

**CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA RESIDENCIAL
UBICADA EN EL SECTOR LA FERIA - PIEDECUESTA.**

MARCELO MEZA GRANADOS

RAY HAYDER ROSALES DELGADO

Universidad
Industrial de
Santander



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRONICA Y
DE TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2015

**CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA RESIDENCIAL
UBICADA EN EL SECTOR LA FERIA - PIEDECUESTA.**

MARCELO MEZA GRANADOS

RAY HAYDER ROSALES DELGADO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Electricista

Director:

GABRIEL ORDÓÑEZ PLATA
Ingeniero Electricista, Ph.D

Co-director:

JORGE HERNANDO RAMÓN SUÁREZ
Ingeniero Electricista, MS.c

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRONICA Y
DE TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2015

AGRADECIMIENTOS

Muchas gracias a todas las personas que durante el desarrollo de este proyecto de grado aportaron algo de su tiempo y esfuerzo para alcanzar el objetivo final, a nuestro compañero Juan Beleño, al Ing Raúl Cadena y la Ing. Diana Carrillo, a los Ingenieros del convenio UIS-ESSA, y en especial a nuestros directores, el Profe Gabriel Ordoñez y Jorge Ramón fue un gusto poder compartir con ustedes este trabajo de grado, una gran experiencia.

DEDICATORIAS

A Dios, quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la convicción ni desfallecer en el intento, regalándome la gracia de su sabiduría.

A mis queridos padres Tito Meza Peñaranda y María Gilma Granados Sánchez (Q.E.P.D) por su amor, gran sabiduría y comprensión incondicional, que siempre fueron mi razón de ser, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia y gran motivación para ser un profesional íntegro pero sobre todas las cosas un excelente ser humano.

A toda mi familia Meza Peñaranda y Granados Sanchez por estar pendientes de mi proceso de formación profesional y personal.

Al amor de mi vida Xuxan, por su paciencia, su bondad, por siempre estar a mi lado y principalmente por ese amor tan sincero e incondicional que siempre me ha demostrado. Todos esos lindos detalles que siempre me inspiraron y me colmaron de felicidad.

A mi amigo y compañero de proyecto de grado Ray Rosales por estar juntos en esta locura de realizar un proyecto de grado.

A todos mis amigos y compañeros de estudio por que siempre me aportaron su granito de arena para lograr cada uno de mis objetivos. Porque de ellos aprendí el gran valor de compartir los conocimientos, en especial al parche de electrónica, Roberth, Pipe, Yojanes, Paulis, chucho y los de eléctrica el combo P.F.U (El padre, Jhony, Mario, Javier) a Diego Pinto, Cala. También personas que a lo largo de mi carrera me fui encontrando como Victor Solano, Camila, Linda, Andrea. Que de todos ellos en algún momento me extendieron la mano y me dejaron una enseñanza.

A mis profesores que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida.

MARCELO MEZA GRANADOS

Gracias a Dios por darme la posibilidad de tener una gran familia, amigos y compañeros en este gran proceso como profesional, que dejaron un grano importante en mi vida.

Mi familia que es la energía para realizar grandes cosas, mi madre Maricela que fue mi soporte la cual me enseñó el camino de una gran carrera, las ganas de salir adelante y muchas cosas más; mi padre Humberto que me demuestra la tranquilidad, esfuerzo y sacrificio, mi hermana Mimi que es mi luz y espero estar siempre cuando ella lo necesite.

A mis tíos, primos por apoyarme con sus palabras y oraciones.

A mi ángel que me acompaña desde el cielo pero siempre está a mi lado.

Agradezco profundamente las enseñanzas, aventuras y sacrificios que me dejaron mis amigos y grandes compañeros de la Universidad y Colegio.

Juanda, chucho, camilo y Ivan, amigos de toda la vida.

El combo PFU en especial el Padre, Love, Pirulo, Baloto y el Gordo.

Obviamente a mi compañero y gran amigo de proyecto de grado Marcelo Meza.

Yoha, Kate, Daniel, Mauricio, Tatiana, Diego por confiar y ser grandes personas con migo.

Aquellas personas que con su cariño, paciencia y dedicación me dieron grandes alegrías y sentimientos, hermosos momentos que siempre marcaran en mi vida.

A los profesores gracias por su ayuda y sacrificio por regalarnos esos conocimientos, en especial al profesor Gabriel Ordoñez que me enseñó grandes cosas como persona y profesional.

Ray Rosales Delgado

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	18
1. MEDICIÓN Y MONITORIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CARGA RESIDENCIAL	20
1.1 IEEE 1159/2009.....	21
1.2 IEC 61000-4-30/2004.....	22
1.3 UNE-EN 50160/2001	24
1.4 NTC 5001/2008	26
1.5 NORMA PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ESSA ESP.....	29
2. CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA RESIDENCIAL ANALIZADA Y HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	34
2.1 UBICACIÓN.....	34
2.2 CANTIDAD DE USUARIOS.....	35
2.3 DATOS DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN.....	36
2.4 EQUIPOS DE MONITORIZACIÓN DE SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA-MEDIDOR UIS 1-Y	38
2.5 MÉTODO DE MONITORIZACIÓN USADO POR EL MEDIDOR	39

2.6	PARÁMETROS DEL MEDIDOR.....	39
3.	PROCESAMIENTO DE DATOS.....	41
3.1	PROCESAMIENTO DE DATOS PARA CADA USUARIO	41
3.2	PROCESAMIENTO DE DATOS PARA EL SISTEMA MONITORIZADO.....	45
3.2.1	Procesamiento de datos para el usuario promedio.....	46
3.2.2	Procesamiento de datos para obtener la potencia de pérdidas.....	46
3.2.3	Sistemas de gestión de datos.....	47
4.	EVALUACION Y RESULTADOS DE LA CARGA.....	54
4.1	CARACTERIZACIÓN DINÁMICA DEL COMPORTAMIENTO DE LA CARGA RESIDENCIAL	54
4.2	CARACTERIZACIÓN DINÁMICA DEL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA MONITORIZADO	63
4.3	COMPORTAMIENTO DE TENSIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL USUARIO MÁS CERCANO Y LEJANO DEL TRANSFORMADOR.....	69
4.4	TENDENCIA DE HÁBITO DE CONSUMO MEDIANTE DE LA COMPARACIÓN DE UN USUARIO CON EL USUARIO PROMEDIO	70
4.5	USUARIOS TÍPICOS Y ATÍPICOS DEL SISTEMA.....	72
4.6	ANÁLISIS DE POTENCIA DE PÉRDIDAS	73

5. CONCLUSIONES.....	77
6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	82
CITAS	83
BIBLIOGRAFIA.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Variaciones admitidas del factor de potencia. Tomado de [5].....	29
Figura 2 Diagrama fasorial del método propuesto para el cobro de energía no activa.	32
Figura 3 Diagrama vectorial de la Potencia Aparente según BUDEANU [6].....	33
Figura 4 Ubicación " La Feria" [6]	34
Figura 5 Distribución geográfica del transformador.	35
Figura 6 Transformador de distribución de la zona.	37
Figura 7 Medidor UIS 1-Y [6]	38
Figura 8 Modulo panel de control.....	49
Figura 9 Modulo de resumen.	50
Figura 10 Módulo promedio.	51
Figura 11 Módulo usuarios.	52
Figura 12 Modulo sincronizar nuevos datos.	53
Figura 13 Variación de tensión en el tiempo.	54
Figura 14 Variación del factor de potencia en el tiempo.	55
Figura 15 Curva de demanda diaria en potencia activa.	56
Figura 16 Curva de demanda diaria en potencia reactiva.....	57
Figura 17 Curva de demanda diaria en potencia aparente.	58
Figura 18 Comparación de curvas de demanda diaria.	59
Figura 19 Curva de demanda diaria en potencia de distorsión armónica.	60
Figura 20 Consumo de energía activa, reactiva y de distorsión armónica del usuario promedio.....	61
Figura 21 Caracterización dinámica en intervalos de tiempo.....	62
Figura 22 Curva de potencia activa en el transformador.	64
Figura 23 Curva de potencia reactiva en el transformador.	64
Figura 24 Curva de potencia de distorsión en el transformador.	65
Figura 25 Curva de potencia aparente en el transformador.....	65
Figura 26 Curva de porcentaje de uso del transformador.....	67
Figura 27 Consumo de energía activa, reactiva y de distorsión armónica del sistema.	68
Figura 28 Comportamiento dinámico en tensión de dos usuarios residenciales. ..	69
Figura 29 Superposición de curvas de potencia activa del día lunes.....	70
Figura 30 Superposición de curvas de potencia activa de todos los días de la semana.	70
Figura 31 Superposición de curvas de potencia reactiva del día lunes.	71
Figura 32 Superposición de curvas de potencia reactiva de todos los días de la semana.	72
Figura 33 Potencia reactiva excedida por el usuario el día Domingo.	74
Figura 34 Potencia reactiva excedida por el usuario en la semana.	75
Figura 35 Inicio de sesión.	93
Figura 36 Menú desplegable.....	93
Figura 37 Configuraciones.....	94

Figura 38 Panel de control.....	95
Figura 39 Usuarios con consumo normal.	96
Figura 40 Contadores con consumo no residencial.	96
Figura 41 Usuarios con consumo anormal.	97
Figura 42 Usuarios con consumo anormal por tensión.	98
Figura 43 Usuarios con consumo anormal por frecuencia.	98
Figura 44 Usuarios con consumo anormal por factor de potencia.	99
Figura 45 Tabla resumen.....	100
Figura 46 Usuario promedio.....	101
Figura 47 Usuarios.....	102
Figura 48 Usuario.	102
Figura 49 Sincronizar nuevos datos.....	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Normas relacionadas con la calidad de energía eléctrica.....	21
Tabla 2 Límite característico de la tensión de alimentación.....	26
Tabla 3 Valores de referencia de variaciones de frecuencia.	28
Tabla 4 Niveles de tensión de diseño [6]	30
Tabla 5 Porcentajes de regulación de tensión [6]	30
Tabla 6 Cantidad de Medidores del Transformador de Distribución.	35
Tabla 7 Datos de ubicación del transformador.....	36
Tabla 8 Características de transformador de distribución	37
Tabla 9 Datos del placa del Medidor UIS 1-Y.	39
Tabla 10 Límites de tensión	41
Tabla 11 Límites de frecuencia	42
Tabla 12 Variación de tensión.....	54
Tabla 13 Variación del factor de potencia.....	55
Tabla 14 Variación de potencia activa	56
Tabla 15 Variación de potencia reactiva	57
Tabla 16 Variación de potencia aparente	58
Tabla 17 Variación de potencia de distorsión armónica.....	60
Tabla 18 Energía activa, reactiva y de distorsión por días del usuario promedio. .	61
Tabla 19 Variación de potencias activa, reactiva, aparente y de distorsión armónica.	66
Tabla 20 Energía activa, reactiva y de distorsión por días del sistema.....	68
Tabla 21 Comparación de parámetros de tensión de dos usuarios residenciales. .	69
Tabla 22 Costo de energía por días, semana y mes.	75
Tabla 23 Objetivos establecidos.	77
Tabla 24 Variables del medidor UIS 1-Y.....	87
Tabla 25 Medidores con mayor consumo de energía.	88

RESUMEN

TITULO: CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA RESIDENCIAL UBICADA EN EL SECTOR LA FERIA – PIEDECUESTA¹

AUTOR: MARCELO MEZA GRANADOS
RAY HAYDER ROSALES DELGADO²

PALABRAS CLAVES: Caracterización, monitorización, estadísticos, gestión de datos, comportamientos y medidor inteligente.

DESCRIPCIÓN:

El aumento en el uso de dispositivos electrónicos en los hogares colombianos genera cambios en los parámetros de las variables de tensión, corriente, potencia y energía del sistema eléctrico nacional. Esto motiva a que las empresas comercializadoras de energía y operadores de red estén interesados en la realización de mediciones de parámetros del sistema eléctrico. Por esta razón desde hace aproximadamente dos años se han monitorizado estos parámetros en los usuarios residenciales ubicados en el barrio La Feria del área metropolitana de Bucaramanga.

Esta monitorización ha permitido realizar un análisis dinámico de los comportamientos presentados en esta carga residencial para analizar las variaciones que se presentan en el sistema eléctrico.

La caracterización dinámica de la carga eléctrica de los usuarios residenciales consiste en una identificación de los usuarios típicos y atípicos de acuerdo con las características establecidas por la empresa de usuarios típicos de estrato dos. La caracterización se realiza monitorizando las variables de tensión, corriente y potencia a partir de parámetros características como Valores eficaces de tensión y corriente, potencias activa, reactiva de distorsión y aparente y factor de potencia.

A través de una gestión de información se extraen datos estadísticos, se calculan parámetros de potencia y después se realiza un análisis de gráficas y tablas empleando un sistema de gestión de datos desarrollado en una plataforma web.

Esta caracterización sirve para generar una metodología de análisis que podrá ser utilizada en futuras iniciativas de mejora en el dimensionamiento y condiciones de operación de la red eléctrica desde la óptica de la gestión de la demanda y en general para realizar la gestión energética con base en medidores inteligentes (*smart metering*).

¹ Proyecto de grado modalidad de investigación

² Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Grupo GISEL. Director: PhD. Gabriel Ordóñez Plata. Co-director: Msc. Jorge Hernando Ramón Suárez

ABSTRACT

TITLE: CHARACTERIZATION OF THE ELECTRIC LOAD ON THE RESIDENTIAL SECTOR OF PIEDECUESTA- LA FERIA³

AUTHOR: MARCELO MEZA GRANADOS
RAY HAYDER ROSALES DELGADO⁴

KEYWORDS: Characterization, monitoring, statistical, data management, behaviors and smart meters.

DESCRIPTION:

The increasing use of electronic devices in Colombian homes is generating changes in parameters as voltage, current, power and energy of the national electricity system. This fact motivates the energy trading companies and network operators are interested in performing parameter measurements of the electrical system. For this reason these parameters have been monitored since about two years for residential users located in “La Feria” are of Piedecuesta city. This monitoring has allowed dynamic analysis on behaviors presented in this residential load to analyze the variations that occur in the electrical system.

The dynamic characterization of the electrical charge of residential users consists on the identification of typical and atypical users according to the characteristics established by the company about middle-low typical users. The characterization is performed by monitoring variables as voltage, current and power as from characteristic parameters as effective value of voltage and current, active power, reactive power and power factor.

Through information management statistical data are extracted, power parameters are calculated and is performed an analysis with graphs and tables using a data management system developed in a web then platform.

This characterization serves to generate an analysis methodology that can be used in future initiatives to improve the sizing and operating conditions of the electrical network from the perspective of demand management and overall energy management based on smart meters (smart metering).

³ Final undergraduate Project.

⁴ Physics Mechanical Engineering Faculty. Electric, Electronic and Telecommunications School. Group: GISEL. Director: PhD. Gabriel Ordoñez Plata. Co-director: Msc. Jorge Hernando Ramón Suárez

Glosario

- **Baja tensión (BT):** Nivel de tensión utilizado para el suministro eléctrico, cuyo valor eficaz nominal es menor o igual a 1 [kV] [1].
- **Calidad de la potencia eléctrica:** Conjunto de características de las variables de tensión y corriente en un punto dado de un sistema de potencia en un momento determinado, que permiten satisfacer las necesidades requeridas por el usuario de la electricidad.
Estas características son evaluadas con respecto a un conjunto de parámetros técnicos de referencia [2].
- **Carga no lineal:** Una carga eléctrica cuya característica tensión/corriente es no lineal, es decir que la señal de corriente no sigue la misma forma de onda de la señal de tensión, de la cual se está alimentando la carga. [2]
- **Curva de demanda diaria (CDD):** Valores en por unidad que representa el consumo de potencia diaria de una vivienda con determinado estrato socioeconómico [1].
- **Frecuencia fundamental:** Frecuencia a la cual el sistema está diseñado para operar (60 [Hz] para Colombia) [3]
- **Media tensión (MT):** Nivel de tensión utilizado para el suministro eléctrico, cuyo valor eficaz nominal está comprendido entre 1 [kV] y 62 [kV] [1].
- **Periodo de agregación:** Periodo de tiempo durante el cual se aplica el método de agregación, utilizado para registrar las diferentes variables de estado estable de calidad de potencia eléctrica. [2]
- **Periodo de medida:** Es el periodo de tiempo durante el cual se realizan las mediciones de los diferentes parámetros de calidad de potencia de manera ininterrumpida. [2]
- **Punto de conexión común (PCC):** Es el punto de conexión individual entre el sistema de distribución local (SDL) o el sistema de transmisión regional (STR) y el usuario final (el punto de medida de energía) [1] [3].
- **Tensión declarada (U_c):** Es la tensión acordada entre el operador de red y el usuario para ser aplicada en el punto de conexión común [1] [3].
- **Tensión nominal (U_n):** Tensión que caracteriza o identifica una red y a la cual se hace referencia para ciertas características de funcionamiento [1] [3].

INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico enlazado con el avance tecnológico son factores que impulsan el desarrollo de un país, lo que trae consigo incrementos en la demanda energética y en la infraestructura para suplir la misma.

Numerosos estudios han sugerido el sector residencial como un sector con vasto potencial en la consecución de ahorro energético. En Colombia el sector residencial representaba a 2009, el sector de mayor demanda en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) con el 41,2% de la demanda total. [1] Considerando la creciente demanda de electrodomésticos, dispositivos móviles de entretenimiento digital y comunicaciones, la necesidad de intervención es inmediata. Actualmente, iniciativas como el uso de materiales de estado sólido más eficientes, programas de eficiencia energética como el sello Energy Star⁵, contribuyen de alguna forma a la conservación energética residencial. Sin embargo, el desarrollo e implementación de sistemas de gestión energética residencial que reduzcan significativamente el consumo y creen conciencia energética en los usuarios, han sido explorados incipientemente. [2]

Actualmente la gestión energética tiene gran importancia y se toma en cuenta como una de las preocupaciones más crecientes dada la reducción progresiva en la disponibilidad de recursos. Aunado a ello, la necesidad actual de permanecer comunicados, satisfacer las necesidades básicas y tecnológicas y mantener el confort, requiere, indispensablemente, de un suministro de electricidad continuo y de calidad. Colombia no es ajena a esta problemática, por eso en los últimos años se han impulsado leyes, y promovido programas en pro del uso racional y eficiente de la energía. [2]

Dentro de la gestión energética se puede encontrar la gestión de la demanda, que es la manera de influir en el consumo de energía desde la perspectiva de la carga. Ésta busca controlar los niveles de consumo mediante distintas actividades, que terminan generando un gran impacto ya que las zonas residenciales están acercándose al 50% de la demanda total del país y es donde se está proyectando un mayor crecimiento en los próximos años. [3] [2] [4]

La caracterización dinámica de la carga residencial es de particular interés e importancia para: Las compañías proveedoras del servicio, el cliente, la

⁵ Sello de acreditación de bajo consumo energético para electrodomésticos.

sostenibilidad del negocio, el cumplimiento de la regulación vigente y otros procesos del negocio de distribución de energía eléctrica.

El proceso de 'evaluación' de la carga eléctrica residencial requiere la realización de una monitorización de las señales de tensión y corriente, para obtener los parámetros que permitan evaluar el comportamiento del sistema eléctrico, comparando estos parámetros con los sugeridos y exigidos por la normatividad y regulación vigente. La obtención de los parámetros del sistema eléctrico, permite diagnosticar las condiciones de la red eléctrica y caracterizar el comportamiento dinámico de los usuarios. Adicionalmente el almacenamiento de los datos, permite establecer patrones de comportamiento en la carga eléctrica en diferentes períodos de tiempo con la cual se pueden generar opciones de mejora en la operación, control y uso de la energía eléctrica.

Este trabajo de grado realiza una caracterización de los comportamientos que actualmente se presentan en una carga residencial, a partir de mediciones efectuadas en el punto de conexión común entre la empresa de distribución ESSA ESP y el barrio La Feria-Piedecuesta.

Para lograr la caracterización dinámica, se cuenta con dos procesos. El primero se realiza con la información obtenida del equipo de monitorización, denominado "UIS 1-Y", el cual proporciona parámetros de las señales de tensión, corriente y potencia. El segundo proceso realiza el procesamiento gráfico y matemático de los datos obtenidos, considerando un estudio estadístico previo. Con base en esta gestión de información se identifican los comportamientos característicos de la carga.

