajo, representa cerca del 4,56 % del total de emisiones que se producen en toda la Universidad Técnica del Norte. Para llegar a estos datos, se llevó a cabo una auditoría energética directamente en las instalaciones.

Contar con una herramienta que permita registrar las emisiones de forma continua no solo facilitaría un mayor control del consumo, sino que también ayudaría a identificar oportunidades para mejorar la eficiencia energética del edificio. Además, proporcionaría datos más precisos sobre la producción de carbono en cada una de las instalaciones de la facultad. Esta información contribuiría significativamente a fortalecer los procesos de gestión tanto energética como ambiental.

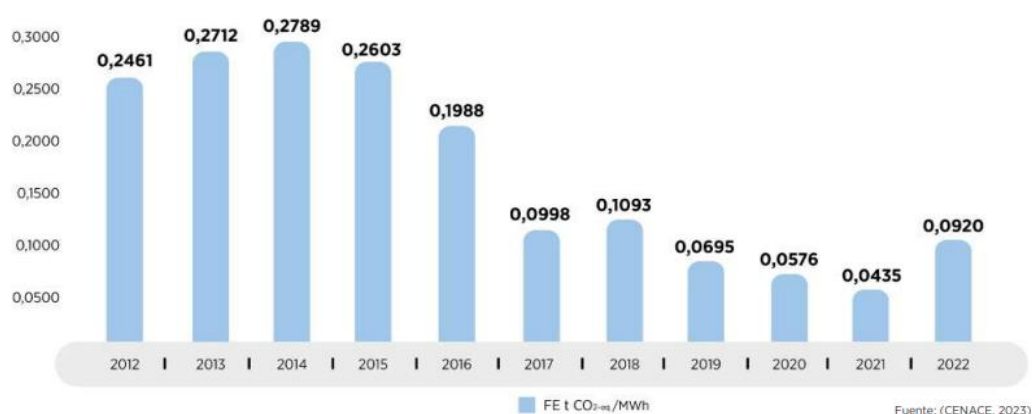
2.2. Matriz energética del Ecuador

En 2023, el sistema energético de Ecuador alcanzó una capacidad efectiva instalada total de 8938 MW, de los cuales el 58% corresponde a generación hidroeléctrica, seguida por las fuentes térmicas con 38.6% y otras renovables con

3.3% (Ministerio de Energía y Minas, 2024). Este cambio ha permitido reducir la dependencia de combustibles fósiles y minimizar las emisiones asociadas que se evidencian en el factor de emisión de CO₂ por consumo eléctrico (Figura 2). El cual ha reducido con el predominio de la generación hidroeléctrica que contribuye a mitigar el cambio climático (CENACE, 2023).

Figura 2

Evolución del Factor de Emisión para cálculo de huella de carbono [t CO₂-eq / MWh]



Nota. El gráfico representa los distintos factores de emisión para cálculo de huella de carbono del Sistema Nacional Interconectado del año 2012 al 2022. Tomado de CENACE (2023).

Respecto al consumo eléctrico, en 2023 Ecuador registró un total de 29 826 GWh. Esto da, más o menos, un promedio de 1 680 kWh por habitante. El dato refleja un crecimiento del 2.6 %, probablemente por el aumento de demanda en sectores como el residencial y el industrial. También se han sumado nuevas fuentes renovables: energía solar, con 28 MW; eólica, con 71 MW; y biomasa, con 27 MW. Aunque estas fuentes ya forman parte del sistema, su participación aún no es tan significativa (Ministerio de Energía y Minas, 2024).

Ahora bien, hay que considerar que gran parte de la electricidad del país todavía proviene de fuentes hidroeléctricas. Esto tiene ventajas, como evitar el uso de combustibles fósiles, pero también presenta riesgos. Por ejemplo, cuando hay sequías, el funcionamiento de estas centrales puede verse afectado (Icaza et al., 2022). Por eso, varios autores coinciden en que sería recomendable avanzar hacia un sistema más distribuido y con más fuentes renovables, sobre todo solares y eólicas, que tienen bastante potencial en Ecuador (Terneus y Viteri, 2023).

2.3. Parámetros eléctricos

En este apartado se desarrollan de manera técnica y detallada los parámetros eléctricos que son fundamentales para la construcción y validación del prototipo destinado a medir la huella de carbono energética.

2.3.1. Tensión eléctrica

También conocida como diferencia de potencial, es el impulso necesario para mover una carga eléctrica entre dos puntos de un circuito. Este parámetro, medido en voltios (V), representa la energía disponible por unidad de carga. El voltaje puede clasificarse en continuo (CC) o alterno (CA), dependiendo de si su valor es constante o varía periódicamente con el tiempo (Charles y Matthew, 2024; Torocahua, 2014).

2.3.2. Corriente eléctrica

La corriente eléctrica es el flujo de cargas a través de un conductor, expresado en amperios (A). Este flujo puede ser continuo, cuando mantiene una dirección constante, o alterno, si varía en dirección y magnitud con el tiempo. Comprender este parámetro es esencial para evaluar la capacidad de un sistema

eléctrico de transportar energía bajo diferentes condiciones de carga (Charles y Matthew, 2024; Torocahua, 2014).

2.3.3. Potencia eléctrica

La potencia eléctrica indica la rapidez con que un circuito consume o genera energía. Se pueden identificar tres tipos principales:

Potencia activa (P). Representa el trabajo útil que realiza el circuito, relacionándose directamente con la energía que consume el sistema, medida en vatios (W) (ecuación 1).

$$P = V * I * \cos \varphi \quad (\text{Ec. 1})$$

Potencia reactiva (Q). Es la energía necesaria para sostener los campos eléctricos o magnéticos. Tales campos están presentes en máquinas eléctricas, así como en transformadores, y se miden en voltamperios reactivos (VAr) (ecuación 2).

$$Q = V * I * \sin \varphi \quad (\text{Ec. 2})$$

Potencia aparente (S). Esta medición actúa como una combinación de la potencia activa y la potencia reactiva, con la unidad de voltamperios (VA) (ecuación 3).

$$S = V * I \quad (\text{Ec. 3})$$

El factor de potencia representa la relación entre potencia activa y aparente. Este parámetro indica la eficiencia en el uso de energía y sus valores van de cero a uno. Un sistema es más eficiente cuando el factor de potencia se acerca a la unidad (Torocahua, 2014, pp. 14-17).

2.3.4. Energía eléctrica

Se entiende como la capacidad de realizar trabajo mediante el flujo de corriente en un circuito, y se mide en kilovatios-hora (kWh). Se calcula como el producto de la potencia activa y el tiempo de operación. Este parámetro no solo permite entender el consumo energético, sino que también es clave en la facturación de servicios eléctricos (Charles y Matthew, 2024; Torocahua, 2014).

2.4. Cálculo de la huella de carbono

2.4.1. Normas ISO

La Organización Internacional de Normalización (ISO) tiene su sede en Ginebra. Esta entidad desarrolla estándares internacionales. Los estándares buscan homologar prácticas en manufactura, comercio, servicios, comunicación y gestión ambiental.

La ISO funciona mediante una red de organismos nacionales. AENOR representa a España, DIN a Alemania y AFNOR a Francia. Estos organismos integran sus posiciones en comités técnicos. Los comités formulan normas mediante consenso.

2.4.2. ISO 14000

La familia ISO 14000 comprende un conjunto de estándares voluntarios diseñados para implementar sistemas de gestión ambiental (SGA) en organizaciones de distintos tipos y tamaños. Su objetivo es proporcionar herramientas eficaces para gestionar impactos ambientales, asegurar el cumplimiento de la normativa y promover la mejora continua

2.4.3. ISO 14001:2015

Establece los requisitos y directrices para implementar un SGA sistemático. Promueve la mejora continua, el control de procesos ambientales y el cumplimiento legal, sin imponer límites cuantitativos de emisión o descarga. Esta norma abarca actividades como el uso de recursos, control de residuos y la participación de interesados (ISO, 2015).

2.4.4. ISO 14064

La norma ISO 14064 está dividida en tres partes que, en conjunto, ayudan a gestionar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) desde diferentes enfoques.

- Parte 1 (ISO 14064-1): aquí se definen los principios básicos y los requisitos para cuantificar y reportar las emisiones y reducciones de GEI a nivel de una organización. También incluye cómo determinar los límites operacionales y los controles de calidad necesarios para asegurar que los datos sean confiables (ISO, 2018a).
- Parte 2 (ISO 14064-2): esta sección se enfoca en metodologías para proyectos específicos que buscan reducir o eliminar emisiones de GEI. Entre otras cosas, explica cómo establecer una línea base y cómo hacer el seguimiento y reporte del desempeño del proyecto (ISO, 2019a).
- Parte 3 (ISO 14064-3): en esta parte se establecen los requisitos para la validación y verificación independiente de los inventarios de GEI y los proyectos, lo cual ayuda a aumentar la credibilidad y transparencia de los informes que se generan (ISO, 2019b).

2.4.5. ISO/TS 14067

Proporciona directrices para calcular la huella de carbono de productos (HCP) mediante Análisis del Ciclo de Vida (ACV). Incluye pautas para comunicar los resultados mediante etiquetas ambientales verificables por terceros, alineadas con normas como ISO 14040 e ISO 14044 (ISO, 2018b).

2.4.6. Greenhouse Gas Protocol

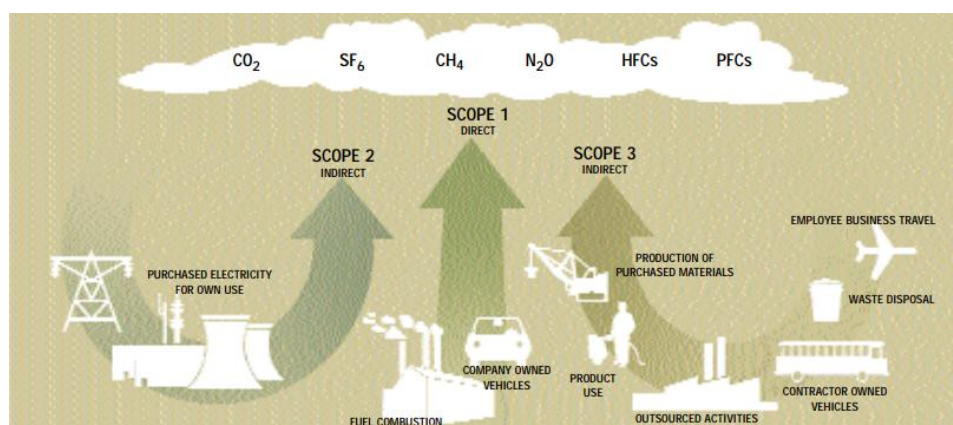
Para calcular la huella de carbono, una universidad puede clasificarse como una organización, ya que se trata de una estructura que opera con instalaciones físicas, procesos internos y un considerable consumo de energía. El Greenhouse Gas Protocol (GhG Protocol) (2015) considera que cualquier entidad cuyas actividades generen emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) puede clasificarse como una organización dentro de este marco. Este protocolo define tres alcances principales para medir esas emisiones (Figura 3):

- **Alcance 1:** incluye las emisiones directas de GEI provenientes de fuentes que son propiedad de la organización o que están bajo su control. Esto se refiere, por ejemplo, a la quema de combustible en calderas, hornos o vehículos de la compañía y a las emisiones fugitivas que pueden liberarse de equipos de refrigeración o procesos industriales.
- **Alcance 2:** emisiones indirectas ligadas al consumo de la electricidad comprada por la organización. Aunque estas emisiones se deriven de instalaciones fuera de las instalaciones, como las centrales eléctricas, están directamente relacionadas con el consumo energético de la organización y deben tenerse en cuenta para el cálculo de la huella de carbono de la organización.

- **Alcance 3:** abarca otras emisiones indirectas que resultan de actividades no controladas directamente por la organización. Entre ellas se incluyen el transporte de bienes adquiridos, los viajes de negocios, los desplazamientos del personal y el manejo de residuos. Este alcance permite analizar el impacto de la cadena de suministro y otras actividades periféricas relacionadas con la operación de la organización.

Figura 3

Alcances y emisiones en una cadena de valor



Nota. Figura obtenida de (Greenhouse Gas Protocol, 2015).

En el caso de la Universidad Técnica del Norte, el análisis se centrará en el alcance 2, ya que las emisiones derivadas del consumo de electricidad representan una parte significativa de su huella de carbono. Este enfoque facilita la identificación de oportunidades para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones indirectas de GEI relacionadas con sus operaciones.

Para calcular la huella de carbono según Scope 2 Guidance publicado por el GHG Protocol (2014) los métodos de cálculo requieren el uso de factores de emisión, que representan la cantidad de emisiones de CO₂ equivalente generadas por cada unidad de electricidad consumida (expresada en tCO₂e/kWh). Estos

factores pueden diferir dependiendo de la fuente de energía y la región geográfica. En Ecuador para proyectos que incorporan generación solar o eólica, el cálculo se basa en el Margen Combinado (CM), en estos casos, el factor ex post es de 0.3761 tCO₂/MWh, mientras que el factor general del SNI aplicable a inventarios corporativos o huellas de carbono es de 0.092 tCO₂/MWh (CENACE, 2023).

2.5. Prototipos de medición de energía

Diseñar prototipos para medir la huella de carbono en tiempo real no es algo sencillo; requiere aplicar metodologías que aseguren que el registro y análisis del consumo energético sean precisos. Por eso, es necesario usar tecnologías que combinen costos accesibles con confiabilidad técnica. En los últimos años, varias investigaciones han mostrado que juntar sensores especializados, microcontroladores y sistemas de comunicación es una buena manera de lograr mediciones precisas.

En particular, los sensores no invasivos para la medición de corriente y tensión, acompañados de microcontroladores de bajo coste, han sido bastante utilizados para tales prototipos. Por ejemplo, Padilla et al., (2021) emplearon los sensores SCT-013-100 y el módulo ZMPT101B con la plataforma Arduino para realizar mediciones del consumo de energía en dispositivos electrodomésticos. Esta combinación toma corriente alterna y voltaje simultáneamente, por lo que es fácil estimar con un alto grado de precisión la potencia instantánea y el consumo acumulado en casas y en pequeñas empresas. Hay varias consideraciones bajo el uso del Arduino, que son de tipo técnico, como, por ejemplo, que puede manejar bien la cantidad de datos a procesar, manteniendo el costo bajo. Esto hace que sea

una buena elección para proyectos caseros o de escuela, en donde no se requiere una alta precisión.

De forma similar, Medina (2015) también utilizó esos mismos sensores para un prototipo medidor de energía para edificios. En su estudio mencionó que estos sensores no invasivos pueden tomar mediciones precisas sin cambiar la infraestructura eléctrica que ya existe. También destacó que la estabilidad y bajo costo de estos dispositivos los hacen viables para monitoreo continuo, especialmente cuando el presupuesto es limitado.

Por último, Blanquicett et al. (2022) apoyan el uso de estos sensores, señalando que tienen buena precisión para mediciones generales y que son fáciles de instalar, sobre todo en casas y lugares educativos.

Por otro lado Sanchez et al. (2019) presentaron un sistema de monitoreo energético para hogares con sistemas fotovoltaicos, en el cual también se integró el sensor de voltaje ZMPT101B. No obstante, en lugar del SCT-013-100, optaron por el sensor de corriente ACS712, el cual ofrece un equilibrio entre precisión y bajo costo, facilitando su aplicación en entornos residenciales.

El prototipo también incluyó el módulo Wi-Fi ESP32, que sirvió para enviar datos a la nube en tiempo real. Esto permitió acceso remoto desde aplicaciones web y móviles, eliminando la necesidad de estar físicamente presente para revisar la información.

Para prototipos que hay que monitorear continuamente y a la vez permitir algún tipo de acceso remoto, tener comunicación inalámbrica es una necesidad. Medina (2015) llevó a cabo la integración del módulo ESP8266 para transmitir los

datos de consumo de energía a una aplicación web, posibilitando así el monitoreo desde forma remota a través de cualquier dispositivo con internet. Este proceso mejoró el acceso continuo a datos, una característica crítica para sistemas de gestión de energía.

El ESP8266 también fue utilizado por Blanquicett et al. (2022), quienes destacaron su integración en sistemas de monitoreo en tiempo real. Los autores argumentan que esta tecnología es efectiva en aplicaciones IoT para control energético en tiempo real.

Por su parte, Sanchez et al. (2019) incorporó el módulo ESP32 como parte de un prototipo pensado para monitorear el consumo energético en viviendas equipadas con sistemas fotovoltaicos. Esta elección no solo mejoró el procesamiento de los datos, sino que también facilitó su transmisión en distintos canales de forma simultánea.

2.6. Sistema SCADA

El sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) tiene como función principal permitir la supervisión, el control y la recopilación de datos en tiempo real, incluso cuando los equipos se encuentran en lugares alejados. Se trata de una solución que combina software, hardware y comunicación, permitiendo conectar lo que ocurre en campo con una plataforma central que interpreta esa información (Mahdi, 2022).

En la práctica, SCADA está compuesto por distintos elementos que trabajan juntos. Entre ellos se encuentran:

- **Sensores y dispositivos de campo**, encargados de medir variables como corriente, voltaje o temperatura. La información captada por estos sensores es clave, ya que se convierte en la base para cualquier análisis posterior (Khalid et al., 2024).
- **Controladores**, como los conocidos microcontroladores Arduino o los PLCs, que reciben los datos obtenidos por los sensores. Además de enviarlos, también pueden ejecutar funciones de control en el mismo lugar donde ocurre la medición (Allafi, 2017).
- **Protocolos de comunicación**, como MQTT o TCP/IP, que permiten que toda esa información viaje desde el campo hacia una unidad central. Su uso ayuda a que los datos lleguen de forma segura y confiable (Khalid et al., 2024).
- **La interfaz humano-máquina (HMI)**, que sirve para que los operadores puedan ver en tiempo real lo que está ocurriendo y, si hace falta, realizar cambios en el sistema desde esa misma pantalla (Mahdi, 2022).
- **Almacenamiento de datos**, porque muchos sistemas SCADA permiten guardar la información que recolectan. Esto es útil para comparar situaciones pasadas, observar tendencias o tomar decisiones con más respaldo (Allafi, 2017).

Cuando se lo aplica en el sector energético, SCADA se convierte en una herramienta bastante útil. Puede ayudar a entender mejor cómo se está consumiendo la electricidad, detectar fallos o desperdicios, y ajustar el sistema para aprovechar mejor los recursos. En este sentido, Khalid et al. (2024) demostraron que, al usar

SCADA junto con tecnologías del Internet de las Cosas (IoT), es posible obtener información en tiempo real que mejora significativamente la eficiencia de sistemas fotovoltaicos.

2.7. Transmisión de datos

La norma Ethernet, según el estándar IEEE 802.3, permite distancias de transmisión de hasta 100 metros utilizando cables de par trenzado de categoría 5e o superior, sin necesidad de amplificadores o repetidores, lo que la hace ideal para aplicaciones que demandan estabilidad y alto ancho de banda (Sanguaña, 2010).

La flexibilidad de Ethernet es otra de sus fortalezas, (León, 2017) resalta su adaptabilidad a redes locales que necesitan conexiones estables y distancias ampliadas, además de su compatibilidad con tecnologías modernas como el módulo Ethernet Shield. Ethernet se mantiene como una de las opciones más eficientes cuando se trata de enviar datos a buena velocidad. Sanguaña (2010) indica que, en el caso de configuraciones Gigabit, se pueden alcanzar hasta 1 Gbps, lo cual es útil para escenarios donde el monitoreo debe hacerse sin interrupciones.

Entre los módulos disponibles, el Ethernet Shield W5100 ha tenido buena aceptación, sobre todo por su facilidad de integración con placas Arduino. Ponce y Santillán (2016) mencionan que puede manejar distintos protocolos de red como TCP/IP o UDP y adaptarse a diferentes configuraciones, ya sea como cliente o servidor en redes locales.

Por ejemplo, Boada (2024) mostró que el uso de este shield permite conectar sensores en una red LAN y transmitir los datos hacia aplicaciones web. Esto lo hace práctico cuando no se cuenta con una infraestructura más compleja, ya que

simplifica mucho la configuración inicial y mantiene una transmisión constante de la información.

Algo similar se observó en el trabajo de Possato y Martins (2015), quienes integraron este módulo en un sistema de análisis eléctrico. Su objetivo era captar y enviar datos a servidores, tanto locales como remotos. En su caso, el módulo contribuyó a mejorar el monitoreo y también la forma de visualizar los resultados para analizarlos más adelante.

2.8 Monitoreo y gestión de parámetros eléctricos en tiempo real

LabVIEW se ha convertido en una de las herramientas más utilizadas cuando se requiere visualizar y procesar datos eléctricos a medida que se generan. Gupta et al. (2021) explican que su diseño gráfico facilita el trabajo con sensores, lo que agiliza el montaje de sistemas de medición.

Esto es particularmente útil en entornos donde los parámetros pueden cambiar constantemente, como ocurre en redes eléctricas con alta participación de fuentes renovables. En ese caso, Chow y Mungkornassawakul (2013) indican que es clave controlar factores como voltaje o potencia para mantener un funcionamiento estable.

Por otro lado, Samkria et al. (2021) resaltan que esta plataforma puede trabajar con datos en tiempo real sin necesidad de pausas. Esa capacidad le permite detectar y reaccionar ante variaciones en el sistema de forma casi inmediata, lo que mejora su rendimiento general

Una ventaja notable de LabVIEW es su habilidad para centralizar y procesar grandes volúmenes de información simultáneamente. Menciona Según Gupta et al.

(2021), esto hace posible el monitoreo remoto mediante plataformas web. Esto no solo aumenta el acceso a los datos en sitios remotos sino que también mejora la detección de fallas y el análisis predictivo de los sistemas eléctricos (Samkria et al., 2021). LabVIEW ha sido utilizado en muchas aplicaciones donde es necesario un monitoreo continuo, particularmente cuando se trabaja con fuentes renovables o en redes con un nivel significativo de complejidad operativa.

En esos casos, su incorporación puede marcar una diferencia en la estabilidad del sistema. Así lo sugieren Chow y Mungkornassawakul (2013) quienes lo emplearon en condiciones que requerían adaptabilidad constante.

También se ha observado que este software permite modificar las interfaces gráficas según lo que se espera de cada aplicación. No es una característica menor si se considera que muchos proyectos necesitan observar datos en tiempo real sin depender de plataformas demasiado rígidas. Gupta et al. (2021) destacan justamente esa capacidad de adaptación, que les permitió integrar distintos parámetros eléctricos en un mismo entorno de trabajo sin mayores complicaciones.

El software puede personalizar interfaces gráficas. Las interfaces se adaptan a necesidades específicas de cada proyecto. Esta característica lo convierte en una solución ideal para aplicaciones especializadas. Las aplicaciones requieren monitoreo continuo, análisis detallado y gestión precisa de variables eléctricas (Chow y Mungkornassawakul, 2013).

LabVIEW está diseñado para facilitar la programación de aplicaciones en el ámbito de pruebas y mediciones, adaptándose también a sistemas de control que requieren una ejecución precisa y predecible lo que le permite ejecutar tareas en

momentos específicos, lo cual resulta esencial para asegurar la estabilidad de los sistemas que requieren control en tiempo real (Kodosky, 2020).

2.9. Almacenamiento de datos

En sistemas diseñados para monitorear energía, contar con una forma confiable de guardar la información que se recoge es algo fundamental. No solo permite tener un registro continuo, sino también facilita entender mejor cómo se comporta el consumo en distintos momentos o espacios. Khera y Jain (2015) ya habían mencionado que, al identificar patrones en los datos, se pueden proponer cambios concretos para hacer más eficiente el sistema.

Tawfik et al. (2012) por su parte, comentan que uno de los aspectos más útiles en estos proyectos es poder guardar los datos directamente en formatos como HTML o Excel. Y como se realiza localmente, no depende de los servicios en la nube en absoluto, lo que puede ser especialmente útil cuando se hace con datos que no deberían salir de las instalaciones de la universidad. LabVIEW también se ha utilizado con éxito para tales aplicaciones.

Uno de los beneficios de usarlo es que no está limitado a simplemente adquirir datos en tiempo real, sino que también puede cambiar la forma en que los datos se almacenan y se muestran. Pesatori y Tarimoradi (2022) sostienen que esto posee una importancia especial en los proyectos que superponen datos eléctricos con variables ambientales, dado que se pueden obtener tablas o informes interpretables sin realizar programación compleja.

También, la seguridad es algo a considerar. Tawfik et al. (2012) hacen hincapié en que almacenar los datos directamente en un servidor propio mitiga amenazas, sobre todo cuando se trata de información sensible.

LabVIEW permite almacenar datos localmente mientras genera reportes automáticos en HTML y Excel, proporcionando una solución práctica para centralizar y organizar la información recolectada. Este enfoque optimiza el análisis de datos y asegura una gestión eficiente, adaptándose a las necesidades de proyectos centrados en evaluar emisiones de carbono relacionadas con el consumo energético (Khera y Jain, 2015; Tawfik et al., 2012).

2.10. Validación de la curva de calibración

Validar un prototipo no es algo que se haga solo por protocolo. En proyectos donde se monitorean variables como voltaje, corriente o potencia, este paso se vuelve necesario para comprobar que los valores registrados no se desvían demasiado de los reales. Si lo que se mide va a usarse para calcular la huella de carbono, por ejemplo, una diferencia pequeña puede terminar afectando bastante el resultado.

Como mencionan Blanquicett et al. (2022) cuando los equipos no están bien calibrados, los datos tienden a mostrar ciertos desajustes, sobre todo en lugares donde el consumo cambia de manera constante, como en oficinas, aulas o edificios públicos. Para hacer la validación, se suele usar un equipo de referencia que ya haya sido probado anteriormente. Luego se comparan los valores que da este equipo con los del prototipo, y se revisa si hay coincidencia dentro de un rango aceptable.

Además, Chimarro et al. 2021) indican que esto se vuelve aún más importante cuando se trabaja con sistemas trifásicos, que son comunes en instalaciones grandes. En esos casos, es normal que la demanda de energía no sea uniforme todo el tiempo, y eso puede complicar la medición. Justamente por eso, revisar que el equipo funcione con precisión desde el principio ayuda a evitar errores en todo el proceso.

Los prototipos de medición generalmente se calibran utilizando dispositivos de alta precisión como referencia para verificar las lecturas obtenidas. Tanto Blanquicett et al., (2022) como Padilla et al., 2021) emplearon multímetros y vatímetros para calibrar sus prototipos respectivos. Estos instrumentos proporcionaron alta precisión en la medición de corriente y voltaje, cumpliendo además con estándares internacionales de calibración.

Estos equipos permiten medir en tiempo real las variables eléctricas y comparar los resultados con las lecturas del prototipo, estableciendo así un margen de error aceptable para las lecturas del sistema.

CAPÍTULO III

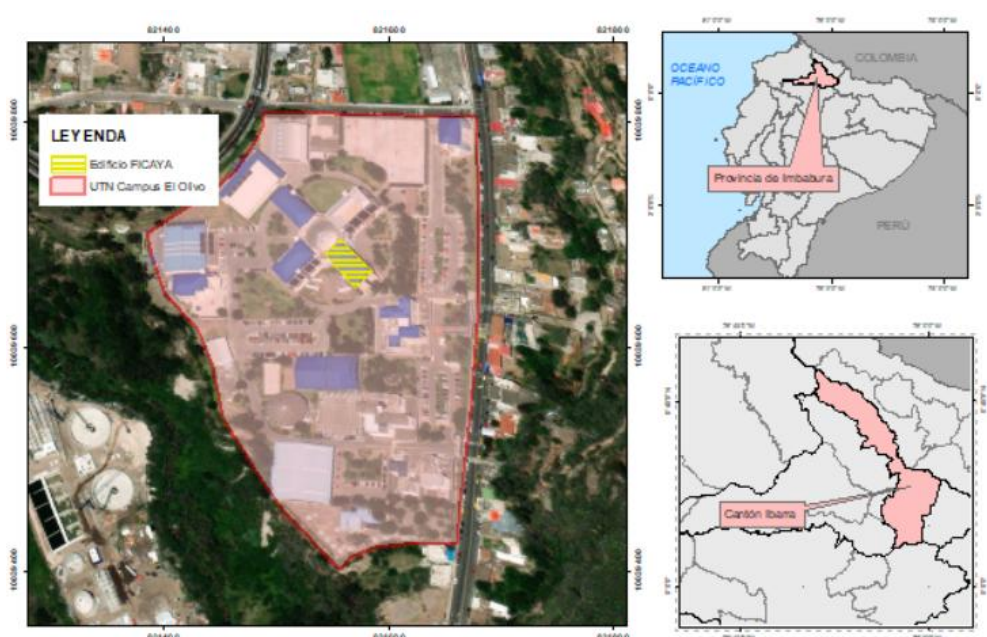
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de Estudio

El campus El Olivo de la Universidad Técnica del Norte, situado en la provincia de Imbabura, Ecuador, se extiende sobre 91 332.62 m² y cuenta con 16 edificios dotados de tecnología (Figura 4). Este espacio educativo dinámico alberga a más de 12 000 personas, entre profesores, estudiantes y personal administrativo, que asisten en turnos diurnos y vespertinos, lo que genera una considerable demanda de recursos energéticos. La herramienta de medición de huella de carbono se desarrolló en el edificio de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales como un proyecto piloto (FICAYA) para el resto de la infraestructura.

Figura 4

Mapa de ubicación del campus el Olivo de la Universidad Técnica del Norte



Nota. Mapa base obtenido de ESRI.