A continuación se describe como ha sido estructurado el documento. En el Capítulo 2, se presenta la normativa que se consideró y los parámetros y formas de medición de variables eléctricas, para la obtención de información. En el Capítulo 3 se presenta la información relacionada con las cargas eléctricas, la cantidad de usuarios y los datos del transformador que suministra la energía eléctrica; también se describe el equipo de monitorización utilizado, el método de medición utilizado, las variables adquiridas en la medición y la forma de gestionar los datos. El procesamiento que se realiza para obtener las características dinámicas de los usuarios y del sistema monitorizado se presenta en el Capítulo 4. El Capítulo 5 presenta los resultados obtenidos del estudio, identificando las cargas típicas y atípicas que se caracterizan y el comportamiento de cada usuario en diferentes intervalos de tiempo.

1. MEDICIÓN Y MONITORIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CARGA RESIDENCIAL

En este capítulo se realiza una revisión de algunas de las más importantes normas del sector eléctrico, relacionadas con las cargas eléctricas del sector residencial. Esta normatividad establece los parámetros de diseño y monitorización, con qué indicadores de calidad se evalúan y qué metodologías se pueden aplicar. Se incluyen normas internacionales de: La International Electrotechnical Commission (IEC) y allegadas (e.g. Normas Europeas - EN), del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). También se consideran: Las normas técnicas colombianas (NTC) de gran utilidad para el desarrollo de este tema y la norma para el cálculo y diseño de sistemas de distribución ESSA ESP, la cual rige en el sector de Piedecuesta por pertenecer a la electrificadora ESSA ESP.

El análisis de cada una de las normas examinadas en esta sección permite obtener los índices o indicadores de la calidad de la energía eléctrica, al igual que su definición, características, límites o valores de referencia, metodología de evaluación y consideraciones a tener en cuenta en la aplicación de procesos estadísticos para evaluar la calidad de la potencia eléctrica.

En la Tabla 1 se presentan las normas estudiadas. Dentro del alcance de estas normas se encuentra una serie de parámetros eléctricos de valor eficaz de tensión, valor eficaz de corriente, factor potencia y frecuencia. Sin embargo, la caracterización del comportamiento de la carga está centrado en la demanda para las potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia y valor eficaz de tensión.

Tabla 1 Normas relacionadas con la calidad de energía eléctrica.

Norma	Nombre
IEEE 1159	Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality
IEC 61000-4-30 ⁶	Métodos de medida de la calidad de suministro
UNE-EN 50160	Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución
NTC 5001	Límites y metodologías de evaluación en punto de conexión común
ESSA ESP	Norma para el cálculo y diseño de sistemas de distribución

1.1 IEEE 1159/2009

Esta norma internacional propone el proceso para realizar el seguimiento de características eléctricas de las señales de tensión y corriente, que permiten describir los fenómenos electromagnéticos que se observan por medio de: Transitorios electromagnéticos, distorsiones de forma de onda, fluctuaciones de tensión, variación de frecuencia entre otras. Estos eventos pueden ser generados por la fuente de suministro de energía eléctrica o por la carga eléctrica conectada al sistema eléctrico.

Los fenómenos que afectan la calidad de la energía eléctrica se presentan por el uso de equipos eléctricos y electrónicos que se comportan como cargas no lineales o invariantes en el tiempo, los cuales causan perturbaciones electromagnéticas, que de igual forma pueden ser sensibles a estos fenómenos. Los eventos que se pueden presentar debido a los fenómenos electromagnéticos son:

- Variación de tensión:
El valor de tensión proporcionada por la fuente de alimentación (transformador) puede variar por perturbaciones electromagnéticas generados por la carga o por la misma fuente.
Estos efectos pueden producir: variación del valor eficaz, sobretensiones, hundimientos de tensión, caídas de tensión considerables que ocasionan interrupciones momentáneas o temporales, las cuales pueden ser causadas

⁶ Nota: Norma adoptada a Colombia mediante NTC-IEC 61000-4-30.

por variaciones de carga en el sistema, fallas en el sistema, uso de equipos basados en electrónica de potencia o conexión y desconexión de grandes cargas como motores, entre otros.

- **Fluctuaciones de tensión:**

Son variaciones sistemáticas de la señal de tensión en las cuales el valor eficaz de la tensión no supera los rangos de tensión establecidos (0.9p.u a 1.1p.u). Este fenómeno se presenta por cargas con variaciones cíclicas, especialmente en el componente reactivo y cargas que presentan continuas variaciones en la magnitud de corriente.

El fenómeno de Fluctuación de tensión es de fácil de percibir por los seres humanos, esto por medio de cambios en la intensidad lumínica de un punto de iluminación.

- **Variaciones en la frecuencia de alimentación:**

Es la variación o desviación de la frecuencia fundamental del sistema de su valor nominal especificado (el valor nominal en Colombia es 60 Hz).

El valor de frecuencia depende del equilibrio entre la carga eléctrica y la capacidad disponible de generación, por esto el cambio dinámico de este equilibrio genera cambios mínimos en la frecuencia, el cual depende de las características de la carga y la respuesta del sistema de generación en realizar dichos cambios de carga.

La magnitud de la frecuencia puede presentar cambios pequeños continuamente, debido a la conmutación de cargas en el sistema.

Las variaciones de frecuencia que sobrepasen los límites aceptados para operación normal en estado estacionario del sistema (entre 59,8 y 60,2 Hz en el SIN colombiano), son normalmente causados por fallas en el sistema de transmisión de energía o la desconexión de un gran carga o fuente de generación.

1.2 IEC 61000-4-30/2004

Esta norma define y describe los métodos de medida para cada parámetro de calidad de la energía en el suministro eléctrico en redes de 50 [Hz] o 60 [Hz], que harán posible la obtención de resultados fiables y comparables, sin importar el instrumento de medición utilizado y su entorno. Esta norma realiza un aporte detallado en cuanto a las consideraciones para la aplicación de procesos estadísticos de los parámetros obtenidos.

A continuación se detallan los aspectos más relevantes de esta norma:

- **Métodos de medida:**

Existen dos clases de métodos de medida el cual corresponde dependiendo del parámetro medido.

- Método Clase A: Se usa cuando son medidas precisas, que puede ser aplicada para la verificación de la conformidad con la norma, pero requiere una característica de ancho de banda y una frecuencia de muestreo suficiente para la incertidumbre específica de cada parámetro.
- Método Clase B: Se usa cuando son medidas donde no se requiere gran precisión, tales como estudios estadísticos o investigación de anomalías.

El usuario debe elegir la clase de método de medida en función de la situación en cada aplicación.

Los intervalos de tiempo básico de los parámetros de tensión, corriente, potencia en estado estacionario, deben ser de 12 periodos para la red de 60 [Hz], Posteriormente los intervalos de tiempo de medida agregan en tres tiempos diferentes:

- 1- Intervalo de 3 segundos (180 periodos para una frecuencia nominal de 60 Hz)
- 2- Intervalo de 10 minutos
- 3- Intervalo de 2 horas

Para el método de clase B el fabricante indica el método, el número y la duración de los intervalos de tiempo de agregación.

- **Guías y consideraciones para la aplicación de procesos estadísticos**

En los anexos de la norma se encuentran las guías para la aplicación de las medidas de calidad, manteniendo consideraciones particulares en tensión y frecuencia industrial. Donde la aplicación de tratamiento estadístico, cuyos objetivos es comprimir una gran cantidad de valores medidos, para que al finalizar se realice una verificación, supervisión y comparación de los indicadores de la red.

Por esto las condiciones particulares a tener presente antes de efectuar medidas de calidad son:

- 1- La calidad se evalúa comparando los resultados de una medida con los límites de los parámetros.
- 2- Cada parámetro puede comprender uno o varios valores.
- 3- El periodo de medida a tener en cuenta es de una semana como mínimo, pero puede considerarse un número entero de semanas, debido a las variaciones que pueden presentar los parámetros en los días laborales y los fines de semana.
- 4- Dependiendo del parámetro a evaluar se sugieren unas técnicas que a continuación se muestran.

- ✓ Frecuencia industrial.

El intervalo de medida mínimo es de una semana.

La técnica de evaluación puede ser convenida, pero se sugieren las siguientes:

- a- Identificar el número o porcentaje de los valores que sobrepasa los límites establecidos de frecuencia, durante el periodo de evaluación.
- b- Comparar los valores más desfavorables encontrados en el periodo de evaluación con los límites establecidos.
- c- Comparar uno o varios valores semanales de todos los valores medidos expresados en Hz, con los límites establecidos.
- d- Contar el número de valores consecutivos que sobrepasen los valores límites establecidos.

- ✓ Amplitud de la tensión de suministro.

El intervalo de medida mínimo es de una semana.

La técnica de evaluación puede ser convenida, pero se sugiere las siguientes:

- a- Identificar el número o porcentaje de los valores que sobrepasa los límites establecidos de tensión, durante el periodo de evaluación.
- b- Identificar y comparar los valores más desfavorables con los valores límites establecidos.
- c- Comparar uno o varios valores semanales de todos los valores medidos expresados en Volts, con los límites establecidos.
- d- Contar el número de valores consecutivos que sobrepasen los valores límites establecidos.

1.3 UNE-EN 50160/2001

Esta norma define y describe, las características de la tensión de suministro que deberían esperar los clientes, bajo condiciones habituales o normales de explotación.⁷

La norma hace un desglose de las variaciones y afectaciones a las cuales se ve enfrentada la tensión de alimentación, diferenciando los niveles de baja tensión (BT) y media tensión (MT), únicos niveles tomados en cuenta, ya que por supuesto,

⁷ Condiciones excepcionales: Condiciones climáticas excepcionales y otras catástrofes naturales, hechos provenientes de terceros, decisiones gubernativas, acciones de huelga, fuerza mayor e interrupciones debidas a causas externas.

tensiones más elevadas están por fuera del alcance de los usuarios residenciales, consumidores finales a quienes busca favorecer esta norma para que sus equipos no se vean afectados.

Las características de la tensión de suministro en BT y en MT son:

1. Frecuencia
2. Amplitud de la tensión suministrada
3. Variaciones de la tensión suministrada
4. Variaciones rápidas de tensión
5. Huecos de tensión
6. Interrupciones breves
7. Interrupciones largas
8. Sobretensiones temporales
9. Sobretensiones transitorias
10. Desequilibrio de la tensión
11. Tensiones armónicas
12. Tensiones interarmónicas
13. Transmisión de señales de información por la red

Debido al enfoque de estado estable de la caracterización del comportamiento de la carga, no todas estas propiedades son de interés. Las características 1, 2 y 3 son importantes para este estudio.

La frecuencia nominal de la tensión suministrada debe ser de 60 Hz. En condiciones normales de explotación, el valor medio de la frecuencia fundamental medida por períodos de 12 sg debe situarse en los intervalos siguientes:

- para redes acopladas por conexiones síncronas a un sistema interconectado:

60 Hz \pm 1% (de 59,4 Hz a 60,6 Hz) durante el 99,5% de un año

60 Hz +4%/- 6% (de 56,4 Hz a 62,4 Hz) durante el 100% del tiempo

- para redes sin conexión síncrona a un sistema interconectado (redes de alimentación que existen en ciertas islas):

60 Hz \pm 2%	(de 58,8 Hz a 61,2 Hz)	durante el 95% de una semana
60 Hz \pm 15%	(de 51 Hz a 69 Hz)	durante el 100% del tiempo

En la Tabla 2 se muestran los límites sugeridos para la tensión (U), que son aplicados para periodos de una semana, donde el 95% de los valores eficaces promediados en diez minutos (10 min) no debe sobrepasar el límite establecido. Para todos los periodos de 10 min, los valores promediados del valor eficaz de la tensión deben situarse en el intervalo $0,85 < U_n < 1,1$.

Tabla 2 Límite característico de la tensión de alimentación.

Características	Límite
Variaciones de tensión	$U_n \pm 10\%$

1.4 NTC 5001/2008

Este documento técnico establece las metodologías de evaluación y los valores de referencia de los parámetros de la calidad de la energía y la potencia eléctrica, donde los valores de referencia son los del suministro de energía eléctrica, presentados en este documento técnico.

Las perturbaciones de la onda de tensión que se consideraran son las siguientes:

- Variaciones de tensión en estado estable
 Son desviaciones del valor eficaz de la tensión de alimentación a la frecuencia de la red (60Hz), sus causas dependen de las características de diseño del sistema, como variaciones de grandes cargas eléctricas, entre otras. Usualmente se corrige este problema usando transformadores con intercambiadores automáticos de Taps ubicados en las subestaciones de transformación.
 Esta perturbación se observa normalmente por salidas de operación de motores, cambios de velocidad en máquinas de inducción, reducción o aumento de la potencia de salida de los bancos de condensadores, aumento o reducción de dispositivos de iluminación, entre otros.
 La metodología de evaluación con un periodo de medida de una semana como mínimo, con periodos de agregación de diez minutos. Los valores de referencia son de $\pm 10\%$ de la tensión de alimentación declarada.

- Elevaciones de tensión (swells)
Son aumentos del valor eficaz de la tensión que excede por encima del 110% de la tensión de alimentación declarada, sus causas pueden ser cortocircuitos, salidas de grandes cargas o fenómenos de resonancia y ferresonancia. Otras causas características es por el funcionamiento de grandes sistemas de UPS, operaciones de cargas controladas por tiristores, funcionamiento de dimmers y arcos en soldadura.
Esta perturbación se observa por fallas de los componentes de equipos, operaciones no deseadas en relés de protección, reducción o falla de la vida útil en dispositivos electrónicos como variadores de velocidad, computadores, transformadores de tensión y corriente; incremento en la potencia de salida en bancos de condensadores e incremento de luz visible en dispositivos de iluminación.
- Variación de frecuencia
Es la variación o cambio del valor de la frecuencia con respecto al valor nominal que la fuente de alimentación suministro (60 Hz). Este valor es determinado por la velocidad de los alternadores en las fuentes de generación de energía eléctrica. Las causas de este evento depende del balance entre carga y la potencia producida por las estaciones de generación, así que el valor de la frecuencia varía continuamente por las conexiones y desconexiones de carga en el tiempo.
Los efectos de esta perturbación se observa en errores de sincronización, en usuarios que tienen cargas con grandes rectificadores, comportamiento erróneo de equipos electrónicos y en los casos más desfavorables se presenta interrupciones del servicio y variaciones de tensión.
La metodología de evaluación con un periodo de medida es de una semana mínimo, con periodos de agregación de diez minutos, para evaluar los valores máximos y mínimos encontrados en el periodo de evaluación, de tal forma que los valores se encuentren dentro del rango permisible mostrado en la Tabla 3.

Tabla 3 Valores de referencia de variaciones de frecuencia.

Tipo de red	Frecuencia aceptable durante el 95% de los datos tomados de una semana	Frecuencia aceptable durante el 100% de los datos tomados de una semana
Redes acopladas por enlaces síncronos a un sistema interconectado.	Todos mayores a 59,8 Hz y todos menores a 60,2 Hz	Todos mayores a 57,5 Hz y todos menores a 63 Hz
Redes sin conexión síncrona a un sistema interconectado (redes de distribución en regiones no interconectadas e islas)	Todos mayores a 59,8 Hz y todos menores a 60,2 Hz	Todos mayores a 51 Hz y todos menores a 69 Hz

- Factor de potencia

Es un factor que relaciona la potencia útil (activa) consumida por un circuito o carga y la potencia aparente (de dimensionamiento) de éste, la cual corresponde a la máxima potencia que se puede consumir o suministrar a un circuito, de acuerdo con los valores eficaces de tensión y de corriente. Dependiendo de la naturaleza de la reactancia (la condición de consumo o suministro de potencia reactiva), puede ser inductivo o capacitivo, en el primer caso el factor será positivo y en el segundo caso será negativo.

Metodología de evaluación:

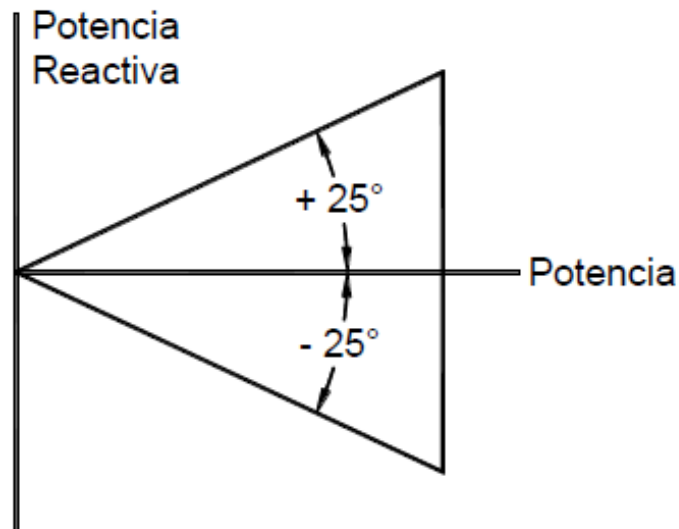
1. Período de evaluación usando intervalos de tiempo de periodos de agregación de 10 min con muestreo de 12 ciclos.
2. Período de observación de una semana para el caso de evaluaciones contractuales.
3. Período de observación de por lo menos un ciclo de trabajo para diagnósticos o para fines estadísticos.
4. Durante el 95 % del tiempo debe permanecer conjuntamente entre 0,9 y 1 para factor de potencia inductivo y entre 0,9 y 1 para factor de potencia capacitivo.

De tal forma que el ángulo θ del diagrama de potencias se encuentre durante el 95% del tiempo entre -25° y 25° , como se muestra en la Figura 1.

$$F.P. = \cos(\theta) \quad (1)$$

Valores límite: $-25^\circ < \theta < 25^\circ$

Figura 1 Variaciones admitidas del factor de potencia. Tomado de [5]



1.5 NORMA PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ESSA ESP

A continuación se hace un resumen de los aspectos que se consideraron de la norma de cálculo y diseño de sistemas de distribución de la ESSA ESP.

- **Niveles de tensión de diseño**
Según la normativa de la región, determinada por la norma de la electrificadora de Santander ESSA ESP. El valor de tensión al cual se realiza la medición de los parámetros es de un nivel bajo, según la Tabla 4.

Tabla 4 Niveles de tensión de diseño [6]

Clasificación (Nivel)	Nivel de tensión	Tensión nominal (V)		Tensión Máxima (% de la nominal)	Tensión Mínima (% de la nominal)
		Sistemas trifásicos de 3 o 4 conductores	Sistemas monofásicos de 2 o 3 conductores		
Baja tensión (Nivel 1)	Menor o igual a: 1000V	-	120	+5	-10
		120/208	-		
		-	120/240		
		127/220	-		
		220	-		
Media tensión (Nivel 2 y 3)	Mayor a: 1000V y menor a 57,5KV	254/440	-	+5	-10
		4,16 ⁸	-		
		6,3	-		
		11,4	-		
		13,2	-		
34,5	-				

En el diseño de una instalación eléctrica, se debe considerar la regulación de tensión permitida sobre la demanda máxima instalada. Este porcentaje depende de la ubicación y características del usuario, las cuales se describen en la Tabla 5.

Tabla 5 Porcentajes de regulación de tensión [6]

Descripción	%
Redes de distribución, B.T, zona urbana	5
Redes de distribución, B.T, zona rural	7
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) para cargas concentradas o multiusuarios desde bornes del transformador	3
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) desde redes de la empresa	2
Circuito ramal	2
Alumbrado publico	4

⁸ Estas tensiones se deben a transformadores conmutables para el sistema de 13.2 KV. [1]

El sector “La Feria” en Piedecuesta, se describe como una zona urbana, el cual el porcentaje de regulación de tensión admitido es del 5 %.

- **Potencia de pérdida y posible cobro.**

Según la normativa legal vigente, el factor de potencia en usuarios regulados se debe encontrar entre 0,9 y 1. Los usuarios que tienen este indicador debajo de su límite, es por que poseen cargas no lineales que generan potencias no activa (potencia por reactiva y distorsión armónica). Por esta razón la empresa comercializadora de energía, puede realizar un segundo cobro por exceso de potencia no activa, donde el costo es igual al valor de potencia activa. De esta forma aumentando el costo de energía a los usuarios residenciales.