Para llevar a cabo la medición del consumo eléctrico y el cálculo de la huella de carbono, se definieron dos puntos estratégicos de monitoreo, la caja principal de distribución que da a conocer el consumo energético y el segundo punto de medición se encuentra en el sistema fotovoltaico independiente (off-grid) que abastece parcialmente al laboratorio de energías renovables dentro del edificio FICAYA. Estos puntos permitieron obtener una visión integral del comportamiento energético del edificio y evaluar el impacto ambiental asociado al consumo eléctrico.

3.2. Diagnóstico de la Red Eléctrica

Como parte del análisis preliminar del sistema eléctrico en el edificio FICAYA, se llevó a cabo un diagnóstico empleando un analizador de red trifásico MI-2792 Power Q4 Plus, en cumplimiento con los protocolos establecidos por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL, 2018). Durante un periodo de 7 días consecutivos, se registraron mediciones continuas de voltaje y corriente en cada fase.

El desbalance de tensión se determinó utilizando el método de desviación máxima respecto al promedio, según lo establecido en la normativa IEEE 1159-1995 (Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE], 1995). Este enfoque considera la diferencia máxima entre las tensiones de fase y el promedio de las tres, expresada como porcentaje (Ec. 4).

$$Desbalance(\%) = \frac{\max_{i=1,2,3} |V_{i,prom} - V_{prom}|}{V_{prom}} \times 100 \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

- $V_{i,prom}$ = son los voltajes promedio RMS por fase

- V_{prom} = Promedio de los voltajes RMS de las tres fases

El desbalance de tensión obtenido fue del 3.37% que excede el límite del 2% recomendado por normativas internacionales (IEEE 1159-2019 e IEC 61000-4-30), lo que confirma la presencia de una distribución desigual de cargas en el sistema eléctrico. Este desbalance afecta la calidad del suministro eléctrico y justifica la necesidad de un prototipo de medición que considere las asimetrías por fase.

En estas condiciones, la potencia total del sistema no puede calcularse con simplificaciones que asumen equilibrio trifásico. Por esta razón se mide la potencia individual de cada fase y se suman para obtener la potencia total. Este método garantiza resultados precisos acordes con la realidad operativa del sistema eléctrico del edificio FICAYA.

3.3. Diseño e Instrumentación

Para el desarrollo de un medidor de huella de carbono en tiempo real se requiere definir y precisar los parámetros eléctricos esenciales. Estos parámetros permiten cuantificar con exactitud el consumo energético.

Entre estos, los más relevantes son la corriente (I), el voltaje (V) y la potencia (P) consumida por la instalación. Estos valores, una vez medidos, permitieron calcular la huella de carbono en términos de emisiones de CO₂, debido a la relación directa entre el consumo eléctrico y la producción de gases de efecto invernadero que impulsan el cambio climático (Medina, 2015).

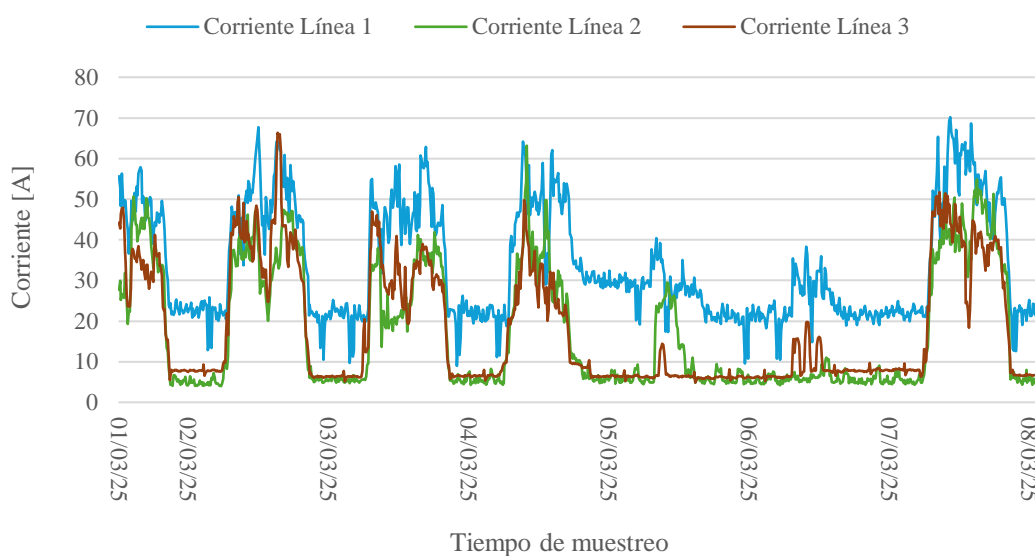
Para la construcción del prototipo de medición de huella de carbono en tiempo real, se utilizó componentes claves como microcontroladores Arduino, sensores y circuitos para acondicionar las señales.

3.3.1. Sensor de Corriente

Para determinar el sensor adecuado para la caja principal del edificio, se realizaron mediciones de corriente cada 10 minutos durante 7 días, conforme a lo establecido por la (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018). Estas mediciones proporcionaron un perfil detallado de las corrientes circulantes en cada línea, siendo la línea 1 la que se encuentra con mayor carga llegando a 70.18 A en su pico más alto (Figura 5), lo que permitió identificar un sensor capaz de manejar los rangos necesario

Figura 5

Mediciones de corriente en la caja principal del edificio FICAYA

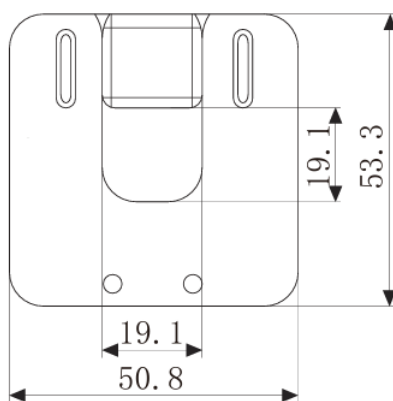


Nota. La figura muestra la variación de corriente durante el periodo de prueba.

El sensor seleccionado fue el SCT-019-200, un transformador de corriente de núcleo partido (split-core) que mide corrientes alternas de 0 a 200 A rms. Su diseño permite trabajar con conductores de hasta 19 mm de diámetro, adaptándose a los cables de 17 mm utilizados en la infraestructura del edificio (Figura 6). En cambio, el modelo SCT-013-100 sólo admite cables de hasta 13 mm, motivo por el cual fue reemplazado.

Figura 6

Sensor de corriente no invasivo SCT-019-200



Nota. Adaptado de YHDC (s/f).

Este sensor incorpora internamente una resistencia de muestreo de 20Ω y entrega $0.333 V_{rms}$ a plena escala, ofrece una precisión de $\pm 0,5\%$ FS y soporta la frecuencia de la red eléctrica del sistema a 60Hz (Tabla 1).

Tabla 1*Características técnicas y operativas del sensor de corriente SCT-019-200*

Parámetro	Valor típico	Unidad
Corriente nominal	200	A
Salida nominal (a 200 A rms)	0.333	V rms
Resistencia de muestreo	20	Ω
Diámetro de cable admitido	≤ 19	mm
Precisión	± 0.5	% FS
Temp. de operación	-25 a + 70	$^{\circ}\text{C}$
Temp. de almacenamiento	-40 a + 85	$^{\circ}\text{C}$
Rango de frecuencia	20 Hz a 1 kHz	Hz
Aislamiento dieléctrico mínimo	3.5 kV @ 50 Hz 1 min	kV

Nota. Basado en YHDC (s.f.).

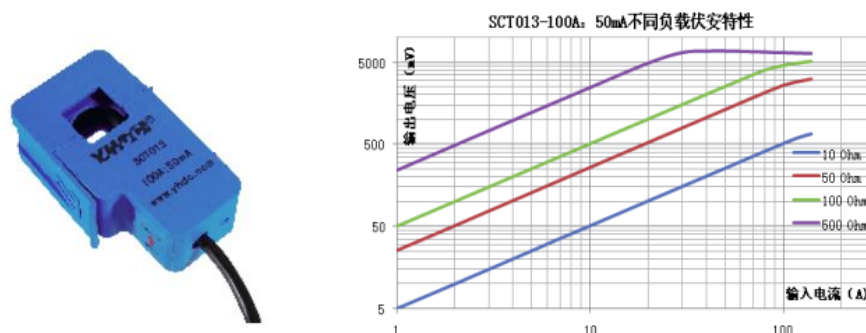
El acondicionamiento de señales requirió el uso de amplificadores operacionales (op-amps) para garantizar precisión en las mediciones. El LM358 se configuró como amplificador no inversor con ganancia fija (Ecuación 5). Esta configuración permitió adaptar señales alternas (± 0.333 V) al rango unipolar del ADC (0- 5 V).

$$G = 1 + \frac{R_f}{R_1} \quad (\text{Ec. 5})$$

Por otro lado, para la parte de generación se optó por el sensor SCT-013-100 (Figura 7) es un transformador de corriente de tipo no invasivo diseñado para medir corrientes alternas de hasta 100 amperios, permitiendo la ampliación del sistema de energía renovable hasta 11kW.

Figura 7

Sensor de corriente no invasivo y curva de detección



Nota. Figura obtenida de YHDC (2015).

Este sensor se seleccionó debido a su precisión en aplicaciones de monitoreo y diseño que evita interrupciones en el sistema eléctrico (Guevara y Ortega, 2019). Para que esta señal sea interpretada por el ADC (convertidor analógico-digital) del microcontrolador, fue necesario acondicionarla para que oscile dentro del rango de 0 a 5 V, cumpliendo con las especificaciones del ADC.

Relación de conversión y resolución. El sensor tiene un rango de medición de corriente entre 0 y 100 A, por lo que la señal de voltaje correspondiente oscila entre 2.5 y 5 V debido al desplazamiento positivo aplicado. Para que el sensor utilice todo su rango de operación sin subutilizarse, la variación de voltaje por cada incremento de 1 A no debe exceder los 25 mV. En caso contrario, el sistema no podría medir corrientes de hasta 100 A, limitando su capacidad de operación a un valor inferior (Medina, 2015). Para representar una corriente de 0 a 100 A, el circuito deberá convertir cada amperio en una variación de 20 mV en la señal de salida. Este ajuste asegura que la señal máxima para 100 A no exceda los 4.5 V, dejando un margen seguro antes de alcanzar el límite de 5 V del ADC. La resistencia

R1 se seleccionará, para que cada amperio provoque una variación de 20 mV en la salida del sensor.

Resolución del ADC. El Arduino Mega cuenta con un convertidor analógico a digital de 10 bits, lo que permite convertir voltajes de entrada entre 0 y el voltaje de operación (5V o 3.3V) en valores enteros que van de 0 a 1023, con estos datos podemos obtener la resolución del ADC según la ecuación 6.

$$Re = \frac{VdO}{2^{n-1}} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

Re: Resolución del convertidor analógico digital [V]

VdO: Voltaje de Operación [V]

n: Número de bits [-]

Esta resolución permite detectar cambios de voltaje tan pequeños como 0.0049V (4.9mV) por unidad (Shapiro, 2001).

Dado que la señal de salida del acondicionamiento del sensor de corriente varía en 20mV por cada amperio, partiendo desde 2.5V cuando la corriente censada es 0. Entonces cuando se censan 100A de corriente, la señal de voltaje (*Vmax*) será de 4.5V que se proporcione al microcontrolador según la ecuación 7.

$$Vmax = 2.5V + 20mV \times A \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

A: Corriente de la Red

Este valor corresponde a un ADC de 920.7161 mediante la ecuación 8.

$$ADC = \frac{V}{4.8875mV} \quad (\text{Ec. 8})$$

Esto nos permite realizar una regla de tres simple (Ec. 9) con la que obtenemos una constante igual a 0.0181159 que se multiplicará a la señal de voltaje de los sensores de corriente y así obtener el valor equivalente de corriente.

$$I = \frac{100A * Vmax}{920.7161} \quad (\text{Ec. 9})$$

3.3.2. Señal de voltaje

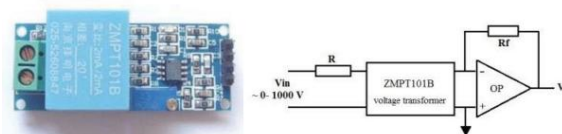
El módulo de voltaje fue empleado como parte central del sistema para el acondicionamiento y medición del voltaje alterno. Este sensor incluye un transformador interno y un divisor resistivo, lo que permite entregar una señal de salida proporcional y ajustada a un rango adecuado para el procesamiento en el microcontrolador, cuenta con un potenciómetro integrado que facilita el ajuste de sensibilidad para asegurar medidas precisas (Farfán et al., 2023; Sanchez et al., 2019).

Tabla 2*Características del sensor de tensión ZMTP 101b*

Características	Descripción
Voltaje de alimentación	3.3V - 5VDC
Voltaje de entrada alterna	250VAC máx.
Señal de salida	Señal analógica senoidal
Aislamiento eléctrico de entrada	Hasta 3000V
Corriente nominal de entrada y salida	2mA
Linealidad	1%
Precisión	0.20%

Nota. Tabla obtenida de (Haglan y Ali, 2021).

El circuito de ajuste permitió generar una señal de salida compatible con los ADC del Arduino (Figura 8), cuya entrada admite un rango de 0 a 5 V. Su diseño garantiza una adecuada relación de conversión, lo que lo convierte en una herramienta eficiente y económica para medir voltajes en tiempo real en aplicaciones de monitoreo energético (Farfán et al., 2023).

Figura 8*Sensor para obtención de señal de voltaje*

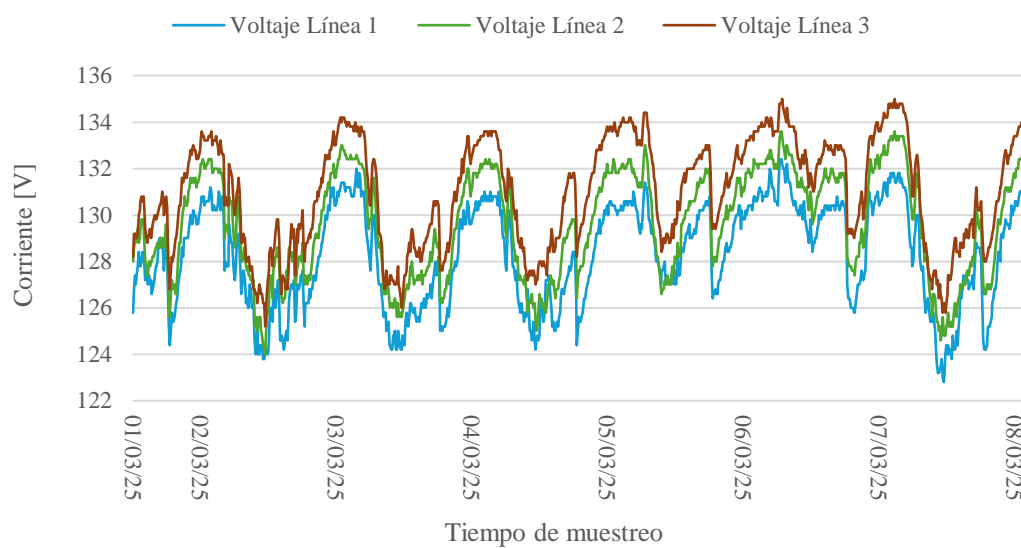
Nota. Figura obtenida de Qingxian Zeming Langxi Electronic (s/f).

Durante la caracterización del sistema eléctrico en la facultad (Figura 9), se observaron picos de voltaje máximos distintos en cada línea:

- Línea 1: $V_{AC1} = 132.4$ V
- Línea 2: $V_{AC2} = 133.6$ V
- Línea 3: $V_{AC3} = 135.0$ V

Figura 9

Mediciones de Voltaje en la caja principal del edificio FICAYA



Nota. La figura muestra la variación de tensión durante el periodo de prueba.

El cálculo del voltaje máximo admisible (V_{max}) incluyó un factor de seguridad ($FS=0.5$), según la siguiente expresión (Ec. 10):

$$V_{max} = V_{AC} \times FS \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

- V_{AC} : Voltaje pico de la red eléctrica.
- FS : Factor de seguridad aplicado (10%).

La relación de transformación (K) entre la salida del sensor y el voltaje de la red eléctrica se determinó mediante la Ecuación 11:

$$K = \frac{V_s}{V_{max}} \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

- V_s : Excursión máxima del sensor (1.17 V).

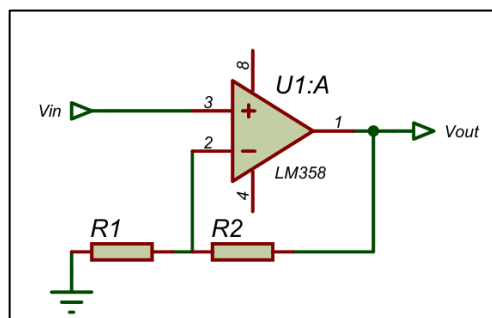
Con el fin de evitar que el circuito operara fuera de su rango permitido se estableció un límite máximo de 3.67 V para la señal proveniente del sensor, incluso bajo condiciones de voltaje elevadas (V_{max}). Esto contribuyó a atenuar el peligro de saturación, que podría causar distorsión en la señal de lectura. La constante K , empleada como un factor de escala, hizo que las señales se mantuvieran en un intervalo lineal, lo que significó que se podrían obtener resultados más estables que se acercaran más al valor real.

3.3.3. Etapas de acondicionamiento de señal

El sensor SCT-019-200 entrega una señal de salida cercana a 0.333 V RMS, valor que resulta bajo para el rango de entrada del convertidor analógico-digital (ADC) integrado. Por ello, fue necesario incorporar una etapa de amplificación mediante un LM358 en modo no inversor (Figura 10). Esta configuración permite trabajar con señales pequeñas sin invertir su polaridad, lo cual fue clave para asegurar que el microcontrolador recibiera un nivel de señal adecuado para su conversión y procesamiento.

Figura 10

Amplificador operacional LM358 en configuración no inversora



La ganancia de esta configuración se define mediante la siguiente expresión

(Ec. 12):

$$V_{out} = V_{in} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde:

V_{out} : es la señal amplificada de salida [V]

V_{in} : es la señal de entrada al amplificador [V]

R_1 : es la resistencia de realimentación [Ω]

R_2 : es la resistencia de entrada [Ω]

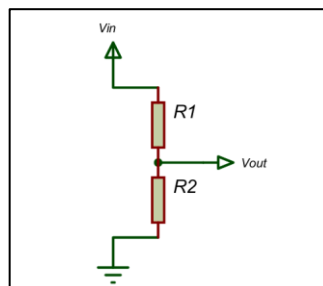
Asimismo, para procesar eventos de cruce por cero en las señales de voltaje y corriente, se integró una etapa de comparación utilizando el circuito integrado LM393.

Este dispositivo permite establecer niveles de referencia definidos por el usuario y generar señales digitales cuando la entrada supera dichos umbrales, facilitando la sincronización entre formas de onda.

La adaptación de señales de voltaje de red a niveles seguros para el ADC se llevó a cabo mediante un divisor resistivo como se muestra en la figura 11.

Figura 11

Configuración circuito divisor de voltaje resistivo



Este circuito reduce proporcionalmente el voltaje de entrada y se describe matemáticamente por la ecuación 13:

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

V_{out} : es el voltaje reducido a la salida del divisor [V]

V_{in} : es el voltaje de entrada [V]

R_1 y R_2 : son las resistencias del divisor [Ω]

Para complementar el acondicionamiento de señal, se utilizó un filtro pasa bajos del tipo RC, con el objetivo de limitar la presencia de componentes de alta frecuencia no deseadas. La frecuencia de corte de este filtro, que determina el punto a partir del cual se atenúan las señales, está dada por (Ec. 14):

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde:

f_c : es la frecuencia de corte [Hz]

R : es la resistencia [Ω]

C : es la capacitancia [F]

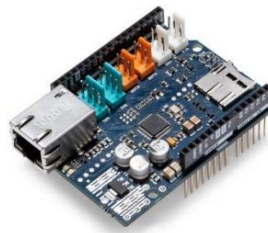
Cada uno de estos bloques de acondicionamiento se considera con base en su función específica dentro del procesamiento de señales eléctricas, permitiendo una integración adecuada al sistema de medición sin comprometer la fidelidad de las señales a ser digitalizadas.

3.3.4. Módulo Ethernet Shield

Para desarrollar el prototipo de monitoreo energético se seleccionó el Ethernet Shield (Figura 12) como la pieza fundamental que conecta el microcontrolador Arduino Mega con la red local usando TCP/IP. Este módulo cuenta con el controlador W5100, que trae integrada una pila TCP/IP completa y puede trabajar con cuatro sockets al mismo tiempo, lo que hace posible transmitir datos de manera confiable y eficiente (Bouraiou et al., 2024; Hossain y Hasan, 2015).

Figura 12

Tarjeta Arduino Ethernet Shield



Nota. Figura obtenida de Arduino (2021).

El Ethernet Shield, que funciona con el chip W5100, presenta características técnicas que resultan apropiadas para las aplicaciones de monitoreo energético. Sus principales especificaciones incluyen:

- **Compatibilidad:** Se integra de manera directa con el Arduino Mega a través de los pines SPI (MISO, MOSI, SCK y SS) ubicados en los pines 50, 51, 52 y 53.
- **Protocolo de comunicación:** Soporte para TCP, UDP, ICMP, ARP para funcionar bien en el LAN.

- Velocidad de transmisión: Hasta 10 Mbps, ideal para la transferencia de grandes volúmenes de datos.
- Alimentación: Operación a 5V suministrados directamente por el Arduino Mega.

Estas especificaciones establecen el modulo apropiado para la transmisión para aplicaciones industriales o domiciliaras (Mustafa, 2023).

Integración con el sistema. El Ethernet Shield se conectó a los microcontroladores mediante los pines SPI y el puerto RJ-45 (Figura 13), para proveer la interfaz física con la red de área local (Hossain y Hasan, 2015). La configuración inicial se necesitó hacer mediante la biblioteca Ethernet.h, con la que es posible establecer algunos parámetros básicos, como por ejemplo: dirección ip, máscara de subred y gateway. Esto resultó en una adecuada comunicación entre el sistema y el servidor central o sistema de monitoreo remoto (Meetoo et al., 2017). Los datos que se obtuvieron de los sensores de corriente y voltaje conectados a los microcontroladores se enviaron hacia el servidor mediante TCP/IP. Con esta metodología se logró transmitir información ya procesada y bien estructurada, lo que ayudó a aprovechar mejor el ancho de banda disponible (Bouraiou et al., 2024).

Figura 13

Conexión del Módulo Ethernet Shield a la placa Arduino Mega 2560



Nota. Figura obtenida de Arduino (2021).

3.3.5. Tarjeta de adquisición

Se empleó el microcontrolador Arduino Mega 2560 y el Arduino UNO para gestionar la adquisición y procesamiento de las señales de corriente y voltaje, obtenidas del SCT-013-100 y los sensores, además de ofrecer puertos de comunicación serial para la transmisión de datos en tiempo real a una interfaz de usuario, permitiendo así la monitorización remota del consumo energético (Padilla et al., 2021a). Las características del Arduino Mega 2560 lo convierten en una herramienta adecuada para proyectos que requieren múltiples entradas y salidas de datos, Esta tarjeta está basada en el microcontrolador ATmega2560 y cuenta con 54 pines digitales de entrada/salida, de los cuales 15 pueden configurarse como salidas PWM. Además, dispone de 16 entradas analógicas, 4 puertos UART para comunicación serial por hardware, un oscilador de 16 MHz, una conexión USB y un conector para alimentación externa (Núñez, 2020).

La alimentación de la placa puede hacerse a partir de una conexión USB o mediante una fuente de alimentación externa con un voltaje de 6 a 20 V. Aunque trabaja bajo toda esta gama, se aconseja no aplicar un voltaje mayor que 12V o menor que 7V para evitar que se desestabilice o se caliente. Viene con un fusible para proteger el puerto USB de su computadora en caso de una sobrecarga o cortocircuito (Arduino, 2019).

La memoria tiene 256 kB de memoria flash para almacenar su código de prototipo, pero de esos se asignan 8kB para el bootloader. Además tiene 8 kB de SRAM y 4 kB de EEPROM. Esta memoria es suficiente para procesar y manejar los datos que obtiene el sistema durante las mediciones (Núñez, 2020).

Estas características justifican la elección del Arduino Mega como componente principal del sistema de monitoreo. Sus entradas analógicas múltiples facilitan mediciones simultáneas de diferentes parámetros, su procesamiento en tiempo real y la transmisión de resultados hacia el sistema de monitoreo remoto. Este enfoque asegura una implementación eficiente y escalable del sistema, siendo compatible con futuros desarrollos tecnológicos (Arduino, 2019; Núñez, 2020).

Para el sistema de generación, se utilizó el Arduino UNO, un microcontrolador cuyas características son similares a las del Arduino Mega, como se detalla en la Tabla 3. Sin embargo, el Arduino UNO cuenta con menos entradas y salidas, lo que lo hace adecuado para sistemas monofásicos debido a los menores requerimientos de medición y procesamiento de datos en comparación con sistemas trifásicos.

Tabla 3

Especificaciones Técnicas de Placa Arduino UNO

Parámetro	Especificación
Voltaje de Entrada	7-12V (Jack DC), 5V (USB)
Corriente Máxima de Salida	40 mA por pin
Procesador	ATmega328P
Oscilador	16 MHz
Pines Analógicos	6
Pines Digitales	14
Pines PWM	6
Otras Especificaciones	4 LED's (TX, RX, Pin 13, Indicador de energía), Botón de reinicio
Memoria Flash	32 kB

Nota. Obtenido de (Nayyar y Puri, 2016).

3.4. Procesamiento y transmisión de datos

3.4.1 Cálculo del valor eficaz de la tensión (V_{rms})

Para obtener el valor eficaz de la tensión se realizó un muestreo periódico de la señal que proporcionaba el sensor ZMPT101B. A cada muestra obtenida se le aplicó una corrección restándole el valor de referencia fijo del sensor.

A partir de las muestras corregidas se aplicó el cálculo cuadrático medio, seguido de la raíz cuadrada del promedio obtenido y se ajustó mediante un factor de calibración específico para el sensor. El procedimiento se expresó mediante la ecuación 15.

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v_i - v_{offset})^2} \times K_v \quad (\text{Ec. 15})$$

Donde:

- V_{rms} : es el valor eficaz de la tensión [V]
- N : es el número total de muestras por ciclo
- v_i : representa el valor de la muestra i -ésima [V]
- v_{offset} : es el valor medio de la señal en reposo [V]
- K_v : es el factor de calibración de voltaje específico para cada fase [-]

3.4.2. Cálculo del valor eficaz de la corriente (I_{rms})

El cálculo del valor eficaz se realizó elevando al cuadrado las muestras corregidas, obteniendo su promedio, y extrayendo la raíz cuadrada del resultado. Al igual que en el voltaje rms, se utilizó un factor de calibración propio del sensor (Ec.16)

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (i_i - I_{offset})^2} \times K_i \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde:

- I_{rms} : es la corriente eficaz
- i_i : es la muestra i-ésima transformada a amperios
- I_{offset} : corresponde al valor medio medido en ausencia de carga
- K_i : es el factor de calibración de corriente para cada fase

3.4.3. Cálculo del factor de potencia

El factor de potencia (FP), definido como la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), es un parámetro fundamental para evaluar la eficiencia energética del sistema eléctrico del edificio FICAYA. Su determinación precisa requiere medir el desfase angular (θ) entre las formas de onda de voltaje (V) y corriente (I). Se implementó el método de cruce por cero, seleccionado por su equilibrio entre precisión y bajo costo computacional en sistemas con señales sinusoidales estables.

La metodología se basa en detectar los instantes en que las señales de voltaje y corriente atraviesan el nivel de 0 V, ya sea en flanco de subida o de bajada. Para ello, se realizó un circuito para obtener las interrupciones en los pines digitales del Arduino Mega 2560, asignados a las señales previamente acondicionadas de voltaje y corriente.

3.4.4. Transmisión de Datos

El sistema diseñado para la medición de la huella de carbono en tiempo real integra componentes de hardware y software que permiten la adquisición,

procesamiento y transmisión de datos hacia una interfaz remota desarrollada en LabVIEW. Durante el funcionamiento del sistema, los datos que recogen los sensores deben pasar primero por una etapa de procesamiento. Esta tarea la realizan los microcontroladores, que transforman las señales analógicas en información útil para su interpretación posterior. Paralelamente, el módulo Ethernet cumple la función de transmitir esa información, utilizando el protocolo TCP/IP, lo cual permite mantener una conexión estable entre el prototipo y el cliente. Con este enfoque, los datos fluyen en tiempo real y pueden ser convertidos en parámetros eléctricos que se analizan posteriormente (Padilla et al., 2021b)

Por otra parte, dos librerías deben ser añadidas en el código para que el sistema sea funcional, SPI.h y Ethernet.h, que facilitan la comunicación entre el microcontrolador y el módulo de red. En esta fase, se establecen parámetros simples como la dirección MAC del dispositivo, la IP que se usará, la puerta de enlace y la máscara de subred.. Todo este conjunto de datos permite que el dispositivo se conecte a la red local sin problemas y mantenga el envío de información de forma estable. Esto permite integrar el sistema en la red local y evita conflictos de direccionamiento. Se eligió una dirección IP fija para mejorar la estabilidad de conexión con el cliente en LabVIEW.

Este módulo soporta varios protocolos de red como TCP y UDP, convirtiéndolo en una herramienta versátil para monitoreo energético (Ponce y Santillán, 2016).

En LabVIEW, los datos recibidos se convierten en valores de corriente y voltaje aplicando algoritmos de calibración definidos previamente.

Arduino procesa las señales enviadas por los sensores, mientras que LabVIEW presenta esos datos de forma visual, lo que facilita la interpretación en tiempo real por parte del usuario (Gupta et al., 2021; Tawfik et al., 2012). De esta forma, se combinan el procesamiento local con una interfaz gráfica sencilla y clara.

Para la comunicación, TCP/IP asegura que los datos se reciban completos y sin errores a través de mecanismos en los que se verifica la información y se reenvían los paquetes perdidos si es necesario. También se puede usar este protocolo para administrar varias conexiones al mismo tiempo, con lo que se pueden conectar varios usuarios o dispositivos sin problemas (Bouraiou et al., 2024). Esto es especialmente ventajoso, en particular, para aplicaciones en las que el monitoreo remoto se lleva a cabo desde varias ubicaciones.

El sistema está diseñado de manera modular, por lo que se pueden agregar nuevos sensores o funciones más adelante sin necesidad de modificar lo que ya está funcionando. Esto hace posible ampliar el alcance del proyecto a medida que surjan nuevas necesidades.

3.5. Validación del prototipo

3.5.1. Analizador de Red MI-2792 Power Q4 Plus

Para validar el prototipo, se utilizó el analizador eléctrico trifásico MI-2792 Power Q4 Plus de METREL. Este dispositivo portátil mide parámetros como corriente, voltaje y factor de potencia en entornos industriales y comerciales. Además, cumple con los estándares internacionales IEC 61557-12 e IEEE 1459, lo que garantiza la precisión de los datos recolectados durante las pruebas (METREL, 2010).

Aunque incluye funcionalidades avanzadas como medición de armónicos y flicker, en esta investigación se utilizó para obtener las variables principales necesarias para comparar con el prototipo.

Tabla 4

Especificaciones del analizador MI-2792 Power Q4 Plus

Parámetro	Especificación
Canales de Voltaje	4 entradas (L1, L2, L3, N); rango: 0–1000; precisión: $\pm 0.5\%$.
Canales de Corriente	4 entradas (I1, I2, I3, IN); soporta pinzas hasta 3000 A; precisión: $\pm 0.5\%$.
Factor de Potencia (DPF/Cos ϕ)	Rango: -1 a 1; precisión: $\pm 0.5\%$.
Frecuencia	Rango: 42.5–57.5 Hz (50 Hz) o 51.5–68.5 Hz (60 Hz); precisión: ± 0.01 Hz.
Estándares Cumplidos	IEC 61557-12 (potencia), EN 61010-1 (seguridad).

Nota: datos obtenidos de METREL (2010).

3.5.2. Métodos de validación estadística

Para evaluar qué tan precisos son los sistemas predictivos y modelos de medición se emplean comúnmente métodos estadísticos como el Error Absoluto Medio (MAE), el Error Absoluto Porcentual Medio (MAPE) y el Error Cuadrático Medio (MSE). Con estos métodos se pueden examinar de forma efectiva las diferencias que existen entre los valores observados y los que se estiman, lo que genera indicadores importantes para conocer cómo se comportan los modelos (Saigustia y Pijarski, 2023; Halimawan y Sukarno, 2019).

3.5.3. Error absoluto medio

El MAE calcula el promedio de las diferencias absolutas entre los valores observados (y_i) y los valores predichos (\hat{y}_i). Se expresa como la ecuación 17:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (\text{Ec. 17})$$

El MAE es una métrica directa que permite interpretar el error promedio en las mismas unidades que los datos originales, proporcionando claridad en aplicaciones donde los errores grandes no tienen mayor impacto que los pequeños (Hodson, 2022).

3.5.4. Error absoluto porcentual medio

El MAPE, por su parte, mide los errores en términos porcentuales, lo que facilita la comparación entre conjuntos de datos con diferentes escalas (Ec. 18).

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \quad (\text{Ec. 18})$$

El resultado del MAPE se expresa como un porcentaje, lo que lo convierte en una métrica ideal para evaluar sistemas en los que el error relativo es más relevante que el absoluto (Halimawan y Sukarno, 2019).

3.5.5. Error cuadrático medio

El MSE mide el promedio de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados y los estimados (Ec. 19).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (\text{Ec. 19})$$

Se emplean las siguientes notaciones comunes para la ecuación 17,18 y 19:

- y_i : Representa los valores medidos o reales del sistema.

- \hat{y}_i : Corresponde a los valores estimados por el modelo o sistema en evaluación.
- n : Es el número total de observaciones realizadas.

El MSE penaliza más los errores grandes, debido a que toma el cuadrado de las diferencias, lo cual es bueno en casos donde las desviaciones grandes del valor verdadero implican un costo alto. También sirve como input para derivar la métrica del Root Mean Square Error (RMSE) que cambia la unidad de medida a la del rango original de los datos (Hodson, 2022). El MAE es útil cuando se necesita interpretar el error promedio en las mismas unidades que los datos observados (Halimawan y Sukarno, 2019).

El MAPE resulta más relevante en análisis relativos porque expresa el error como porcentaje, lo que facilita comparar diferentes escalas de medición (Hodson, 2022).

El MSE, o error cuadrático medio, suele utilizarse cuando se busca dar mayor peso a los errores más grandes dentro de una medición. Esto lo hace especialmente útil en sistemas donde las discrepancias grandes pueden afectar la interpretación general de los datos (Saigustia y Pijarski, 2023; Hodson, 2022).

3.5.6. Prueba de Bland–Altman

La prueba o análisis de Bland-Altman es un método estadístico utilizado para evaluar la concordancia entre dos mediciones cuantitativas del mismo parámetro, se centra en la cuantificación del acuerdo entre métodos, mostrando gráficamente las diferencias entre las mediciones frente a su promedio. Este análisis permite identificar sesgos sistemáticos, evaluar la variabilidad y establecer

intervalos de confianza dentro de los cuales se considera aceptable la diferencia entre los métodos (Nave & Nave, 2023).

En este trabajo se validó el prototipo comparando sus resultados con los de un equipo de referencia calibrado, bajo condiciones reales de funcionamiento. El procedimiento permitió analizar si las mediciones del prototipo tanto de corriente como de voltaje coincidían con las obtenidas por el patrón, este tipo de verificación también fue usado por Sanchez et al. (2019) quienes resaltan su utilidad para asegurar la confiabilidad y trazabilidad del sistema.

Para llevar a cabo la validación, primero se configuraron ambos equipos. El prototipo fue preparado para registrar corriente y voltaje en tiempo real, mientras que el instrumento patrón fue ajustado para la toma de datos. Una vez listos, se iniciaron las pruebas comparativas, que se extendieron durante varios días para asegurar un muestreo representativo de las condiciones reales de operación.

- Las mediciones de corriente y voltaje fueron registradas de manera simultánea tanto por el prototipo como por el patrón de referencia. Se llevó a cabo un proceso de recopilación de datos que consistirá en realizar al menos 1008 mediciones, distribuidas en intervalos de 10 minutos a lo largo de un período continuo de 7 días. Esta metodología sigue lo establecido por la normativa de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad, (2018) que estipula la necesidad de realizar un número mínimo de mediciones durante un período de tiempo determinado para garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos en estudios de calidad de medición de energía.

- En caso de detectarse desviaciones significativas entre las mediciones del prototipo y las del patrón, se realizaron ajustes en los algoritmos de cálculo para optimizar la precisión del sistema.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

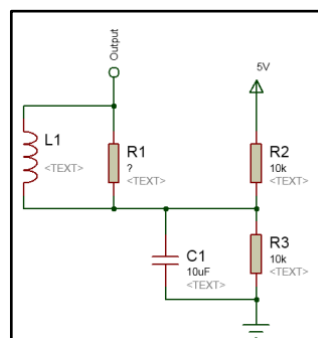
4.1. Diseño e implementación del sistema de medición en tiempo real

4.1.1. Acondicionamiento de la señal del sensor SCT-013-100

Se realizó un divisor de voltaje usando las resistencias R2 y R3 de 10 k Ω conectadas al pin de alimentación de 5 V del Arduino. Esto generó un voltaje de referencia estable de 2.5 V en el punto de salida del divisor resistivo. Al igual que Medina (2015) la señal alterna del sensor se acopló a este punto mediante un capacitor de 10 μ F, garantizando que la salida final esté desplazada positivamente (Figura 14).

Figura 14

Circuito eléctrico para acondicionamiento de señal de corriente para el sensor SCT-013



Nota. Circuito simulado en Proteus 8 Professional

L1: Transformador de corriente

R1: Resistencia para ajustar la conversión entre corriente y voltaje

R2 y R3: Resistencias del divisor para generar el voltaje de referencia de 2.5 V

C1: Filtra ruido e inestabilidades

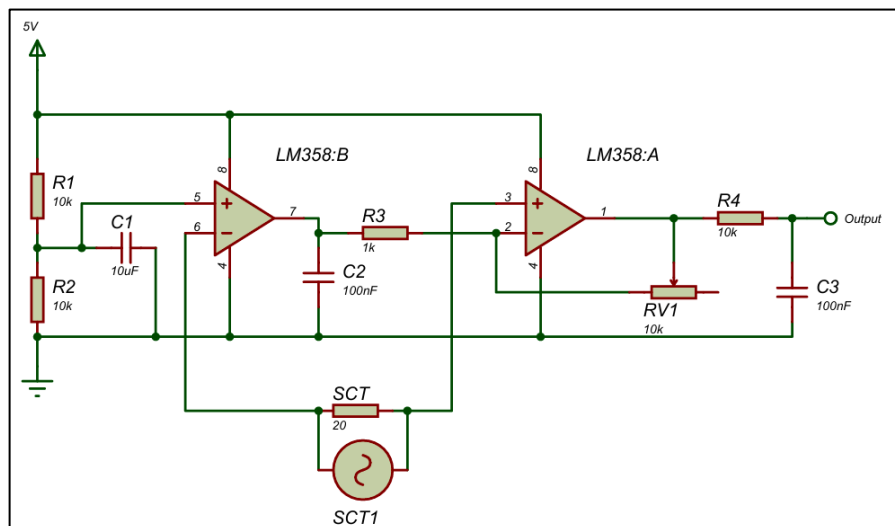
4.1.2 Acondicionamiento de señal para el SCT-019-200

Se creó una referencia de 2.5 V mediante un divisor resistivo al igual que con el sensor SCT-013, desacoplado con un electrolítico de 10 μF y dos cerámicos de 100 nF. Esta referencia se bufferiza (separación de circuitos) con el segundo canal de un LM358 para mantener baja impedancia.

La tensión del sensor se aplicó a la entrada no inversora del primer canal del LM358 a través de una resistencia de 1 k Ω . La realimentación se estableció con un potenciómetro de precisión de 10 k Ω conectada a la referencia de 2.5 V, lo que permitió fijar una ganancia de 9.2. Esta ganancia se fundamenta en el estudio preliminar, que registró un pico máximo de 70.18 A, lo cual genera aproximadamente 0.116 V rms de señal amplificada a ± 1.06 V rms sobre la referencia sin acercarse a la saturación del LM358 ni exceder el límite del ADC (Figura 15).

Figura 15

Circuito eléctrico para acondicionamiento de señal de corriente del sensor SCT-019-200.



Nota. Circuito simulado en Proteus 8 Professional

4.1.3. Configuración para señal de voltaje

El módulo ZMPT101B genera una señal de salida centrada en 2.5 V con excursión máxima de ± 1.17 V (pico), definiendo un rango dinámico de 3.67 V como límite superior de operación. Para asegurar precisión en la medición ante posibles variaciones transitorias en la red eléctrica, se aplicó un margen de seguridad del 10% sobre el voltaje nominal máximo de cada línea eléctrica.

El sensor de voltaje se conectó directamente al Arduino usando un canal analógico. Los datos obtenidos permitieron calcular parámetros como voltaje RMS y potencia activa. Estos valores se procesaron en tiempo real, proporcionando información clave para el análisis energético y cálculo de huella de carbono del sistema.

4.1.4. Circuito de cruce por cero

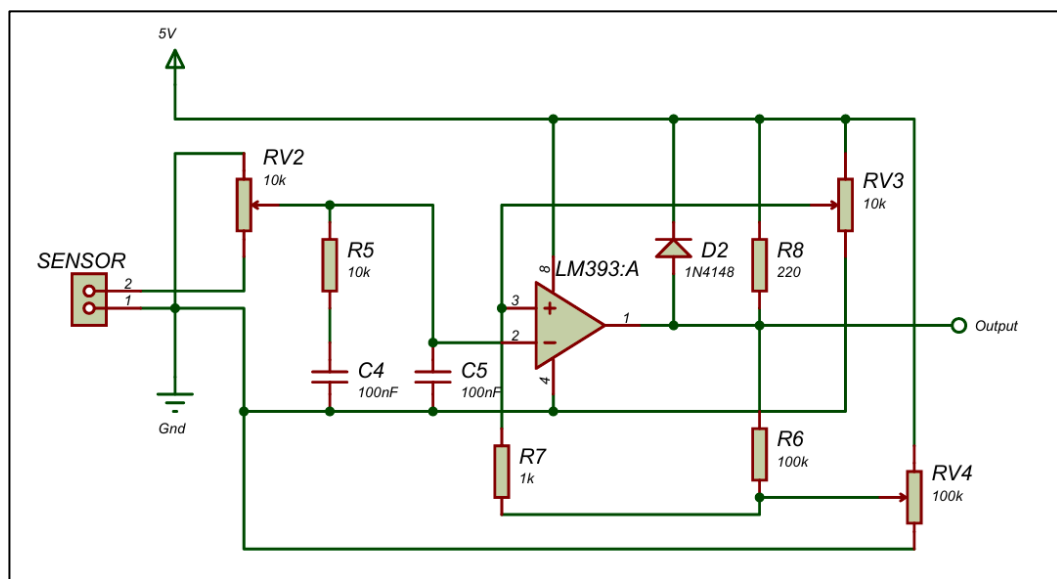
Para convertir las ondas sinusoidales de tensión y corriente en eventos digitales se usó un comparador LM393 configurado como detector de cruce por cero (Figura 16). La señal analógica, desplazada a 2.5 V mediante el acondicionamiento previo también llega a un potenciómetro (RV1) para asegurar que el valor se encuentre centrado, entra a la entrada inversora del comparador, mientras la entrada no inversora recibe un umbral ajustable mediante un potenciómetro (RV3) también centrado en 2.5 V.

Cuando la señal atraviesa este umbral, el LM393 conmuta su salida de colector abierto, generando un pulso que marca exactamente el cruce por cero de la señal original. Para evitar fluctuaciones cerca del punto de conmutación, se añadió una pequeña histéresis usando un potenciómetro de histéresis (RV4) en la realimentación interna del comparador. Se incorporó un filtro analógico pasa bajos

RC (10 k Ω , 100 nF) en las etapas de acondicionamiento de señales, con una frecuencia de corte de 1.6 kHz, diseñado para atenuar componentes de alta frecuencia sin alterar la onda fundamental. La salida del LM393 se conectó a VCC (5 V) a través de una resistencia pull-up y presenta un diodo 1N4148 antiparalelo para limitar eventuales picos transitorios.

Figura 16

Detector de cruce por cero basado en LM393



Nota. Circuito simulado en Proteus 8 Professional

Estas interrupciones activan rutinas que registran los tiempos de cruce (t_v para voltaje y t_i para corriente) con resolución de microsegundos.

Complementariamente, el código del Arduino implementa un promedio digital de 20 mediciones consecutivas de θ , descartando valores atípicos mediante un algoritmo de umbrales dinámicos. Este algoritmo compara las amplitudes RMS de V e I con límites operativos definidos previamente, descartando ciclos que superen estos rangos para evitar cálculos incorrectos.

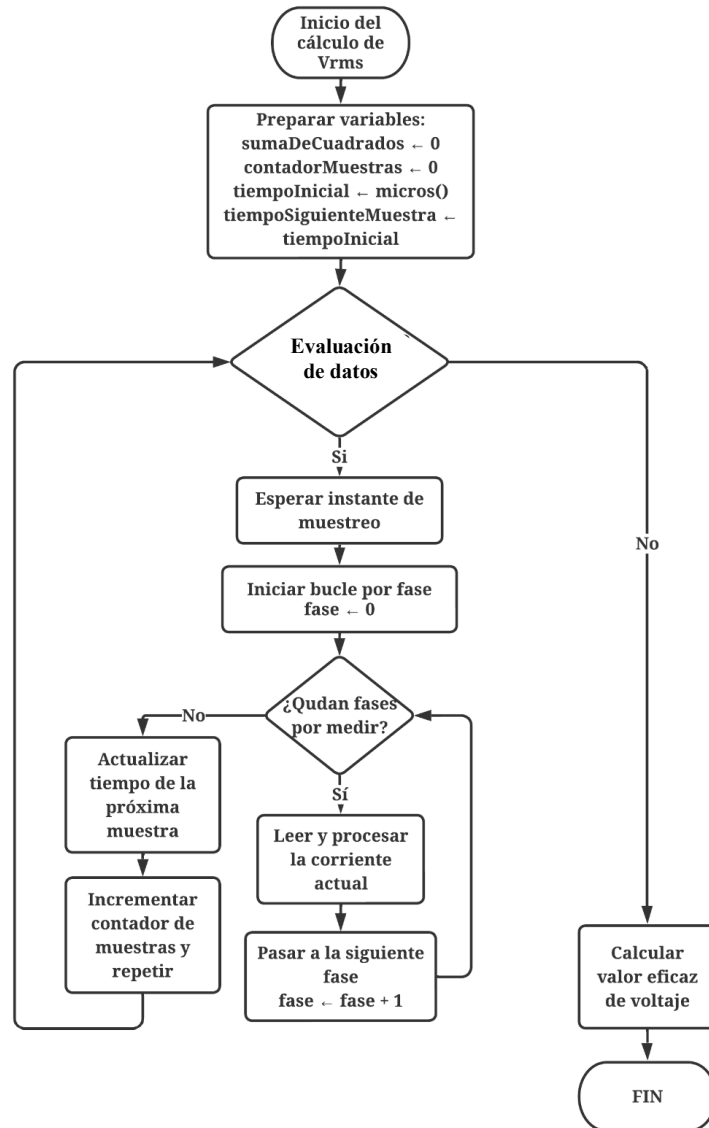
4.1.5. Algoritmos de Cálculo y Procesamiento

Cálculo del voltaje eficaz (V_{rms}). El cálculo del valor eficaz de la tensión eléctrica en cada fase se hizo mediante muestreo directo de la señal analógica del acondicionamiento de voltaje. Este proceso se ejecuta periódicamente en el microcontrolador, usando como base el periodo de una onda de 60 Hz (aproximadamente 16.67 milisegundos), con 200 muestras por ciclo distribuidas cada 83.33 microsegundos.

Las muestras adquiridas mediante el convertidor analógico-digital (ADC) son transformadas a valores de voltaje, y a cada una se le resta un valor de referencia (offset) previamente calibrado para cada fase. De este modo se obtiene la componente alterna pura, centrada en cero. Posteriormente, se eleva al cuadrado cada una de las muestras corregidas y se acumula el resultado. Una vez completado el ciclo de muestreo, se calcula el promedio cuadrático y se extrae su raíz cuadrada según la ecuación 12 desarrollada en la metodología, lo que permitió obtener el valor eficaz de la señal (Figura 17).

Figura 17

Diagrama de flujo del cálculo del valor eficaz de voltaje (V_{rms}) por fase

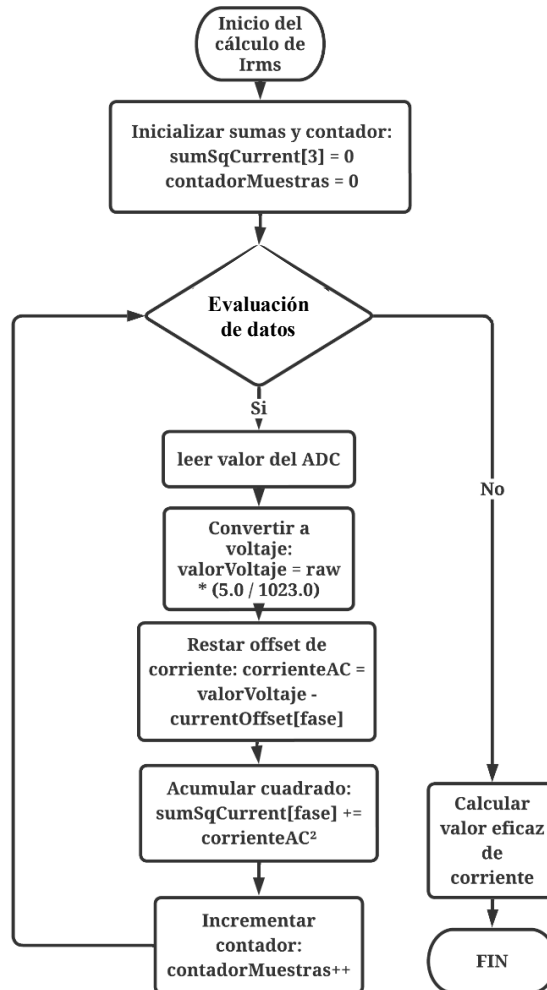


Cálculo de la corriente eficaz (I_{rms}). Para obtener el valor eficaz de la corriente en cada fase, se siguió una metodología análoga al cálculo de tensión, aprovechando las mismas 200 muestras por ciclo de 60 Hz. Cada lectura del ADC, una vez convertida a amperios mediante el factor de calibración correspondiente y corregida con el offset de corriente, se eleva al cuadrado y acumula según se muestra en la Figura 16. Al término del período de muestreo, se calcula el promedio

de esos cuadrados y se extrae la raíz cuadrada mediante la ecuación 13 citada en la metodología.

Figura 18

Diagrama de flujo del cálculo del valor eficaz de corriente (Irms) por fase



Mediante este proceso, el sistema obtiene lecturas estables de corriente eficaz, fundamentales para evaluar el desempeño energético y para el posterior cálculo del factor de potencia.

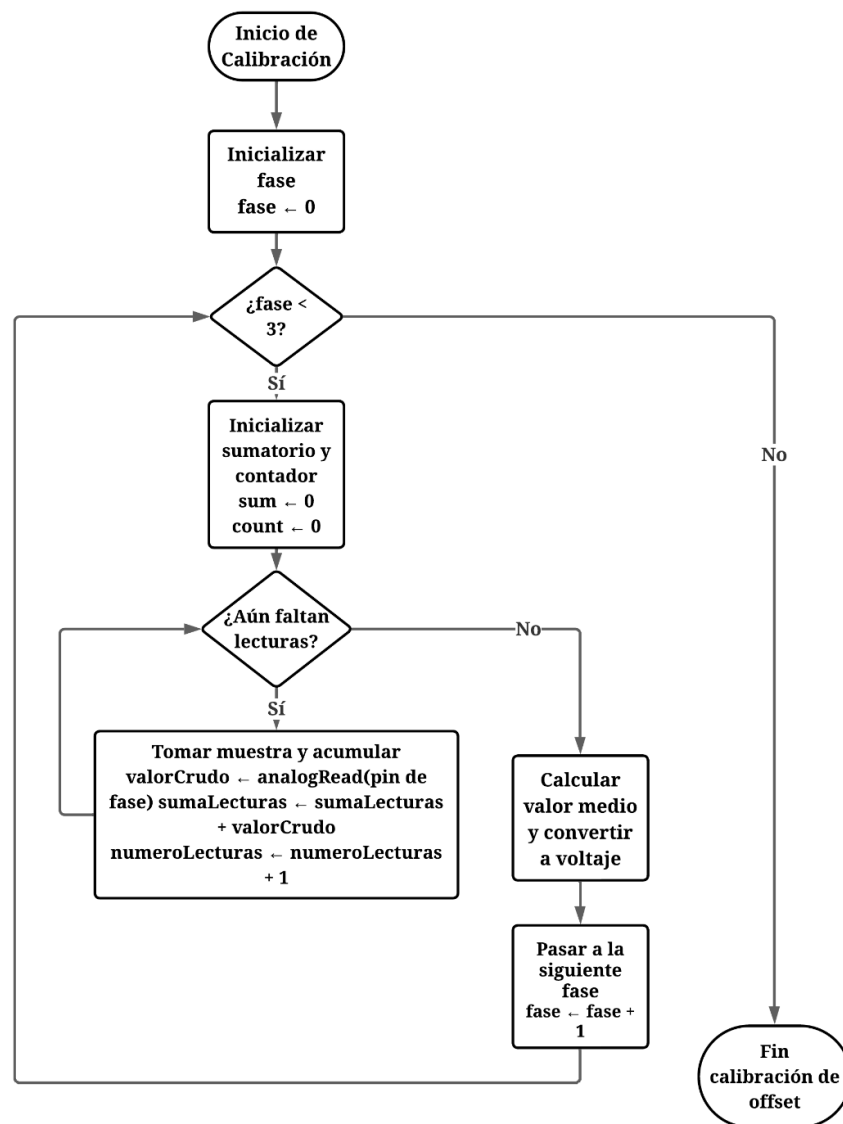
4.1.6. Calibración de Offset

Para asegurar que las mediciones reflejen únicamente la componente alterna de la señal, se implementó una rutina de calibración de offset tanto para los sensores

de voltaje como para los de corriente. Cada fase se calibró por separado tomando un gran número de lecturas en reposo sin señal aplicada, y así promediar esos valores crudos del ADC para obtener el desplazamiento en voltios. A continuación, ese valor medio se resta de cada lectura de forma sistemática. El diagrama de flujo en la Figura 17 resume este procedimiento, que se repite para las tres fases y garantiza que los cálculos de V_{rms} e I_{rms} no se vean afectados por componentes DC o desajustes del acondicionamiento.

Figura 19

Diagrama de flujo para calibración de offset de corriente y voltaje

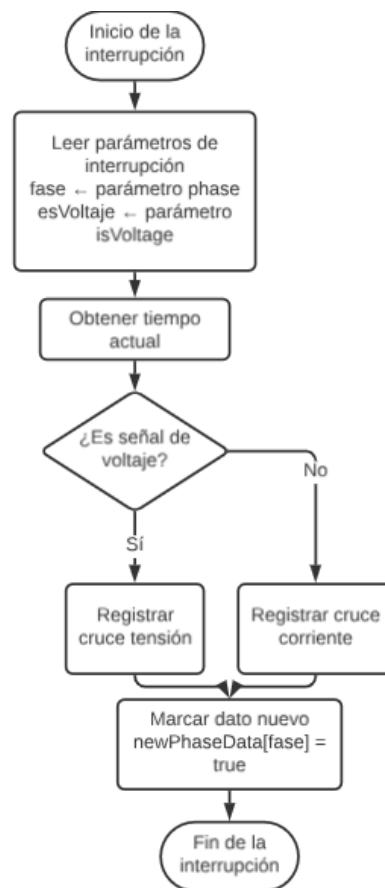


4.1.7. Cruce por cero de las señales

Con el objetivo de determinar el ángulo de desfase entre las señales de voltaje y corriente, se implementó una rutina de interrupción para la detección de cruce por cero. Esta rutina se activa cada vez que las señales acondicionadas atraviesan el nivel de referencia en flanco ascendente. El flujo de ejecución se muestra en la Figura 18, donde se observa que, al ocurrir una interrupción, el sistema registra el instante exacto en microsegundos correspondiente al cruce de voltaje o de corriente, según corresponda. Además, se actualiza una bandera que indica la disponibilidad de nuevos datos para el cálculo del desfase.

Figura 20

Diagrama de flujo para registrar cruces por cero de las señales



Este mecanismo garantiza una sincronización precisa en sistemas monofásicos o trifásicos y permite obtener el factor de potencia en tiempo real con un bajo costo computacional.

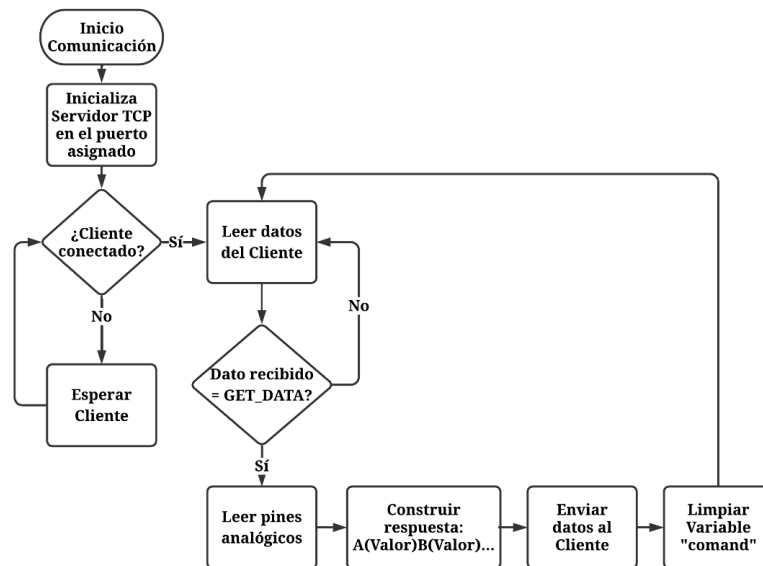
4.1.8. Comunicación del sistema

El servidor TCP configurado en el Arduino escucha solicitudes entrantes en el puerto 8080. Una vez que un cliente se conecta, el sistema procesa comandos enviados desde LabVIEW. Por medio de LabVIEW, activa la lectura de señales desde los pines analógicos del Arduino, que están conectados a los sensores de corriente y voltaje. Estos valores, representados en un formato digital, se encapsulan en una cadena de texto estructurada antes de ser transmitidos al cliente. Este formato incluye identificadores específicos para cada sensor y termina con un carácter delimitador, lo que facilita su interpretación en el cliente.

El flujo de trabajo del sistema puede describirse mediante el siguiente flujograma (Figura 19).