Según el diagrama fasorial de la Figura 2 y algunos cálculos matemáticos, se muestra que las empresas comercializadoras de energía, de acuerdo con la resolución CREG 082 de 2002, artículo 11, permite la mitad de potencia activa en potencia no activa, esto con el fin de garantizar un factor de potencia mayor a 0.9.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2)$$

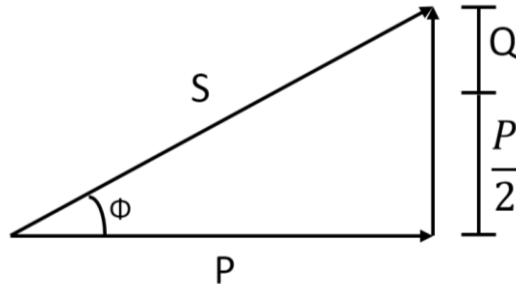
$$S = \sqrt{P^2 + \left(\frac{P}{2}\right)^2} \quad (3)$$

$$S = \frac{\sqrt{4P^2 + P^2}}{2} \quad (4)$$

$$S = P \frac{\sqrt{5}}{2} \quad (5)$$

$$fp = \frac{P}{S} = \frac{2}{\sqrt{5}} \cong 0,9 \quad (6)$$

Figura 2 Diagrama fasorial del método propuesto para el cobro de energía no activa.



Si la potencia no activa supera la mitad de potencia activa, se puede generar un costo por el restante de potencia.

1.6 POTENCIA APARENTE SEGÚN BUDEANU

Este método propuesto en el año 1927, se tiene en cuenta para calcular la potencia aparente para cualquier carga eléctrica.

La potencia aparente (de dimensionamiento) es el producto del valor eficaz de la tensión por el valor eficaz de la corriente. Otra forma de definir esta potencia es con la ecuación (7). La cual establece que la potencia aparente se encuentra en función de las potencias: activa, reactiva y de distorsión. [6]

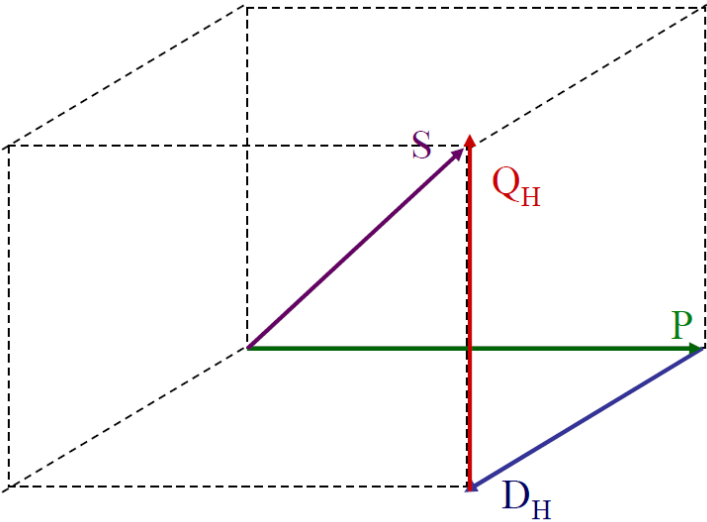
$$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2 \quad (7)$$

Donde la potencia activa es la potencia asociada al trabajo útil que se realiza en una carga. La potencia reactiva es la potencia que no se transforma en trabajo útil, donde su origen se presenta por elementos capacitivos e inductivos que estén conectados a la carga o usuario.

La distorsión es la potencia que se genera en sistemas no senoidales, se presenta por cargas no lineales conectadas al usuario, las cuales hacen que se distorsionen las señales de tensión y corriente. [6]

Una forma de entender la potencia aparente según el modelo de Budeanu es por medio de la Figura 3.

Figura 3 Diagrama vectorial de la Potencia Aparente según BUDEANU [6]



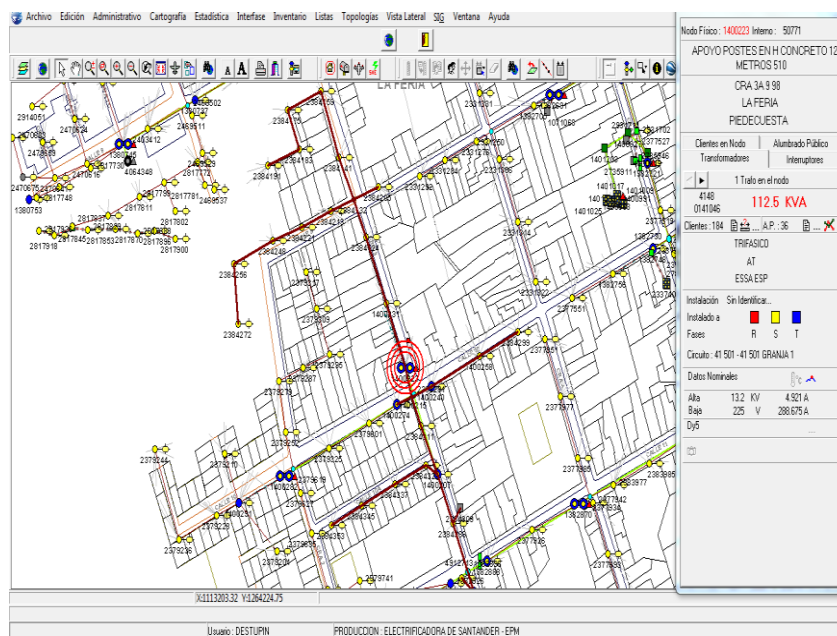
2. CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA RESIDENCIAL ANALIZADA Y HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

La caracterización de carga por medio del comportamiento dinámico, se realizó a partir de mediciones obtenidas en usuarios conectados al secundario de un transformador. A continuación se describen características del transformador, la carga eléctrica instalada y el entorno donde se encuentra el sistema eléctrico analizado; posteriormente, el documento describe la forma como se obtiene la información que permite evaluar los parámetros de las cargas residenciales.

2.1 UBICACIÓN

El estudio se realiza en el sector “La Feria” en Piedecuesta, el transformador se encuentra en la 3A n° 9-98. En la Figuras 4 y 5 se muestra la distribución de los usuarios conectados.

Figura 4 Ubicación " La Feria" [6]



La distribución del transformador se presenta en la Figura 5, la cual muestra la distribución geográfica de los apoyos instalados en la zona.

Usuarios Residenciales	197	98,5%
Usuarios no Residenciales	3	1,5%
Total de usuarios	200	100,0%

En principio se consideran los usuarios residenciales con cargas típicas como electrodomésticos y alumbrado general, sin embargo una gran cantidad de usuarios convierten sus viviendas en locales industriales o comerciales, generando posibles problemas por cargas inductivas o capacitivas. Cabe aclarar que los 3 usuarios no residenciales mencionados son cargas de comunicación realizados por la empresa comercializadora, estipulados desde la realización del contrato.

2.3 DATOS DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN

Las características eléctricas del transformador, donde los usuarios residenciales se encuentran conectados se muestran en las Tablas 7 y 8. La Figura 6 muestra el transformador.

Tabla 7 Datos de ubicación del transformador

Transformador Tipo	Distribución
Dirección	CRA 3ª N°9-98, Barrio La Feria-Piedecuesta
Código ESSA	4148
Estrato socioeconómico	2
Subestación de alimentación	SE Piedecuesta
Propietario	ESSA ESP

Figura 6 Transformador de distribución de la zona.



Tabla 8 Características de transformador de distribución

Fases	Trifásico
Conexión	Dyn5
Potencia nominal	75 kVA
Voltaje primario	13,2 kV
Voltaje secundario	220/127 V
Corriente nominal primaria	3.28 A
Corriente nominal secundaria	197 A
Frecuencia	60 Hz
Estado	Fuera de servicio

Se debe considerar que el transformador mostrado en la Figura 6 fue cambiado por uno de mayor capacidad (112.5 kVA). Cabe aclarar que las mediciones de nuestro trabajo, fueron realizadas en el periodo de funcionamiento del transformador de 75 kVA.

2.4 EQUIPOS DE MONITORIZACIÓN DE SISTEMAS DE POTENCIA ELÉCTRICA-MEDIDOR UIS 1-Y

El equipo empleado en la recolección de información fue el “Medidor UIS 1-Y”. El equipo realiza un seguimiento continuo a varios parámetros de las variables tensión y corriente, utilizadas para el estudio de tensión, frecuencia, energía y potencia asociada a la evaluación de la calidad de la energía eléctrica.

El equipo tiene la capacidad de almacenar la información o datos por medio de un registro histórico, permitiendo observar el comportamiento dinámico de la carga. La comunicación de la información se realiza con el protocolo de comunicación Modbus o comunicación RS485 instalada en el equipo de medida.

En la Figura 7 se muestra el medidor UIS 1-Y, y en la Tabla 9 se presentan las especificaciones del medidor, el cual se encuentra instalado en las acometidas de los usuarios residenciales conectados al transformador.

Figura 7 Medidor UIS 1-Y [6]

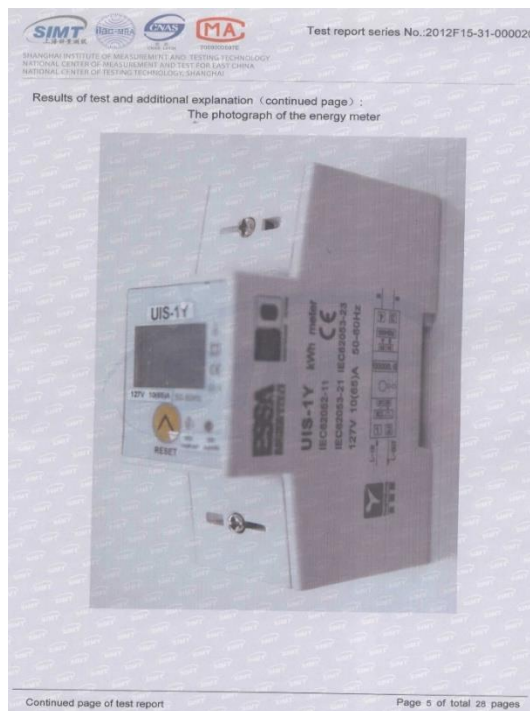


Tabla 9 Datos del placa del Medidor UIS 1-Y.

Documentos de referencia para el test	IEC 62053-21 IEC 62053-23 IEC 62053-11
Voltaje de referencia	127 V
Corriente	10(65) A
Frecuencia de referencia	60 Hz

2.5 MÉTODO DE MONITORIZACIÓN USADO POR EL MEDIDOR

Existen diferentes parámetros que pueden ser monitorizados, con el fin de cumplir la evaluación y caracterización del comportamiento de las variables de un sistema de energía eléctrica. Con base de las finalidades y parámetros mencionados en las normativas nombradas anteriormente, se debe establecer un método de medición apropiado para cada usuario.

El equipo de medición UIS 1-Y permite cambiar su configuración de muestreo para conseguir el registro de las variables indicadas y así aplicarles un estudio estadístico. En este proyecto para cada medidor se tuvo un muestreo cada 37 minutos desde el 26 de noviembre de 2012 hasta el 12 de abril de 2013 con un total de 4 meses y 2 semanas con una cantidad de 222095 datos.

La normativa sugiere realizar el proceso de monitorización con el método clase A, con intervalos de tiempo de medida de 10 minutos durante una semana como mínimo [7] Se precisa y aconseja este método para futuros estudios por dos razones: el intervalo intermedio tiene un equilibrio entre capacidad de almacenamiento y procesamiento de datos; y el intervalo avalado por la normatividad para la metodología de evaluación de la calidad de la energía eléctrica mediante procesos estadísticos.

2.6 PARÁMETROS DEL MEDIDOR

Se tuvieron presentes las normativas nombradas en la Tabla 1, y los parámetros a considerar, con la finalidad de realizar un análisis del comportamiento dinámico del sistema:

1. Valor eficaz de la tensión
2. Valor eficaz en la corriente
3. Frecuencia

4. Factor de Potencia
5. Potencia activa
6. Potencia reactiva
7. Energía activa
8. Energía reactiva

Con el procesamiento de estos datos se obtienen las características dinámicas de cada usuario residencial y del sistema monitorizado, para la evaluación de la calidad de la energía eléctrica de la carga.

3. PROCESAMIENTO DE DATOS

En el sector de la “Feria” ubicada en el sector de Piedecuesta, se encuentran 200 usuarios monitorizados con el dispositivo “UIS-1 Y”, que se encarga de obtener variables eléctricas a una frecuencia de muestreo determinada.

3.1 PROCESAMIENTO DE DATOS PARA CADA USUARIO

Para cada usuario se realiza el siguiente procesamiento de datos.

- Tensión:
 - ✓ Se realiza el seguimiento del parámetro valor eficaz de la tensión en función del tiempo, para todos los días de la semana. Esta información se presenta por medio gráfico, donde se muestra los valores obtenidos en la medición. Estos datos se comparan con el valor nominal de la tensión determinada de acuerdo con la norma de diseño de la ESSA y con los valores establecidos para los límites superiores e inferiores por la norma NTC 5001, tal como se observa en la Tabla 10.

Tabla 10 Límites de tensión

Tensión	Norma
$V_n \pm 10\%$	NTC 5001/2008 UNE-EN 50160/2001
$V_n \pm 5\%$	ESSA

- Realizando un análisis gráfico de este parámetro, se puede:
- Verificar la regulación de tensión en cada uno de los usuarios.
 - Observar en que intervalos de tiempo se presentan los casos críticos del sistema con relación a la tensión de suministro.
 - Verificar según la normativa que el 95% de los datos del parámetro de valor eficaz de la tensión estén en los límites establecidos.
- ✓ Calcular el valor eficaz promedio de la tensión en los días de la semana.
El cual se calcula con la ecuación (8)

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{23} V_{rmsi}^2}{24}} \quad (8)$$

Por medio de un análisis de la información, se encontraran los días críticos del valor de la tensión eficaz en la semana y observar el comportamiento en la distribución de los usuarios conectados al transformador.

- ✓ Encontrar la hora en el cual se presenta los valores máximo y mínimo de la tensión en los días de la semana.
Determinar en qué instante de tiempo el usuario presenta el mayor y menor consumo de potencia activa, en los días de la semana.
- Frecuencia:
 - ✓ Realizar el seguimiento de la frecuencia en función del tiempo, forma gráfica, donde se muestren los valores obtenidos durante el proceso de medición. De igual forma resaltar los valores límites establecidos por las normas para evaluar si el valor de frecuencia determinada por el sistema interconectado se mantiene entre los límites superior e inferior determinados por normas, tal como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11 Límites de frecuencia

Frecuencia	Norma
60 Hz ± 1% 59,4 Hz a 60,6 Hz	UNE-EN 50160/2001
59,8 Hz a 60,2 Hz	NTC 5001/2008

- Por medio del análisis gráfico, se puede:
- Verificar la regulación de frecuencia.
 - Observar en que intervalos de tiempo se presentan los casos críticos del sistema.
 - Verificar según la normativa si el 95% de los datos de la variable de frecuencia estén en los límites establecidos.
 - Calcular la frecuencia promedio en los días de la semana.
 - ✓ Por medio del análisis de la información, establecer los días críticos de frecuencia en la semana.

- Encontrar la hora en el cual se presenta los valores de frecuencia máximo y mínimo en los días de la semana.
 - ✓ Determinar en qué instante de tiempo el usuario presenta cambios bruscos de carga, en los días de la semana.

- Factor de potencia:
 - ✓ Realizar un seguimiento del factor de potencia en función del tiempo y mediante un análisis gráfico, establecer, mostrar los valores obtenidos en la medición. Este análisis permite discriminar los valores que se encuentren entre los límites establecidos por la norma [5], entre 0,9 a 1.
Por medio de un análisis gráfico, se puede:
 - Observar el comportamiento de las cargas eléctricas en el tiempo, e identificar qué tipo de carga conecta el usuario.
 - Observar en que intervalos de tiempo se presentan los casos críticos del usuario.

 - ✓ Calcular el porcentaje de permanencia del factor de potencia en el rango de 0,9 a 1 en los días de la semana. Este porcentaje se evalúa con la formula (9).

$$\%Pfp = \frac{\#de\ datos\ que\ se\ encuentren\ en\ el\ rango}{24} \times 100 \quad (9)$$

Con él termino %Pfp se encuentra el porcentaje que determina el intervalo de tiempo que el usuario residencial se encuentra en los límites establecidos por la reglamentación colombiana.

- ✓ Encontrar los intervalos de tiempo en los cuales se presenta los casos de menor valor del factor de potencia.

- Curva de demanda diaria
Realizar un seguimiento de las potencias activa y reactiva en función del tiempo, por medio gráfico con la curva de demanda diaria.
Este análisis gráfico, permite:
 - Observar el comportamiento de la demanda de energía eléctrica del usuario en el tiempo.
 - Observar en que intervalos de tiempo se presentan los valores de demanda de energía por parte del usuario.
 - Determinar la carga máxima y mínima del usuario.
 - Comparar las gráficas de las curvas de demanda activa, reactiva y aparente con la gráfica del factor de potencia.

- Curva de demanda diaria de la potencia aparente
Con los valores eficaces de la tensión y la corriente, se obtiene la potencia aparente del usuario residencia, por medio de formula (10). Con el fin de realizar un seguimiento de este parámetro en función del tiempo.

$$S = V_{rms} \times I_{rms} \quad (10)$$

Por medio del análisis gráfico de este parámetro, se puede:

- Observar el comportamiento de la potencia aparente requerida por el usuario en el tiempo.
- Observar en que intervalos de tiempo se presentan la mayor demanda de potencia aparente en el usuario.
- Determinar la demanda máxima y mínima del usuario.
- Comparar las gráficas de curvas de potencia aparente con las de las potencias activa, reactiva y del factor de potencia.
- Curva diaria de pérdidas por armónicos “Distorsión”
Para sistemas no senoidales, se presentan ineficiencias por la interacción entre armónicos de tensión y corriente, por esto se realiza el cálculo de dichas ineficiencias en función del tiempo., evaluando la potencia de distorsión armónica, la cual se obtiene con la formula (11).

$$S^2 = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} \quad (11)$$

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} \quad (11)$$

La realización del análisis gráfico del comportamiento de este parámetro permite:

- Observar el comportamiento de las potencias de distorsión requerida por el usuario.
- Determinar los intervalos de tiempo se presentan los mayores valores de este parámetro.
- Determinar los valores máximos y mínimos de este parámetro.
- Comparar las gráficas de la curva potencia de distorsión con las curvas de potencias aparente, activa, reactiva y factor de potencia.
- Energía activa, reactiva y de distorsión armónica diaria
Se calcula la energía consumida por el usuario en los días de la semana, evaluando el área bajo la curva de potencia activa. Con la relación a las potencias reactiva y de distorsión armónica, se hace una evaluación similar del área bajo la curva de estas potencias para cuantificas aquella energía que no se ha podido entregar a la carga.

Analizando los resultados obtenidos se determina los días de la semana con mayor y menor consumo de energía activa, así como los días de los valores máximos y mínimos de la potencial energía que no es consumida por efectos de los reactivos y componentes armónicas de cada usuario residencial.

3.2 PROCESAMIENTO DE DATOS PARA EL SISTEMA MONITORIZADO

Para obtener los parámetros del sistema eléctrico en el transformador, se consideran todos los usuarios, para lo cual se realiza el procesamiento de información que se describe a continuación:

Se consideran que los usuarios monitorizados son las cargas conectadas al transformador. A partir de esta información, se pueden obtener los siguientes parámetros:

- La carga instalada al transformador en función del tiempo.

Esto permite realizar la curva de demanda diaria o seguimiento en el tiempo de las potencias activa, reactiva, de distorsión y aparente del transformador o de todo el sistema, sumando estos parámetros de todas las cargas o usuarios en el mismo instante de tiempo.

La realización de un análisis gráfico de esta información, permite:

- Observar el funcionamiento del sistema o transformador en el tiempo.
- Determinar la carga máxima y mínima del sistema en función del tiempo.

- Factor de demanda en el tiempo

Este parámetro permite obtener la relación entre la demanda en el instante de tiempo y la carga total instalada o potencia aparente nominal del transformador (75 kVA en el momento que se adquirió la información).

Este parámetro indica el porcentaje de cargabilidad a la cual el transformador está en funcionamiento, estableciendo los intervalos de tiempo de funcionamiento normal y sobrecarga, para así poder llevar un control de los posibles efectos de la sobrecarga en la vida útil del transformador.

3.2.1 Procesamiento de datos para el usuario promedio. Para el transformador, considerando todos los usuarios del sistema se realiza un procesamiento de datos, con el fin de establecer un usuario promedio.

Para hacer esto se obtiene el usuario promedio (o usuario característico) para el sistema cada día de la semana, con las variables factor de potencia, valor eficaz de la tensión, frecuencia, potencia activa, potencia reactiva, potencia de distorsión armónica y potencia aparente en función del tiempo, que se calcula con la ecuación (13), con el fin de establecer el comportamiento dinámico de estos índices de calidad y determinar características del sistema.

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (13)$$

La obtención de un usuario característico, permite establecer los usuarios del sistema, con lo cual se puede establecer en estos usuarios si esta atipicidad puede afectar el adecuado funcionamiento de sus cargas eléctricas o si estas cargas afectan el adecuado funcionamiento del sistema eléctrico al cual se encuentran conectados.

Con el procesamiento de datos realizado, se identifica los usuarios atípicos, los cuales son los que no cumplen los límites de valor eficaz de tensión, frecuencia y factor de potencia, establecidas por la normativa legal vigente

De igual forma se determinan los usuarios con mayor consumo de energía activa (mostrada en el apéndice B). Para identificar el comportamiento dinámico de la carga y compararlo con el usuario residencial promedio o característico del sistema.

3.2.2 Procesamiento de datos para obtener la potencia de pérdidas. Para los usuarios atípicos se evalúa la potencia no activa que supere la mitad de potencia activa, según la resolución CREG 082 de 2002, ya que en la regulación del sector eléctrico colombiano establece que el factor de potencia debe ser mayor a 0,9. Para obtener la potencia no activa que debería facturarse al usuario se utiliza la ecuación (14).

$$Q_{costo} = Q - \frac{P}{2} \quad (14)$$

Esta potencia se obtiene en función del tiempo, realizando así una curva de potencia no activa para cada hora del día, y poder calcular la energía por medio del área bajo la curva. Esto permite evaluar la energía no consumida por día.

Para obtener el valor en pesos extra por la energía disponible pero no consumida, se multiplica el precio en kWh por la cantidad de energía no consumida por el

usuario cuando el factor de potencia es menor a 0.9; de acuerdo con la ecuación (14).

3.2.3 Sistemas de gestión de datos. Para el análisis de los datos recolectados durante la etapa de monitorización en los medidores de variables eléctricas de los usuarios; en colaboración con un estudiante de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander con su proyecto de grado “Sistemas de analítica de datos escalable para registros de consumo eléctrico residencial” [9], se desarrolló una plataforma web que procesa y muestra de manera resumida la información necesaria para la interpretación de los datos recolectados.

Esta plataforma fue desarrollada de manera modular para facilitar el acceso al análisis de la información procesada. Se dividieron en cinco módulos, cada uno con su función y característica. A continuación se describe los cinco módulos.

3.2.3.1 Módulo de panel de control. Este módulo clasifica a los medidores de energía por el tipo de usuario al que pertenecen: medidores con consumo normal, medidores con consumo anormal y medidores no residenciales (usuarios con comportamiento de locales industriales o comerciales). También para el transformador asociado se muestran gráficas y tablas clasificadas por día de la semana de: La energía activa, la energía reactiva (valora la energía no consumida debida a los reactivos), la energía de distorsión (valora la energía no consumida debida a distorsiones de las señales de tensión y corriente), la potencia activa, la potencia reactiva, la potencia aparente, el porcentaje de uso del transformador y la potencia de distorsión; para el cálculo de los valores correspondientes por día de la semana es aplicado el método de trapecios como se describe a continuación.

La energía activa E_p se evalúa con la ecuación (15), donde P_i es la potencia activa en la hora i , debido a que el delta de la función es 1 porque los datos son separados por hora. Las unidades de E_p son kWh.

$$E_p = \sum_{i=0}^{23} P_i \quad (15)$$

La energía reactiva E_q se obtiene con la ecuación (16), donde Q_i es la potencia reactiva en la hora i , debido a que el delta de la función es 1 porque los datos son separados por hora. Las unidades de E_q son kVArh.

$$E_q = \sum_{i=0}^{23} Q_i \quad (16)$$

La energía de distorsión E_d se evalúa con la ecuación (17), donde D_i es la potencia de distorsión en la hora i , debido a que el delta de la función es 1 porque los datos son separados por hora. Las unidades de E_d son kVAdh.

$$Ed = \sum_{i=0}^{23} Di \quad (17)$$

El cálculo de la potencia activa, reactiva, aparente y de distorsión del sistema por día de la semana se realiza usando una sumatoria de los datos de los medidores asociados al transformador:

La potencia activa Ph se obtiene con la ecuación (18), donde Pih representa la potencia activa del medidor i en la hora h y n representa el número de medidores asociados al transformador. Las unidades de Ph están dada en kW.

$$Ph = \sum_{i=1}^n Pih \quad (18)$$

La potencia reactiva Qh se evalúa con la ecuación (19), donde Qih representa la potencia reactiva del medidor i en la hora h y n representa el número de medidores asociados al transformador. Las unidades de Qh están dada en kVAr.

$$Qh = \sum_{i=1}^n Qih \quad (19)$$

La potencia aparente Sh se obtiene con la ecuación (20), donde Sih representa la potencia aparente del medidor i en la hora h y n representa el número de medidores asociados al transformador. Las unidades de Sh están dada en kVA.

$$Sh = \sum_{i=1}^n Sih \quad (20)$$

La potencia de distorsión Dh se evalúa con la ecuación (21), donde Dih representa la potencia de distorsión del medidor i en la hora h y n representa el número de medidores asociados al transformador. Las unidades de Dh están dada en kVAd.

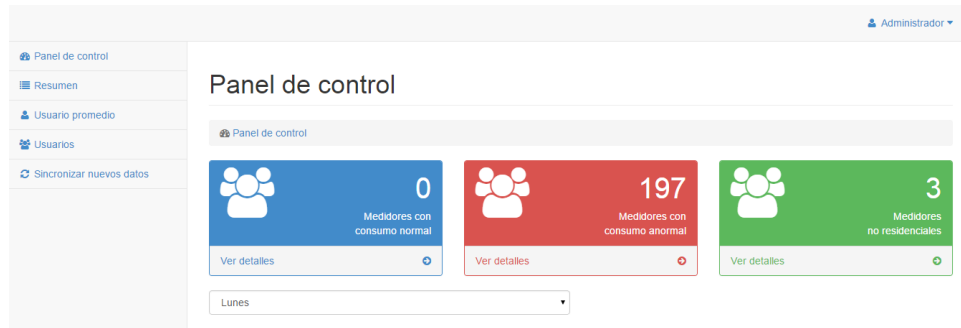
$$Dh = \sum_{i=1}^n Dih \quad (21)$$

La obtención del porcentaje de uso del transformador por día de la semana se realiza mediante la ecuación (22):

$$\%Uso = Sh \times \frac{100}{C} \quad (22)$$

Donde Sh representa la potencia aparente del transformador en la hora h en kVA y C es la capacidad del transformador en kVA.

Figura 8 Modulo panel de control.



Como se observa en la Figura 8, en el caso de los medidores con consumo anormal existe una subdivisión que muestra los medidores con consumo anormal por: El valor eficaz de la tensión, la frecuencia y el factor de potencia.

3.2.3.2 Módulo de resumen. Este módulo muestra por medio de una tabla de forma resumida por usuario y por día de la semana los datos de: La energía activa, la energía reactiva, el valor eficaz promedio de la tensión, la tensión máxima, la tensión mínima, el porcentaje de permanencia en el rango del factor de potencia (0,9 a 1), la frecuencia máxima, la frecuencia mínima, la potencia activa máxima, la potencia activa mínima, la potencia reactiva máxima y la potencia reactiva mínima; además permite exportar los resultados a Excel y sincronizar el resumen al incluir nuevos datos.

Para la evaluación de las energías activa y reactiva por día de la semana son utilizadas las ecuaciones (15) y (16) respectivamente por usuario.

El porcentaje de permanencia en el rango aceptado de factor de potencia por día de la semana se obtiene con la ecuación (23):

$$\%Perm\ en\ fp = \frac{m * 100}{24} \quad (23)$$

Siendo m el número de horas que el factor de potencia del contador está encima de 0,9 en un día, según la norma [5].

La Figura 9 presenta un caso de la tabla resumen que se obtiene en este módulo.

Figura 9 Modulo de resumen.

Medidor	Energía P	Energía Q	Vprom	Vmax (Hora)	Vmin (Hora)	%Perm en fp	fpmx (Hora)	fpmin (Hora)	Pmax (Hora)	Pmin (Hora)	Qmax (Hora)	Qmin (Hora)	
1	Domingo	7.44	1.11	126.67	130.60	121.92	37.50	0.96	0.71	0.76	0.01	0.11	0.00
1	Lunes	5.63	1.15	125.50	129.91	119.77	16.67	0.95	0.65	0.84	0.03	0.12	0.02
1	Martes	8.21	0.98	125.34	128.99	122.22	37.50	0.96	0.73	0.74	0.08	0.07	0.02
1	Miércoles	5.76	1.07	125.39	130.75	119.22	29.17	0.94	0.72	0.57	0.02	0.09	0.00
1	Jueves	7.11	1.11	125.33	130.88	120.70	45.83	0.97	0.73	0.74	0.03	0.10	0.01
1	Viernes	5.98	0.90	125.24	129.20	121.62	41.67	0.96	0.74	0.69	0.02	0.07	0.00
1	Sábado	4.36	1.00	127.19	131.02	123.26	8.33	0.92	0.70	0.47	0.02	0.10	0.00
2	Domingo	3.02	1.89	126.67	130.63	121.86	8.33	0.93	0.51	0.30	0.01	0.24	0.00
2	Lunes	3.49	1.85	125.50	129.93	119.87	12.50	0.94	0.59	0.35	0.03	0.17	0.00
2	Martes	3.73	1.71	125.32	129.00	122.25	12.50	0.92	0.66	0.37	0.06	0.13	0.00
2	Miércoles	2.95	1.62	125.34	130.75	119.22	4.17	0.94	0.63	0.27	0.01	0.16	0.00
2	Jueves	3.65	2.13	125.32	130.84	120.64	12.50	0.93	0.60	0.36	0.03	0.24	0.00
2	Viernes	2.88	1.46	125.24	129.28	121.33	8.33	0.92	0.61	0.27	0.00	0.17	0.00
2	Sábado	3.37	1.96	127.16	131.04	123.26	0.00	0.90	0.64	0.29	0.06	0.16	0.01

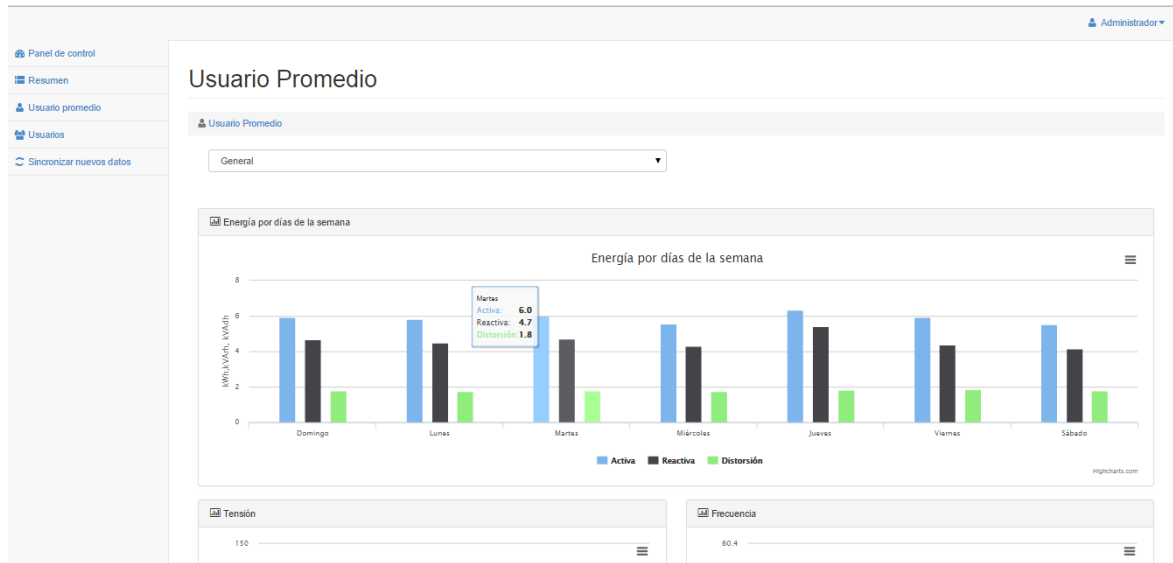
3.2.3.3 Módulo usuario promedio. En este módulo se muestran clasificados por días de la semana o de manera general, los resultados de las cantidades del usuario promedio asociados al transformador procesado en tablas y gráficas de los siguientes parámetros: La energía activa, la energía reactiva, la energía de distorsión, el valor eficaz de la tensión, el factor de potencia, la potencia activa, la potencia reactiva, la potencia aparente y la potencia de distorsión. Para obtener estas variables se utiliza la ecuación (24).

$$Ah = \frac{\sum_{i=1}^n Bih}{n} \quad (24)$$

Donde Bih representa la variable del medidor i a la hora h , n es el número de medidores asociados al transformador en estudio y Ah es la variable del usuario promedio a la hora h .

La Figura 10 muestra las características del módulo de usuario promedio.

Figura 10 Módulo promedio.



3.2.3.4 Módulo de usuarios. Este módulo muestra un listado de todos los medidores y usuarios que están asociados al transformador en estudio, donde se puede realizar una búsqueda por usuario y ver los resultados de los datos procesados del usuario seleccionado.

Los datos visibles de todos los usuarios son promediados por día de la semana y se almacena la media y desviación estándar de cada dato. Se considera que el consumo de energía eléctrica de los usuarios se comporta como una distribución normal. [8] [9]

Para el caso del rango de aceptación de un consumo normal de la tensión, según [5], se requiere que en un 95% de los casos el valor eficaz de la tensión se encuentre en el rango de $127 \pm 12,7$, por lo que se usa el siguiente algoritmo para determinar si el valor eficaz de la tensión en cada hora de cada día se encuentra en el rango deseado:

$$\text{Si } T_{prom} + 1.96 * \sigma < 139.7 \text{ AND } T_{prom} - 1.96 * \sigma > 114.3 \Rightarrow T \in \text{Rango adecuado [9]}$$

Para el caso de la frecuencia para estar en un rango normal, según [5], es necesario que en el 95% de los casos se encuentre en el rango de $60 \pm 0,2$, por lo que se usa el siguiente algoritmo para determinar si la frecuencia en cada hora de cada día se encuentra en el rango deseado:

Si $F_{prom} + 1.96 * \sigma < 60.2$ AND $F_{prom} - 1.96 * \sigma > 59.8 \Rightarrow F \in$
Rango adecuado [9]

Por último para el caso del factor de potencia, según [5], es necesario que sea mayor a 0,9 para el 95% de los n casos, para cada hora de cada día y se representa a través del siguiente algoritmo:

$Si FP_{prom} - 1.96 * \sigma > 0.9 \Rightarrow FP \in$ *Rango adecuado* [9]

La Figura 11 muestra los parámetros que se analizan por cada uno de los usuarios.

Figura 11 Módulo usuarios.

Usuario	# de medidor	Consumo	Opciones
218090	1	Factor de potencia anormal	Ver
218091	2	Factor de potencia anormal	Ver
573662	3	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
218096	4	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
218095	5	Factor de potencia anormal	Ver
218094	6	Factor de potencia anormal	Ver
	7	Valor eficaz de tensión anormal	Ver

3.2.3.5 Módulo de sincronización de nuevos datos. Este módulo muestra la información técnica para procesar nuevos datos recolectados en los medidores de los usuarios, basados en una estructura predefinida y se realiza un llamado al acción para procesar los datos una vez finalizado los pasos a seguir. La Figura 12 presenta la información solicitada para ingresar nuevos datos y sincronizarlos.

Figura 12 Modulo sincronizar nuevos datos.

Administrador ▾

Panel de control

Resumen

Usuario promedio




Usuarios


Sincronizar nuevos datos

Sincronizar nuevos datos

Sincronizar nuevos datos

En caso de necesitar actualizar los datos que alimentan este sistema, es necesario que siga con atención las siguientes instrucciones.

1. Ingrese al panel de administración del hosting de esta página, con el usuario y contraseña provistos anteriormente.
2. Haz clic en el icono  phpMyAdmin
3. Identifica el nombre de la base de datos provisto con anterioridad y clic en **conectar a esta base de datos**.
4. Para cada tabla selecciona la opción  Vaciar
5. Haz clic en la opción  **Importar**
6. Selecciona el archivo de la nueva base de datos.
7. Selecciona **utf-8** en **Conjunto de caracteres del archivo**
8. Selecciona la opción Permitir la interrupción de una importación en caso que el script detecte que se ha acercado al límite de tiempo PHP. (Esto podría ser un buen método para importar archivos grandes; sin embargo, puede dañar las transacciones.)
9. Elige el formato del archivo a importar.
10. En caso de ser necesario, selecciona la **Modalidad SQL compatible** y selecciona la casilla **No utilizar AUTO_INCREMENT con el valor 0**.
11. Clic en **continuar**.
12. En caso que el archivo de importación sea muy pesado, divide el archivo en varios subarchivos y repite los pasos del 5 al 11 hasta que la importación de todos los archivos se complete.
13. Click en el botón **Sincronizar** de abajo.



Por facilidad en el apéndice C se encuentra un manual para el uso y manejo de la plataforma.

4. EVALUACION Y RESULTADOS DE LA CARGA

4.1 CARACTERIZACIÓN DINÁMICA DEL COMPORTAMIENTO DE LA CARGA RESIDENCIAL

Con la información aportada en la gestión de datos y la plataforma web, se obtiene las características de cada usuario en intervalos de tiempo, así determinando su comportamiento y tendencias de consumo.

Un ejemplo de los indicadores de calidad de la energía se muestra en el usuario promedio, donde el comportamiento y características del sistema, en intervalos de tiempo se determinan a continuación:

- Variación del valor eficaz de la tensión:

Figura 13 Variación de tensión en el tiempo.

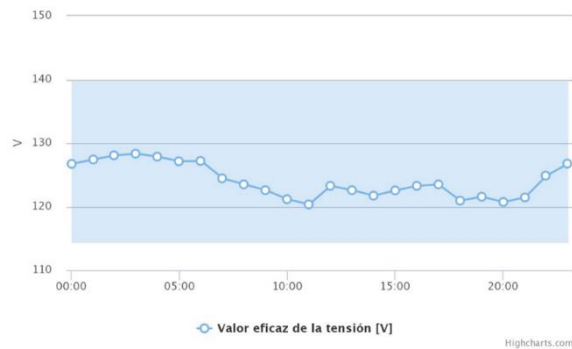


Tabla 12 Variación de tensión.

Variación de tensión	
Promedio	124,07 V
Máximo	128,32 V
Hora	3 a.m.
Mínimo	120,35 V
Hora	11 a.m.

En la Figura 13 se observa que el nivel del valor eficaz de la tensión permanece en los límites establecidos como normales por la normatividad vigente durante todo el día.

También se observa que en las horas valles de 11 p.m. a 10 a.m. donde las potencias activa es baja, el nivel de tensión aumenta; y en las horas picos de 3 p.m. a 10 p.m. donde la potencia activa es alta, el nivel de tensión disminuye.

- Factor de potencia

Figura 14 Variación del factor de potencia en el tiempo.