Figura 21

Diagrama de flujo para comunicación TCP/IP desde Arduino

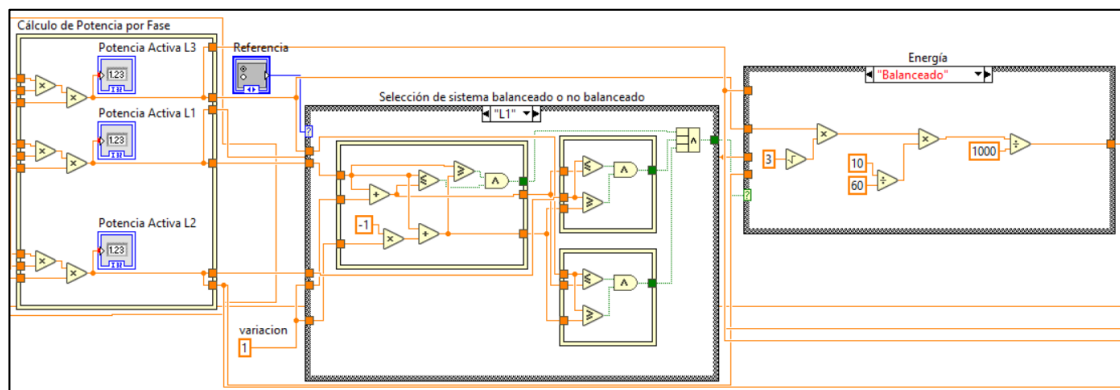


4.1.9. Cálculo de huella de carbono

En LabVIEW se reciben las señales de corriente y voltaje provenientes de los sensores, las cuales son procesadas para transformarlas en los valores de potencia y energía consumida. Con el fin de garantizar que el cálculo de energía y por ende el de la huella de carbono sea preciso, se implementó un método de cálculo de la potencia trifásica que considera de manera individual las tres fases del sistema (figura 22).

Figura 22

Programación del sistema de selección para cálculo energético



El programa compara los valores de potencia de cada fase para determinar si el sistema se encuentra balanceado o desbalanceado. En caso de identificarse un desbalance, se genera una señal digital que activa un *case structure*, dentro del cual se ejecuta la ecuación correspondiente según la condición detectada.

Se incorporó un selector de fase de referencia que permite elegir entre las tres fases, reforzando la robustez del sistema en situaciones donde alguna fase no esté disponible. Esta funcionalidad asegura la continuidad en el monitoreo y en los cálculos de potencia y energía, manteniendo la confiabilidad del prototipo para la medición de la huella de carbono en tiempo real.

4.2. Implementación del sistema con monitoreo en tiempo real

4.2.1. Ensamblaje del prototipo

Una vez concluidas las etapas de diseño electrónico y construcción de las placas de circuito impreso (PCB), se procedió al ensamblaje físico del prototipo medidor de huella de carbono. El sistema se conforma por tres placas independientes, una para el cruce por cero de voltaje, otra para el acondicionamiento de la señal de corriente, y una tercera para el cruce por cero de corriente.

Para realizar la conexión entre los microcontroladores y las diferentes placas del sistema, se utilizaron cables conectados a borneras tipo PCB. Esta elección facilitó no solo la instalación inicial, sino también futuras tareas de mantenimiento, ya que permite montar y desmontar partes del sistema sin necesidad de intervenir el resto del circuito. Esta configuración modular también permite reemplazar o reubicar sensores con mayor facilidad, lo cual aporta flexibilidad al funcionamiento general del dispositivo.

En cuanto al montaje del prototipo, se optó por una caja de paso con certificación IP65, seleccionada por su capacidad para soportar condiciones ambientales cambiantes, algo clave para proteger componentes eléctricos. Además, el diseño interno de la caja buscó mantener una organización clara de los elementos, reduciendo posibles interferencias y asegurando que el sistema esté protegido ante manipulaciones externas no deseadas (Figura 23).

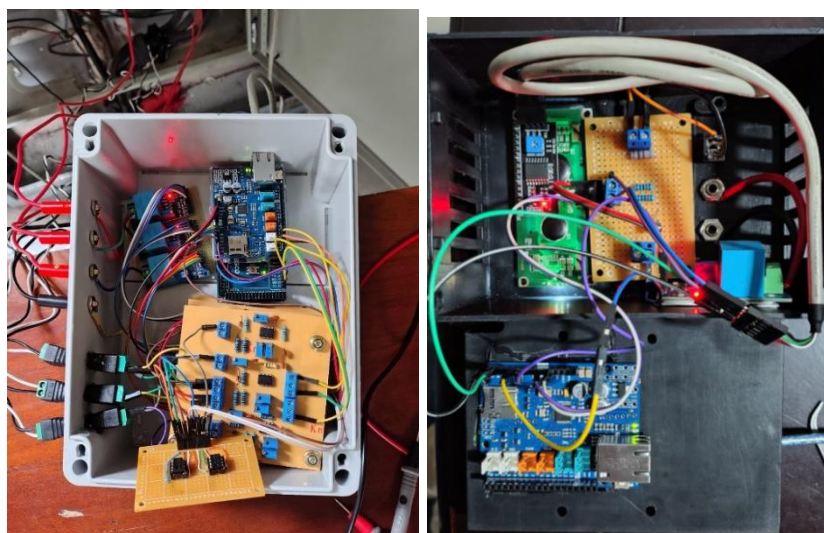
A nivel estructural, el sistema se divide en dos subconjuntos. El primero corresponde al monitoreo del consumo trifásico del edificio y el segundo

subconjunto corresponde al sistema de generación eléctrica monofásica, el cual está conectado a un sistema de generación off grid.

Los dos sistemas tienen conexión ethernet, lo que permite transmitir datos en paralelo con el servidor.

Figura 23

Vista de la conexión interna del prototipo ensamblado



A nivel de sistema, se diseñó para ser adaptable a diferentes escenarios en la universidad. Por tanto, se optó por un diseño modular y desmontable que no solo facilita su mantenimiento, sino también posibles ampliaciones o reubicaciones. La utilización de sensores no invasivos también permitió realizar toda la instalación sin interrumpir el suministro eléctrico existente, reduciendo riesgos y facilitando el montaje.

4.2.2 Interfaz gráfica

El prototipo fue programado para recolectar y procesar información eléctrica en tiempo real. Gracias al uso de un módulo Ethernet Shield, los datos

Para garantizar el resguardo de la información, todo el contenido generado se almacena en formato Excel en un servidor local. Esto permite revisar el historial cuando sea necesario y facilita la elaboración de informes o comparaciones a lo largo del tiempo.

4.2.3. Lecturas del sistema bajo condiciones reales

El sistema se mantuvo en funcionamiento durante siete días continuos, conectadas cargas representativas como luminarias, proyectores, computadoras y equipos de laboratorio que se encuentran en el edificio. Obteniendo como resultados valores promedio que reflejan el desbalance en la distribución de las cargas (Tabla 5), por lo que resultó óptimo calcular la energía partiendo de las potencias individuales.

Tabla 5

Valores de los parámetros eléctricos promedio

	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de Potencia	Energía diaria promedio (kW h/día)
Consumo Línea 1	130.08	30.09	0.94	88.36
Consumo Línea 2	131.54	13.64	0.93	40.05
Consumo Línea 3	133.21	16.07	0.88	45.23
Generación	119.00	3.00	1.00	0.36

La línea 1 presentó el mayor nivel de carga, lo que indica una distribución asimétrica del consumo entre fases, aspecto que puede optimizarse en futuras estrategias de eficiencia energética. En cuanto al sistema de generación eléctrica monofásico, contribuye de forma directa a la reducción de consumo proveniente de la red sin embargo el sistema representa un 0.2% de la energía total.

La energía diaria representa un consumo total estimado de 173.64 kWh diarios durante el periodo de análisis. Aplicando el factor de emisión correspondiente al Sistema Nacional Interconectado del Ecuador (0.092 t CO₂-eq/MWh), se estima que la huella de carbono generada por este consumo equivale a 15.97 kg de CO₂ por día, considerando únicamente el alcance 2, relacionado con la electricidad adquirida.

La línea 1 presenta casi el doble de consumo respecto a las otras dos fases, lo que conlleva una huella de carbono diaria de aproximadamente 8.1 kg CO₂-eq, frente a 3.7 kg y 4.2 kg para L2 y L3, respectivamente. Este desequilibrio genera una carga excesiva en L1 que incrementa las pérdidas por distribución y produce un impacto ambiental mayor en esa fase.

4.3. Análisis estadístico del prototipo

4.3.1 Comparación y validación estadística del prototipo

El análisis estadístico realizado a partir de los datos del sistema, presentado en la Tabla 6, confirma la precisión de las mediciones obtenidas por el prototipo bajo condiciones operativas reales. Teniendo como resultados para el voltaje un Error Absoluto Medio (MAE) que no superó 1.30 V en ninguna fase, equivalente a menos del 1% del valor nominal ($MAPE \leq 1\%$). La baja magnitud del Error Cuadrático Medio ($MSE \leq 2.54$) confirma además la ausencia de errores atípicos significativos.

En el caso de la corriente los resultados se alinean con los márgenes aceptables para monitorización. La fase L1 registró un MAE de 1.31 A ($MAPE =$

4.96%). El MSE de 2.55 en esta misma fase sugiere la presencia de una dispersión moderada en los datos, asociada a variaciones durante picos de carga.

El sistema monofásico de generación demostró una alta precisión, con un MAE de corriente de 0.12 A y MSE de 0.0144. Estos resultados apoyan su aplicabilidad en entornos fotovoltaicos. De igual forma, la medición del factor de potencia parámetro crítico para el cálculo de emisiones mostró alta precisión: $MAE \leq 0.023$, $MAPE \leq 2.44\%$ y $MSE \leq 0.0007$. La mínima varianza durante el tiempo de operación corrobora la efectividad del método de cruce por cero implementado.

Tabla 6

Errores estadísticos del prototipo frente al MI 2792 Power Q4 Plus

Parámetro	Sistema	Fase	MAE	MAPE (%)	MSE
Voltaje (V)	Trifásico	L1	1.30 V	1.00	2.54
		L2	1.26 V	0.95	2.17
		L3	0.87 V	0.65	1.20
	Monofásico	-	1.12 V	0.98	1.25
Corriente (A)	Trifásico	L1	1.31 A	4.96	2.55
		L2	0.78 A	4.97	1.20
		L3	0.83 A	4.20	1.91
	Monofásico	-	0.12 A	3.98	0.0144
Factor de potencia	Trifásico	L1	0.023	2.42	0.0007
		L2	0.023	2.44	0.0006
		L3	0.20	2.04	0.0004

Previo al análisis de equivalencia, se evaluó la distribución de los datos mediante la prueba de Kolmogorov–Smirnov, la cual evidenció que los registros no siguen una distribución paramétrica. Este resultado se justifica en la naturaleza de la potencia eléctrica, que presenta una variabilidad continua asociada a la dinámica de las cargas conectadas al sistema, generando fluctuaciones en las mediciones. Por

ello se optó por un análisis estadístico no paramétrico, que permite evaluar con mayor solidez y confianza el grado de acuerdo entre el prototipo y el equipo estándar.

La potencia electrónica en cada línea medida fue la variable se usó para el análisis para evaluar la igualdad de la medición entre el prototipo y el analizador de red. Se aplicó una validación no paramétrica (Bland–Altman) a estas series de datos, cuyo objetivo no es detectar diferencias hipotéticamente significativas sino determinar el grado de acuerdo entre un par de mediciones. De esta manera, se determinó que las diferencias se mantienen dentro de un margen de error razonable del 5%, lo que respalda la confiabilidad del prototipo frente a un sistema certificado. Se utilizó un enfoque de 10 000 interacciones para estimar los intervalos de confianza al 95% de la mediana, considerando márgenes de equivalencia de hasta ± 115 unidades de potencia en la línea 1, ± 85 en la línea 2 y ± 70 en la línea 3 de la caja principal.

Los resultados obtenidos indicaron que las medianas de las diferencias se ubicaron en valores aceptables para las tres líneas analizadas, con intervalos que oscilaron entre [84.07; 112.51] en la línea 1, [12.72; 26.76] en la línea 2 y [16.77; 32.24] en la línea 3 de potencia instalada. En todos los casos, las estimaciones se mantuvieron dentro de los márgenes de equivalencia establecidos, lo que confirma la concordancia estadística entre ambos sistemas de medición.

Por otro lado, en la parte de generación, se consideró un margen de equivalencia de ± 30 unidades. La mediana de las diferencias fue de 9.13, con un intervalo de confianza al 95%. Esto permite concluir que el prototipo también presenta un desempeño equivalente en la medición de la energía generada.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Jiménez et al. (2023) quienes construyeron un medidor de energía eléctrica domiciliar y validaron su funcionamiento con respecto a un medidor convencional, obteniendo también valores dentro de márgenes aceptables. La concordancia entre estos estudios respalda la confiabilidad de sistemas basados en sensores no invasivos y microcontroladores como herramientas viables para monitoreo energético en tiempo real.

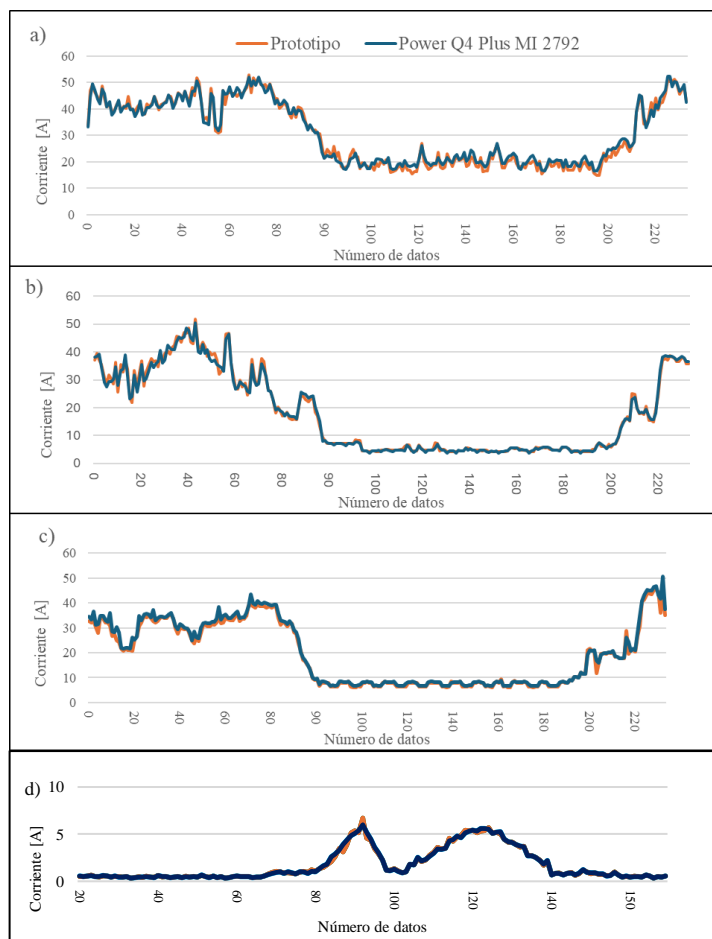
4.3.2. Confiabilidad y limitaciones del prototipo

Durante el periodo de prueba de siete días, el prototipo mantuvo una operación continua en el edificio FICAYA, salvo una desconexión de red detectada diariamente alrededor de las 23:30 h, que requirió una reconexión en el servidor para restablecer la transmisión de datos. Sin embargo, mientras la red se encuentra activa el sistema retomó el registro sin desincronizarse, demostrando que el acondicionamiento interno y la adquisición local de datos permanecieron activos.

El uso de potenciómetros de precisión en los circuitos para la calibración resultó esencial para que el prototipo reprodujera fielmente los picos de voltaje y corriente observados por el analizador MI-2792 (Figura 25).

Figura 25

Comparativa de lecturas de corriente entre el prototipo y el analizador de referencia



Nota. Gráficas por fase, a) corriente en la línea 1, b) corriente en la línea 2, c) corriente en la línea 3 d) corriente sistema fotovoltaico.

La capacidad del sistema para seguir de forma continua los picos y caídas de las variables eléctricas, confirma su robustez operativa en condiciones reales de instalación. Estos resultados subrayan la fiabilidad del prototipo, aunque la reconexión manual diaria sugiere la conveniencia de implementar en el futuro un mecanismo de reconexión automática para optimizar su disponibilidad.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El prototipo permitió medir en tiempo real con un intervalo programable de 5s hasta 10min, los parámetros eléctricos de consumo y generación en el edificio FICAYA mediante la integración de sistemas instrumentación. Con un error menor al 5%.

El sistema desarrollado con un módulo Ethernet y una interfaz en LabVIEW facilitó la visualización continua del consumo eléctrico y de las emisiones de CO₂-eq asociadas. Se registró un consumo promedio de 173.64 kWh diarios, equivalentes a 15.97 kg de CO₂-eq, además de un desbalance trifásico del 3.37% con predominio en la línea 1.

El análisis estadístico evidenció que los errores (MAE, MAPE y MSE) se mantuvieron por debajo del 5%. En contraste, la validación mediante el enfoque no paramétrico de Bland–Altman, con un nivel de confianza del 95%, confirmó que las mediciones del prototipo son equivalentes a las del analizador de red MI-2792, tanto en consumo como en generación, manteniéndose dentro de márgenes aceptables para todas las líneas evaluadas. Estos resultados reflejan un nivel de precisión adecuado en la estimación de parámetros eléctricos y en el cálculo de la huella de carbono.

5.2. Recomendaciones

Para garantizar una adecuada evaluación de medidas de eficiencia energética y de integración de energías renovables, se recomienda mantener un

registro temporal continuo de variables que componen el consumo eléctrico, como el voltaje, la corriente y factor de potencia. Esto permitirá establecer patrones de uso energético y definir líneas base confiables para la planificación de proyectos.

Además, se debe realizar un mantenimiento preventivo del prototipo, revisando la curva de calibración y contrastando las mediciones que realiza con un equipo patrón certificado. Esto asegurará la exactitud de los registros y permitirá que el sistema funcione en óptimas condiciones. La calibración periódica proporciona datos muy consistentes, evita desviaciones en los resultados y prolonga la vida útil de este equipo; para ello, es necesario realizar este proceso al menos una vez al año.

Se recomienda emplear la información registrada para dimensionar y evaluar la viabilidad de sistemas de energía renovable, como la ampliación del sistema fotovoltaico existente. El análisis detallado de la demanda permitirá estimar con precisión el impacto real de estas tecnologías sobre la reducción de la huella de carbono institucional.

Se sugiere ampliar las capacidades del prototipo mediante almacenamiento de datos en la nube, análisis predictivo con inteligencia artificial o integración en plataformas SCADA. Esto permitirá escalar el sistema hacia un monitoreo energético integral de la Universidad Técnica del Norte, consolidando su gestión ambiental y tecnológica.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2018). *Manual para la recopilación de la información del sector eléctrico a través del sistema SISDAT (Sistematización de Datos del Sector Eléctrico)*. 1–94.
- Allafi, I. (2017). *Low-cost SCADA platforms for a solar energy system*. Memorial University of Newfoundland.
- Alvarez, W. F., Martinez, L. A., & Riscanevo, D. Y. (2017). Carbon Footprint meter prototype due to power consumption: Case of study Colombia. *Proceedings of the 2016 IEEE ANDESCON, ANDESCON 2016*. <https://doi.org/10.1109/ANDESCON.2016.7836220>
- Arduino Documentation (2024). AnalogRead. <https://docs.arduino.cc/language-reference/en/functions/analog-io/analogRead/>
- Blanquicett, L. A., Murillo, L. F., & Bonfante, M. C. (2022). *Medición de la huella de carbono utilizando una aplicación móvil integrada con tecnología IOT*. 1–10. <https://doi.org/10.26507/ponencia.798>
- Boada, E. (2024). *Análisis y diseño de un sistema SCADA del sistema de microrred no convencional del edificio Julio Mario Santo Domingo de la Universidad de los Andes*. Universidad de los Andes.
- Bouraiou, A., Slimani, A., Neçaibia, A., & Lachtar, S. (2024). *A Simple Platform to Establish Supervision , Monitoring , and Control using Arduino / Ethernet Shield and SCADA via Industrial Modbus TCP / IP Communication Protocol*. June. <https://doi.org/10.46657/ajresd.2024.6.1.11>

- CENACE. (2023). *Factor de emisión de CO2 del Ssitema Nacional Interconectado del Ecuador Informe 2022* (pp. 4–7).
- Charles, A., & Matthew, S. (2024). Fundamentals of Electric circuits. En *Fundamentals of Electric circuits Four* (Cuatro). <https://doi.org/10.62909/978-9922-8846-08>
- Chimarro, J., Quitiaquez, W., Valarezo, J., Melendrez, C., Quitiaquez, P., & Toapanta, F. (2021). *Artículo Académico / Academic Paper Validation of a Prototype of Three-Phase Energy Meter as Support for an Energy Audit Validación de un Prototipo de Medidor de Energía Trifásico como Apoyo para una Auditoría Energética. II*(17), 133–142.
- Chow, C. I., & Mungkornassawakul, J. (2013). A smart recording power analyzer prototype Using LabVIEW and low-cost data acquisition (DAQ) in being a smart renewable monitoring system. *IEEE Green Technologies Conference*, 49–56. <https://doi.org/10.1109/GreenTech.2013.16>
- CRE. (2019). *Manual de Eficiencia Energética* (pp. 1–5).
- Farfán, J. E., Betetta, J. L., Navarro, J., & Armas, B. R. (2023). Diseño e Implementación de un Medidor Trifásico Inteligente de Energía Eléctrica y Armónicos. *Tecnia*, 33(2), 53–76. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v33i2.1659>
- Farinango, C. (2020). *Evaluación del consumo energético y huella de carbono del edificio FICAYA de la Universidad Técnica del Norte* (Vol. 2017, Número 1). <http://190.119.145.154/handle/20.500.12773/11756>
- Greenhouse Gas Protocol. (2014). GHG Protocol Scope 2 Guidance. En *World Resources Institute*.

- Greenhouse Gas Protocol. (2015). A Corporate Accounting and Reporting Standard. En *Greenhouse Gas Protocol*.
- Guevara, P., & Ortega, A. (2019). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE CONSUMO Y GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL Y DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN EN ANDROID PARA MONITOREO Y RECEPCIÓN DE ALERTAS. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(1), 1–14.
- Gupta, V., Sharma, M., Pachauri, R. K., & Babu, K. N. D. (2021). A Low-Cost Real-Time IOT Enabled Data Acquisition System for Monitoring of PV System. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, *43*(20), 2529–2543. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1844351>
- Haglan, H. M., & Jasim Ali, H. (2021). An automatic system for detecting voltage leaks in houses to save people's lives. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, *21*(3), 1485–1492. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v21.i3.pp1485-1492>
- Halimawan, A., & Sukarno, S. (2019a). Stock price forecasting accuracy analysis using mean absolut deviation (mad) and mean absolute percentage error (mape) on smoothing moving average and exponential moving average indikator (empirical study 10 LQ45 stock with largest capitalization from pe. *THE INDONESIAN JOURNAL OF BUSINESS ADMINISTRATION*, *2*(13), 1613–1626.
- Halimawan, A., & Sukarno, S. (2019b). Stock price forecasting accuracy analysis using mean absolut deviation (mad) and mean absolute percentage error

(mape) on smoothing moving average and exponential moving average indikator (empirical study 10 LQ45 stock with largest capitalization from pe. *THE INDONESIAN JOURNAL OF BUSINESS ADMINISTRATION*, 2(13), 1613–1626.

Helmers, E., Chang, C. C., & Dauwels, J. (2021). Carbon footprinting of universities worldwide: Part I—objective comparison by standardized metrics. *Environmental Sciences Europe*, 33(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00454-6>

Hodson, T. O. (2022). Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): when to use them or not. *Geoscientific Model Development*, 15(14), 5481–5487. <https://doi.org/10.5194/gmd-15-5481-2022>

Hossain, S., & Hasan, F. (2015). *Project on- Ethernet shield based servo motor control system for entrance security using internet*. University of Dhaka.

Icaza, D., Borge-Diez, D., & Galindo, S. P. (2022). Analysis and proposal of energy planning and renewable energy plans in South America: Case study of Ecuador. *Renewable Energy*, 182, 314–342. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.09.126>

Institute of Electrical and Electronics Engineers. (1995). Ieee Standard 1159 - 1995. En *IEEE Std 1159 - 1995*. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.1995.79050>.

International Energy Agency. (2023). *World Energy Outlook 2023 | Enhanced Reader*.

IPCC. (2021). Cambio Climático 2021: Un resumen para todo el mundo. En *Intergovernmental Panel on Climate Change*.

ISO 14001_2015 - ISO 14001 - Environmental management systems. (s/f).

ISO 14064-1_2018 - Greenhouse gases(a). (s/f).

ISO 14064-2_2019 - Greenhouse gases — Part 2_b. (s/f).

ISO 14064-3_2019 - ISO 14064 Part 3_ Verification & validation of greenhouse gas statements(b). (s/f).

ISO 14067_2018 - Greenhouse gases — Carbon footprint of products. (s/f).

Jiménez, D., Rea, J., Muñoz, P., Vizuite, G., Latacunga, L., & Iza, C. (2023). Diseño y Construcción de un Medidor de Energía Digital Domiciliar. *Revista Técnica “energía”*, 20(1), 82–92.
<https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v20.n1.2023.573>

Khalid, W., Jamil, M., Khan, A. A., & Awais, Q. (2024). Open-Source Internet of Things-Based Supervisory Control and Data Acquisition System for Photovoltaic Monitoring and Control Using HTTP and TCP/IP Protocols. *Energies*, 17(16). <https://doi.org/10.3390/en17164083>

Khera, N., & Jain, S. (2015). Development of Lab VIEW based Electrical Parameter Monitoring System. *International Conference on Communication, Control and Intelligent Systems*, 35–38.

Kodosky, J. (2020). Jeffrey kodosky * ., *National Instruments, USA*, 4(June).
<https://doi.org/10.1145/3386328>

León, A. (2017). Diseño e implementación de una red lan-wlan con políticas de seguridad y control de listas de accesos para el centro de capacitación y formación de personas con problemas de conducta “Sin Barreras”. Basado en

las normas de cableado estructurado ansi/tia/e. En *Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL CARRERA:

López, E. D. (2023). *Propuesta de plan de mejoras para el cumplimiento de indicadores de la categoría energy and climate change del ui greenmetric world university rankings para la Universidad Técnica Del Norte*. Universidad Técnica del Norte.

Mahdi, O. (2022). *Design and implementation of an industrial internet of things based Scada system: Case study the petroleum pipeline systems*. ISTANBUL GELISIM UNIVERSITY.

Medina, F. Y. (2015). *Construcción de un equipo medidor de la huella de carbono para edificaciones por consumo eléctrico en tiempo real con monitoreo remoto*. YADIR FERNANDO MEDINA RINCÓN UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE AQUINO.

Meetoo, C., Bahandoorsingh, N., & Sharma, C. (2017). Wireless residential power monitoring system. *2017 IEEE Manchester PowerTech, Powertech 2017*. <https://doi.org/10.1109/PTC.2017.7981122>

Melo, G. (2018). *Medidas de reducción y mitigación de la huella de carbono en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador matriz Quito* (Vol. 3, Número 2). PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.

METREL. (2010). *PowerQ4 Plus MI 2792 Instruction manual*. <http://www.metrel.si>

Ministerio de Energía y Minas. (2024). *Balance Energético Nacional 2023* (p. 160).

- Mustafa, A. (2023). *Republic of Iraq Design and Implementation of Prepaid Energy Meter Supported by GSM Network Submitted to the Department of Electrical Engineering. April.*
- Nave, F., & Nave, J. (2023). Técnicas estadísticas utilizadas en la comparación de métodos cuantitativos de medición. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 10(1), 53–75. <https://doi.org/10.36829/63cts.v10i1.1490>
- Nayyar, A., & Puri, V. (2016). A Review of Arduino Board's, Lilypad's Y Arduino Shields. *IEEE*, 1485–1492.
- Núñez, J. (2020). *Construcción De Un Prototipo Analizador De Energía Eléctrica De Bajo Costo Para El Centro De Control De La Empresa Eléctrica Ambato S.a. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.*
- Padilla, Á., Rivera, J., Argumedo, J. P., & Jaramillo, S. (2021a). Estimación en tiempo real del consumo de energía eléctrica de dispositivos en hogares utilizando arduino y aplicaciones. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI.*
- Padilla, Á., Rivera, J., Argumedo, J. P., & Jaramillo, S. (2021b). Estimación en tiempo real del consumo de energía eléctrica de dispositivos en hogares utilizando arduino y aplicaciones. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI.*
- Pesatori, A., & Tarimoradi, P. (2022). *Automated program for pressure calibration and Reporting by the use of labview software* (Vol. 9). Politécnico Milano 1863.

- Ponce, D., & Santillán, S. (2016). *Diseño E Implementacion De Un Sistema De Transferencia De Datos a Través De La Red Electrica De Baja Tension Con La Interfaz Labview-Arduino Empleando La Tecnologia Power Line Communications (Plc)*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Possato, M., & Martins, P. (2015). *Monitoramento do consumo elétrico em equipamentos residenciais com a plataforma arduino*.
- Qingxian Zeming Langxi Electronic. (s/f). *ZMPT101B(ZMPT107)*.
- Saigustia, C., & Pijarski, P. (2023). Time Series Analysis and Forecasting of Solar Generation in Spain Using eXtreme Gradient Boosting: A Machine Learning Approach. *Energies*, 16(22). <https://doi.org/10.3390/en16227618>
- Samkria, R., Abd-Elnaby, M., Singh, R., Gehlot, A., Rashid, M., Aly, M. H., & El-Shafai, W. (2021). Automatic PV Grid Fault Detection System with IoT and LabVIEW as Data Logger. *Computers, Materials and Continua*, 69(2), 1709–1723. <https://doi.org/10.32604/cmc.2021.018525>
- Sanchez, E., Cano, A., Hernandez, J., & Rus, C. (2019). Development and calibration of an open source, low-cost power smart meter prototype for PV household-prosumers. *Electronics (Switzerland)*, 8(8), 33–37. <https://doi.org/10.3390/electronics8080878>
- Sanguaña, F. (2010). *Estudio técnico de la red de comunicaciones para brindar los servicios de voz, internet y video por demanda de una urbanización*. 186.
- Schneider, H., & Samaniego, J. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*.