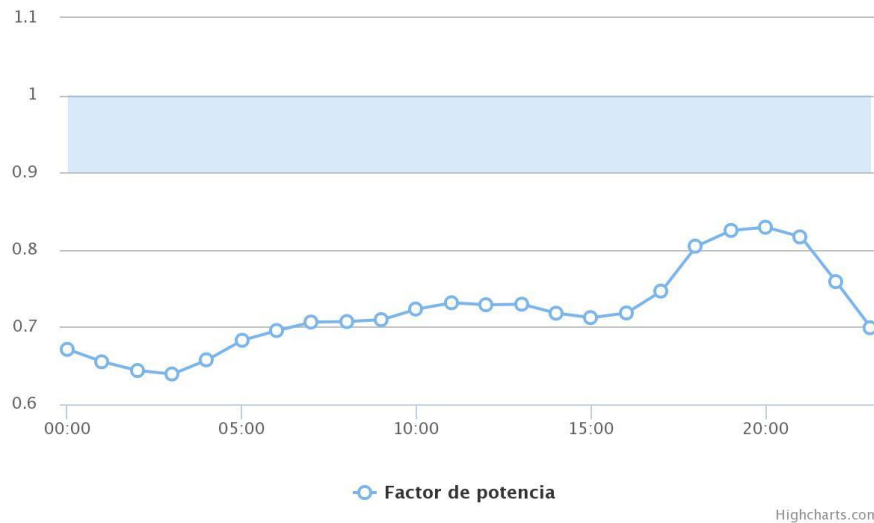


Tabla 13 Variación del factor de potencia

Factor de potencia	
%Permanencia	0%
Máximo	0,82
Hora	8 p.m.
Mínimo	0,63
Hora	3 a.m.

Los límites según la normativa legal vigente [5], es que el factor de potencia se encuentre entre 0,9 y 1, en la Figura 14 se observa que en ningún instante de tiempo se cumple estos límites, por esta razón el porcentaje de permanencia es cero.

El usuario promedio presenta un intervalo crítico de 1 a.m. hasta las 10 a.m. con un factor de potencia entre 0,7 a 0,6, de igual forma el factor de potencia mínimo crítico es a las 3 a.m. Esto se presenta por que el porcentaje de cargas no activas conectadas al sistema es alta.

En el intervalo donde la potencia se encuentra en su zona pico, entre 6 p.m. a 10 p.m. el factor de potencia se encuentra entre 0,7 y 0,8.

- Curva de demanda diaria

Figura 15 Curva de demanda diaria en potencia activa.

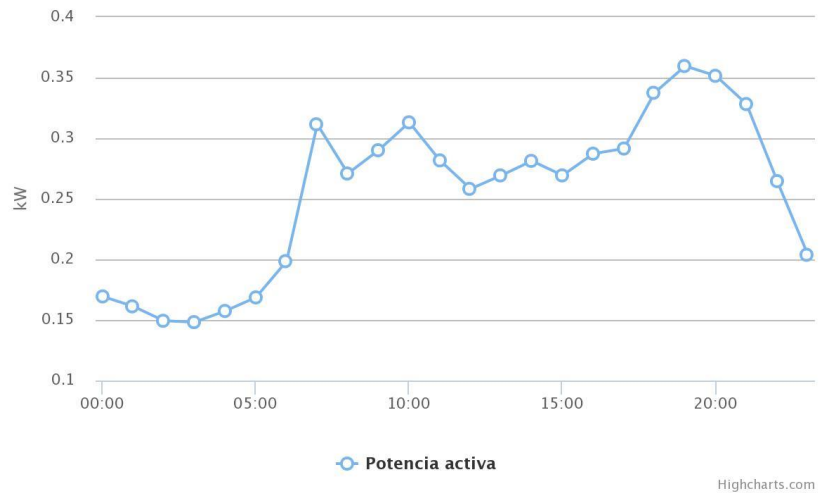


Tabla 14 Variación de potencia activa

Potencia activa	
Máximo	359,69 W
Hora	7 p.m.
Mínimo	148,22 W
Hora	3 a.m.

Se observa un comportamiento en la curva de demanda diaria en potencia activa, la cual no es la curva esperada según la Empresa Electrificadora de Santander ESSA ESP. [10]

Las horas valles son desde las 11 p.m. hasta las 6 a.m. las horas picos son desde las 6 p.m. hasta la 10 p.m. y el intervalo de tiempo restante (8 a.m. hasta las 5 p.m.) son horas promedios, con una potencia activa constante.

Figura 16 Curva de demanda diaria en potencia reactiva.

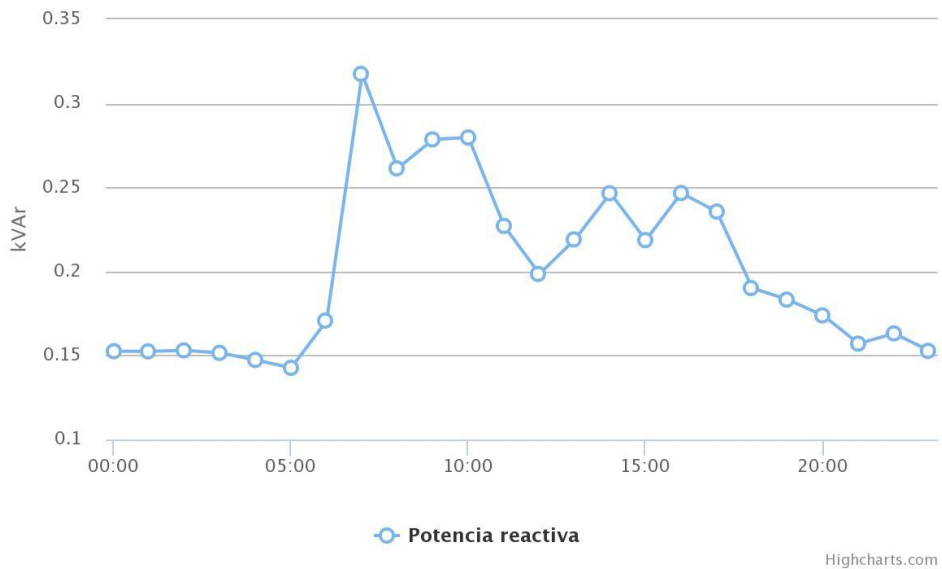


Tabla 15 Variación de potencia reactiva

Potencia reactiva	
Máximo	317,58 VAr
Hora	7 a.m.
Mínimo	142,6 VAr
Hora	5 a.m.

En la Figura 16 se observa el comportamiento de la curva de demanda diaria de potencia reactiva, la cual presenta sus horas pico en el intervalo de 7 a.m. a 10 a.m. y sus horas valle en el intervalo de 11 p.m. a 6 a.m.

Al comparar las Figuras 15 y 16 de potencia activa con la de potencia no activa, se observa que la proporción de potencia reactiva es alta, y es generada por cargas inductivas. La incidencia de esta potencia es que el factor de potencia sea bajo, como se muestra en la Figura 14.

Figura 17 Curva de demanda diaria en potencia aparente.

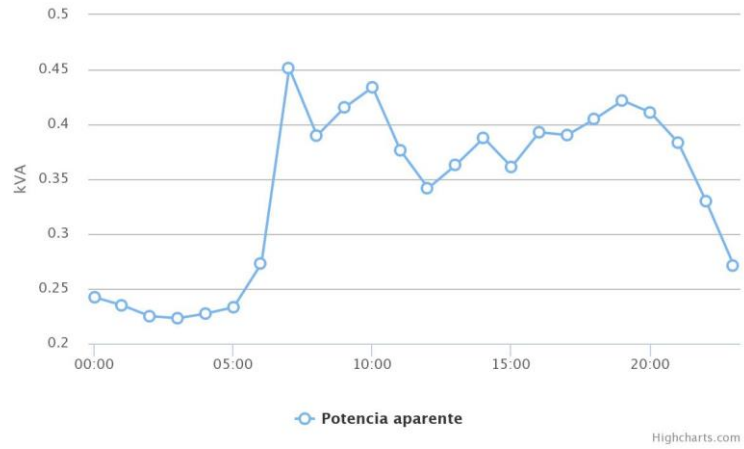
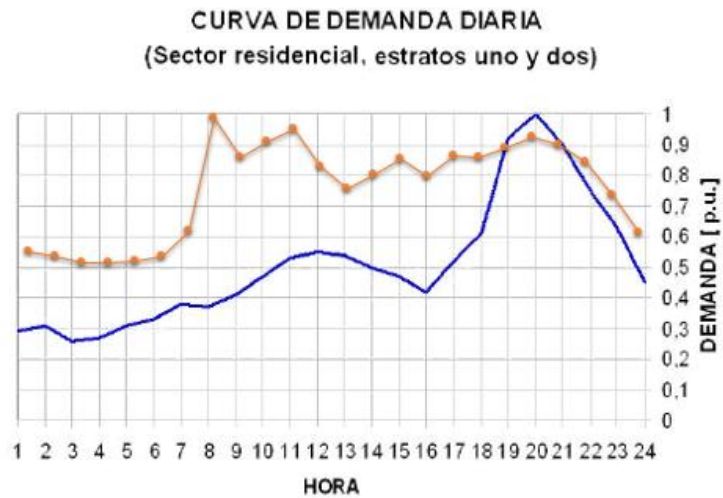


Tabla 16 Variación de potencia aparente

Potencia aparente	
Máximo	451,38 VA
Hora	7 a.m.
Mínimo	223,10 VA
Hora	3 a.m.

Figura 18 Comparación de curvas de demanda diaria.



La forma de la curva de la demanda diaria de potencia aparente se muestra en la Figura 17. Comparando la curva de potencia aparente con la curva en la Figura 15, se concluye que el comportamiento difiere. La potencia de dimensionamiento se mantiene en un valor alto constante entre las 7 a.m. y las 10 p.m. y su hora valle es de 11 p.m. a 6 a.m.

Comparando la curva de demanda de potencia aparente del usuario promedio, de color naranja y la curva esperada por la empresa comercializadora de energía ESSA ESP de color azul. Se concluye que el comportamiento no es similar, específicamente en el intervalo comprendido entre 7 a.m y 1 p.m, Además la potencia máxima del usuario promedio se presenta en un intervalo de tiempo diferente.

Figura 19 Curva de demanda diaria en potencia de distorsión armónica.



Tabla 17 Variación de potencia de distorsión armónica.

Potencia de distorsión	
Máximo	105,94 VAd
Hora	8 p.m.
Mínimo	53,29 VAd
Hora	2 a.m.

El comportamiento de la curva de la potencia de distorsión es similar a la de la potencia activa (Figura 15), tal como se muestra en la Figura 19. Sus horas valles son de 11 p.m. a 8 a.m. Y sus horas picos 6 p.m. a 10 p.m. Este comportamiento de la potencia de distorsión permite establecer que la mayoría de las cargas que se conectan en los usuarios tienen comportamientos no lineales.

- Energías activa, reactiva y de distorsión armónica diaria
Se evaluó la energía que consume el usuario promedio por día, para conocer la tendencia de consumo promedio del sistema. Esto se muestra a continuación en la Figura 20 y en la Tabla 18.

Figura 20 Consumo de energía activa, reactiva y de distorsión armónica del usuario promedio.

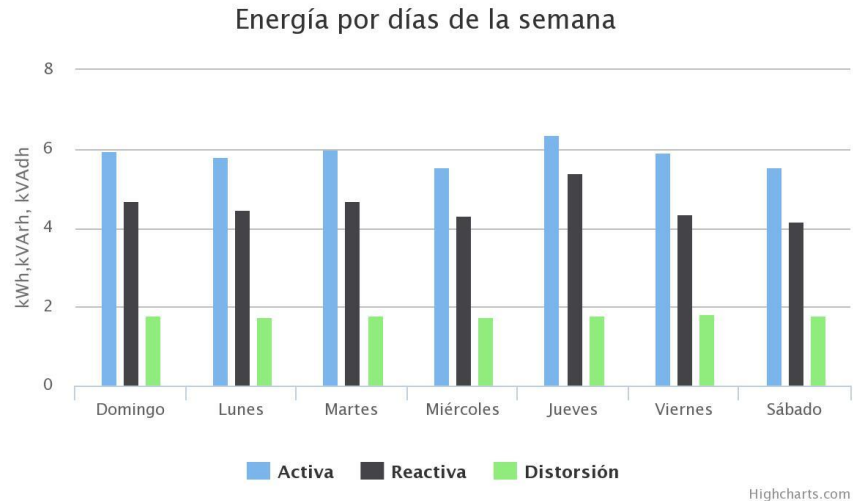


Tabla 18 Energía activa, reactiva y de distorsión por días del usuario promedio.

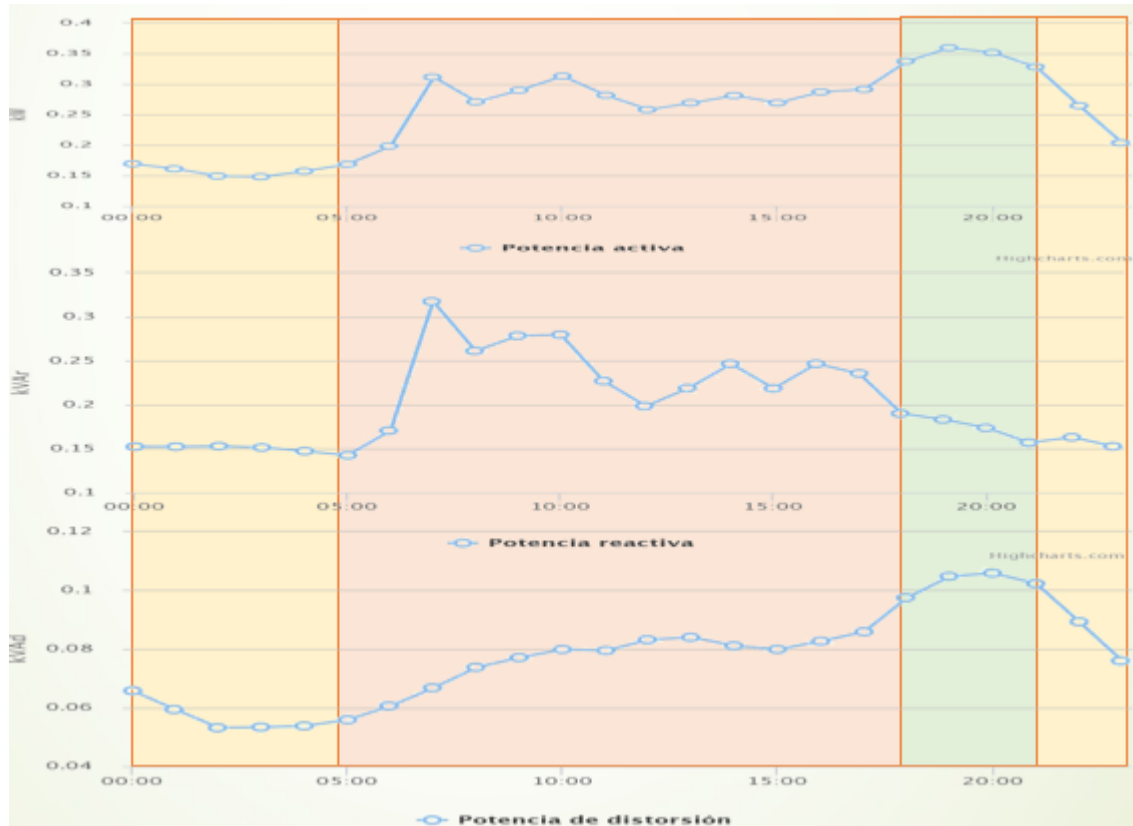
	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Activa (kWh)	5,9	5,8	6,0	4,4	6,3	5,9	5,5
Reactiva (kVARh)	4,7	4,5	4,7	3,0	5,4	4,4	4,2
Distorsión (kVAdh)	1,8	1,7	1,8	1,5	1,8	1,8	1,8

Se observa que el mayor consumo de potencia activa en la semana fue el día jueves, y el menor es el día miércoles. Se puede apreciar que la potencia de distorsión es bastante considerable, aproximadamente un cuarto de la potencia activa.

De igual forma la energía no activa por potencias reactiva y de distorsión son apreciables, lo cual genera ineficiencias en el uso de la energía eléctrica, como se evidencia en el hecho que la gráfica del factor de potencia, muestra que el valor estimado de este parámetro permanece durante las 24 horas del día por debajo de 0,9.

De forma similar como se muestra para el usuario promedio, se obtienen los datos para cada usuario conectado al sistema, esta información se muestra en la plataforma web.

Figura 21 Caracterización dinámica en intervalos de tiempo.



Además conociendo los comportamientos de las curvas mostradas en las Figuras 14, 15, 16, 17 y 18. Se realiza una caracterización dinámica del sistema en tres intervalos de tiempo que se muestra en la Figura 21. El primer intervalo es entre las 6 p.m. y las 10 p.m., considerada como hora pico o de mayor consumo del sistema, en la cual se observa que la potencia activa es la que prevalece en comparación de potencia reactiva y de distorsión, pero se debe considerar que los valores máximos de potencia de distorsión se presentan en este intervalo de tiempo. Esto permite concluir que la mayoría de cargas residenciales conectadas al sistema durante este intervalo de tiempo tienen una característica no lineal, donde predominan los

equipos de entretenimiento como televisores, computadores, juegos de video, DVD, equipos de sonido entre otros.

El segundo intervalo es entre las 10 p.m. y las 5 a.m. considerada como hora valle o de menor consumo del sistema, observando que los valores de potencia activa y la reactiva son aproximadamente equivalentes y que el de potencia de distorsión es mínima. Concluyendo que las cargas conectadas al sistema no están en funcionamiento y su energía de almacenamiento o remanente aumenta considerablemente la potencia reactiva.

El tercer intervalo es entre las 5 a.m. y las 6 p.m. considerada hora media o de consumo medio, observando que los valores de las potencia reactiva es aproximadamente igual o mayor en comparación de la potencia activa, y que la potencia de distorsión es baja. Concluyendo que las cargas conectadas al sistema son electrodomésticos con características lineales, pero con requerimientos de reactivos para su funcionamiento. El tipo de cargas residenciales con este comportamiento son lavadoras, neveras o motores en los usuarios con comportamiento de locales industriales o comerciales.

4.2 CARACTERIZACIÓN DINÁMICA DEL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA MONITORIZADO

Las características de todas las cargas eléctricas instaladas en el transformador, obtenida sumando las contribuciones de cada uno de los usuarios se muestran en las Figuras 22, 23, 24 y 25, corresponde a las potencias activa, reactiva, de distorsión y aparente (dimensionamiento) respectivamente. Cabe resaltar que estas curvas fueron realizadas despreciando las pérdidas por distribución, pérdidas negras (hurtos) y los consumos de alumbrado público.

Figura 22 Curva de potencia activa en el transformador.

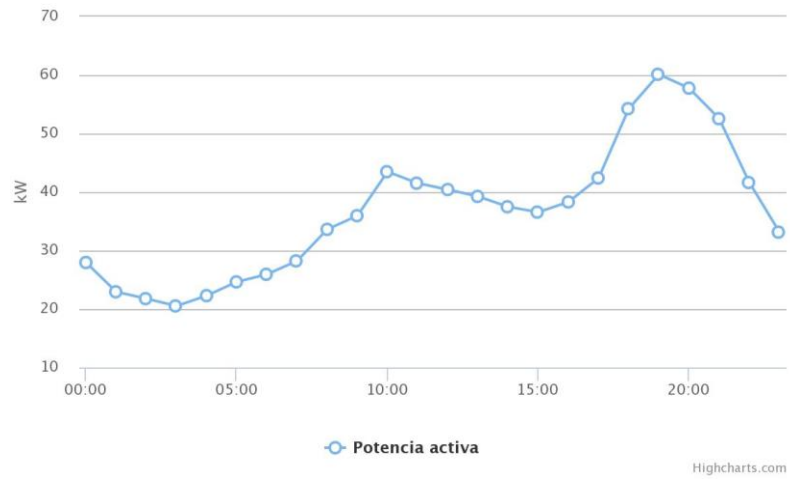


Figura 23 Curva de potencia reactiva en el transformador.

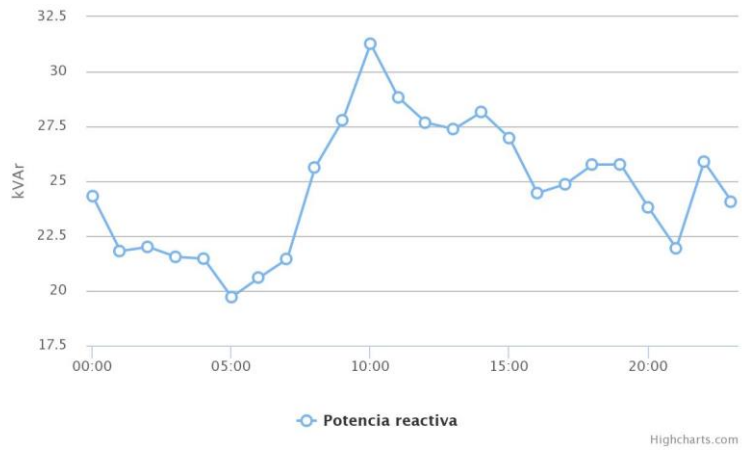


Figura 24 Curva de potencia de distorsión en el transformador.