- Shapiro, H. M. (2001). Principles of data acquisition and display. En *Methods in Cell Biology* (Vol. 63, Número April). [https://doi.org/10.1016/s0091-679x\(01\)63011-5](https://doi.org/10.1016/s0091-679x(01)63011-5)
- Tawfik, M., Sancristobal, E., Martin, S., Gil, R., Diaz, G., Peire, J., & Castro, M. (2012). On the design of remote laboratories. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2012.6201065>
- Terneus, C. F., & Viteri, O. (2023). Energy Security in Ecuador: An Analysis Considering the Interrelationships of the WEF Nexus. *Energies*, 16(20), 1–38. <https://doi.org/10.3390/en16207166>
- Torocahua, F. E. (2014). *Diseño E Implementación De Un Tablero Analizador De Redes Para La Medición De Parámetros Eléctricos Y De Calidad De La Energía Eléctrica*". Universidad Católica de Santa María.
- YHDC. (s/f). *SCT019 Datasheet*. Recuperado el 13 de julio de 2025, de WWW.YHDC.COM
- YHDC. (2015). *Split core current transformer Model : SCT013-100*. www.yhdc.com

ANEXOS

Anexo 1

Datos medidos en el periodo de prueba

MI 2792 Power Q4 Plus

Tensión L1 [V]	Tensión L2 [V]	Tensión L3 [V]	Corriente L1 [A]	Corriente L2 [A]	Corriente L3 [A]	FP L1 []	FP L2 []	FP L3 []
128.3	128.7	130.4	44.45	38.45	33.17	0.98	0.99	0.98
127.9	128.6	130.3	49.34	39.22	36.7	0.92	0.89	0.96
127.9	128.8	130.6	47.18	34.75	31.34	0.97	0.95	0.98
128	129.1	130.7	43.54	29.14	31.44	0.98	0.96	0.98
128.2	129.6	130.9	41.9	27.62	34.92	0.98	0.99	0.97
128.2	129.6	131.3	47.42	29.4	34.66	0.97	0.98	0.97
128.4	129.8	131.5	45.79	29.33	33.07	0.97	0.99	0.97
128.8	130	131.5	40.66	30.22	32.4	0.97	0.94	0.97
128.9	130	131.3	42.82	34.66	36.12	0.94	0.93	0.96
129.4	130.5	132	37.58	28.06	28.54	0.98	0.94	0.96
129.6	130.5	132.1	38.88	33.26	28.15	0.97	0.95	0.96
129.4	130.5	132.1	40.9	33.91	30.34	0.96	0.96	0.95
129.4	130.1	132.1	43.15	38.93	28.22	0.93	0.89	0.95
129.7	130.4	132.3	38.78	31.54	22.06	0.98	0.96	0.95
129.5	130.9	132.7	40.8	23.3	21.58	0.97	0.98	0.95
129.2	130.7	132.5	40.9	23.98	22.06	0.97	0.97	0.95
129.4	130.2	132.5	41.95	31.78	21.91	0.97	0.95	0.95
129.3	130.6	132.5	39.5	25.7	21.7	0.96	0.97	0.95
129.5	130.6	132.4	39.98	30.05	26.09	0.94	0.96	0.95
129.9	130.6	132.4	36.96	35.5	25.1	0.97	0.93	0.96
129.4	130.8	132.3	39.31	29.76	26.4	0.96	0.98	0.96
129.3	131.1	132.2	42.86	30.43	34.66	0.94	0.95	0.96
129.5	131.1	131.9	37.54	32.86	33.05	0.97	0.96	0.96
129.6	130.9	131.8	38.3	36.43	35.33	0.97	0.94	0.96
129.5	130.8	131.9	40.42	34.37	35.59	0.98	0.99	0.98
129.4	130.4	131.6	40.37	35.71	35.4	0.98	0.97	0.98
129.3	130.3	131.5	41.71	36.6	34.25	0.97	0.94	0.98
129.4	130.4	131.6	44.64	40.56	37.34	0.92	0.89	0.95
129.4	130.5	131.8	41.52	36.17	33.1	0.97	0.99	0.98
129.6	130.6	131.8	40.42	37.25	33.98	0.98	0.99	0.98
129.9	130.5	131.7	40.61	42.38	34.58	0.98	0.99	0.98
129.7	130.6	131.7	42.24	41.42	34.63	0.97	0.99	0.98
129.9	130.7	132	42.43	40.9	34.3	0.98	0.98	0.98
130.3	130.9	132.3	45.36	40.85	34.44	0.98	0.99	0.98
129.9	130.6	131.8	43.87	43.82	35.45	0.97	0.96	0.98

129.8	130.2	131.3	40.27	45.41	36	0.98	0.98	0.98
129.8	130.2	131.6	42.14	44.93	33.6	0.98	0.99	0.98
129.5	130	131.7	45.7	45.46	30.53	0.97	0.98	0.98
129.6	129.7	131.5	45.12	48.72	29.47	0.98	0.99	0.98
129.8	129.9	131.4	43.01	47.9	31.42	0.97	0.98	0.98
129.4	130	131.7	46.56	45.12	30.94	0.97	0.99	0.98
129.5	129.9	131.5	43.92	44.16	30.1	0.98	0.94	0.98
130.1	129.7	131.6	41.09	50.59	29.81	0.98	0.96	0.98
129.5	130.2	132	46.56	39.94	28.1	0.97	0.95	0.98
129.5	130.1	132.4	46.66	39.5	24.98	0.97	0.94	0.97
129.2	129.6	132.1	50.64	42.67	28.54	0.93	0.91	0.97
129.3	130	132.3	48.48	39.6	26.18	0.97	0.94	0.97
130	130.1	132.1	42.58	40.75	25.94	0.98	0.96	0.98
130.4	130.4	131.7	34.92	37.68	30.14	0.97	0.98	0.97
130.4	130.6	132	34.49	36.72	31.85	0.98	0.97	0.96
130.6	130.8	132	34.13	37.03	32.06	0.98	0.97	0.96
129.8	130.6	132.3	45.79	35.57	31.7	0.98	0.96	0.96
130.1	131	132.5	44.45	34.94	31.9	0.98	0.96	0.96
130.9	131.5	132.3	33.34	34.51	32.33	0.98	0.99	0.96
131.1	131.8	132.4	31.63	33.05	32.4	0.98	0.99	0.96
130.9	130.9	131.9	33.98	44.59	33.55	0.98	0.99	0.96
129.8	130.4	132.1	46.99	46.46	38.4	0.92	0.9	0.93
130	131	132.9	45.5	36.12	33.36	0.98	0.99	0.96
129.5	131	132.7	45.74	29.71	34.7	0.98	0.95	0.96
129.5	131.7	133.2	48.29	26.71	35.5	0.97	0.96	0.95
129.8	131.6	133.2	44.59	27.19	33.77	0.98	0.99	0.96
129.7	131.4	133	45.84	29.35	33.79	0.98	0.99	0.96
129.6	131.2	133	47.95	28.54	34.73	0.98	0.98	0.96
129.8	131.4	133.1	47.04	27.72	35.83	0.98	0.99	0.96
129.8	131.7	133.1	44.21	25.87	36.62	0.98	0.99	0.96
129.9	131.7	133.4	46.32	25.46	34.01	0.98	0.99	0.95
130	131.3	133.5	48.86	35.45	34.25	0.98	0.96	0.96
129.7	131.4	133.8	51.89	30.02	34.1	0.96	0.92	0.95
129.7	131.9	133.7	48.67	28.03	36	0.97	0.96	0.96
129.4	131.8	133.4	50.59	28.51	38.64	0.97	0.95	0.96
129.8	131.8	133.1	48.82	35.66	43.49	0.92	0.9	0.92
129.6	131.7	133.5	52.13	34.01	39.74	0.98	0.99	0.96
129.5	131.6	133	49.54	31.25	39.41	0.98	0.99	0.96
128.5	131.1	132.1	48.38	26.09	40.75	0.98	0.97	0.96
128	130.3	131.7	46.22	25.92	39.84	0.98	0.99	0.96
126.5	129.2	130.5	46.8	23.33	39.46	0.98	0.97	0.96
126.3	129.5	130.6	49.2	19.18	40.18	0.98	0.99	0.96
127.5	130.2	131.4	45.26	19.8	39.79	0.98	0.98	0.96
127.7	130.4	131.3	41.95	18.84	39.26	0.98	0.96	0.97
127.8	130.7	131.5	43.39	18.31	39.02	0.98	0.96	0.96

127.8	130.7	131.4	41.47	17.17	39.17	0.98	0.98	0.97
128	130.8	131.5	41.76	18.24	39.36	0.98	0.96	0.97
128	131.1	131.9	43.3	17.16	35.83	0.97	0.98	0.97
128.2	131.1	132.2	41.76	16.72	32.98	0.97	0.99	0.95
128.3	131.2	132.2	38.35	16.72	32.66	0.96	0.95	0.95
128.4	131.3	132.3	38.26	16.06	32.47	0.97	0.95	0.95
128.6	131	132.4	40.51	20.69	31.49	0.97	0.99	0.95
128.9	130.8	132.1	37.92	25.68	32.59	0.97	0.97	0.96
129	131.1	132.4	39.65	25.06	31.61	0.97	0.94	0.96
129.2	131.1	132.6	39.07	24.96	29.02	0.97	0.93	0.96
129.6	131.2	132.7	36.02	23.47	28.3	0.97	0.94	0.95
129.7	131.4	132.8	34.46	24	25.51	0.97	0.98	0.97
130.1	131.5	133.1	32.06	24.31	20.11	0.96	0.98	0.97
130.3	131.9	133.5	33.94	20.18	18.04	0.96	0.95	0.97
130.4	132.1	133.8	32.11	17.9	16.87	0.98	0.95	0.96
130.4	132.2	134	31.03	15.32	15.36	0.97	0.96	0.96
130.3	132.4	134.4	31.32	7.96	13.54	0.96	0.99	0.94
130.5	132.4	134.4	28.32	8.17	10.02	0.95	0.95	0.91
130.9	132.7	134.4	23.52	7.39	9.53	0.92	0.95	0.91
130.9	132.5	134.1	21.31	7.11	9.56	0.92	0.95	0.89
130.9	132.7	134.4	22.42	7.08	7.21	0.9	0.86	0.85
131.2	132.9	134.5	21.96	6.54	8.53	0.9	0.92	0.87
131.5	133.2	134.8	21.94	7.09	8.5	0.9	0.91	0.86
131.3	133.3	134.9	23.14	7.06	8.26	0.88	0.88	0.86
131.1	132.8	134.5	20.59	7.07	7.73	0.91	0.89	0.85
130.6	132.2	134	20.04	7.04	6.83	0.92	0.93	0.84
130.7	132.2	134.1	19.42	6.47	6.88	0.94	0.91	0.84
130.9	132.3	134.1	17.34	7.07	6.72	0.96	0.95	0.83
130.9	132.2	134	17.2	7.07	7	0.96	0.96	0.84
130.3	131.9	133.4	18.65	7.05	8.46	0.95	0.98	0.87
130.2	131.9	133.6	21	7.78	8.36	0.92	0.95	0.87
130.4	132	133.8	21.72	7.71	8.2	0.9	0.88	0.87
130.4	132.2	134.1	23.4	7.24	8.17	0.89	0.89	0.87
130.7	132.6	134.1	20.47	4.79	8.45	0.92	0.9	0.86
131.1	132.7	134.4	18.05	4.63	7.49	0.94	0.97	0.85
131.2	132.9	134.6	18.67	4.6	6.67	0.93	0.96	0.83
131.2	133	134.7	19.78	3.8	6.64	0.93	0.92	0.83
131.4	133.1	134.7	17.34	4.47	6.9	0.95	0.96	0.84
131.6	133.3	134.8	17.34	4.49	7.25	0.95	0.96	0.84
130.8	132.5	134	19.56	4.46	8.16	0.94	0.91	0.87
130.8	132.5	133.9	19.18	4.75	8.13	0.93	0.95	0.87
130.9	132.8	134.2	20.93	4.12	8.53	0.91	0.91	0.86
131.2	133.1	134.6	21.12	4.9	8.14	0.91	0.93	0.86
131.3	133.1	134.6	20.88	4.93	8.14	0.92	0.92	0.86
130.1	131.8	133.4	19.73	4.89	6.69	0.93	0.89	0.83

130.1	131.9	133.6	19.7	4.65	6.91	0.92	0.91	0.85
130	132	133.7	21.53	4.35	6.65	0.91	0.88	0.83
130.5	132	133.7	17.77	4.84	6.66	0.95	0.98	0.83
130.8	132.3	133.8	17.16	4.89	7.67	0.95	0.98	0.86
130.7	132.2	133.6	17.38	4.9	8.52	0.96	0.99	0.87
130.6	132.2	133.8	19.2	4.86	8.18	0.93	0.92	0.87
130.9	132.5	134.1	19.3	4.56	8.12	0.93	0.9	0.87
131.2	132.5	134.2	18.35	6.54	8.17	0.94	0.97	0.87
131.2	132.9	134.5	20.42	5.86	8.47	0.91	0.94	0.86
131.4	132.9	134.5	18.58	4.74	7.13	0.93	0.9	0.84
131.6	133.1	134.8	18.24	3.94	6.65	0.93	0.93	0.83
131.4	133	134.6	18.54	4.85	6.65	0.93	0.9	0.83
131.6	133	134.8	19.08	6.49	6.8	0.92	0.94	0.84
131.9	133.3	134.9	17.84	5.41	7.49	0.93	0.95	0.85
131.7	133.4	134.9	20.76	4.92	8.19	0.9	0.87	0.86
131.6	133.5	135.2	26.06	4.06	8.18	0.91	0.91	0.86
132	133.7	135.2	22.08	4.87	8.38	0.9	0.9	0.86
131.9	133.5	135	19.9	4.91	8.35	0.9	0.88	0.86
131.7	133.2	134.9	19.3	4.9	7.66	0.92	0.95	0.85
131.9	133.3	135.1	18.46	5.56	6.68	0.92	0.91	0.83
132	133.2	135.2	19.25	7.03	6.83	0.91	0.89	0.84
132.1	133.6	135.4	19.39	5.57	6.81	0.91	0.91	0.83
132	133.7	135.5	21.6	4.88	6.65	0.9	0.92	0.83
132.2	133.9	135.4	19.87	4.72	8.14	0.91	0.89	0.86
132.3	134	135.3	18.94	3.76	8.38	0.91	0.9	0.86
132.3	134.1	135.4	19.85	4.48	8.39	0.91	0.95	0.86
132.3	134.2	135.5	21.53	4.45	8.17	0.89	0.9	0.85
132.3	134.1	135.4	20.28	4.43	8.17	0.91	0.91	0.86
132.4	134.2	135.5	19.63	3.79	8.09	0.9	0.9	0.85
132	133.8	135.5	21.98	4.66	6.79	0.88	0.85	0.83
131.8	133.7	135.4	22.85	4.59	6.63	0.87	0.85	0.82
132.2	133.9	135.5	20.88	4.57	6.65	0.89	0.88	0.82
132	133.6	135.5	21.67	5.57	6.67	0.89	0.9	0.83
132.1	133.8	135.5	23.71	4.82	8.01	0.88	0.86	0.85
132.3	133.8	135.3	20.33	5.21	8.21	0.9	0.88	0.86
132.3	134	135.5	21.43	4.76	8.17	0.89	0.86	0.86
132.3	134.1	135.7	24.53	4.72	8.18	0.89	0.9	0.85
132.1	133.9	135.5	23.71	3.99	8.59	0.89	0.87	0.85
132.4	133.9	135.6	19.63	4.76	7.18	0.9	0.93	0.84
132.5	134	135.7	19.78	4.76	6.66	0.9	0.93	0.83
132.4	133.8	135.5	20.26	4.75	6.65	0.9	0.87	0.83
132.5	133.9	135.6	18.98	4.38	6.95	0.93	0.91	0.84
132.5	134	135.6	18	3.98	6.95	0.93	0.94	0.83
132.4	134	135.4	19.1	4.42	8.2	0.91	0.89	0.86
132.2	134.2	135.7	23.66	4.38	8.17	0.87	0.84	0.85

132.5	134.4	135.8	22.46	4.39	8.52	0.87	0.9	0.85
132.5	134.6	136	23.9	3.67	8.17	0.86	0.86	0.85
132.1	134.3	135.9	27.1	4.35	7.89	0.85	0.85	0.84
132.3	134.2	136	24	4.38	6.64	0.89	0.91	0.82
132.7	134.4	135.9	19.49	4.43	6.92	0.91	0.93	0.83
132.7	134.2	135.9	19.34	4.42	6.67	0.9	0.88	0.82
132.7	134.1	136	21.14	5.59	6.68	0.89	0.86	0.82
132.4	134	135.7	22.3	5.54	7.9	0.88	0.88	0.85
132.4	134.1	135.7	22.37	5.5	8.65	0.88	0.87	0.85
132.7	134.4	136	23.3	5.47	8.23	0.86	0.86	0.85
132.6	134.3	136	21.82	4.8	8.72	0.88	0.9	0.89
132.9	134.1	135.9	17.8	5.02	6.61	0.92	0.93	0.82
133	134.3	136	17.11	4.79	6.85	0.93	0.97	0.83
133.1	134.5	136.3	19.46	4.76	6.62	0.91	0.88	0.82
132.9	134.5	136.1	19.13	3.79	6.58	0.92	0.91	0.82
132.7	134.4	135.8	20.3	4.41	8.2	0.89	0.88	0.86
132.5	134.3	135.7	21.77	4.89	8.65	0.88	0.91	0.86
132.6	134.2	135.8	22.51	5.66	8.28	0.87	0.85	0.86
132.7	134.3	135.9	20.9	5.1	8.24	0.89	0.87	0.86
132.7	134.1	135.6	18.91	5.68	8.25	0.92	0.92	0.86
132.7	134.1	135.6	19.37	5.73	8.65	0.92	0.91	0.85
132.9	134	135.6	16.75	5.77	8.22	0.93	0.91	0.86
132.7	133.8	135.5	16.45	5.85	7.3	0.93	0.91	0.84
132.6	133.8	135.7	18.49	5.54	6.68	0.92	0.95	0.83
132.5	134.1	135.9	21.12	4.88	6.85	0.89	0.89	0.83
132.5	134	135.8	19.9	4.86	6.76	0.9	0.93	0.83
132.5	134.1	135.9	19.94	4.83	6.81	0.89	0.89	0.83
132.4	134	135.7	20.74	4.44	8.23	0.89	0.86	0.86
132.2	133.6	135.4	20.5	5.77	8.52	0.9	0.94	0.86
132.3	133.6	135.4	20.38	5.74	8.26	0.91	0.93	0.86
132.3	133.5	135.2	17.88	5.73	8.17	0.92	0.95	0.86
132	133.5	135.3	20.81	5.43	7.08	0.89	0.9	0.83
131.7	133.3	134.8	18.34	3.87	6.79	0.91	0.88	0.83
131.4	133	134.6	18.13	4.6	6.76	0.92	0.9	0.84
131	132.8	134.5	19.8	4.44	6.61	0.91	0.89	0.83
131.1	132.9	134.5	19.97	4.43	7	0.91	0.93	0.84
131.1	132.7	134.1	18.55	3.74	8.23	0.93	0.94	0.87
130.7	132.4	133.7	18.34	4.43	8.38	0.93	0.96	0.87
130.3	132.1	133.6	20.83	4.4	8.06	0.91	0.88	0.87
130.1	132.1	133.5	22.18	4.39	8.04	0.89	0.88	0.87
130.1	132.1	133.5	20.21	4.5	9.04	0.9	0.87	0.91
130.1	132	133.5	18.72	4.19	8.85	0.92	0.9	0.92
130	131.9	133.3	19.9	4.87	10.18	0.92	0.92	0.93
130.9	132.4	133.7	16.5	6.35	10.15	0.95	0.91	0.93
131.4	132.9	134.2	16.6	7.55	10.14	0.95	0.93	0.93

131.2	132.9	134.1	18.28	6.94	11.95	0.94	0.95	0.94
131.4	133.4	134.6	20.74	6.09	11.54	0.9	0.9	0.94
131.9	133.9	135.1	22.34	5.32	11.54	0.92	0.9	0.94
132.1	134.3	135.2	22.06	6.2	19.18	0.93	0.94	0.97
132.1	134.5	135.3	24.74	6.26	20.93	0.92	0.94	0.98
131.6	133.7	134.9	24.43	6.96	20.88	0.93	0.89	0.98
131.4	133.5	134.8	25.15	7.07	20.95	0.93	0.95	0.98
131.6	133.3	134.9	25.01	9.65	16.74	0.93	0.94	0.96
131.3	133	134.6	26.16	12.58	16.07	0.92	0.91	0.96
133.8	135.5	136.9	27.86	14.45	19.18	0.93	0.9	0.97
133.9	135.5	136.8	28.56	15.88	19.9	0.95	0.98	0.97
133.1	134.7	136	28.68	16.07	19.87	0.95	0.94	0.97
132.7	134.3	135.5	27.7	15.48	20.11	0.96	0.93	0.97
130.8	131.7	133.1	25.68	23.06	20.18	0.98	0.95	0.97
130.3	131.1	132.6	26.18	23.88	20.83	0.98	0.99	0.97
129.6	130.7	132.5	27.62	19.63	18.74	0.97	0.98	0.96
128.4	129.8	132	38.83	18.13	18.28	0.99	0.99	0.96
127.5	129.2	131.8	45.12	18.29	17.9	0.98	0.99	0.96
127.4	129.2	131.7	44.74	18.06	17.9	0.98	0.98	0.96
128	129.3	131.5	36.7	19.58	18.02	0.98	0.99	0.96
129.2	131	132	32.86	16.85	26.11	0.99	0.98	0.97
128.9	130.8	131.9	35.14	15.83	24.29	0.98	0.98	0.97
128.3	130.2	132	39.7	15.68	20.83	0.98	0.99	0.97
128.2	129.9	131.3	37.2	18.14	21.58	0.98	0.99	0.97
128	129.5	131.3	41.71	25.61	21.17	0.97	0.99	0.97
128	129.2	130.9	40.32	33.7	27.96	0.97	0.98	0.94
127.7	128.9	130.4	44.21	38.11	34.61	0.97	0.99	0.96
128	129.1	130.2	45.22	38.64	40.75	0.99	0.95	0.97
128.2	129.3	130.2	46.85	38.5	43.15	0.99	0.97	0.96
127.9	129.3	130.1	52.37	38.4	45.31	0.99	0.97	0.97
129	130.3	131.3	52.27	38.5	45.02	0.99	0.96	0.97
129.4	130.4	131.2	48.29	37.87	45.07	0.99	0.97	0.97
129	130.4	131.1	50.35	37.25	46.32	0.99	0.96	0.97
128.5	130.1	130.7	50.11	37.68	46.75	0.99	0.97	0.97
128.5	130	130.7	46.66	38.59	43.25	0.99	0.99	0.96
128.2	129.6	130.5	47.42	37.97	41.57	0.99	0.98	0.95
127.7	129.6	130	49.06	36.7	50.5	0.99	0.98	0.91
128	129.4	130.5	42.53	36.46	37.58	0.99	0.97	0.95
128.4	128.7	130.3	42.53	45.12	34.85	0.99	0.97	0.95
127.3	128.5	130.6	50.78	25.68	28.78	0.99	0.98	0.97
127.5	128.7	130.6	49.97	25.06	28.8	0.99	0.99	0.97
127.1	128.6	130.7	50.78	23.28	27.62	0.99	0.97	0.98
127.3	128.3	131.1	49.97	28.92	22.58	0.97	0.95	0.98
127.2	128.3	131.3	60.29	31.06	28.37	0.84	0.84	0.98
127.3	128.4	130.8	54.34	30.77	31.39	0.97	0.96	0.97

127.3	128.5	130.8	54.1	29.98	32.47	0.94	0.92	0.97
127.7	129	131.2	54.62	26.76	30.46	0.93	0.91	0.97
128.5	129.3	131.6	46.32	27.96	26.81	0.99	0.99	0.97
128	129.5	131.8	52.42	26.95	25.99	0.94	0.94	0.97
128	129.9	131.8	51.07	23.47	28.54	0.97	0.99	0.98
127.7	129.8	131.7	48.24	20.35	26.02	0.97	0.97	0.98
128	130.1	132.2	48.77	23.06	22.9	0.96	0.93	0.98
128.3	130.4	132	43.97	19.85	26.59	0.96	0.99	0.97
128.2	130	132	43.68	20.9	21.89	0.97	0.99	0.98
128.2	129.9	132.2	43.3	20.11	21.29	0.96	0.97	0.98
128	130.1	132.3	44.16	18.62	20.57	0.95	0.91	0.98
128.1	130.3	132.4	43.34	14.12	20.28	0.96	0.94	0.98
128.4	130.7	132.7	40.85	12.66	18.72	0.96	0.94	0.97
128.4	130.9	132.9	45.07	14.74	18.65	0.95	0.97	0.98
128.2	130.5	132.6	44.93	16.85	18.38	0.95	0.96	0.97
128.4	130.6	132.6	45.26	19.08	18.89	0.95	0.98	0.97
128.6	130.7	132.5	43.82	17.5	19.97	0.96	0.93	0.98
129.1	130.4	132.4	40.18	21.17	19.97	0.98	0.97	0.98
128.8	130.2	132	39.22	20.78	20.09	0.99	0.95	0.98
128.9	129.9	131.7	35.02	21.48	19.99	0.99	0.97	0.98
129.2	129.8	131.4	30.05	25.85	20.4	0.98	0.98	0.98
129.1	130.3	131.5	32.93	22.99	25.46	0.99	0.95	0.98
129.3	130.2	131.7	34.94	24.82	25.44	0.99	0.97	0.99
128.6	130.2	132.2	44.98	24.17	25.03	0.98	0.99	0.98
128.9	130	131.6	34.25	23.74	22.9	0.98	0.98	0.98
128.9	130.1	131.6	36.29	23.26	22.8	0.98	0.96	0.98
128.7	129.9	131.5	38.59	23.93	22.27	0.98	0.99	0.98
128.8	129.9	131.8	42.72	23.81	22.25	0.98	0.99	0.98
128.7	130.1	132	46.51	22.22	23.3	0.98	0.94	0.98
128.8	130.1	131.9	45.5	23.57	25.03	0.98	0.99	0.98
128.7	129.8	131.9	45.94	24.74	24.1	0.98	0.99	0.98
128.5	129.8	131.7	45.36	23.14	25.2	0.98	0.97	0.98
128.4	129.8	131.8	47.04	24.38	25.46	0.98	0.95	0.98
128.3	129.6	132	48.58	24.79	23.09	0.97	0.99	0.98
128.7	129.9	132.1	45.22	24.53	23.3	0.98	0.97	0.98
128.9	130.1	132.4	45.36	23.93	23.02	0.98	0.95	0.98
128.5	130.3	132.4	49.3	22.58	24.67	0.97	0.94	0.98
128.8	130.5	132.3	47.28	22.99	25.73	0.97	0.99	0.98
128.9	130.3	132.3	47.42	24.94	25.01	0.97	0.98	0.98
128.9	130.8	132.5	47.66	20.52	25.75	0.97	0.99	0.98
128.9	130.5	132.3	44.02	18.82	25.51	0.98	0.99	0.98
129.2	130.4	132.4	42	18.74	24.22	0.99	0.99	0.98
129	130.5	132.5	39.5	15.86	18.19	0.98	0.99	0.97
129.2	130.5	132.5	35.78	15.22	17.34	0.97	0.96	0.97
129.4	130.6	132.5	33.46	15.18	16.91	0.98	0.98	0.98

129.7	131	132.6	32.35	13.32	16.67	0.98	0.99	0.97
129.7	131	132.8	33.29	12.65	16.18	0.97	0.98	0.97
130.2	131.4	133.5	32.21	11.88	15.28	0.98	0.99	0.97
130.1	131.5	133.4	32.35	9.29	13.48	0.98	0.99	0.96
129.9	131.6	133.4	34.46	9.18	13.06	0.97	0.99	0.96
130.1	131.4	133.6	32.98	8.86	9.13	0.97	0.93	0.91
130.3	131.5	133.7	32.81	9.46	8.28	0.96	0.94	0.87
130.3	131.7	133.9	34.27	8.02	8.12	0.96	0.94	0.87
130.4	131.9	133.9	33.82	8.4	8.45	0.95	0.92	0.87
130.8	132	134.1	31.42	8.95	7.95	0.96	0.94	0.87
131.3	132.2	134.2	25.44	9.55	7.85	0.94	0.91	0.87
131.2	132.6	134.2	23.38	7.52	8.52	0.93	0.91	0.89
131.5	132.7	134.3	21.24	7.09	7.02	0.94	0.95	0.84
131.8	132.6	134.6	20.71	9.83	6.27	0.94	0.93	0.81
131.8	133	134.7	22.25	6.67	6.27	0.94	0.93	0.8
131.8	133.2	134.8	21.96	5.88	6.28	0.94	0.92	0.8
131.6	133.3	134.8	24.46	5.85	7.42	0.92	0.9	0.84
131.5	133.4	134.8	25.08	3.59	7.88	0.91	0.94	0.87
131.7	133.4	134.8	23.02	4.31	7.84	0.92	0.93	0.86
131.9	133.4	134.8	22.03	5.36	7.82	0.93	0.94	0.86
131.9	133.3	134.7	21.72	5.59	8.13	0.93	0.91	0.86
131.9	133.3	134.8	21.91	5.6	7.91	0.93	0.95	0.86
132.1	133.4	135	21.02	4.91	7.81	0.94	0.91	0.86
131.9	133.3	135	22.27	5.51	7.8	0.93	0.92	0.86
131.7	133.2	134.8	22.9	5.47	7.93	0.92	0.96	0.86
131.2	133	134.6	24.58	4.76	8.05	0.92	0.93	0.86
130.2	132.2	133.8	24.38	3.94	7.74	0.92	0.92	0.87
128.9	130.8	132.5	23.11	4.7	6.54	0.94	0.95	0.86
128	129.8	131.8	23.64	4.67	5.11	0.94	0.97	0.79
127.8	129.7	131.6	25.06	4.66	5.11	0.92	0.94	0.8
128	129.9	131.9	25.56	4.63	5.01	0.92	0.9	0.78
128.3	130.1	132	23.16	4.61	5.02	0.93	0.9	0.78
128.3	130.2	132	24.12	3.88	6.37	0.93	0.92	0.86
128.4	130.3	132.2	25.01	4.64	6.74	0.92	0.9	0.86
128.6	130.3	132.2	22.99	4.67	6.36	0.93	0.91	0.86
128.8	130.4	132.3	22.7	4.67	6.37	0.94	0.97	0.86
128.7	130.5	132.3	24.31	4.64	6.37	0.93	0.96	0.86
128.9	130.5	132.2	22.1	4.39	6.8	0.95	0.94	0.86
128.9	130.5	132.3	22.44	4.16	6.38	0.95	0.96	0.86
128.9	130.5	132.3	22.68	4.67	5.2	0.95	0.94	0.78
129	130.5	132.4	22.34	4.67	5.04	0.96	0.99	0.78
129.3	130.4	132.4	19.92	6.64	5.27	0.98	0.98	0.81
129.5	130.5	132.6	19.85	6.61	5.04	0.97	0.95	0.77
129.3	130.6	132.5	20.62	4.65	5.89	0.96	0.94	0.82
129.3	130.9	132.5	20.83	4.51	6.4	0.96	0.96	0.86

129.4	131.1	132.5	20.47	4.45	6.79	0.94	0.92	0.86
129.5	131.2	132.4	15.8	4.45	6.4	0.88	0.89	0.86
129.7	131.4	132.4	13.28	4.38	6.4	0.91	0.94	0.86
129.9	131.3	132.6	13.43	4.21	6.4	0.93	0.92	0.86
129.6	131.3	133	21.48	4.46	5.98	0.94	0.92	0.83
129.8	131.1	132.9	18.58	6.04	5.05	0.96	0.99	0.77
130.3	131.4	132.9	11.02	4.67	5.08	0.96	0.96	0.78
130.5	131.5	133	10.75	4.67	5.08	0.96	0.93	0.78
130.6	131.6	133.1	10.75	4.47	5.7	0.96	0.93	0.8
130.7	131.8	133.2	13.82	4.15	6.64	0.97	0.94	0.85
130.4	131.8	133.7	23.04	4.54	6.47	0.97	0.98	0.85
130.2	131.9	133.7	23.59	4.52	6.46	0.94	0.96	0.85
130.5	131.9	133.6	21.07	4.55	6.6	0.95	0.94	0.85
130.7	132.1	133.6	19.63	4.56	6.74	0.96	0.93	0.85
130.8	132.2	133.9	19.94	3.83	5.46	0.97	0.96	0.79
130.6	132.2	133.9	21.05	4.27	5.14	0.96	0.99	0.77
130.5	132.3	134	22.37	4.26	5.18	0.94	0.94	0.77
130.6	132.3	134.1	23.78	4.24	5.34	0.96	0.99	0.79
130.6	132.3	134	22.9	4.37	5.84	0.94	0.97	0.8
130.9	132.4	134	20.95	3.72	6.55	0.95	0.91	0.85
130.9	132.5	134.2	22.15	4.4	6.54	0.93	0.95	0.84
130.9	132.7	134.4	23.3	4.62	6.97	0.93	0.94	0.83
131.2	132.7	134.4	22.08	5.26	6.56	0.94	0.94	0.83
131.5	132.9	134.6	20.83	5	6.45	0.94	0.92	0.83
131.6	133.1	135	21.41	4.57	5.19	0.94	0.95	0.76
131.4	133	135	23.78	4.53	5.38	0.93	0.9	0.79
131.5	133.2	135.1	22.94	4.54	5.18	0.92	0.92	0.77
131.7	133.4	135.3	22.9	4.53	5.16	0.92	0.92	0.76
131.7	133.5	135.2	24.1	3.78	6.1	0.92	0.95	0.81
132.2	133.8	135.4	22.3	4.55	6.93	0.94	0.95	0.83
127.1	128.8	130.8	28.06	4.38	6.47	0.96	0.95	0.86
127.2	128.9	130.8	27.53	4.39	6.47	0.96	0.95	0.86
127.8	129.1	130.9	23.54	4.43	6.45	0.98	0.96	0.86
127.6	129	130.5	23.78	4.42	6.72	0.99	0.97	0.86
127	128.7	130.3	26.09	4.02	6.4	0.97	0.99	0.86
127.5	128.8	130.5	24.31	4.16	6.35	0.98	0.99	0.86
128.5	129.7	131.5	22.73	4.44	5.25	0.98	0.99	0.8
128.1	129.5	131.4	25.27	4.8	5.24	0.97	0.94	0.81
128.3	129.6	131.6	25.3	5.47	5.03	0.96	0.98	0.79
128.5	129.6	131.7	21.82	5.63	4.97	0.98	0.95	0.78
128.6	129.9	131.7	22.92	5.23	6.14	0.95	0.94	0.84
128.6	130.2	131.9	25.25	4.94	6.64	0.93	0.97	0.86
128.9	130.2	132	24.1	5.35	6.37	0.94	0.95	0.85
128.6	130.1	131.8	24.82	5.25	6.22	0.93	0.93	0.86
128.6	130.3	132.1	25.8	4.58	6.25	0.92	0.93	0.85

128.7	130.2	131.8	24.94	4.4	6.5	0.93	0.96	0.86
128.9	130.1	131.9	22.42	4.6	6.41	0.95	0.97	0.85
129.1	130.3	132.1	21.65	5.49	6.26	0.95	0.93	0.85
129.3	130.5	132.4	22.27	5.47	6.08	0.95	0.91	0.84
129.6	130.6	132.5	19.3	5.51	5.04	0.98	0.97	0.77
129.6	130.7	132.7	21	5.51	5.06	0.97	0.95	0.78
129.3	130.8	132.6	22.37	5.35	4.93	0.95	0.93	0.76
129.3	130.6	132.4	21.12	5.01	5.33	0.96	0.99	0.78
130	130.7	131.9	10.25	5.61	6.34	0.97	0.99	0.86
130	131	132	11.06	4.7	6.75	0.95	0.94	0.86
129.8	130.7	132	11.04	4.83	6.32	0.94	0.95	0.86
130.1	130.8	132	9.58	4.81	6.32	0.96	0.95	0.86
129.4	130.7	132.3	22.44	3.97	6.29	0.96	0.99	0.85
129.6	130.8	132.1	17.22	4.65	6.73	0.92	0.92	0.86
130	130.9	132.1	11.62	4.71	6.34	0.95	0.93	0.86
130.2	130.9	132.3	12.59	4.76	6.34	0.97	0.95	0.86
130.1	131.1	132.4	14	5.45	6.34	0.92	0.92	0.86
129.3	130.9	132.7	25.7	4.83	6.69	0.94	0.92	0.85
129.5	131	132.7	23.98	4.64	6.3	0.96	0.97	0.85
129.6	131.2	132.8	24.41	4.42	6.29	0.95	0.98	0.85
129.4	131.3	133.1	26.52	4.37	5.24	0.92	0.91	0.78
129.6	131.2	133	24.22	4.43	5.17	0.95	0.93	0.79
129.9	131.5	133.2	22.7	3.84	4.95	0.96	0.99	0.76
129.6	131.5	133.2	25.56	4.04	4.94	0.96	0.94	0.76
129.6	131.4	132.8	23.21	4.28	6.29	0.97	0.91	0.84
130.2	131.5	132.9	19.92	4.31	6.77	0.97	0.93	0.85
130.1	131.7	133.1	22.51	4.29	6.94	0.97	0.93	0.87
130.1	131.8	133.3	22.3	3.85	5.47	0.97	0.96	0.78
130.3	131.7	133.4	21.62	4.55	4.91	0.97	0.98	0.75
130.4	131.8	133.6	21.89	4.72	5.14	0.97	0.95	0.78
130.4	131.8	133.6	22.42	4.69	4.92	0.97	0.92	0.75
130.4	131.9	133.5	22.63	5.37	5.62	0.97	0.93	0.78
130.6	132	133.4	21.7	5.2	6.47	0.97	0.99	0.85
130.6	132.1	133.6	22.9	5.26	6.85	0.97	0.94	0.84
130.5	132.2	133.6	23.06	4.32	6.4	0.97	0.98	0.84
130.3	132.3	133.8	25.87	4.38	6.38	0.97	0.94	0.84
130.3	132.2	133.8	26.74	4.8	6.37	0.97	0.87	0.84
130.6	132.1	133.7	24.86	4.2	6.79	0.97	0.95	0.84
130.5	132.1	133.7	25.06	4.89	6.38	0.97	0.92	0.84
130.4	132.1	133.7	25.58	5.54	6.37	0.97	0.92	0.84
130.6	131.9	133.5	22.3	5.38	6.38	0.97	0.93	0.84
130.6	131.7	133.3	20.66	5.36	6.77	0.97	0.97	0.84
130.7	131.9	133.5	22.08	4.63	6.38	0.97	0.92	0.84
130.8	131.9	133.6	21.98	5.27	6.38	0.97	0.95	0.84
131	132	133.7	19.61	5.23	6.38	0.97	0.97	0.84

130.7	132	133.5	21.12	4.58	6.79	0.97	0.98	0.84
130.5	132	133.7	24.19	4.54	6.38	0.97	0.96	0.84
130.7	132	133.5	20.3	3.82	6.38	0.97	0.94	0.84
130.7	132.1	133.5	19.32	4.32	6.11	0.98	0.97	0.83
130.6	132.1	133.6	19.63	4.32	5.2	0.98	0.91	0.79
131	132.2	133.4	11.93	4.4	4.99	0.98	0.96	0.76
131.2	132.3	133.4	10.82	3.97	4.99	0.98	0.99	0.76
131	132.3	133.4	12.66	4.17	5.44	0.98	0.92	0.79
130.4	132.2	133.6	25.34	4.27	6.76	0.98	0.94	0.84
130.9	132.3	133.5	17.75	4.35	6.41	0.98	0.95	0.85
130.9	132.2	133.2	12.29	4.39	6.38	0.98	0.91	0.85
130.9	132.3	133.3	13.55	3.69	6.35	0.98	0.96	0.85
131.1	132.3	133.4	14.41	4.55	6.76	0.98	0.93	0.85
130.5	132.1	133.7	24.62	4.55	6.38	0.98	0.97	0.84
130.6	132.1	133.8	24.22	4.56	6.38	0.98	0.95	0.84
130.8	132.3	133.9	21.98	4.59	6.4	0.98	0.92	0.83
130.9	132.4	134	22.63	4.07	6.74	0.98	0.94	0.83
130.9	132.3	134.1	23.38	5.36	6.22	0.98	0.9	0.82
131	132.3	134.3	22.15	5.34	4.98	0.98	0.99	0.75
130.9	132.4	134.5	24.1	5.26	4.97	0.98	0.96	0.75
130.9	132.5	134.5	25.46	4.53	5.13	0.98	0.93	0.77
131.1	132.6	134.3	23.09	3.89	5.55	0.98	0.93	0.79
131.3	132.6	134.2	21	4.38	6.38	0.98	0.92	0.84
131.4	132.8	134.3	21.34	4.31	6.38	0.98	0.98	0.84
131.4	132.8	134.2	20.98	4.31	6.62	0.98	0.98	0.84
131.5	132.8	134.2	19.78	3.62	6.55	0.98	0.93	0.84
131.5	132.7	134.2	19.8	4.32	6.4	0.98	0.97	0.84
131.4	132.9	134.3	22.01	4.3	6.4	0.99	0.91	0.84
131.3	132.9	134.3	23.59	4.29	6.6	0.99	0.94	0.84
131.4	132.9	134.5	24.38	5.1	6.58	0.99	0.94	0.83
131.6	132.9	134.5	22.78	5.47	6.38	0.99	0.91	0.83
131.7	132.8	134.8	22.22	6.86	5.1	0.99	0.94	0.76
131.7	132.9	134.9	22.85	6.85	5.05	0.99	0.93	0.76
131.8	133	135	24.22	6.82	5.15	0.99	0.92	0.77
132	133	135.1	23.23	6.23	4.99	0.99	0.98	0.75
131.8	133.1	134.9	24.34	6.79	6.33	0.99	0.9	0.82
131.7	133.1	135	25.32	6.78	6.53	0.99	0.88	0.83
131.7	132.9	134.8	22.08	6.82	6.71	0.99	0.94	0.83
131.5	132.8	134.6	21.82	6.14	6.4	0.99	0.97	0.83
131	132.6	134.5	25.42	5.38	6.38	0.99	0.91	0.83
130.7	131.9	133.9	22.2	6.55	6.43	0.99	0.96	0.84
130.5	131.7	133.7	20.21	6.51	6.72	0.99	0.99	0.84
129.5	130.9	132.8	22.46	6.44	6.32	0.99	0.96	0.85
129.2	130.6	132.3	20.5	6.43	6.31	0.99	0.97	0.85
129.2	130.8	132.6	20.47	4.11	4.94	0.99	0.97	0.77

129.4	131.2	132.9	21.62	4.38	5.17	0.99	0.93	0.79
129.5	131.3	133	20.3	4.3	4.94	0.99	0.95	0.77
129.5	131.2	133	20.26	4.3	4.95	0.99	0.96	0.77
129.1	131.4	133	25.3	4.53	6.22	0.99	0.93	0.84
129.1	131.2	133	26.02	3.87	6.72	0.99	0.89	0.85
129.3	131.2	133	23.9	4.66	6.54	0.99	0.9	0.85
129.3	131.4	133.1	23.64	4.66	6.44	1.00	0.89	0.86
129.4	131.5	133.2	25.32	4.63	6.43	1.00	0.92	0.85
129.6	131.3	133	21.65	4.65	6.82	1.00	0.92	0.85
129.8	131.5	133.2	21.36	3.9	6.25	1.00	0.98	0.84
129.8	131.7	133.4	21.86	4.58	5.07	1.00	0.97	0.77
129.9	131.7	133.5	21.46	4.56	5.08	1.00	0.92	0.77
130.1	131.9	133.6	20.78	4.27	5.25	1.00	0.93	0.79
130.1	132	133.7	21.67	4.26	5.18	1.00	0.95	0.78
130.2	132.1	133.7	23.21	3.56	6.46	1.00	0.91	0.85
130.4	132.2	133.7	21.84	4.27	6.46	1.00	0.91	0.85
130.4	132.2	133.6	20.88	4.34	6.58	1.00	0.98	0.85
130.5	132.2	133.7	21.6	4.55	6.73	1.00	0.96	0.85
130.6	132.2	133.8	21.05	4.06	6.45	1.00	0.96	0.85
130.7	132.3	133.9	21.31	4.25	6.47	1.00	0.96	0.85
130.6	132.4	134.1	22.51	4.44	5.86	1.00	0.95	0.81
130.4	132.4	134.3	25.18	4.37	5.33	1.00	0.89	0.8
130.5	132.4	134.4	24.82	5	5.08	1.00	0.87	0.77
130.9	132.5	134.4	22.37	3.92	5.09	1.00	0.93	0.77
130.9	132.4	134.5	23.33	6.5	5.4	1.00	0.92	0.78
131.2	132.6	134.4	22.3	6.82	6.85	1.00	0.92	0.84
130.9	132.1	134.1	22.63	6.8	6.44	1.00	0.95	0.84
130.9	132	134.1	20.95	6.83	6.43	1.00	0.96	0.84
131	132.1	134.1	20.33	6.26	6.43	1.00	0.99	0.84
130.9	132.1	134	20.76	6.52	6.69	1.00	0.91	0.84
130.8	132	134.1	20.45	5.53	5.32	1.01	0.94	0.78
130.9	132.4	134.2	19.63	4.56	5.09	1.01	0.95	0.77
130.7	132.1	134	19.37	4.3	5.08	1.01	0.99	0.77
130.8	132.3	134.2	20.86	3.59	5.21	1.01	0.93	0.78
130.7	132.3	134.1	23.21	4.26	6.06	1.01	0.91	0.83
130.8	132.5	134	21.82	4.27	6.46	1.01	0.94	0.85
130.8	132.6	134.2	23.26	4.26	6.44	1.01	0.91	0.84
130.8	132.8	134.3	23.57	4.27	7.35	1.01	0.9	0.88
131.1	132.7	134.5	20.78	3.59	5.51	1.01	0.93	0.79
131.5	132.9	134.8	18.7	4.57	5.09	1.01	0.99	0.75
131.4	132.7	134.7	20.71	5.5	5.08	0.94	0.94	0.75
130.8	132.2	134.1	21.65	5.4	5.09	0.93	0.96	0.76
130.8	132.2	133.9	19.78	4.74	6.11	0.96	0.96	0.83
130.7	132.2	134	22.49	5.45	6.55	0.94	0.91	0.85
131.2	132.5	134.1	17.76	5.32	6.53	0.91	0.95	0.84

131.5	132.7	134	12.66	4.78	6.53	0.94	0.97	0.84
131.7	132.8	134.1	11.8	4.78	6.94	0.95	0.96	0.84
125.8	128	129.3	58.08	29.52	48.34	0.86	0.88	0.93
125.8	128	129.5	57.7	25.94	45.65	0.89	0.88	0.97
125.8	127.3	128.8	60.05	28.25	47.33	0.79	0.76	0.98
125.8	127.6	128.7	60.38	28.25	52.46	0.78	0.8	0.98
125.9	127.7	128.4	56.3	27.79	54.96	0.93	0.96	0.98
125.9	127.4	128.1	54.29	32.02	52.51	0.91	0.88	0.92
126.3	127.6	128.4	50.69	28.58	48.58	0.97	0.97	0.98
126.6	128.2	128.8	49.63	28.87	49.78	0.98	0.95	0.98
126.5	128.2	129.6	56.59	30.12	45.12	0.89	0.91	0.98
127	128.2	128.9	53.66	35.38	51.02	0.62	0.63	0.93
127.3	128.3	129.3	47.28	31.42	46.27	0.98	0.95	0.99
126.9	128.4	129.4	49.44	29.81	46.94	0.98	0.98	0.98
127	128.7	129.6	51.36	29.42	47.18	0.97	0.97	0.98
126.6	128.6	130	63.36	33.91	50.78	0.72	0.71	0.92
126.8	128.9	130.1	62.69	29.54	47.95	0.72	0.74	0.98
127.2	128.9	130.2	60.29	29.33	46.7	0.86	0.85	0.98
127.5	129	130.3	57.84	29.21	46.42	0.93	0.91	0.98
127.5	129	130.3	56.74	32.5	48	0.90	0.9	0.93
127.6	128.7	130.4	52.03	31.44	42.82	0.97	0.99	0.98
128	129	130.5	48.14	29.59	41.71	0.99	0.97	0.98
128.2	129.3	131.3	46.94	28.61	33.26	0.98	0.97	0.98
128.1	129.6	131.1	47.95	32.47	39.26	0.93	0.97	0.95
128.4	129.2	131.3	44.35	30.5	27.31	0.98	0.99	0.98
128.8	128.8	131.4	44.11	39.5	27.34	0.98	0.98	0.98
128.4	129.2	131.2	41.57	30.36	28.42	0.98	0.98	0.98
128.3	129.2	131.1	41.23	26.5	28.3	0.98	0.95	0.98
128.3	128.9	131.2	42.43	29.78	24.58	0.97	0.95	0.99
128.4	129.2	131.3	41.95	26.21	24.24	0.97	0.96	0.99
128.1	129.3	131.2	46.03	28.49	29.78	0.93	0.94	0.99
128.1	129.2	131	42.67	26.78	28.15	0.97	0.95	0.99
128.1	129.4	131.2	42.86	25.32	29.26	0.97	0.95	0.99
128.2	129.4	131.1	41.76	26.47	30.72	0.98	0.95	0.98
127.9	128.9	131	51.98	35.9	36.05	0.92	0.93	0.97
128	128.8	130.4	45.07	34.85	33.79	0.98	0.96	0.98
127.9	128.7	130.2	44.06	35.88	32.62	0.98	0.99	0.98
127.8	128.5	130.2	49.97	41.09	36.6	0.94	0.97	0.96
127.6	128	129.9	50.02	45.17	34.9	0.97	0.94	0.98
127.4	128.1	129.7	49.87	43.87	38.06	0.97	0.95	0.98
127.3	127.9	129.5	47.52	44.21	38.02	0.98	0.99	0.98
127.2	128.2	129.8	50.35	40.32	38.64	0.98	0.96	0.98
127.1	128.3	129.8	50.11	35.95	37.49	0.98	0.95	0.98
126.9	128	129.5	53.52	39.84	41.04	0.93	0.96	0.94
127.1	128	129.9	50.93	40.18	37.15	0.98	0.99	0.98

127.1	128	129.8	50.16	39.5	37.49	0.98	0.98	0.98
126.7	128.2	129.9	56.16	38.02	38.11	0.96	0.98	0.98
126.8	128.1	129.9	53.52	38.93	38.69	0.97	0.99	0.98
127.2	127.9	129.7	50.11	41.86	38.59	0.98	0.96	0.98
127.3	127.5	129.5	51.41	50.78	40.32	0.98	0.95	0.97
127.3	127.8	129.8	54	48.53	40.32	0.98	0.97	0.97
127.1	127.7	129.7	57.7	49.82	43.68	0.90	0.89	0.92
127.5	128	129.8	52.32	47.42	39.36	0.98	0.98	0.97
127.3	128	129.9	50.83	43.3	37.3	0.98	0.99	0.97
127.5	128	130.1	51.36	43.73	33.46	0.98	0.99	0.98
127.9	128.1	129.9	47.9	43.73	35.64	0.99	0.99	0.98
128	128.4	129.9	45.6	42.24	39.22	0.99	0.96	0.98
127.6	128.6	129.9	50.74	42.1	42.29	0.93	0.92	0.94
127.9	128.6	129.9	45.7	40.8	39.55	0.98	0.97	0.98
128.3	128.9	129.8	38.11	38.93	41.23	0.98	0.99	0.98
128	129	129.9	41.42	37.2	41.57	0.98	0.96	0.98
127.9	129	129.9	43.2	38.54	42.53	0.98	0.96	0.98
127.5	129	130.4	49.34	35.52	41.09	0.98	0.98	0.98
127.8	128.9	130.2	45.7	37.97	41.04	0.98	0.97	0.98
127.9	129.3	130.2	39.41	28.87	40.56	0.98	0.96	0.98
128.2	129.4	130.3	36.43	28.22	40.03	0.98	0.96	0.98
128.2	129.4	130.2	38.4	29.57	40.51	0.98	0.99	0.98
127.7	129.5	130.7	50.06	29.74	40.66	0.98	0.98	0.98
128	129.6	130.9	49.34	30.5	39.12	0.98	0.99	0.98
128.2	129.6	131.1	51.46	33.89	42.48	0.93	0.93	0.94
128.1	129.9	131.6	50.98	26.86	36.07	0.98	0.94	0.98
128.5	130.2	131.9	50.59	25.03	36.67	0.98	0.99	0.97
128.7	130.2	131.9	49.06	28.61	37.49	0.98	0.99	0.97
128.7	130.2	132	48.72	27.72	35.88	0.98	0.99	0.97
128.7	130	132.2	51.6	33.12	35.47	0.98	0.94	0.97
129.1	130.5	132.3	47.62	28.06	35.98	0.98	0.96	0.97
129.1	130.4	132.3	48.77	32.52	35.33	0.98	0.96	0.97
129.3	130.2	132.4	55.1	41.86	33.89	0.97	0.99	0.97
129.3	130.7	132.4	51.65	34.75	35.16	0.97	0.98	0.97
129.3	130.7	132.4	50.16	31.51	35.06	0.98	0.99	0.97
129.3	131.2	132.7	51.12	29.81	34.75	0.97	0.94	0.97
129.5	131.4	132.8	51.02	31.49	38.5	0.93	0.92	0.94
129.8	131.5	133	46.99	27.5	34.51	0.98	0.94	0.97
129.8	131.7	133.2	48.82	27.55	35.26	0.98	0.96	0.97
129.9	131.5	133.4	47.23	29.09	29.93	0.98	0.98	0.97
129.8	131.4	133.5	48.48	27.62	31.15	0.98	0.94	0.97
129.2	131	133	50.02	25.06	31.9	0.98	0.96	0.98
128.7	130.9	132.3	45.65	22.9	34.51	0.98	0.99	0.98
128.2	130	131.4	45.7	29.93	35.59	0.98	0.98	0.98
127	128.9	130.2	44.16	26.23	36.14	0.98	0.96	0.99

126.4	128.9	129.8	43.87	23.71	37.54	0.98	0.99	0.98
126.6	129.1	129.8	44.35	25.63	40.85	0.98	0.99	0.98
127.2	129.2	130.4	43.44	27.38	38.11	0.98	0.94	0.99
127.2	129.4	130.6	44.4	27	38.3	0.98	0.99	0.98
127.1	129.3	130.6	46.03	28.46	37.58	0.97	0.99	0.99
127.2	129.4	130.9	46.37	27.5	35.11	0.97	0.96	0.99
127.3	129.5	131.2	46.94	26.09	32.04	0.97	0.94	0.98
127.7	129.7	131.4	45.79	26.21	30.96	0.97	0.99	0.99
128	130	131.7	45.46	25.51	30.72	0.98	0.97	0.99
128	130.1	131.6	45.55	25.58	32.59	0.97	0.94	0.99
128	130.2	131.7	45.22	22.56	31.63	0.97	0.94	0.99
128.4	130	131.6	41.71	25.39	28.61	0.98	0.99	0.98
128.2	130	131.6	44.54	26.06	28.73	0.97	0.98	0.98
128.5	129.6	131.8	47.04	38.93	28.13	0.96	0.98	0.98
128.8	130.2	131.9	40.85	30.07	27.02	0.97	0.99	0.98
128.9	130.4	132.1	39.22	25.94	25.13	0.97	0.97	0.98
128.9	130.5	132.4	38.98	22.18	23.3	0.97	0.99	0.98
128.8	130.8	132.6	37.25	15.32	20.93	0.98	0.97	0.97
128.8	130.8	132.7	39.22	16.63	24.19	0.95	0.95	0.97
129.2	131.2	133.1	34.51	11.06	18.17	0.97	0.99	0.97
129.3	131.3	133.4	35.3	9.91	15.37	0.97	0.98	0.95
129.6	131.3	133.6	32.14	9.26	11.15	0.97	0.99	0.94
129.8	131.7	133.8	34.46	8.37	11.84	0.96	0.97	0.94
128.4	130.6	132.6	34.51	7.38	12.07	0.95	0.97	0.94
128.4	130.2	132.3	31.61	8.96	11.99	0.96	0.93	0.94
128.6	130.3	132.5	31.32	9.71	11.8	0.96	0.94	0.94
128.5	130.4	132.5	32.64	9	11.75	0.95	0.93	0.94
128.7	130.7	132.8	33.22	8.6	11.99	0.95	0.92	0.94
129	130.9	132.9	30.24	8.02	11.52	0.95	0.93	0.94
129.5	131.3	132.7	22.15	5.11	11.24	0.96	0.93	0.94
129.5	131.4	132.9	23.23	4.86	7.73	0.94	0.92	0.9
129.7	131.6	133.1	21.6	3.6	6.52	0.96	0.97	0.88
129.6	131.2	133.2	23.35	5.62	6.29	0.94	0.93	0.87
129.7	131.4	133.5	24.22	5.87	5.87	0.93	0.92	0.83
129.8	131.5	133.6	23.26	4.69	5.17	0.94	0.92	0.78
130.2	131.6	133.6	23.59	6.46	6.75	0.94	0.92	0.84
130.3	131.7	133.7	23.38	6.27	6.51	0.93	0.96	0.85
130.3	132	133.8	24.77	4.65	6.53	0.93	0.94	0.85
130.5	132	133.8	22.34	5.29	6.62	0.94	0.95	0.85
130.8	131.8	133.8	20.93	6.86	6.88	0.95	0.93	0.84
130.6	132.1	134	24.43	5.61	6.54	0.93	0.95	0.84
130.7	132.4	134.2	24.98	4.15	6.56	0.92	0.9	0.84
130.6	132.4	134.2	25.92	4.33	6.08	0.90	0.89	0.82
130.8	132.6	134.5	25.82	4.25	5.25	0.91	0.95	0.78
130.8	132.7	134.6	25.56	4.25	5.11	0.91	0.92	0.76