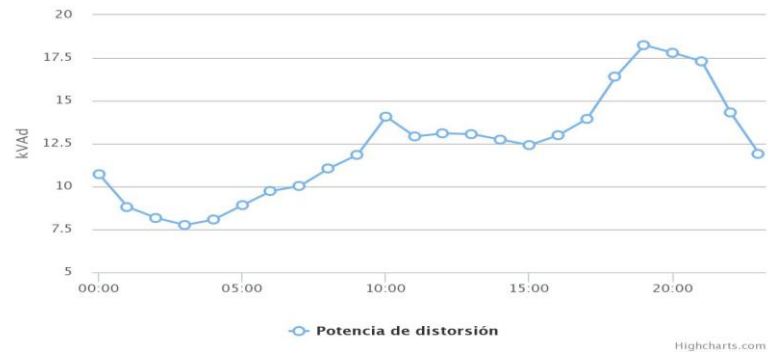


Figura 25 Curva de potencia aparente en el transformador.

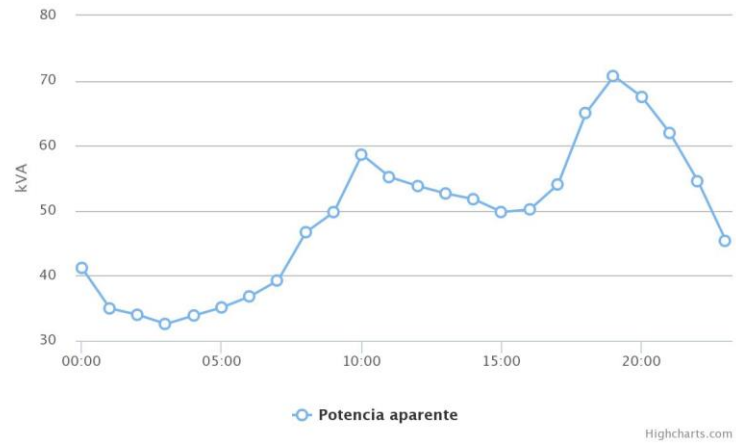


Tabla 19 Variación de potencias activa, reactiva, aparente y de distorsión armónica.

	Potencia activa (kW)	Potencia reactiva (kVAr)	Potencia aparente(kVA)	Potencia de distorsión (kVAd)
Máximo	60,12	31,26	70,71	18,24
Hora	7 p.m.	10 a.m.	7 p.m.	7 p.m.
Mínimo	20,52	19,71	32,57	7,75
Hora	3 a.m.	5 a.m.	3 a.m.	3 a.m.

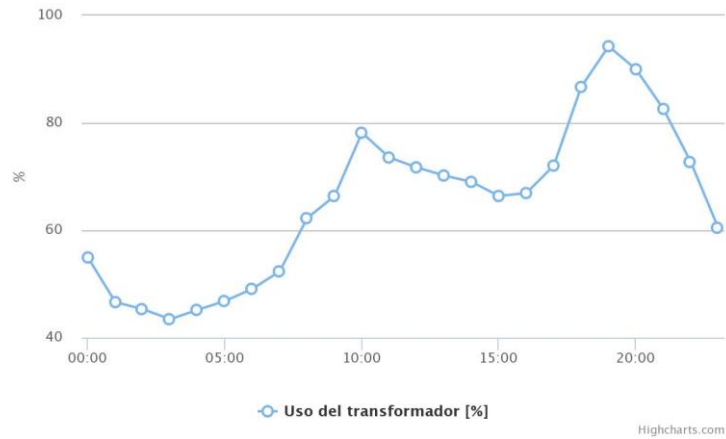
Las curvas de potencia activa, de distorsión y aparente presentan un comportamiento similar. Donde las horas que se presentan los valores máximos de estos tres parámetros coinciden en el intervalo de 6 p.m. a 10 p.m. y las horas donde se presentan los valores mínimos están en el intervalo de 11 p.m. a 8 a.m. Por otra parte en la curva de potencia reactiva, se observa que las horas donde se presentan los valores máximos están en el intervalo entre las 9 a.m. y las 5 p.m.

La curva de distorsión es proporcional a las curvas de potencia activa y aparente, su máximo se presenta a las 7 p.m. en el cual el sistema opera con cargas no lineales como equipos de entretenimiento. Otro aspecto a resaltar es que la coincidencia en el comportamiento de las curvas de la potencia activa y la potencia de distorsión corrobora que el comportamiento de los usuarios residenciales utiliza cada vez más cargas no lineales, con lo cual se distorsionan las señales del sistema eléctrico, especialmente las de corriente, afectando la eficiencia del sistema.

El comportamiento del transformador es conforme al comportamiento del sistema donde sus características dinámicas en los tres intervalos de tiempo son semejantes.

El porcentaje de trabajo del transformador se observa en la Figura 26, recordado que el valor nominal del transformador es 75 kVA.

Figura 26 Curva de porcentaje de uso del transformador.



Su comportamiento es similar al de la curva de potencia aparente. Entre 12 p.m. y 8 a.m. se presentan los menores valores en los cuales el transformador funciona a baja carga, con porcentajes de trabajo entre el 40% y el 50%. Por otra parte, en el intervalo de 6 p.m. a 10 p.m. se presenta la máxima carga, con porcentajes de trabajo entre el 80% y 95%.

Su máximo uso fue del 94,29% con una potencia de 70,72 kVA a las 7 p.m. Y su mínimo uso fue del 43,43% con una potencia de 32,57 kVA, a las 3 a.m.

De igual forma se muestra en la Figura 27, la energía activa consumida por el sistema, y las potenciales energías que no se vuelven trabajo útil, reactivo y de distorsión.

Figura 27 Consumo de energía activa, reactiva y de distorsión armónica del sistema.

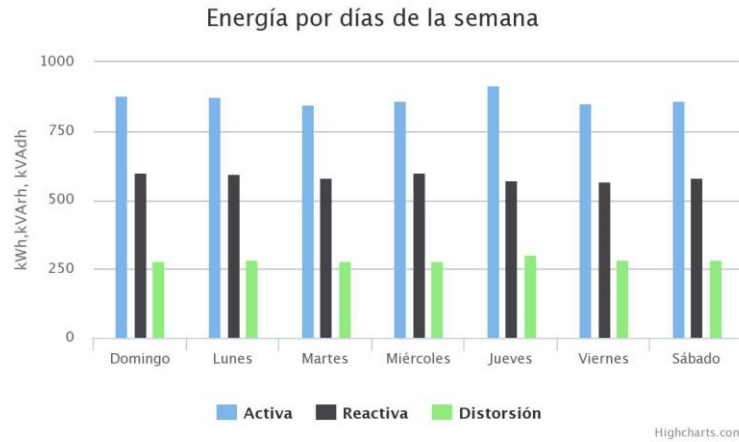


Tabla 20 Energía activa, reactiva y de distorsión por días del sistema

	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Activa (kWh)	879,5	875,4	845,8	859,1	915,8	852,2	861,5
Reactiva (kVARh)	601,7	595	580,8	600,3	570,6	568,9	581,5
Distorsión (kVAdh)	280,4	283,7	278,3	280,3	302,2	284,9	284,1

Se observa en la Tabla 20 que el mayor consumo de potencia activa en la semana es el día jueves, y el menor es el día miércoles. También se aprecia en esta tabla que la energía no activa por potencia reactiva y de distorsión son importantes, lo cual se traduce en la reducción de la eficiencia del sistema, ya que estas energías no se convierten en trabajo útil generando pérdidas en el sistema y reduciendo el factor de potencia.

4.3 COMPORTAMIENTO DE TENSIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL USUARIO MÁS CERCANO Y LEJANO DEL TRANSFORMADOR.

En la Figura 28, se compara el comportamiento dinámico del valor eficaz de la tensión de dos usuarios conectados al transformador. El primero usuario es el 218932 o medidor número 41, ubicado en el apoyo más cercano al transformador. El segundo usuario es el 217810 o medidor 161, ubicado en el apoyo más lejano del transformador.

Se observa que en el usuario residencial más alejado del transformador, presenta una caída de tensión del 2,9% con relación al primer usuario. La caída permitida por la normativa legal vigente, es de 5% de regulación. [10]

Figura 28 Comportamiento dinámico en tensión de dos usuarios residenciales.

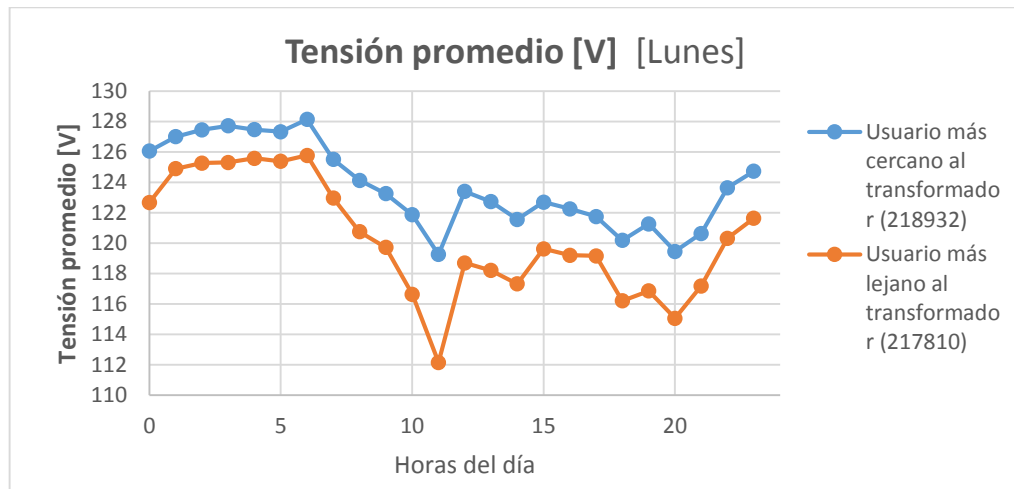


Tabla 21 Comparación de parámetros de tensión de dos usuarios residenciales.

Usuario	218932	217810
Promedio [V]	123,73	120,27
Máximo [V]	128,14	125,77
Mínimo [V]	119,25	112,15

4.4 TENDENCIA DE HÁBITO DE CONSUMO MEDIANTE DE LA COMPARACIÓN DE UN USUARIO CON EL USUARIO PROMEDIO

Figura 29 Superposición de curvas de potencia activa del día lunes.

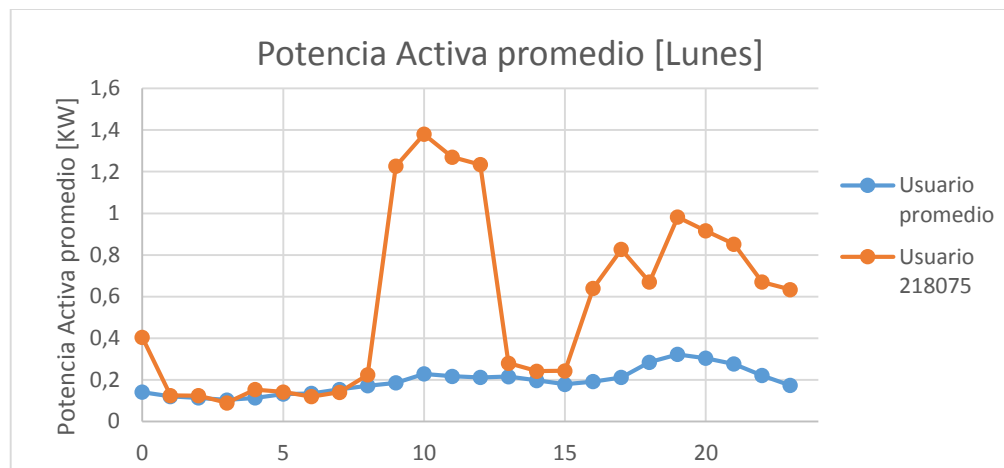
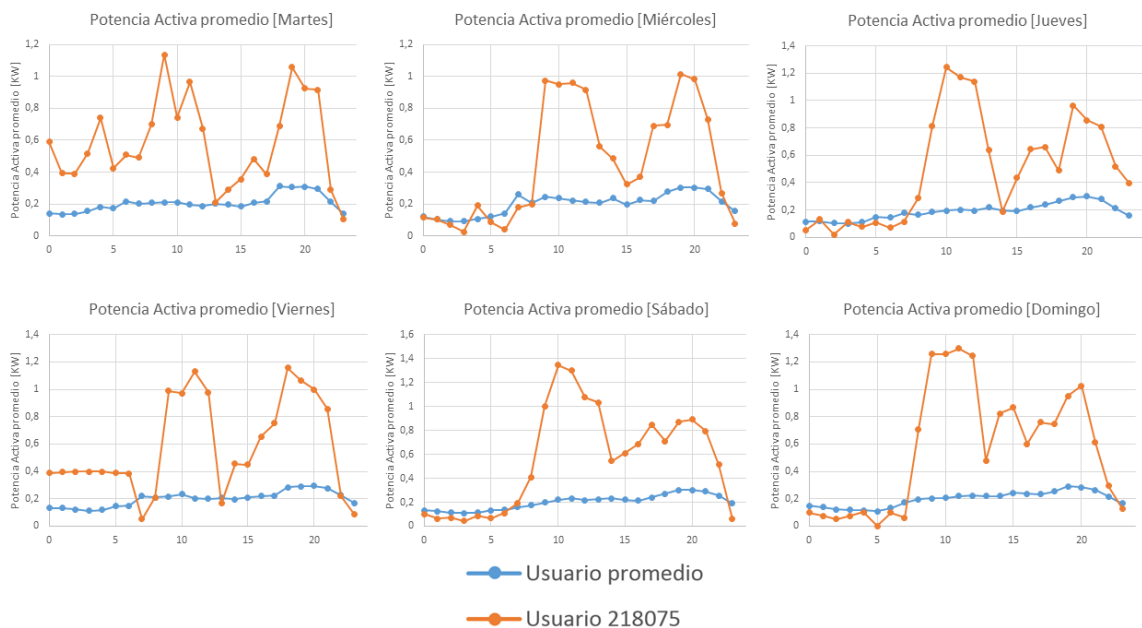


Figura 30 Superposición de curvas de potencia activa de todos los días de la semana.



En las Figuras 29 y 30 se pueden observar la superposición de las curvas de potencia activa del usuario promedio y el usuario 218075, en la cual se puede apreciar que el usuario 218075 es un usuario atípico ya que no se comporta como un usuario residencial promedio, por sus comportamientos en consumo de potencia activa en las horas laborales.

En el Apéndice B se determinan los usuarios con mayor consumo de energía activa y usuarios menos regulados.

Figura 31 Superposición de curvas de potencia reactiva del día lunes.

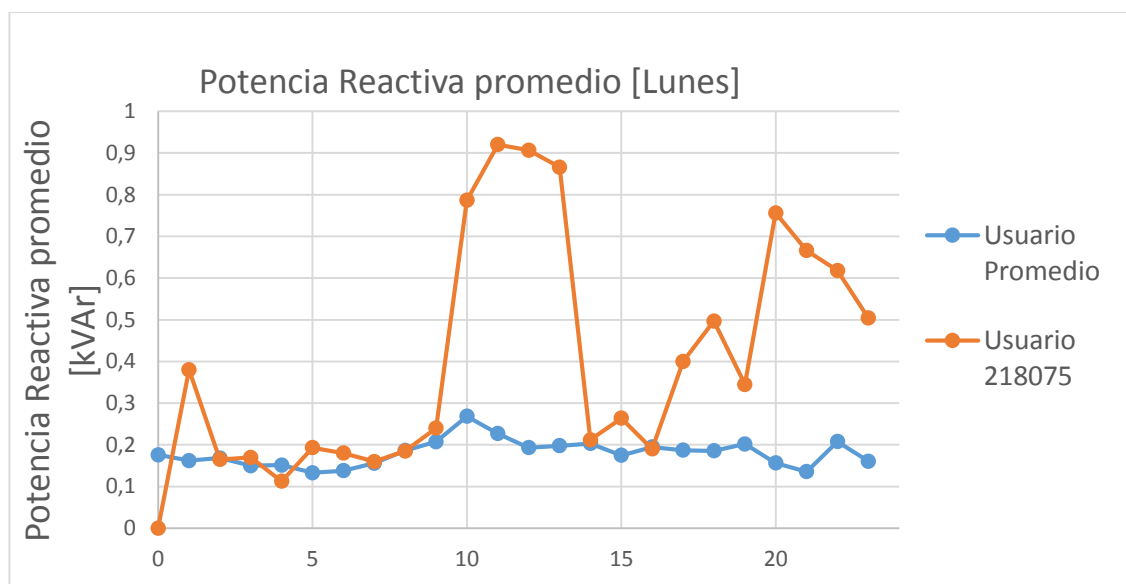
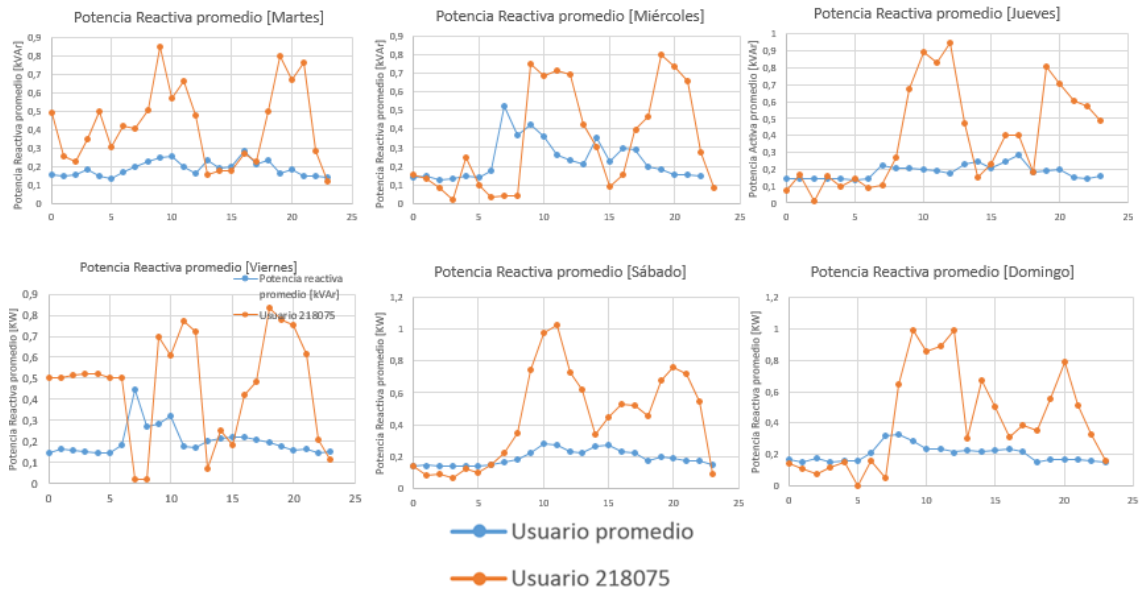


Figura 32 Superposición de curvas de potencia reactiva de todos los días de la semana.



En las Figuras 30 y 32 se pueden observar la superposición de las curvas de potencia reactiva del usuario promedio y el usuario 218075, en la cual se puede apreciar que el usuario 218075 es un usuario atípico ya que no se comporta como un usuario residencial promedio, por sus comportamientos en consumo de potencia reactiva en las horas laborales.

4.5 USUARIOS TÍPICOS Y ATÍPICOS DEL SISTEMA

De los 200 usuarios monitorizados ubicados en el barrio “La Feria” y sus alrededores, donde el tipo de carga es residencial y su topología es por acometida aérea, se concluye que todos los usuarios son atípicos por factor de potencia, ya que ninguno de ellos tiene un factor de potencia superior a 0,9 de acuerdo con la exigencia de la reglamentación y normativa colombiana. De los 200 usuarios que incumplen esta normativa además incumplen otras las cuales están detalladas en la siguiente Tabla.