131	132.8	134.7	24.07	4.45	5.12	0.92	0.92	0.76
131.2	132.9	134.8	22.68	3.8	5.36	0.93	0.94	0.77
131.4	132.9	134.6	21.98	4.51	6.77	0.95	0.98	0.84
131.7	133.1	134.8	19.94	4.5	6.53	0.96	0.98	0.84
131.8	133.3	134.9	21	4.43	6.51	0.95	0.93	0.83
131.5	133.2	134.9	24.31	5.06	6.77	0.91	0.88	0.83
131.5	133.1	134.8	23.04	4.39	6.67	0.92	0.91	0.83
131.6	133.1	135	21.96	4.7	5.85	0.94	0.92	0.8
131.8	133.3	135.2	22.01	4.71	5.13	0.94	0.92	0.76
131.9	133.3	135.3	20.83	4.73	5.3	0.95	0.98	0.78
132	133.5	135.4	20.18	4.51	5.24	0.94	0.97	0.77
131.8	133.5	135.4	23.26	4.07	5.41	0.91	0.9	0.77

Prototipo

Tensión L1 [V]	Tensión L2 [V]	Tensión L3 [V]	Corriente L1 [A]	Corriente L2[A]	Corriente L3 [A]	FP L1 []	FP L2 []	FP L3 []
129.3	128.9	129.1	43.68	35.25	32.59	0.99	0.98	0.98
127.6	127.6	131.3	50.14	41.99	32.15	0.89	0.85	0.93
129	127.2	129.9	41.97	34.6	32.83	0.96	0.93	0.99
127.4	128.4	131	43.54	27.96	30.37	0.96	0.93	0.98
128.8	128	130	39.72	27.86	28.07	0.99	0.95	0.99
127.2	128.9	131.4	47.27	25.53	34.43	0.98	0.98	0.98
129.1	128.9	130.3	45.9	27.2	33.71	0.99	0.98	0.96
128.5	130.4	130.5	40.11	27.7	32.14	0.95	0.95	0.98
128.3	130.7	131.6	43.6	29.74	32.02	0.94	0.94	0.95
129	130.7	131	36.09	28.58	30.77	0.95	0.95	0.95
129.6	130.8	131.7	35.48	32.13	26.82	0.95	0.96	0.93
130.5	129.1	131.6	39.53	33.11	27.45	0.96	0.94	0.96
129	129.9	131.8	46.37	37.72	25.08	0.9	0.9	0.97
129.3	128.3	132.8	35.46	30.97	24.23	0.96	0.96	0.92
129.5	129.1	132.5	35.03	21.94	21.56	0.98	0.97	0.97
129.5	129.3	133.5	37.07	21.75	20.89	0.97	0.98	0.95
128.7	129.3	133.2	37.96	30.72	21.62	0.95	0.97	0.97
130.3	128.8	132.4	38.43	25.72	21.13	0.97	0.98	0.96
128.7	129.8	133.4	35.91	33.03	20.93	0.96	0.97	0.95
129	129.5	133.6	31.75	33.11	20.84	0.94	0.91	0.96
130.7	128.9	131.8	38.93	26.66	25.61	0.98	0.96	0.97
129.9	129.8	132.3	41.24	26.99	26.45	0.95	0.94	0.97
129.5	129.7	133.2	35.29	36.05	30.65	0.96	0.97	0.96
130.8	129.5	131.2	32.6	34.02	32.15	0.95	0.92	0.96
130.5	129.9	131.5	43.33	34.79	35.03	0.99	0.97	0.99
129.1	130.5	132.8	34.54	32.87	34.14	0.97	0.93	0.98
130.7	129.6	130.7	40.01	32.51	34.95	0.95	0.93	0.96

129.8	130.3	130.6	44.52	40.28	33.76	0.9	0.86	0.93
130	131.3	131.3	36.04	39.45	32.57	0.99	0.98	0.98
128.7	130.8	132.5	35.72	36.08	31.99	0.99	0.98	0.99
129.9	129.9	131.5	35.71	45.07	32.78	0.99	0.98	0.97
130.6	129.3	131.4	41.44	39.98	33.77	0.98	0.98	0.99
130.4	130.7	131	37.54	38.15	34.5	0.98	0.95	0.96
130.8	130.3	131.2	45.15	38.14	33.89	0.99	0.98	0.97
130.6	130.3	131.9	44.36	40.69	33.81	0.96	0.95	0.98
128.9	130.6	133	39.22	42.97	35.09	0.98	0.96	0.96
129.8	129.6	132	36.37	42.25	35.36	0.99	0.98	0.99
129	131.1	131.2	41.56	40.97	33.54	0.98	0.96	0.97
129.4	131.3	131.3	41.75	46.99	29.79	0.99	0.98	0.98
129.1	129.5	132.4	39.12	46.42	27.73	0.97	0.94	0.95
128.8	130.8	131.6	48.41	42.09	30.06	0.98	0.98	0.99
128.3	130	132.8	44.82	41.31	29.82	0.95	0.97	0.99
129.5	130.7	130.4	39.82	50.4	29.5	0.96	0.98	0.95
129.5	128.7	131.9	44.09	37.18	29.63	0.96	0.96	0.97
128.6	130.2	132.7	42.75	38.04	27.29	0.95	0.93	0.99
130.1	129.2	131.8	50.57	44.31	24.84	0.92	0.94	0.97
129.8	129	131.8	48.75	43.1	23.61	0.95	0.97	0.97
129	129.4	133.3	43	40.73	26.58	0.97	0.98	0.96
128.9	130.3	133	32.99	42.15	24.54	0.98	0.98	0.94
129.5	129.6	132.1	30.46	34.12	27.88	0.97	0.97	0.95
129.5	130	132.3	29.06	39.31	31.36	0.97	0.93	0.95
131.4	130.8	131.4	42.24	34.51	31.3	0.96	0.97	0.95
129.7	130	132.5	43.19	33.55	30.7	0.97	0.94	0.96
130	130	132.8	33.07	32.6	30.67	0.99	0.98	0.96
129.9	131.6	132.4	30.29	32.91	31.55	0.99	0.98	0.97
130.1	132.5	132.5	29.77	42.98	31.24	0.99	0.98	0.98
129.4	131.9	131.1	46.09	50.92	32.21	0.9	0.9	0.91
129.8	129.8	132.3	44.42	34.75	34.57	0.99	0.98	0.99
130.5	130.3	132.8	40.18	30.17	31.76	0.96	0.96	0.94
128.8	131.5	132.9	45.09	27.88	32.2	0.96	0.96	0.97
129.3	131.6	132.4	45.35	24.26	33.97	0.99	0.98	0.95
129.9	130	133.9	44.96	24.82	33.17	0.99	0.98	0.98
129.7	130.4	133.8	47.97	27.82	32.94	0.98	0.97	0.97
128.1	131.3	133	44.15	26.48	33.09	0.99	0.97	0.97
130.9	130.8	132.7	41.54	26.17	34.54	0.99	0.98	0.95
128.8	132	133.6	45.83	23.24	36.03	0.99	0.98	0.96
130.2	131.1	132.5	46.98	33.13	32.67	0.96	0.95	0.98
130.1	129.8	133.9	51.34	28.07	33.57	0.93	0.89	0.97
130.3	129.6	134	43.88	27.59	33.49	0.96	0.94	0.94
129.4	131.7	134	44.67	26.24	34.85	0.96	0.93	0.99
130.1	129.6	133.6	46.08	29.84	38.86	0.9	0.89	0.9
129.9	129.6	133	50.35	29.96	39.22	0.99	0.98	0.94

128.7	130.5	133.9	50.24	31.02	38.61	0.99	0.96	0.96
129	130.8	133.6	52.85	26.99	37.98	0.97	0.94	0.94
127.7	131.3	132.7	47.44	24.86	39.52	0.99	0.98	0.95
128.5	130	131.1	44.03	26.9	38.78	0.97	0.93	0.96
127.5	127.8	130	48.88	22.53	38.63	0.99	0.98	0.93
125.8	130.5	131.2	51.13	18.23	38.6	0.98	0.98	0.97
127.2	131	131.1	39.34	20.19	38.19	0.97	0.95	0.98
127.6	128.8	132	38.5	18.91	38.68	0.97	0.95	0.98
127.5	129.8	132.1	40.1	17.08	38.17	0.98	0.96	0.99
128.8	128.8	131.3	39.98	17.23	38.68	0.97	0.92	0.96
129.6	129.4	131.4	38.87	18.46	38.46	0.97	0.97	0.95
129.3	131.2	131.1	42.1	16.28	34.01	0.99	0.98	0.97
129.5	130.7	131.7	35.48	15.85	31.35	0.95	0.98	0.93
128.2	129.9	132.6	35.44	15.93	32.35	0.95	0.98	0.97
128.3	131.3	132.2	34.77	20.69	31.73	0.99	0.98	0.94
129.8	129.7	131.8	37.43	26.93	30.49	0.97	0.98	0.95
128.5	131.3	132.2	34.75	24.74	31.89	0.95	0.95	0.97
128.3	130.8	133.1	40.39	23.92	31.78	0.94	0.93	0.96
128.5	129.9	133.9	41.15	22.96	28.15	0.95	0.91	0.93
128.8	129.4	134.2	35.36	22.25	27.67	0.98	0.98	0.95
131.1	131	131.8	32.97	23.27	23.79	0.98	0.97	0.99
130.2	129.7	132.9	28.2	23.71	20.73	0.96	0.93	0.99
130.6	130.8	132.5	33.21	18.29	17.07	0.95	0.95	0.98
129.8	132.2	133.4	29.32	17.1	16.6	0.96	0.94	0.95
131	131.6	132.2	29.08	7.4	15.15	0.99	0.95	0.94
130.2	130.2	134.1	29.43	9.25	10.89	0.95	0.97	0.93
130.1	130.2	134.1	26.1	8.23	9.62	0.95	0.95	0.89
130.8	130.4	134.4	20.11	7.24	9.1	0.94	0.92	0.9
130	129.8	134.8	21.3	7.22	7.3	0.87	0.83	0.85
129.5	131.4	134.5	21.95	7.09	6.61	0.91	0.95	0.87
130.1	130.2	134.7	20.67	7.16	8	0.91	0.92	0.88
131	132.7	133.1	20.27	7.12	7.94	0.88	0.87	0.84
130.2	132.7	134.1	22.59	7.06	7.95	0.9	0.86	0.84
130.3	131.5	134.7	19.13	7.14	8.01	0.93	0.96	0.86
130.6	129.8	133.8	18.38	7.19	6.46	0.92	0.92	0.85
129.9	131.2	133.9	17.92	7.11	6.46	0.96	0.97	0.81
131.6	130.9	132.2	15.81	7.08	6.35	0.96	0.98	0.82
131.3	130.3	134.3	15.63	7.22	6.49	0.98	0.98	0.86
129.9	129.6	133.8	18.88	7.12	7.97	0.94	0.95	0.85
131.1	130.3	132.3	21.16	8.55	7.93	0.89	0.87	0.85
131.1	131.2	132.4	19.86	8.24	7.96	0.89	0.9	0.89
131.1	129.8	133.1	21.85	5.33	7.95	0.9	0.91	0.88
131.4	130.8	132.7	18.18	4.46	8.46	0.96	0.98	0.84
131.6	131.4	132.3	16.54	4.47	6.32	0.95	0.97	0.81
131.2	132.2	132.8	18.75	4.46	6.24	0.92	0.91	0.82

131.6	131.9	132.5	18.63	4.33	6.25	0.96	0.94	0.85
130.4	132.1	134.4	15.89	4.39	6.85	0.96	0.95	0.82
131	132.6	133.8	18.93	4.47	6.35	0.92	0.88	0.89
130.2	132.1	132.9	18	4.31	7.86	0.94	0.97	0.87
131.6	130.5	132.8	21.82	4.26	7.93	0.91	0.89	0.86
129.8	130.9	134.6	19.32	4.7	8.37	0.93	0.91	0.88
130.9	132.7	132.9	18.28	4.68	7.88	0.92	0.91	0.87
130.2	132	134.2	20.81	5.06	7.97	0.9	0.89	0.83
130.6	130.5	131.8	19	5.09	6.35	0.91	0.92	0.87
130.8	130.3	132.2	20.87	4.72	6.74	0.88	0.89	0.81
128.8	130.5	134	20.38	4.67	6.42	0.97	0.95	0.82
130.7	129.6	133.8	16.12	4.7	6.54	0.97	0.98	0.87
130.1	131.3	133.5	16.33	4.77	7.83	0.98	0.98	0.89
130.1	131.8	133.4	16.85	5.01	8.51	0.92	0.92	0.9
130.8	131.2	132.4	18	5.07	7.79	0.91	0.9	0.88
130.8	130.1	133	18.68	6.13	7.92	0.96	0.97	0.86
130.7	130.4	133.8	20.47	6.78	7.96	0.93	0.94	0.84
131.7	130.3	133.7	19.02	4.79	7.91	0.91	0.87	0.83
132	131.9	132.9	16.84	4.53	6.36	0.93	0.96	0.83
129.7	132.2	134.2	16.97	4.55	6.39	0.91	0.94	0.82
130.5	130.8	134.6	18.49	5.54	6.39	0.93	0.92	0.83
132	131.3	133.1	16.31	5.64	6.35	0.94	0.97	0.86
132.5	131.6	133	20.32	5.65	6.32	0.88	0.85	0.85
131.5	130.5	133.7	26.7	4.71	7.95	0.91	0.9	0.88
131.3	133.2	133.1	22.83	4.67	7.87	0.9	0.89	0.84
132.9	131.5	133.1	20.27	4.69	7.81	0.89	0.85	0.84
131.2	132.3	134.1	18.62	5.82	7.89	0.94	0.93	0.87
131.6	130.8	134.6	17.14	5.02	7.84	0.92	0.91	0.84
130.7	132	134.2	17.59	7.47	6.37	0.89	0.9	0.86
131.2	131.7	134.9	18.95	6.06	6.34	0.91	0.92	0.81
132.7	131.3	133.5	18.7	4.65	6.41	0.91	0.92	0.81
132.2	131.5	134.1	18.48	5.02	6.32	0.89	0.92	0.87
130.7	132.6	134.8	18	3.01	7.87	0.9	0.92	0.85
131.1	133.7	134	17.48	4.35	7.89	0.94	0.92	0.87
132.1	131.3	133.8	17.98	4.3	7.98	0.9	0.89	0.87
131.9	131.7	134.1	22.96	4.31	7.94	0.91	0.88	0.85
131.8	131.7	134.4	20.23	4.21	7.96	0.9	0.9	0.87
131	132.8	134.8	18.3	4.21	7.82	0.86	0.82	0.85
131.4	131.3	135.2	20.5	4.59	6.34	0.86	0.83	0.82
131.5	131.7	134.1	20.17	4.47	6.33	0.88	0.89	0.84
132.1	132.8	133.1	18.22	4.48	6.26	0.89	0.89	0.82
132.2	132.8	133.1	24.49	5.52	6.31	0.87	0.85	0.87
132.6	132.2	133.6	22.29	5.46	8.48	0.88	0.91	0.87
131.8	131.2	134.1	18.14	5.41	8.04	0.87	0.84	0.88
131.5	131.6	134.9	23.9	4.75	7.99	0.9	0.91	0.87

131.2	132.9	134	21.82	4.7	7.82	0.88	0.88	0.87
131.1	132.6	133.9	21.15	4.69	8.42	0.92	0.94	0.83
131.5	131.8	134.9	18.19	4.67	6.38	0.92	0.9	0.81
132.9	131.1	133.9	18.03	4.64	6.36	0.88	0.9	0.85
132.4	132.6	133.2	21.58	4.73	6.32	0.92	0.91	0.86
133.5	131.8	132.9	16.41	4.67	6.67	0.94	0.96	0.81
132.7	132	133.7	16.46	4.27	6.39	0.89	0.87	0.87
131.8	133.2	133.7	21.62	4.25	8	0.85	0.85	0.85
131.1	133.6	134.4	22.88	4.3	7.93	0.89	0.9	0.84
132	132.1	134.8	20.99	4.14	8.48	0.86	0.89	0.86
131.7	132.6	135.4	24.48	4.18	7.89	0.85	0.86	0.84
131.5	133.7	133.7	26.49	4.22	7.85	0.91	0.88	0.84
131.7	131.6	135	18.54	4.27	6.41	0.93	0.93	0.83
131.9	131.6	135.2	17.69	4.2	6.81	0.88	0.88	0.82
132.5	133.4	133.9	17.8	4.65	6.32	0.87	0.83	0.82
132.7	132.5	133.7	19.97	5.59	6.23	0.88	0.85	0.84
131.8	131.7	134.9	20.57	5.54	7.94	0.88	0.9	0.86
132.7	132.4	133.4	20.81	5.44	8.55	0.86	0.85	0.83
133.3	132.4	133.6	22.95	5.46	7.92	0.89	0.91	0.86
132	133.5	133.6	19.26	5.39	6.3	0.93	0.91	0.81
132.5	131.7	135.6	18.03	4.66	6.32	0.96	0.98	0.82
131.9	133.1	135.4	18.19	4.76	6.68	0.89	0.9	0.84
132.3	133.9	134.4	18.24	3.63	6.23	0.91	0.92	0.83
133.4	132.2	133.6	17.66	4.28	6.25	0.88	0.91	0.87
131.5	133.3	134.9	19.8	4.21	8.08	0.9	0.89	0.85
131.7	131.9	135.4	19.44	5.15	8.74	0.86	0.86	0.86
133.3	132.8	133.4	20.08	5.73	7.99	0.87	0.86	0.87
132.9	133	133.5	20.01	5.69	8.01	0.92	0.89	0.85
131.6	132.7	134	16.47	5.7	7.98	0.92	0.93	0.87
132.2	131.7	134.7	17.25	5.77	8.56	0.92	0.94	0.87
133.6	131.3	134	15.44	5.72	7.92	0.92	0.91	0.82
132.7	131.9	133.2	20.44	5.74	6.33	0.94	0.92	0.85
131.4	131.9	134.7	17.86	4.97	6.35	0.89	0.87	0.81
132.9	131.7	133.8	20.19	4.99	6.26	0.92	0.96	0.83
131.9	132.6	133.2	18.13	4.74	6.29	0.89	0.86	0.85
131.3	132.2	135.6	18.64	4.71	6.37	0.87	0.83	0.86
130.9	131.7	135.6	20.33	4.66	7.92	0.93	0.95	0.87
131.9	132.4	133.1	17.95	5.52	8.53	0.93	0.91	0.85
131.4	131.1	134.9	20.58	5.97	7.79	0.95	0.97	0.85
132.5	132.7	132.8	19.47	5.9	7.91	0.91	0.9	0.81
130.1	131.6	135.3	20.1	3.41	6.35	0.93	0.86	0.82
130.2	131.5	134.5	16.83	4.49	6.4	0.9	0.94	0.86
132.5	131.7	132.9	16.86	4.38	6.42	0.91	0.91	0.84
129.7	131.8	133.9	16.76	4.24	6.36	0.89	0.93	0.85
130.6	131	134.3	18.82	4.38	6.34	0.92	0.92	0.88

131.1	131.6	132.5	19.42	4.42	7.9	0.91	0.98	0.85
130.9	130.9	132	20.54	4.32	8.4	0.9	0.9	0.88
129.1	131.4	133.6	18.83	4.26	7.8	0.92	0.91	0.85
130.9	130.4	132.3	19.94	4.28	7.82	0.89	0.84	0.92
128.6	130.2	134.1	18.23	4.29	8.77	0.94	0.92	0.94
131.4	129.8	132.2	17.04	5.05	8.89	0.92	0.9	0.93
130.2	129.6	133.5	15.73	5.12	10.23	0.95	0.88	0.95
131	130.1	132.6	15.77	6.79	10.16	0.98	0.94	0.94
131	131.2	132.1	14.93	7.36	10.09	0.97	0.92	0.97
131.7	130.7	133	19.88	6.25	12.05	0.9	0.92	0.96
131.7	130.9	133.4	18.94	6.17	11.58	0.93	0.88	0.96
130.1	131.4	135.3	23.18	5.7	18.49	0.91	0.95	0.96
130.6	132.2	134.7	20.14	6.8	21.19	0.91	0.91	0.95
132.6	132.4	134.3	22.24	5.99	21.63	0.96	0.91	0.99
130.9	132.9	133.7	21.75	6.86	20.79	0.93	0.95	0.96
131	132.1	133.6	25.34	9.81	20.87	0.93	0.96	0.95
131.3	130.2	133.9	22.6	11.44	16.73	0.93	0.88	0.98
130.7	132.6	133.4	23.79	13.07	16.02	0.91	0.9	0.99
133.1	133.6	136.6	25.8	14.95	19.5	0.95	0.98	0.99
133.3	133.2	135.7	25.65	15.4	19.96	0.95	0.93	0.97
131.9	132.8	136.3	24.93	15.7	19.7	0.98	0.96	0.98
131.6	132.4	135.3	25.28	25.3	20.22	0.96	0.93	0.98
131.6	130.6	131.6	23.9	25	19.87	0.99	0.98	0.97
129.2	131.6	133.2	26.26	18.02	20.55	0.95	0.95	0.97
128.7	130.2	132.5	37.52	19.77	18.27	0.97	0.96	0.98
128.3	128.9	132.7	43.13	17.83	17.1	0.99	0.98	0.96
126.2	128.3	132.5	43.38	18.23	17.71	0.99	0.98	0.97
128	128	131.2	34.57	17.63	17.88	0.96	0.97	0.99
127.2	129.1	131.7	34.23	17.39	27.78	0.97	0.98	0.95
128.1	131.3	131	34.35	15.39	28.93	0.99	0.98	0.95
129.2	129.6	132.2	35.84	15.56	19.53	0.97	0.98	0.96
128.7	129.3	131.7	42.4	14.92	20.96	0.99	0.98	0.99
127.5	128.5	132.6	39.93	22.53	21.18	0.98	0.98	0.95
126.6	129.4	131.3	44.07	33.98	26.35	0.97	0.95	0.92
129	128.5	129.4	43.02	37.79	26.76	0.97	0.98	0.98
127.7	128.5	129.6	42.1	37.01	38.51	0.99	0.95	0.99
127.7	128.2	130.5	42.37	37.53	40.41	0.99	0.98	0.95
127.9	128.6	131.3	53.11	37.24	41.23	0.97	0.98	0.98
127.5	129.2	131	54.76	36.86	43.79	0.99	0.98	0.97
129.3	129.6	130.7	50.24	36.23	43.82	0.97	0.98	0.98
128.8	130.1	131.6	50.37	37.08	43.35	0.98	0.98	0.98
128.9	129.2	131.6	51.03	35.67	45.16	0.99	0.97	0.98
127.6	129.8	131.5	50.13	35.46	45.19	0.98	0.98	0.98
129.5	130.6	129.5	43.58	37.91	44.35	0.98	0.96	0.95
128.7	128.7	130.6	48.25	34.83	51.97	0.99	0.98	0.91

128.1	130	129.2	38.85	34.75	44.43	0.96	0.98	0.92
127.8	130.4	130.4	37.01	45.9	35.09	0.99	0.98	0.96
125.7	127.9	131.2	53.32	23.11	28.58	0.98	0.97	0.95
125	129.9	130.2	47.07	21.69	27.32	0.98	0.98	0.95
125.5	129.9	130.9	51.81	27.88	27.12	0.98	0.95	0.96
125.2	128.9	131.8	50.51	29.73	26.62	0.98	0.92	0.97
126.6	128.5	130.9	60.6	29.25	30.17	0.82	0.84	0.98
125.1	127.9	131.9	52.57	27.37	32.17	0.98	0.96	0.97
127.2	129.4	130.6	53.52	27.91	28.85	0.96	0.93	0.97
126.1	130.8	132.2	49.87	30.69	28.47	0.93	0.9	0.98
126.6	129.9	131.7	51.91	25.31	20.44	0.98	0.98	0.97
125.5	130.4	132.5	48.78	23.78	31.02	0.93	0.95	0.98
124.9	129	133.1	49.94	19.98	24.96	0.95	0.98	0.96
125.7	130.9	132.2	49.04	19.17	22.66	0.96	0.93	0.96
127.3	131.9	131.1	48.37	23.48	20	0.98	0.9	0.98
127.2	130.7	131	38.47	18.53	21.35	0.94	0.98	0.96
125.5	129.9	133.3	38.96	19.78	20.76	0.95	0.98	0.98
126.2	129.2	132.3	39.56	18.84	20.77	0.93	0.98	0.98
127.4	129.5	131.3	45.5	18.27	19.92	0.94	0.9	0.98
125.7	131.4	131.8	38.13	13.23	18.21	0.94	0.93	0.98
126.5	131	133.1	41.18	13.88	18.74	0.93	0.93	0.97
127.2	130.9	131.7	41.04	16.52	18.39	0.96	0.95	0.98
127	130.9	131.5	41.14	13.52	18.21	0.97	0.97	0.97
126.4	130.3	133	47.65	18.91	19.68	0.94	0.96	0.98
128	129.5	131.3	41.07	17.33	20.33	0.94	0.9	0.98
127.7	129.4	131.2	40.73	19.73	20.58	0.98	0.94	0.98
127	128.5	132.1	35.46	20.51	19.83	0.98	0.93	0.98
126.1	130	131.7	37.02	24.48	20.07	0.98	0.95	0.98
127.2	129.3	132.2	27.74	22.06	21.88	0.96	0.98	0.95
127.2	131.3	131.4	31.67	24.02	24.89	0.96	0.98	0.95
126.1	129.4	131	33.29	23.3	24.76	0.98	0.96	0.98
126.8	129.7	132.6	44.3	22.45	22.88	0.98	0.97	0.96
126.6	130	132.4	30.54	23.44	23.02	0.98	0.96	0.98
126.4	129	132	34.09	23.12	22.21	0.98	0.93	0.98
126.7	129.1	132.7	38.27	23.03	22.46	0.98	0.98	0.97
128.1	130.6	131.5	40.92	21.59	23.22	0.98	0.98	0.97
127.5	129	131.8	41.23	21.33	23.9	0.98	0.98	0.97
127	128.8	132.4	40.61	23.93	24.31	0.97	0.98	0.98
127.2	131	130.6	44.24	21.64	25.76	0.97	0.96	0.98
127	130.5	131.1	43.55	24.38	25.8	0.98	0.98	0.97
127.3	131.2	131.4	44.8	23.81	22.94	0.97	0.94	0.96
126	130.1	132.7	49.07	24.18	22.73	0.98	0.98	0.98
125.8	130.7	133.2	41.86	23.79	23.09	0.98	0.93	0.96
125.5	130	133.5	45.4	21.42	22.82	0.98	0.92	0.98
127	129.9	132.9	50.85	21.39	25.5	0.97	0.95	0.98

128	130.2	131.4	43.66	23.22	25.12	0.98	0.97	0.98
126.3	130.8	133	45.53	20.58	25.74	0.96	0.98	0.98
126.6	131.1	131.4	49.89	17.42	25.15	0.97	0.98	0.98
127.4	130	133.7	41.26	18.71	24.21	0.98	0.96	0.98
126.4	129.9	133.2	40.35	17.9	23.6	0.97	0.98	0.98
127.5	130.5	132	34.24	14.62	16.31	0.98	0.97	0.95
128.8	129.7	131.6	34.28	15.72	16.67	0.97	0.98	0.96
128	130.8	131.8	29.13	12.33	16.74	0.97	0.96	0.98
126.5	130.8	132.8	30.84	12.09	15.64	0.98	0.96	0.95
127.7	131.4	132.9	28.88	11.45	14.37	0.98	0.96	0.98
127.6	129.8	133.5	29.29	11.46	12.86	0.98	0.98	0.98
126.8	131.1	133.5	33.42	8.71	13.03	0.97	0.98	0.98
127.3	130.9	131.6	34.19	8.46	12.6	0.96	0.98	0.97
127.3	132.1	132.2	30.39	9.73	8.05	0.95	0.9	0.9
128.3	130.6	132.7	31.18	9.37	7.67	0.95	0.97	0.86
127.6	131.8	132.8	29.77	7.7	8.11	0.96	0.92	0.88
127.1	132.1	133.4	32.44	7.6	7.59	0.94	0.91	0.88
128.4	129.9	134	30.58	9.09	7.5	0.97	0.95	0.85
127	131.1	134.3	22.68	8.76	7.41	0.96	0.92	0.87
127.2	133	133.9	20.33	6.87	8.21	0.93	0.94	0.9
129.2	130.5	133.5	19.22	8.06	5.72	0.92	0.95	0.84
128.1	131.4	134.3	21.51	9.18	5.71	0.91	0.9	0.82
127.7	133.6	133.3	21.75	6.16	5.72	0.94	0.9	0.8
128.7	131.3	134.5	22.78	5.28	6.19	0.96	0.91	0.81
128.2	131.5	134.8	23.95	5.41	7.38	0.95	0.9	0.85
128.6	131.8	134.1	21.12	3.37	7.47	0.89	0.91	0.89
129	131.3	133.9	23.68	4.88	7.46	0.95	0.92	0.87
128	131.7	134.4	21.23	4.76	7.46	0.96	0.93	0.87
128.5	131.5	133.7	22.06	4.61	7.46	0.92	0.94	0.89
129.5	131.6	133.6	21.22	5.03	7.47	0.91	0.93	0.86
128.2	133	133.2	20.7	5.04	7.28	0.95	0.89	0.88
127.6	132.6	134.2	22.02	4.47	7.42	0.94	0.92	0.84
128.3	131.7	133.1	23.53	5.73	7.95	0.92	0.95	0.86
127.5	130.4	132.9	22.99	4.68	7.35	0.93	0.93	0.85
125.4	129.7	133	21.8	3.7	6.07	0.92	0.94	0.87
126	129.3	130.5	21.78	4.03	6.5	0.93	0.97	0.85
124	128.9	131.9	23.75	4.04	4.61	0.93	0.98	0.79
126	129.1	130.9	24.89	4.71	4.51	0.9	0.96	0.79
126.2	129.8	130.8	21.9	3.76	4.57	0.94	0.88	0.79
125.3	129.2	132.5	21.96	4.65	5.99	0.92	0.93	0.8
126.1	131.3	130.8	24.08	3.68	6.53	0.95	0.95	0.88
125.9	128.8	131.7	21.15	4.02	6.18	0.93	0.87	0.87
125.4	131.3	132.1	21.51	4.01	6.04	0.9	0.91	0.88
126.6	129.6	131.6	23.76	4.6	6.06	0.96	0.97	0.84
125.8	131.5	131.7	20.84	4.67	6.57	0.94	0.93	0.86