Tabla 23 Detalles de los usuarios atípicos.

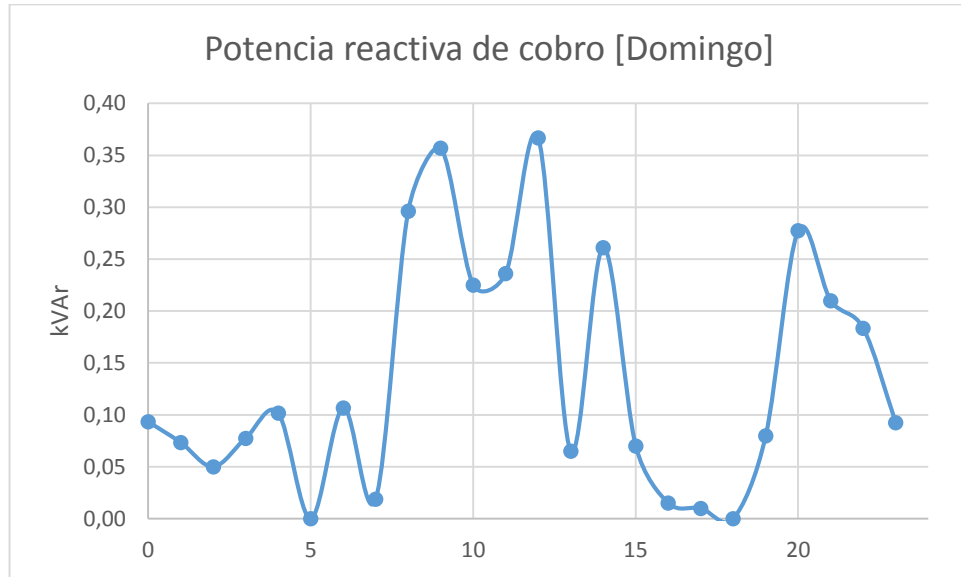
	Usuarios atípicos	Normas que violan
Factor de Potencia	200	NTC 5001/2008
Valor eficaz de la Tensión	116	NTC 5001/2008 UNE-EN 50160/2001
Frecuencia	33	NTC 5001/2008 UNE-EN 50160/2001

4.6 ANÁLISIS DE POTENCIA DE PÉRDIDAS

Para el usuario más crítico del sistema, se analiza la potencia no activa excedida por la carga residencial, según la normativa legal vigente.

En el usuario 218075 se realizó dicho análisis para cada instante de tiempo, con el fin de realizar el gráfico de potencia reactiva excedida en función del tiempo. Para obtener esta potencia, se resta de la potencia no activa el 50% de la potencia activa. A continuación se muestra la gráfica para el día domingo.

Figura 33 Potencia reactiva excedida por el usuario el día Domingo.



Se observa que el mayor consumo de energía no activa se encuentra en el intervalo de 8 a.m. a 2 p.m.

Calculando el área bajo la curva, se obtiene la energía no activa excedida consumida por el usuario para el día domingo, con un valor de 3,17 kVArh, con esto se puede calcular el posible costo de energía no cobrada por la empresa comercializadora de energía.

Dicha energía se debería cobrar al mismo precio que la energía activa. Considerando el valor de 376,12 \$/kWh (precio del kWh para estrato 2), daría un costo total por día de \$ 1 193,77 pesos.

De igual forma se realiza el cálculo para el usuario en los demás días de la semana. La Figura 34 muestra el comportamiento durante las demás días de la semana.

Figura 34 Potencia reactiva excedida por el usuario en la semana.

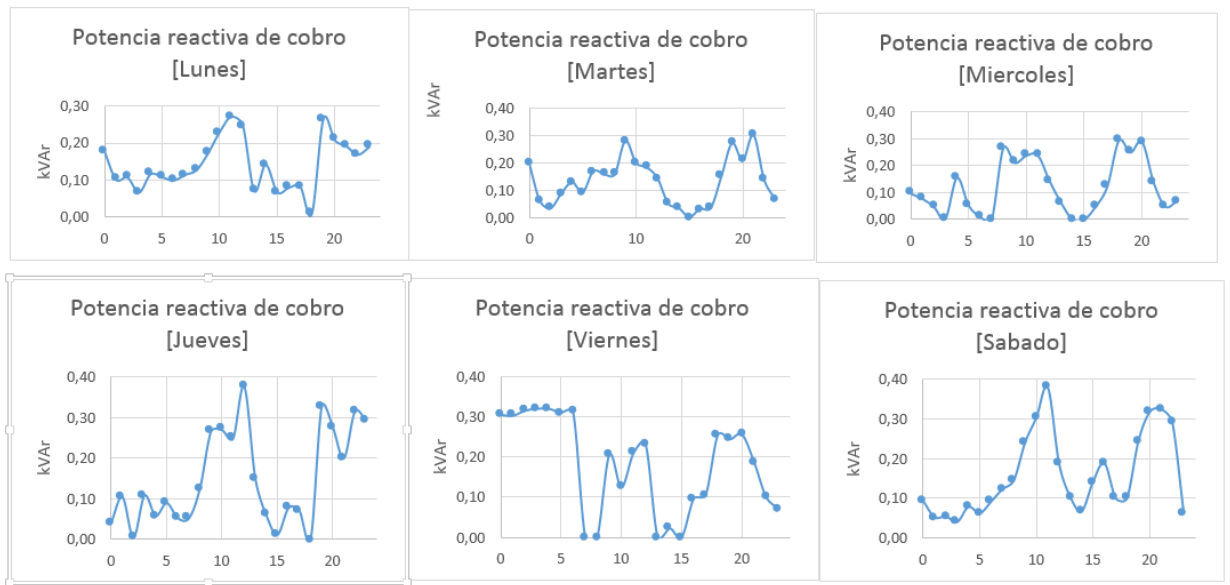


Tabla 22 Costo de energía por días, semana y mes.

	Energía no activa [kVArh]	Precio Unitario (\$376,12)
Lunes	3,25	\$1 220,66
Martes	3,03	\$1 141,21
Miércoles	2,73	\$1 027,39
Jueves	3,42	\$1 285,40
Viernes	4,1	\$1 543,70
Sábado	3,71	\$1 397,14
Domingo	3,17	\$1 193,77
Costo semanal	\$8 809,27	
Costo mensual	\$35 237,07	

Se observa que la energía no activa excedida por el usuario, tienen un comportamiento similar para todos los días de la semana, donde se debe resaltar que el día viernes es el de mayor cantidad de energía no consumida.

Si se considera la energía excedida en todos los días de la semana, con un valor de \$ 376,12 pesos por kVArh, la empresa comercializadora de energía, debería facturar un valor de \$ 8 809,27 pesos por semana. Además si se considera un comportamiento similar en las demás semanas la empresa debería facturar \$ 35 237,07 pesos por el mes. En la actualidad esto no está contemplando en reglamentación colombiana dado que por ser usuarios regulados, la empresa solo puede facturar el consumo de potencia activa.

Si el comportamiento de la semana se comporta de igual forma para el mes, con el mismo valor anterior, la empresa comercializadora de energía está perdiendo un valor de \$ 35.237,07 pesos por mes.

5. CONCLUSIONES

La realización de este trabajo de grado ha permitido realizar una exploración adecuada sobre el comportamiento de los usuarios residenciales, ya que no se tiene la información sólo de la energía activa cada mes, sino que se han podido obtener la energía activa y otros parámetros de potencia. El seguimiento de estos parámetros cada hora, ha permitido establecer características de las cargas eléctricas de los usuarios residenciales diferentes a las que usualmente se consideran. Por ejemplo el análisis de los parámetros evaluados con el medidor instalado permite establecer que las características de las cargas de estos usuarios presentan comportamiento no lineal que incide en reducir la eficiencia del sistema eléctrico y que debe considerarse, ya que en la actualidad, la tendencia es a que se incremente el uso de dispositivos de uso doméstico con comportamiento no lineal.

Los objetivos establecidos para este trabajo de grado fueron logrados tal como se muestra en la Tabla 23:

Tabla 23 Objetivos establecidos.

<p>1. Proponer las tendencias y hábitos de utilización de las cargas eléctricas de los usuarios residenciales monitorizados.</p>	<p>Con las gráficas obtenidas de valor eficaz de la tensión, la frecuencia, la potencia activa, la potencia reactiva, la potencia de distorsión, la potencia aparente y el factor de potencia en función del tiempo para todos los días de la semana, se establece el comportamiento que cada usuario monitorizado tiene en cuanto a la utilización de sus electrodomésticos. De igual forma se establece un comportamiento característico del sistema, con un usuario promedio.</p> <p>Se obtiene el hábito de consumo de la energía eléctrica con las gráficas y magnitudes que muestran la cantidad de energía consumida por los usuarios, así como la potencial energía no aprovechada por los usuarios, así como la potencial energía no aprovechada por los requerimientos de potencia reactiva y la distorsión de las señales causadas por las no linealidades de la carga de cada usuario del sistema.</p>
<p>2. Caracteriza dinámicamente la carga residencial mediante</p>	<p>Por medio de las gráficas obtenidas de: La potencia activa, la potencia reactiva, la potencia de distorsión, la potencia aparente y el factor de</p>

representación gráfica en franjas de tiempo.	potencia, se realiza un análisis comparativo en tres intervalos de tiempo (entre las 6 p.m. y las 10 p.m. hora pico; entre las 10 p.m. y las 4 a.m. hora valle; y entre las 4 a.m. y las 6 p.m. hora media) con el fin de identificar las posibles cargas conectadas al sistema, identificando su características dinámicas.
3. Identificar usuarios típicos y atípicos del sistema a partir de la caracterización de la carga residencial.	Teniendo en cuenta la normativa legal vigente en Colombia, la cual establece límites admisibles del valor eficaz de tensión, la frecuencia y el factor de potencia, se realiza un seguimiento en el tiempo con el fin de identificar usuarios típicos del sistema, donde su variación del valor eficaz de tensión, variación de la frecuencia y el factor de potencia no sobrepasen los límites establecidos por las normas, de lo contrario se consideran usuarios atípicos.

Las conclusiones más relevantes del trabajo realizado son las siguientes:

- ✓ La obtención de la información se realizó en intervalos de tiempos variados, dado que en un principio no se planteó utilizar la información de los medidores para el análisis realizada en este trabajo de grado, de hecho el intervalo de tiempo utilizado fue de una hora. Para normalizar los análisis en otros sistemas eléctricos se debe estructurar un sistema de adquisición de acuerdo con la normativa internacional que sugiere un intervalo de análisis de 10 minutos, partir del cual se establecen las metodologías para realizar obtención y evaluación de indicadores de calidad de la energía eléctrica, por medio de un proceso estadístico [7].
- ✓ La obtención de las curvas de las diferentes potencias en el usuario promedio permitió contrastar que la curva de demanda diaria en las potencias activa, de distorsión y aparente es similar durante todos los días.
- ✓ De acuerdo a las gráficas de la curva de demanda diaria en potencia activa, se puede comprobar que el comportamiento de la carga promedio y el sistema de distribución, se ajusta a la curva de demanda diaria establecida por la Empresa Electrificadora de Santander S.A. para el sector residencial, estrato uno y dos.[10].
- ✓ La curva diaria de la potencia reactiva presenta durante las horas del día (8 a.m. a 5 p.m.) un comportamiento diferente, incrementándose su valor. Esta diferencia de comportamiento puede ser causada por el hecho que

dentro del barrio la Feria existan talleres y comercios que tienen instaladas cargas eléctricas con alto contenido de reactivos, las cuales se instalan en horario diurno.

- ✓ La similitud entre las curvas de la potencia activa y la potencia de distorsión durante todos los días en el usuario promedio evidencia que una parte importante de las cargas residenciales presentan un comportamiento no lineal, lo cual debe tenerse en consideración en el diseño de la infraestructura eléctrica, ya que esta no linealidad reduce la eficiencia del sistema eléctrico y genera pérdidas adicionales de energía por las distorsiones que se generan en las señales eléctricas del sistema.
- ✓ Todos los usuarios residenciales del sistema, se caracterizan por tener un factor de potencia por debajo del mínimo establecido (0,9) por la reglamentación colombiana para usuario regulados [5]. Se reitera que esto se debe al hecho que las cargas residenciales actuales son la combinación de cargas lineales con reactivos con cargas no lineales, las cuales generan las potencias reactiva y distorsión que afecta la eficiencia en el uso de la energía eléctrica.
- ✓ Para 116 usuarios residenciales del sistema, el comportamiento del valor eficaz de la tensión se encuentra por fuera de los límites establecidos por la norma [5], lo cual puede ocasionar inadecuados funcionamientos en las cargas que se conectan al sistema eléctrico.
- ✓ El sistema de gestión de datos diseñado, permite observar las índices de calidad de la energía de todos los usuarios, usuario promedio y del sistema de distribución. Dando la posibilidad de observar, comparar y determinar comportamientos dinámicos.
- ✓ El usuario promedio determina características del sistema, a partir del comportamiento de los parámetros. Valor eficaz de la tensión y frecuencia los cuales se encuentran en los límites establecidos por la norma [5].
- ✓ El consumo de energía activa y la energía no transformada en trabajo útil debida a las potencias reactiva y de distorsión son similares durante todos los días de la semana.
- ✓ El comportamiento de consumo de potencia activa en el sistema, es el esperado según la curva de demanda diaria para el sector residencial, estrato uno y dos, establecido por la Empresa Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.[10]. Los niveles de cargabilidad del transformador obtenidos a partir de los medidores de los usuarios tienen un valor máximo del (94,27%) a las 7 p.m. y un valor mínimo del (43,43%) a las 3

a.m. Considerando que no se considera la potencia por alumbrado público ni los desbalances y corrientes por el neutro por desbalance y distorsión de la señales de corrientes, este nivel de cargabilidad puede llegar a ser crítico por el calentamiento adicional que se genera al interior del transformador lo cual le reduce la vida útil.

- ✓ La regulación de tensión en el sistema de distribución según la [10], se garantiza para el caso crítico, el cual es la comparación entre el usuario más cercano y lejano del transformador, sin embargo en varios usuarios el valor eficaz de la tensión está por debajo de los valores considerados como normales.
- ✓ Se debe considerar posibles errores en la obtención de la frecuencia de algunos de los medidores UIS-1Y, ya que el valor estimado de parámetro se encuentra en 33 usuarios por encima de los límites establecidos por la normativa legal vigente (60,2). Estos posibles casos pudieron presentarse por un error en la toma de datos, dado que la variación de frecuencia depende de las operaciones del sistema interconectado nacional, el cual es muy estable.
- ✓ Una cantidad de usuarios residenciales considerable (de aproximadamente un 35%), tiene una curva de demanda diaria es atípica en comparación a la curva esperada por la Empresa Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. Por lo cual se puede concluir que estos usuarios presentan comportamiento de locales industriales o comerciales usando equipos como motores, refrigeradores entre otros.
- ✓ Más del 90% de los usuarios residenciales no se mantiene en los límites establecidos del factor de potencia considerados por la normativa legal vigente, requiriendo una cantidad importante de potencia no activa (reactiva y de distorsión) que afecta la eficiencia del sistema. Esta ineficiencia no puede ser facturada. La Empresa Electrificadora de Santander, dado que en usuarios residenciales no se factura esta potencial energía que no se puede convertir en trabajo útil.
- ✓ El sistema se caracteriza dinámicamente en tres intervalos de tiempo, el primero entre las 6 p.m. y las 10 p.m. donde se encuentra gran cantidad de cargas no lineales como lo son televisores, computadores, iluminación fluorescente, video juegos y otros equipos de entretenimiento. El segundo entre las 10 p.m. y las 4p.m donde las cargas no se encuentran en funcionamiento, aumentando la energía de almacenamiento o remanente. El tercero es de 4 a.m. y las 6p.m, en donde se encuentra una gran cantidad de cargas como electrodomésticos, lavadora, nevera y motores en usuarios con comportamiento de locales industriales o comerciales.

- ✓ Con relación al impacto que ha tenido el proceso de formación como profesionales de la ingeniería, se considera seguir profundizando el estudio del sector eléctrico residencial, realizando una gestión y procesamiento de datos certificada y así poder realizar una evaluación y control de los comportamientos de los usuarios, teniendo en cuenta que el sector eléctrico residencial en Colombia solicita más del 40% de la demanda de total del país.

6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Las recomendaciones y posibles trabajos futuros que los autores consideran son:

- ✓ Profundizar en el análisis del comportamiento de las cargas residenciales actuales, para proponer acciones de gestión de demanda que mejoren la condición de la red y el uso eficiente de la energía eléctrica.
- ✓ Establecer un protocolo de comunicación entre la base de almacenamiento de datos del medidor UIS 1-Y y el sistema de gestión de datos de la plataforma web que automatice la dinámica de ingreso de las variables porque actualmente el ingreso es manual.
- ✓ Realizar estudios que cuantifique los impactos técnicos y financieros que se tiene con los cambios actuales de las cargas de tipo residencial que se están instalando en los sistemas eléctricos.

CITAS

- [1] M. Energ, «Proyección de Demanda de Energía en Colombia,» 2013. [En línea]. Available: http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/proyeccion_demanda_ee_Abr_2013.pdf. [Último acceso: 20 Febrero 2014].
- [2] Gomez, G. A. W, Caracterización tecnológica de la topología de un sistema de gestión energética residencial, Bucaramanga. Trabajo de grado Ingeniero Electricista. Bucaramanga.:Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisico Mecanica. Escuela de Ingenieria Electrica, Electronica y de Telecomunicaciones, 2012. 158p.
- [3] A. Jaller., Estudio de alternativas de gestión de carga en los sistemas de distribución de la Costa Norte, tomando como modelo la Electrificadora del Atlántico S.A., Universidad del Norte, 1995.
- [4] J. A. S. L. a. K. A. D. B. t. M. K. Ehrhardt-martinez, Enabling Better Home Energy, Elsevier, 2010, p. 273–303..
- [5] Norma Tecnica Colombiana, NTC 5001 Calidad de la potencia eléctrica: Límites y metodología de evaluación en punto de conexión común. NTC. Bogota D.C.:El Instituto, 2008. 61 p.
- [6] ORDOÑEZ, Plata Gabriel: Conferencias Mediciones Electricas II. Bucaramanga, 2006, 12 p.
- [7] Norma Española, Std, IEC 61000 Electromagnetic compatibility (EMC):Testing and measurement techniques. Power quality measurement methods, 2004, 50 p.
- [8] JARDINI, Jose Antonio, Daily Load Profiles for Residential, Commercial and Industrial Low Voltage Consumers, 2000
- [9] DIAZ, Juan Sebastian Beleño. sistema de analítica de datos escalable para registros de consumo eléctrico residencial. Bucaramanga. . Trabajo de grado Ingeniero de Sistemas. Bucaramanga.:Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisico Mecanica. Escuela de Ingenieria de Sistema, 2015. 120p
- [10] ESSA, NORMAS PARA CÁLCULO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION, Bucaramanga: Electrificadora de santander, 2004, p. 181.
- [11] J. E. K. a. S. M. D. W. H. Hayt, ANALISIS DE CIRCUITOS EN INGENIERIA, vol. Séptima ed, Bogota: MCGRAWHILL , 2012.

- [12] S. J. Chapman, MAQUINAS ELECTRICAS, vol. Tercera Ed, Santa Fe de Bogotá: McGraw-Hill, 2001, p. 781.
- [13] Instituto Colombiano De Normas Tecnicas y Certificacion, NORMA TECNICA COLOMBIANA 2050, p. 847.
- [14] R. C. Samuel, REDES DE DISTRIBUCION DE ENERGIA, vol. Tercera Ed. , Manizales, 2004, p. 896.
- [15] Ministerio de Minas y Energia, RETIE Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, 2008, p. 204.
- [16] L. I. e. a. Eguíluz Morán, Estrategias para el consumo racional de la electricidad. Nueva filosofía para su facturación, Universidad de Cantabria: Grupode ingeniería y tecnología eléctrica (GITEL)..

BIBLIOGRAFIA

A. JALLER., Estudio de alternativas de gestión de carga en los sistemas de distribución de la Costa Norte, tomando como modelo la Electrificadora del Atlántico S.A., Universidad del Norte, 1995.