126.3	131.1	131.1	20.75	3.6	6.06	0.92	0.91	0.87
126.4	131.4	130.8	21.58	3.68	6.58	0.96	0.95	0.85
126.5	130	130.6	24.9	3.98	4.52	0.93	0.93	0.79
127.3	129	131.7	18.63	4.46	4.9	0.94	0.98	0.78
126	131.6	131.2	18.88	5.79	4.51	0.98	0.98	0.79
127	130.1	130.8	20.46	6.77	6.14	0.96	0.92	0.77
126.3	129.1	132.6	19.28	3.77	6.07	0.93	0.92	0.82
125.6	132.2	132	21.55	4.52	6.58	0.96	0.98	0.88
126.9	131.7	130.8	19.46	4.45	6.04	0.95	0.89	0.84
127.1	130.5	131.6	15.55	4.42	6.08	0.86	0.87	0.84
126.2	132.4	131.8	12.89	3.71	5.94	0.89	0.92	0.84
125.6	131.7	132.7	13.87	4.04	6.63	0.91	0.93	0.87
127.2	130.1	131.6	19.84	4.32	4.56	0.95	0.9	0.81
127.5	130.1	132.9	19.6	6.63	4.56	0.95	0.98	0.75
126.8	130.8	133.3	9.3	4.69	4.52	0.94	0.96	0.78
128.7	131.3	131.3	9.56	4.7	4.59	0.94	0.97	0.8
128.6	130.7	131.3	8.78	3.67	6.08	0.98	0.92	0.81
127	129.8	133.1	12.11	3.67	6.11	0.96	0.92	0.84
127.6	132	132.1	23.15	3.64	6.15	0.98	0.98	0.86
127	130.8	134.1	19.6	3.64	6.09	0.92	0.98	0.84
127.6	129.7	133.4	19.22	4.62	6.61	0.96	0.95	0.86
128.8	130.4	132.4	17.76	4.58	6.66	0.98	0.92	0.85
126.9	130.7	133.8	17.92	3.4	4.66	0.98	0.96	0.79
128.3	130	132.8	21.35	4.39	4.63	0.96	0.95	0.77
126.5	130.4	133.7	22.27	4.33	4.91	0.93	0.92	0.75
126.7	132.3	133.7	25.09	4.34	4.63	0.96	0.98	0.8
128.7	130.6	132.7	18.86	3.6	6.27	0.94	0.94	0.81
128.4	132.7	132.1	21.08	3.52	6.2	0.98	0.88	0.84
128.6	131.1	132.6	22.58	4.54	6.75	0.9	0.92	0.86
128	130.6	132.8	21.66	4.43	6.15	0.9	0.93	0.85
128.7	132.3	132.3	21.85	4.39	6.17	0.94	0.91	0.84
129.2	131.7	133.3	21.67	4.41	6.65	0.91	0.89	0.81
129	131.8	132.7	21.75	4.63	5.03	0.97	0.98	0.75
129.3	132	132.9	21.75	4.61	4.63	0.91	0.88	0.81
129.8	133.1	133.3	25.77	3.67	4.7	0.94	0.89	0.79
129.1	133.2	133.1	23.14	4.62	6.3	0.94	0.9	0.78
129.3	132.2	133.9	20.88	3.62	6.85	0.92	0.93	0.82
128.4	133.3	135	21.17	3.64	6.19	0.97	0.97	0.85
127.5	129.1	131.1	28.45	4.44	6.55	0.95	0.95	0.85
126	127.8	129.7	26.22	4.18	6.19	0.93	0.92	0.88
127.2	128.6	130.4	23.01	4.33	6.32	0.98	0.98	0.89
126.9	128.4	129.8	23.12	4.3	6.55	0.98	0.98	0.86
127.6	129.2	130.9	26.71	4.12	6.54	0.98	0.98	0.86
128	129.2	130.9	24.74	4.23	6.45	0.98	0.98	0.85
129.5	130.6	132.4	23.62	4.61	5.44	0.94	0.98	0.77

127	128.5	130.4	24.23	4.6	5.05	0.95	0.96	0.79
128.1	129.4	131.4	25.1	5.43	4.99	0.94	0.95	0.78
127.3	128.5	130.6	20.79	5.37	4.76	0.98	0.94	0.8
127.9	129.2	131	22.28	5.08	5.98	0.93	0.93	0.82
128.6	130.2	131.9	25.26	4.94	6.64	0.92	0.98	0.85
127.7	129.1	130.9	22.96	5.1	6.1	0.91	0.97	0.83
127.8	129.4	131.1	24.07	5.09	6.05	0.9	0.91	0.89
129	130.7	132.5	26.19	4.65	6.33	0.89	0.94	0.86
128.8	130.3	131.9	25.05	4.42	6.53	0.93	0.97	0.87
128.2	129.4	131.2	21.79	4.47	6.25	0.95	0.98	0.84
129.3	130.5	132.3	21.84	5.54	6.31	0.92	0.95	0.87
130.1	131.2	133.1	22.96	5.64	6.25	0.94	0.92	0.87
128.3	129.4	131.3	18.35	5.24	4.82	0.95	0.98	0.77
130.4	131.4	133.4	21.64	5.68	5.2	0.94	0.92	0.76
129.8	131.3	133.1	22.81	5.46	5.02	0.96	0.95	0.76
128.9	130.2	132	20.78	4.93	5.25	0.94	0.98	0.8
129.1	129.9	131.1	9.9	5.42	6.14	0.97	0.95	0.86
131.2	132.1	133.1	11.57	4.91	7.03	0.94	0.95	0.84
129.4	130.3	131.6	10.86	4.75	6.23	0.92	0.92	0.87
129	129.8	131	9.19	4.61	6.09	0.93	0.94	0.89
128.4	129.8	131.3	21.54	3.81	6.06	0.97	0.98	0.85
130.5	131.6	132.9	17.82	4.81	6.94	0.92	0.89	0.86
130.3	131.1	132.3	11.74	4.76	6.4	0.95	0.95	0.85
131	131.6	133	12.98	4.91	6.52	0.93	0.93	0.86
130.7	131.6	132.9	14.32	5.58	6.47	0.94	0.9	0.89
129.4	131	132.8	25.79	4.85	6.71	0.97	0.9	0.88
130.7	132.1	133.8	25.11	4.86	6.57	0.94	0.98	0.82
129.3	130.9	132.5	24.11	4.37	6.22	0.95	0.96	0.84
129.5	131.4	133.2	26.66	4.39	5.26	0.93	0.91	0.8
130.5	132	133.8	25.02	4.58	5.32	0.92	0.92	0.8
130.2	131.8	133.5	22.97	3.89	5	0.98	0.98	0.77
130.5	132.4	134.1	26.48	4.19	5.1	0.98	0.98	0.78
129.8	131.6	133	23.39	4.31	6.33	0.95	0.95	0.85
130.7	132	133.4	20.33	4.4	6.89	0.97	0.94	0.82
128.9	130.6	132	21.49	4.1	6.66	0.97	0.93	0.87
129.4	131.2	132.6	21.69	3.75	5.34	0.94	0.93	0.81
129.8	131.2	132.9	21.16	4.45	4.82	0.94	0.96	0.73
129.3	130.8	132.6	20.97	4.52	4.95	0.98	0.92	0.81
129.7	131.2	133	21.82	4.56	4.8	0.96	0.94	0.77
129.4	131	132.5	21.73	5.16	5.42	0.96	0.91	0.81
130	131.5	132.9	21.22	5.08	6.34	0.98	0.98	0.88
131	132.4	133.9	23.21	5.33	6.93	0.94	0.91	0.83
130.1	131.9	133.3	22.75	4.26	6.32	0.98	0.98	0.87
130	132	133.5	25.53	4.32	6.31	0.95	0.93	0.82
129.5	131.5	133.1	25.96	4.66	6.2	0.98	0.9	0.85

130	131.5	133.1	24.28	4.1	6.65	0.97	0.96	0.86
131.6	133.1	134.8	26.15	5.1	6.63	0.94	0.94	0.84
130.8	132.5	134.1	25.96	5.62	6.45	0.93	0.9	0.87
130.9	132.2	133.8	22.54	5.44	6.44	0.98	0.91	0.86
129.7	130.9	132.5	19.98	5.18	6.57	0.98	0.97	0.83
131.3	132.4	134.1	22.59	4.74	6.51	0.95	0.95	0.87
129.9	131.1	132.8	21.24	5.09	6.19	0.98	0.91	0.84
130.7	131.7	133.4	19.37	5.17	6.31	0.98	0.98	0.83
132	133.2	134.7	22.15	4.8	7.09	0.97	0.95	0.87
130.9	132.3	134	24.53	4.6	6.46	0.96	0.98	0.85
130.8	132.1	133.6	20.42	3.84	6.41	0.94	0.98	0.86
131.2	132.5	133.9	19.68	4.4	6.21	0.96	0.94	0.84
131.5	132.9	134.4	20.3	4.47	5.36	0.97	0.93	0.82
131.7	132.9	134.1	12.26	4.52	5.11	0.98	0.96	0.79
130.5	131.7	132.7	10.53	3.86	4.87	0.98	0.98	0.78
129.8	131.2	132.3	12.07	3.97	5.21	0.98	0.9	0.78
129.9	131.8	133.2	24.87	4.19	6.65	0.97	0.95	0.82
130.3	131.7	132.9	17.34	4.25	6.28	0.95	0.91	0.84
130.1	131.5	132.5	11.93	4.26	6.21	0.97	0.92	0.82
132.1	133.4	134.4	14.15	3.85	6.6	0.98	0.92	0.83
132.1	133.2	134.3	14.95	4.72	6.99	0.98	0.93	0.88
130	131.7	133.3	24.16	4.47	6.27	0.98	0.97	0.83
131	132.5	134.2	24.6	4.63	6.47	0.98	0.91	0.83
130.5	132.1	133.6	21.75	4.54	6.34	0.98	0.94	0.84
132	133.4	135	23.57	4.24	6.99	0.96	0.95	0.84
130.8	132.2	134	23.28	5.34	6.2	0.98	0.88	0.83
130.4	131.7	133.7	21.63	5.21	4.87	0.98	0.98	0.73
130.2	131.8	133.9	23.49	5.13	4.86	0.98	0.97	0.77
131.1	132.6	134.6	25.62	4.56	5.16	0.98	0.91	0.8
130.5	132	133.7	22.54	3.8	5.43	0.97	0.95	0.81
131.5	132.8	134.4	21.18	4.42	6.43	0.98	0.91	0.87
132.4	133.8	135.3	22.19	4.48	6.61	0.98	0.95	0.86
131.1	132.6	134	20.77	4.27	6.56	0.96	0.98	0.85
130.8	132.1	133.5	19.22	3.52	6.38	0.98	0.91	0.87
132.8	133.9	135.4	20.79	4.53	6.69	0.97	0.98	0.87
131.4	132.9	134.3	22.03	4.3	6.41	0.98	0.92	0.85
130.2	131.9	133.3	22.62	4.11	6.36	0.98	0.92	0.86
130.2	131.8	133.4	23.28	4.87	6.31	0.97	0.9	0.82
130.6	132	133.6	21.89	5.26	6.16	0.98	0.89	0.8
132	133.1	135.1	22.5	6.95	5.16	0.97	0.96	0.76
132.5	133.6	135.6	23.52	7.05	5.18	0.98	0.97	0.78
131.6	132.8	134.8	24.03	6.77	5.11	0.98	0.89	0.75
130.8	132	134	22.22	5.96	4.79	0.97	0.98	0.76
131.5	132.8	134.6	24.05	6.71	6.26	0.98	0.89	0.84
133	134.3	136.2	26.58	7.12	6.82	0.98	0.85	0.81

131.8	133	134.9	22.14	6.84	6.73	0.98	0.93	0.81
132.7	133.9	135.7	22.85	6.43	6.67	0.98	0.98	0.83
131.9	133.5	135.4	26.34	5.57	6.59	0.98	0.9	0.81
129.4	130.7	132.7	21.12	6.23	6.15	0.96	0.98	0.84
131.1	132.2	134.2	20.66	6.65	6.85	0.98	0.98	0.83
130	131.3	133.2	22.87	6.56	6.42	0.96	0.98	0.84
129.3	130.7	132.4	20.58	6.45	6.33	0.97	0.95	0.86
128.6	130.3	132	19.99	4.01	4.84	0.98	0.95	0.8
129.8	131.5	133.2	21.92	4.44	5.24	0.98	0.9	0.76
128.5	130.4	132.1	19.51	4.13	4.77	0.98	0.93	0.76
129.3	131	132.8	20.13	4.27	4.92	0.97	0.98	0.76
129	131.3	132.9	25.18	4.51	6.19	0.98	0.91	0.82
130.3	132.3	134.1	27.2	4.05	6.99	0.98	0.9	0.87
130.3	132.1	133.9	24.8	4.84	6.76	0.98	0.92	0.82
128.7	130.8	132.5	23.08	4.55	6.3	0.98	0.86	0.87
129.4	131.5	133.2	25.32	4.63	6.43	0.98	0.94	0.86
128.8	130.5	132.2	20.95	4.5	6.62	0.97	0.9	0.85
130.9	132.5	134.2	22.24	4.06	6.48	0.98	0.96	0.85
130.8	132.6	134.3	22.67	4.75	5.24	0.98	0.98	0.8
129.4	131.2	133	21.03	4.47	4.99	0.98	0.92	0.78
130.5	132.2	133.9	21.07	4.33	5.32	0.98	0.95	0.8
130.4	132.3	134	21.91	4.31	5.23	0.96	0.96	0.77
129.3	131.3	132.9	22.4	3.44	6.26	0.98	0.88	0.82
131.1	132.8	134.3	22.41	4.38	6.61	0.98	0.94	0.88
130.5	132.3	133.7	20.96	4.36	6.6	0.98	0.98	0.84
131.2	132.9	134.4	22.2	4.68	6.9	0.98	0.95	0.87
130.7	132.3	133.9	21.11	4.07	6.47	0.98	0.93	0.83
129.4	131.1	132.7	20.25	4.04	6.18	0.97	0.94	0.85
130.1	132	133.7	22.11	4.36	5.77	0.98	0.94	0.82
129.1	131.3	133.1	23.97	4.16	5.1	0.98	0.88	0.8
131.6	133.4	135.4	25.89	5.21	5.28	0.98	0.87	0.77
131.9	133.4	135.3	23.22	4.07	5.26	0.98	0.94	0.79
131.8	133.2	135.3	24.1	6.72	5.56	0.98	0.91	0.81
130.7	132.1	133.9	21.87	6.69	6.73	0.97	0.89	0.86
129.7	131	133	21.63	6.5	6.18	0.98	0.97	0.83
131.9	132.9	135	21.74	7.09	6.65	0.98	0.98	0.87
132.2	133.2	135.2	21.24	6.54	6.69	0.98	0.98	0.82
129.8	131.1	133	19.9	6.25	6.44	0.97	0.9	0.85
130.8	132	134.1	20.42	5.52	5.31	0.98	0.95	0.8
129.8	131.4	133.2	18.78	4.36	4.89	0.98	0.95	0.76
131.4	132.7	134.6	19.87	4.41	5.2	0.98	0.98	0.78
131.5	132.9	134.8	21.41	3.69	5.33	0.98	0.89	0.77
129.7	131.4	133.2	22.35	4.1	5.86	0.98	0.93	0.81
130.7	132.4	133.9	21.77	4.26	6.45	0.98	0.97	0.83
130.9	132.7	134.3	23.38	4.28	6.47	0.98	0.89	0.84

130.2	132.2	133.7	23.02	4.17	7.19	0.98	0.91	0.86
132.1	133.6	135.4	21.55	3.72	5.69	0.98	0.93	0.77
131.3	132.7	134.6	18.56	4.53	5.05	0.98	0.98	0.77
130.6	132	134	20.11	5.34	4.95	0.93	0.92	0.74
130.9	132.3	134.2	21.74	5.42	5.11	0.95	0.96	0.76
131.4	132.7	134.5	20.23	4.85	6.24	0.93	0.98	0.81
129.9	131.5	133.3	21.82	5.29	6.37	0.91	0.93	0.87
130.7	132.1	133.6	17.43	5.22	6.42	0.92	0.98	0.82
132.8	133.9	135.2	13.29	5.02	6.82	0.96	0.93	0.83
132.1	133.2	134.5	11.98	4.85	7.03	0.98	0.95	0.86
125.64	127.28	130.57	55.7	30.73	46.32	0.88	0.85	0.93
124.65	128.96	128.96	58.62	25.88	46.92	0.89	0.9	0.96
126.58	127.48	129.36	61.72	26.94	49.07	0.81	0.75	0.96
125.17	127.57	128.71	60.09	29.05	53.82	0.76	0.79	0.98
125.58	128.81	128.55	54.39	26.87	52.36	0.93	0.96	0.96
126.26	127.92	129.02	55.85	32.74	51.95	0.93	0.91	0.94
125.61	127.17	128.43	52.82	28.93	47.26	0.96	0.94	0.97
127.51	127.67	128.09	48.7	27.55	47.75	0.98	0.98	0.98
126.2	128.62	128.67	54.49	30.04	45.02	0.92	0.92	0.98
127.12	128.2	128.36	52.68	35.32	52.61	0.63	0.64	0.93
127.95	128.84	128.02	47.74	30.37	45.26	0.98	0.97	0.97
126.37	127.23	129.81	49.43	30.98	48.56	0.97	0.96	0.98
126.01	129.78	130.88	51.57	27.99	45.79	0.96	0.95	0.98
125.79	128.35	130.08	62.17	34.05	53.07	0.75	0.69	0.94
126.55	129.52	129.94	62.76	30.44	49.97	0.73	0.73	0.98
126.67	127.89	131.25	61.8	30.03	44.83	0.84	0.87	0.97
126.63	127.94	131.19	57.73	30.08	47.21	0.92	0.89	0.96
126.87	130.01	129.73	57.41	33.03	47.05	0.88	0.93	0.91
126.66	127.69	131.64	49.47	31.98	42.36	0.97	0.97	0.97
127.25	130.03	129.63	47.11	29.68	43.09	0.95	0.96	0.95
128.81	130.46	131.1	45.54	28.3	31.95	0.98	0.94	0.98
129.22	129.66	131.64	49.78	31.43	37.36	0.93	0.96	0.93
127.33	130.37	131.73	44.47	31.69	28.3	0.98	0.97	0.98
129.51	128.91	131.24	43.54	38.07	28.59	0.98	0.98	0.98
128.68	129.85	131.39	41.51	31.64	28.81	0.96	0.98	0.98
129.18	128.83	129.95	39.66	26.02	28.68	0.98	0.94	0.98
127.6	128.11	131.79	44	29.36	25.79	0.94	0.94	0.98
127.73	129.7	130.26	40.37	25.02	25.2	0.96	0.95	0.98
128.09	128.9	131.31	47.79	27.71	30.12	0.95	0.94	0.98
128.47	129.36	132.25	42.19	27.61	26.78	0.98	0.95	0.96
129.16	130.48	130.55	41.09	25.48	29.62	0.98	0.92	0.96
127.14	130.44	132.06	42.37	25.21	29.57	0.98	0.98	0.96
127.7	129.95	131.03	49.8	36.74	37.12	0.89	0.96	0.98
128.55	127.74	131.35	46.2	35.79	33.15	0.98	0.98	0.98
128.47	128.2	129.86	42.36	36.73	31.48	0.98	0.98	0.96

128.01	127.68	129.2	50.31	39.74	36.27	0.92	0.94	0.95
128.64	127.76	130.26	49.5	46.19	35.95	0.98	0.97	0.96
128.2	128.48	129.45	48.4	41.68	37.42	0.97	0.95	0.96
128.14	128.16	128.46	46.85	44.56	38.21	0.98	0.97	0.98
127.13	128.71	128.6	48.94	39.95	40.44	0.95	0.97	0.95
127.58	129.15	129.86	52.33	34.67	38.34	0.98	0.97	0.98
128.14	128.59	128.59	51.96	41.8	39.48	0.94	0.96	0.96
127.49	128.27	130.21	50.63	39.79	37.33	0.98	0.96	0.98
126	127.18	128.79	48.18	40.73	35.99	0.98	0.98	0.98
126.77	127.99	130.83	57.59	36.9	37.44	0.98	0.95	0.98
127.9	126.87	128.88	55.67	37.43	38.83	0.98	0.98	0.97
127.27	127.97	128.52	51.4	43.93	39.04	0.94	0.98	0.94
126.43	127.14	130.14	51.4	51.6	41.58	0.96	0.93	0.96
127.3	127.51	130.91	53.13	49.75	38.84	0.98	0.96	0.96
126.03	126.69	130.34	54.87	48.98	41.51	0.92	0.92	0.95
128.4	126.81	130.38	54.37	49.73	40.54	0.98	0.95	0.95
127.89	129.14	128.72	49.73	42.1	35.68	0.98	0.98	0.98
126.98	127.95	129.11	49.07	44.81	34.13	0.97	0.96	0.94
129.1	127.31	129.32	47.59	44.12	37.2	0.97	0.95	0.97
127.75	127.99	129.13	45.12	42.77	37.69	0.98	0.92	0.98
126.9	127.47	129.38	49.79	42.7	41.29	0.96	0.95	0.94
127.33	129.39	129.98	47.48	41.95	39.71	0.98	0.96	0.96
129.08	129.76	130.14	39.97	40.29	42.87	0.94	0.98	0.97
128.05	128.99	130.31	39.39	37.39	42.72	0.98	0.95	0.98
127.89	129.88	130.65	41.3	38.41	41.7	0.98	0.94	0.96
127.53	129.59	131.59	51.01	35.43	40.07	0.98	0.98	0.98
128.17	127.74	129.94	43.44	36.86	40.24	0.96	0.93	0.98
127.06	128.74	129.48	40.84	29.93	41.35	0.98	0.93	0.95
127.37	130.59	129.11	37.88	28.53	41.95	0.98	0.95	0.98
128.73	129.05	131.43	39.61	29.31	41.27	0.98	0.97	0.96
127.23	129.62	131.65	50.08	28.69	39.42	0.96	0.95	0.98
128.9	128.62	131.55	51.45	31.54	40.97	0.98	0.98	0.98
127.54	129.22	130.83	52.54	34.26	44.22	0.9	0.96	0.93
128.84	129.67	132.52	49.34	27.23	36.08	0.97	0.94	0.98
128.73	130.5	131.82	49.44	25.5	36.89	0.96	0.98	0.96
129.06	130.36	131.58	49.6	29.44	39.35	0.98	0.97	0.98
129.83	131.19	133.09	46.54	27	36.33	0.98	0.98	0.98
128.9	131.16	133.4	53.52	32.35	34.11	0.98	0.98	0.94
128.97	129.2	133.43	48.33	28.11	34.26	0.98	0.98	0.98
128.47	131.39	132.59	50.47	33.49	36.66	0.96	0.98	0.94
130.26	130.3	131.13	57.62	43.93	34.97	0.94	0.96	0.98
129.53	129.84	132.82	53.41	34.59	34.88	0.97	0.98	0.96
128.86	131.11	132.16	49.15	32.4	34.6	0.94	0.98	0.97
128.49	131.46	132.24	50.93	28.45	35.36	0.98	0.96	0.95
129.78	132.51	133.02	49.33	31.89	39.19	0.95	0.92	0.93

129.35	131.61	133.47	46.42	26.92	36.07	0.98	0.93	0.93
128.63	132.98	132.21	46.55	27.47	34	0.98	0.98	0.98
130.43	131	132.87	45.43	28.59	30	0.98	0.98	0.98
130.39	130.86	133.19	46.66	27.22	29.7	0.98	0.92	0.98
129.7	131.19	132.62	48.26	24	31.47	0.98	0.98	0.98
129.48	132.16	131.17	46.31	22.05	34.9	0.98	0.98	0.98
128.24	130.26	130.32	47.22	30.17	34.27	0.96	0.95	0.98
127.44	127.98	130.51	44.04	25.85	36.69	0.98	0.97	0.98
125.56	129.43	130.8	45.98	24.18	36.84	0.97	0.98	0.96
127.49	130.29	130.44	43.97	26.57	40.93	0.94	0.98	0.98
126.09	130.31	129.38	44.77	27.13	37.78	0.95	0.97	0.98
126.91	129.49	130.92	43.49	26.11	38.75	0.98	0.98	0.98
127.6	128.83	131.44	45.78	27.26	37.46	0.95	0.98	0.98
127.73	128.81	131.33	44.78	27.71	35.06	0.93	0.97	0.98
126.71	128.95	130.42	46.46	26.65	31.45	0.95	0.96	0.98
128.26	130.12	130.97	47.03	26.89	29.9	0.95	0.98	0.98
127.43	129.22	131.59	46.27	24.69	30.78	0.98	0.98	0.97
128.44	129.37	131.13	46.17	25.16	33.62	0.93	0.94	0.98
129.2	129.48	131.66	43.18	23.52	30.85	0.96	0.98	0.98
129.06	130.56	132.54	42.48	25.83	28.3	0.98	0.96	0.96
128.66	129.98	132.19	43.51	27.25	29.26	0.93	0.98	0.97
127.66	130.85	131.98	48.12	39.06	28.96	0.98	0.95	0.98
129.73	130.6	130.72	41.73	28.66	27.34	0.97	0.98	0.98
129.83	130.87	132.38	40.02	24.84	24.16	0.96	0.98	0.98
130.04	131.25	131.34	40.82	21.17	23.84	0.98	0.95	0.98
128.51	131.37	132.85	37.78	16.06	21.48	0.95	0.97	0.98
129.3	129.78	132.33	40.68	15.96	25.19	0.92	0.93	0.95
129.6	132.1	134.37	33.67	11.52	18.18	0.95	0.98	0.95
128.08	131.71	132.63	34.14	9.98	15.52	0.97	0.97	0.94
129.89	130.43	132.77	31.73	8.9	10.77	0.97	0.97	0.93
128.84	131.25	134.05	33.25	8	12.42	0.95	0.95	0.96
127.59	130.36	131.39	33.04	7.29	11.68	0.92	0.98	0.92
129.56	130.67	132.57	31.32	9.35	12.05	0.94	0.94	0.95
127.49	130.84	133.19	31.4	9.59	12.18	0.96	0.95	0.95
128.98	130.65	133.69	33.35	9.12	11.76	0.93	0.95	0.94
127.84	131.17	132.76	32.59	8.54	11.42	0.96	0.95	0.93
127.74	131.48	133.58	30.37	7.9	11.09	0.93	0.9	0.91
128.93	130.62	131.68	21.83	5.12	10.78	0.93	0.89	0.92
129.19	130.34	132.04	23.98	4.94	7.51	0.98	0.96	0.91
128.71	132.12	133.9	22.07	3.7	6.52	0.93	0.96	0.88
129.67	130.79	133.95	22.83	5.57	6.03	0.96	0.94	0.86
128.86	130.44	133.06	24.6	5.81	5.88	0.95	0.92	0.83
128.54	132.64	133.31	23.5	4.74	5.02	0.93	0.92	0.78
129.36	131.24	132.85	23.93	6.66	6.91	0.94	0.94	0.84
129.62	130.38	132.97	23.78	6	6.56	0.91	0.98	0.82

129.37	130.75	134.46	25.31	4.78	6.73	0.93	0.97	0.88
129.27	132.68	135.07	21.29	5.15	6.55	0.97	0.98	0.83
130.67	132.61	134.73	20.66	6.71	6.85	0.92	0.95	0.86
130.67	131.2	133.25	24.68	5.54	6.56	0.93	0.93	0.83
131.97	133.28	133.44	24.59	4.12	6.81	0.9	0.89	0.87
131.26	131.08	133.28	24.67	4.31	6.15	0.91	0.9	0.84
131.92	133.17	134.8	26.35	4.25	5.35	0.92	0.95	0.76
131.38	131.87	134.17	25.48	4.18	5.09	0.91	0.91	0.75
131.54	133.71	134.57	22.98	4.51	5.14	0.9	0.89	0.77
132.17	133.95	133.48	23.13	3.64	5.45	0.9	0.92	0.79
132.29	132.36	134.95	22.26	4.61	6.64	0.97	0.98	0.86
130.42	132.06	134.24	20.26	4.4	6.7	0.96	0.98	0.82
131.76	132.18	134.27	21.47	4.62	6.2	0.95	0.92	0.8
132.31	132.25	134.21	24.71	4.97	6.94	0.89	0.89	0.86
132.02	132.89	134.7	24.01	4.18	6.82	0.9	0.89	0.84
130.34	132.36	134.21	22.67	4.57	6.07	0.98	0.91	0.77
132.61	132.04	136.1	22.04	4.79	5.34	0.91	0.91	0.77
132.6	132.99	134.78	21.04	4.96	5.39	0.95	0.98	0.8
132.15	133.89	135.88	20.43	4.72	5.13	0.92	0.94	0.75
131.41	132.42	135.61	23.16	3.97	5.17	0.88	0.88	0.76

Anexo 2

Prototipo medidor de huella de carbono en funcionamiento