DIAZ, Juan Sebastian Beleño. sistema de analítica de datos escalable para registros de consumo eléctrico residencial. Bucaramanga. . Trabajo de grado Ingeniero de Sistemas. Bucaramanga.:Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisico Mecanica. Escuela de Ingenieria de Sistema, 2015. 120p.

ESSA, NORMAS PARA CÁLCULO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION, Bucaramanga: Electrificadora de santander, 2004, p. 181.

Gomez, G. A. W, Caracterización tecnológica de la topología de un sistema de gestión energética residencial, Bucaramanga. Trabajo de grado Ingeniero Electricista. Bucaramanga.:Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisico Mecanica. Escuela de Ingenieria Electrica, Electronica y de Telecomunicaciones, 2012. 158p

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION, NORMA TECNICA COLOMBIANA 2050, p. 847.

JARDINI, Jose Antonio, Daily Load Profiles for Residential, Commercial and Industrial Low Voltage Consumers, 2000.

J. A. S. L. a. K. A. D. B. t. M. K. Ehrhardt-martinez, Enabling Better Home Energy, Elsevier, 2010, p. 273–303.

J. E. K. a. S. M. D. W. H. Hayt, ANALISIS DE CIRCUITOS EN INGENIERIA, vol. Séptima ed, Bogota: MCGRAWHILL , 2012.

L. I. e. a. Eguíluz Morán, Estrategias para el consumo racional de la electricidad. Nueva filosofía para su facturación, Universidad de Cantabria: Grupode ingeniería y tecnología eléctrica (GITEL).

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, RETIE Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, 2008, p. 204.

M. Energ, «Proyección de Demanda de Energía en Colombia,» 2013. [En línea]. Available:
http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/proyeccion_demanda_ee_Abr_2013.pdf. [Último acceso: 20 Febrero 2014].

NORMA ESPAÑOLA, Std, IEC 61000 Electromagnetic compatibility (EMC):Testing and measurement techniques. Power quality measurement methods, 2004, 50 p.

NORMA TECNICA COLOMBIANA, NTC 5001 Calidad de la potencia eléctrica: Límites y metodología de evaluación en punto de conexión común. NTC. Bogota D.C.:El Instituto, 2008. 61 p

ORDOÑEZ, Plata Gabriel: Conferencias Mediciones Electricas II. Bucaramanga, 2006, 12p.

CHAPMAN, S.J, MAQUINAS ELECTRICAS, vol. Tercera Ed, Santa Fe de Bogotá: McGraw-Hill, 2001, p. 781.

R. C. Samuel, REDES DE DISTRIBUCION DE ENERGIA, vol. Tercera Ed. , Manizales, 2004, p. 896.

Apéndice A. Variables medidor UIS 1-Y

Tabla 24 Variables del medidor UIS 1-Y.

Variable	Comentario
Valor eficaz de tensión	Proporciona las tensiones de fase, dependiendo de la conexión de la carga al transformador, en estrella o en delta.
Valor eficaz de corriente	Proporciona las corriente de fase que consume el usuario
Frecuencia	Medida del número de repeticiones por unidad de tiempo en el fenómeno de la señal sinusoidal de tensión.
Factor de potencia	Medida de la relación entre potencia activa y potencia de dimensionamiento (también llamada aparente o potencia disponible en el sistema).
Potencia activa	Medida de la energía útil que necesita el usuario en un instante de tiempo determinado.
Potencia reactiva	Medida de la energía no útil que necesita el usuario en un instante de tiempo determinado.
Energía activa	Medida de la energía útil que necesita el usuario en un intervalo de tiempo determinado.
Energía reactiva	Medida de la energía no útil que necesita el usuario en un intervalo de tiempo determinado.

Apéndice B. Orden de usuario por consumo

Se determinan los usuarios con mayor consumo de energía en el sistema. Donde se concluye que el medidor 36 es la carga de mayor consumo, con número de usuario 218075 ubicado en el apoyo 0274 con dirección Cll 10 N° 2-99 La Feria Piedecuesta.

En la Tabla 28 se muestra los medidores que presentan mayor consumo de energía activa (kWh) en el sistema de distribución estudiando durante el periodo de medición.

Tabla 25 Medidores con mayor consumo de energía.

Número del medidor
36
153
180
31
98
117
9
116
114
61
91
8
70
42
120
65
43
152
124
47
190
66
76
204
112
119
35

14
109
5
25
197
99
19
4
121
30

Apéndice C. Manual de uso de la plataforma

Pre-Requisitos

La plataforma fue desarrollada usando como lenguajes base PHP, Python, HTML5, CSS3, JavaScript y para la base de datos se usó MySQL y archivos CSV para almacenar los datos de la aplicación. El servidor que aloje la plataforma debe contar con las siguientes especificaciones:

- Un servidor Apache
- PHP 5.3.0 o superior instalado
- MySQL 5.1.37 o superior instalado
- Python 2.7 instalado
- Extensión Mcrypt para PHP

Se recomienda la instalación de XAMPP para cubrir las especificaciones del servidor Apache, PHP y MySQL. La plataforma también necesita del framework de PHP CodeIgniter 2.2.0 y de Mincemeat.py 0.1.4, pero estos ya se encuentran incluidos dentro de la plataforma. Temporalmente también se necesita de un computador con varios procesadores o núcleos para realizar el procesamiento de datos de manera escalable cuando existan muchos datos.

Instalación

- Copiar la carpeta plataforma y mapreduce en el servidor Apache
- Cargar la base de datos en MySQL
- Agregar las siguientes tablas en SQL

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `bd_contadores` (  
  `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  `contador` text NOT NULL,  
  `consumo` text NOT NULL,  
  `usuario` text NOT NULL,  
  PRIMARY KEY (`id`)  
)
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `bd_datos` (  
  `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  `nocontador` text NOT NULL,  
  `mes` text NOT NULL,
```

```

`dia` text NOT NULL,
`hora` text NOT NULL,
`tension_media` text NOT NULL,
`tension_desviacion` text NOT NULL,
`frecuencia_media` text NOT NULL,
`frecuencia_desviacion` text NOT NULL,
`factorp_media` text NOT NULL,
`factorp_desviacion` text NOT NULL,
`activa_media` text NOT NULL,
`activa_desviacion` text NOT NULL,
`reactiva_media` text NOT NULL,
`reactiva_desviacion` text NOT NULL,
`aparente_media` text NOT NULL,
`aparente_desviacion` text NOT NULL,
`distorsion_media` text NOT NULL,
`distorsion_desviacion` text NOT NULL,
PRIMARY KEY (`id`)
)

```

```

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `bd_energia` (
  `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `tipo` text NOT NULL,
  `contador` text NOT NULL,
  `dia` text NOT NULL,
  `valor` text NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`)
)

```

```

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `bd_resumen` (
  `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `contador` text NOT NULL,
  `dia` text NOT NULL,
  `energiap` text NOT NULL,
  `energiaq` text NOT NULL,
  `vprom` text NOT NULL,
  `vmin` text NOT NULL,
  `vmax` text NOT NULL,
  `perm` text NOT NULL,
  `fpmax` text NOT NULL,
  `fpmin` text NOT NULL,
  `pmax` text NOT NULL,
  `pmin` text NOT NULL,
  `qmax` text NOT NULL,
  `qmin` text NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`)
)

```

```

)

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `bd_usuarios` (
  `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `usuario` text NOT NULL,
  `password` text NOT NULL,
  `periodicidad` text NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`)
)

```

- En la tabla `bd_usuarios` agregar los usuarios que deben tener acceso a la plataforma con una clave por defecto que debe ser modificada en la pestaña cambio de contraseña de la plataforma.
- Modificar el archivo ubicado en `/plataforma/application/config/database.php`, establecer los datos de la base de datos que se va a utilizar para procesar los datos.

Procesado de datos

Para procesar los datos se cuenta con 2 opciones, una para cuando existen pocos datos y otra para cuando existen muchos datos. Para la opción de pocos datos (menores de ~1.000.000) se siguen los siguientes pasos:

- En el módulo de sincronizar nuevos datos, clic en Sincronizar
- En el módulo resumen, clic en Sincronizar resumen

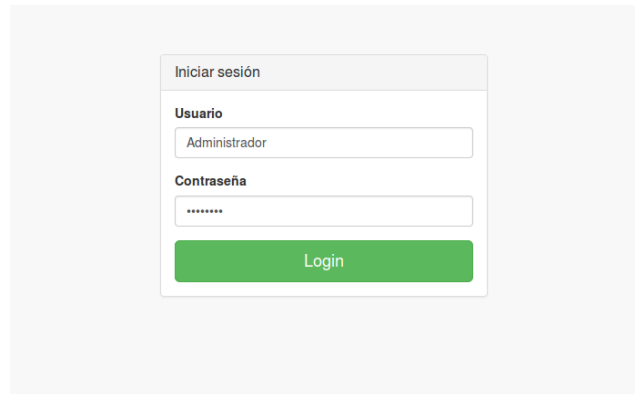
Para cuando los datos existentes son superiores a ~1.000.000 es conveniente realizar el procesamiento con más de un cliente para acelerar el tiempo de procesamiento, para esto se siguen los siguientes pasos:

- En el Nodo Maestro se ejecuta el siguiente comando `python consumosxusuario.py > datos.txt`
- En los nodos esclavos se ejecuta `python mincemeat.py -p clave hostname`. Donde la clave por defecto es `electrical123` y si el maestro y los clientes se ejecutan en la misma máquina el `hostname` es igual a `localhost`
- El archivo `datos.txt` se pasa a la ubicación `/plataforma/datos.txt` y se alimenta la base de datos con ese archivo que está en formato JSON.

Ingreso a la plataforma

Una vez configurado todo lo anteriormente descrito, se puede acceder a la plataforma, pero es necesario poseer un usuario y contraseña. En la Figura 35 se muestra la pantalla de inicio de sesión.

Figura 35 Inicio de sesión.



Formulario de inicio de sesión con los siguientes campos:

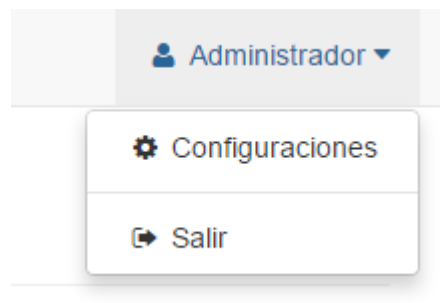
- Título: Iniciar sesión
- Etiqueta: Usuario
- Valor: Administrador
- Etiqueta: Contraseña
- Valor:
- Botón: Login

Cambiar contraseña

Para cambiar contraseña:

- Clic en Administrador, observar Figura 36
- Clic en configuraciones

Figura 36 Menú desplegable.



- Se escribe la antigua y nueva contraseña para cambiarla
- Clic en guardar, observar Figura 37

Figura 37 Configuraciones.

The screenshot shows a web application interface. At the top right, there is a user profile dropdown menu labeled 'Administrador'. On the left side, there is a sidebar menu with the following items: 'Panel de control', 'Resumen', 'Usuario promedio', 'Usuarios', and 'Sincronizar nuevos datos'. The main content area is titled 'Configuraciones Cambiar contraseña'. Below the title, there is a sub-header 'Configuraciones(Cambiar contraseña)'. The form contains three input fields: 'Contraseña antigua' (with a placeholder 'Contraseña'), 'Nueva Contraseña' (with a placeholder 'Contraseña'), and 'Repetir contraseña' (with a placeholder 'Repetir contraseña'). A green 'Guardar' button is located at the bottom right of the form.

Cerrar sesión

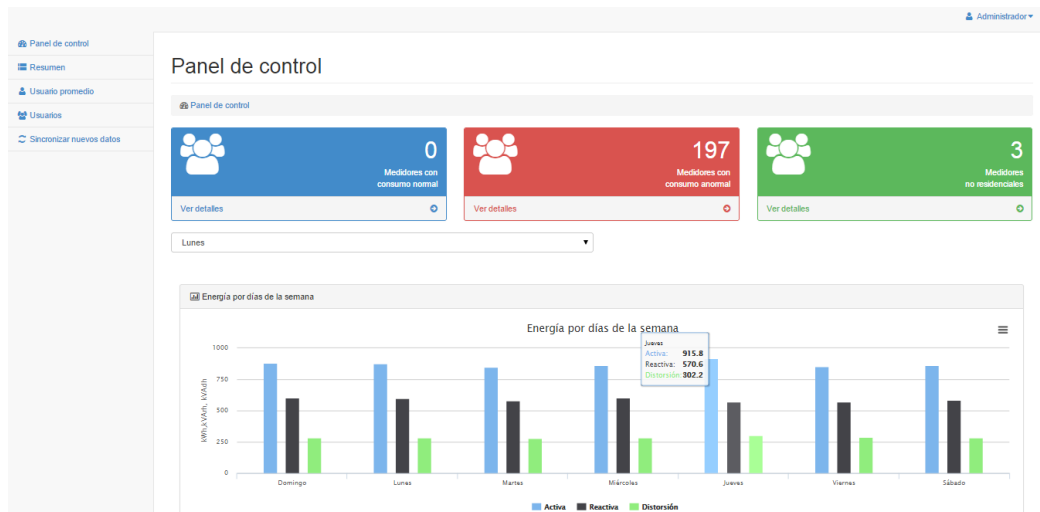
- Clic en Administrador
- Clic en salir, observar Figura 34

Panel de control

Este módulo muestra una clasificación por tipo de consumo de los contadores asociados al transformador en estudio, los medidores se dividen en medidores con consumo normal que corresponde a los usuarios que en todo momento tienen un registro de valor eficaz de tensión, frecuencia y factor de potencia dentro de los rangos normales según [5], medidores con consumo anormal que son los usuarios que no están dentro de los rangos de [5] y medidores no residenciales que son los usuarios que presentan comportamiento de locales industriales o comerciales del sistema.

Se muestra también tablas y gráfica por día de la semana de la energía activa, la energía reactiva, la energía de distorsión, la potencia activa, la potencia reactiva, la potencia aparente, el porcentaje de uso del transformador y la potencia de distorsión correspondientes al transformador en estudio; de los datos anteriores se obtienen los máximos y mínimos con sus respectivas horas, vistas en la Figura 38.

Figura 38 Panel de control.



Al cambiar el día de la semana del selector los datos se actualizan al día seleccionado, si se selecciona los medidores con consumo normal, se listan los medidores con consumo normal como se puede observar en la Figura 39; además permite la búsqueda del medidor por identificador de usuario.

Figura 39 Usuarios con consumo normal.

Panel de control / Usuarios con consumo normal

Usuario

Usuario	# de medidor	Consumo	Opciones
---------	--------------	---------	----------

Mensaje de la página consumoselectricos.cu.cc: No existen registros de usuarios con consumo normal.

Aceptar

Si se seleccionan los medidores con consumo no residencial, estos se listan y se permite la búsqueda por el identificador de usuario, como se observa en la Figura 40.

Figura 40 Contadores con consumo no residencial.

Panel de control / Medidores con consumo no residencial

Usuario

Usuario	# de medidor	Consumo	Opciones
01	33	Contador no residencial	Ver
02	123	Contador no residencial	Ver
L99998	209	Contador no residencial	Ver

Si se selecciona los medidores con consumo anormal se listan los medidores con consumo anormal y además se clasifican por tipo de anomalía: por valor eficaz de tensión, frecuencia y por factor de potencia, en ese orden de prioridad que al seleccionar alguno se listan los datos (ver Figura 41, Figura 42, Figura 43 y Figura 44); además permite la búsqueda del medidor por identificador de usuario.

Figura 41 Usuarios con consumo anormal.

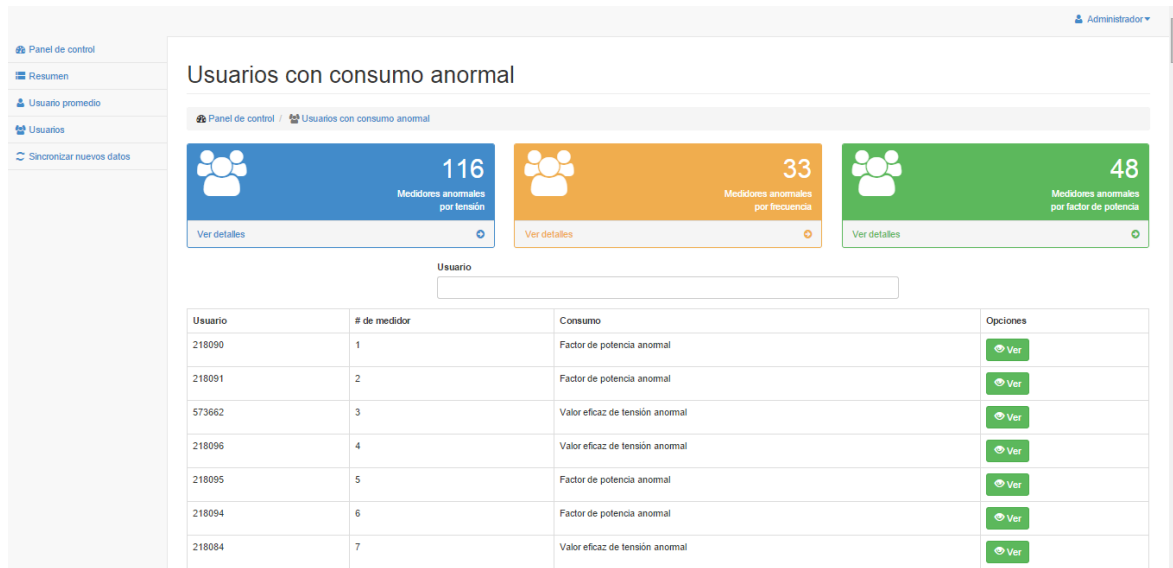


Figura 42 Usuarios con consumo anormal por tensión.

Panel de control / Usuarios con consumo anormal / Usuarios con consumo anormal por tensión

Usuario

Usuario	# de medidor	Consumo	Opciones
573662	3	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
218096	4	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
218084	7	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
218085	8	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
218092	13	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
218089	14	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
1260956	19	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
608266	23	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
218079	24	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
218080	29	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
527674	30	Valor eficaz de tensión anormal	Ver

Figura 43 Usuarios con consumo anormal por frecuencia.

Panel de control / Usuarios con consumo anormal / Usuarios con consumo anormal por frecuencia

Usuario

Usuario	# de medidor	Consumo	Opciones
568112	17	Frecuencia anormal	Ver
1260957	20	Frecuencia anormal	Ver
218074	35	Frecuencia anormal	Ver
1117599	38	Frecuencia anormal	Ver
218935	45	Frecuencia anormal	Ver
1265573	56	Frecuencia anormal	Ver
218946	57	Frecuencia anormal	Ver
218308	72	Frecuencia anormal	Ver
218309	74	Frecuencia anormal	Ver
218311	75	Frecuencia anormal	Ver
218314	76	Frecuencia anormal	Ver

Figura 44 Usuarios con consumo anormal por factor de potencia.

Panel de control / Resumen / Usuario promedio / Usuarios / Sincronizar nuevos datos

Administrador

Usuarios con consumo anormal por factor de potencia

Panel de control / Usuarios con consumo anormal / Usuarios con consumo anormal por factor de potencia

Usuario

Usuario	# de medidor	Consumo	Opciones
218090	1	Factor de potencia anormal	Ver
218091	2	Factor de potencia anormal	Ver
218095	5	Factor de potencia anormal	Ver
218094	6	Factor de potencia anormal	Ver
218086	9	Factor de potencia anormal	Ver
218087	10	Factor de potencia anormal	Ver
218088	11	Factor de potencia anormal	Ver
218093	12	Factor de potencia anormal	Ver
218083	15	Factor de potencia anormal	Ver
568112	16	Factor de potencia anormal	Ver

Módulo de resumen

Se calculan y permite exportar a Excel un reporte por día de la semana los datos de la energía activa, la energía reactiva, la tensión promedio, la tensión máxima, la tensión mínima, el porcentaje de permanencia, el factor de potencia, la frecuencia máxima, la frecuencia mínima, la potencia activa máxima, la potencia activa mínima, la potencia reactiva máxima y la potencia reactiva mínima por cada usuario asociado al transformador en estudio, además cuando se cargan nuevos datos se tiene que sincronizar resumen para actualizar los datos de resumen como se observa en la Figura 45.

Figura 45 Tabla resumen.

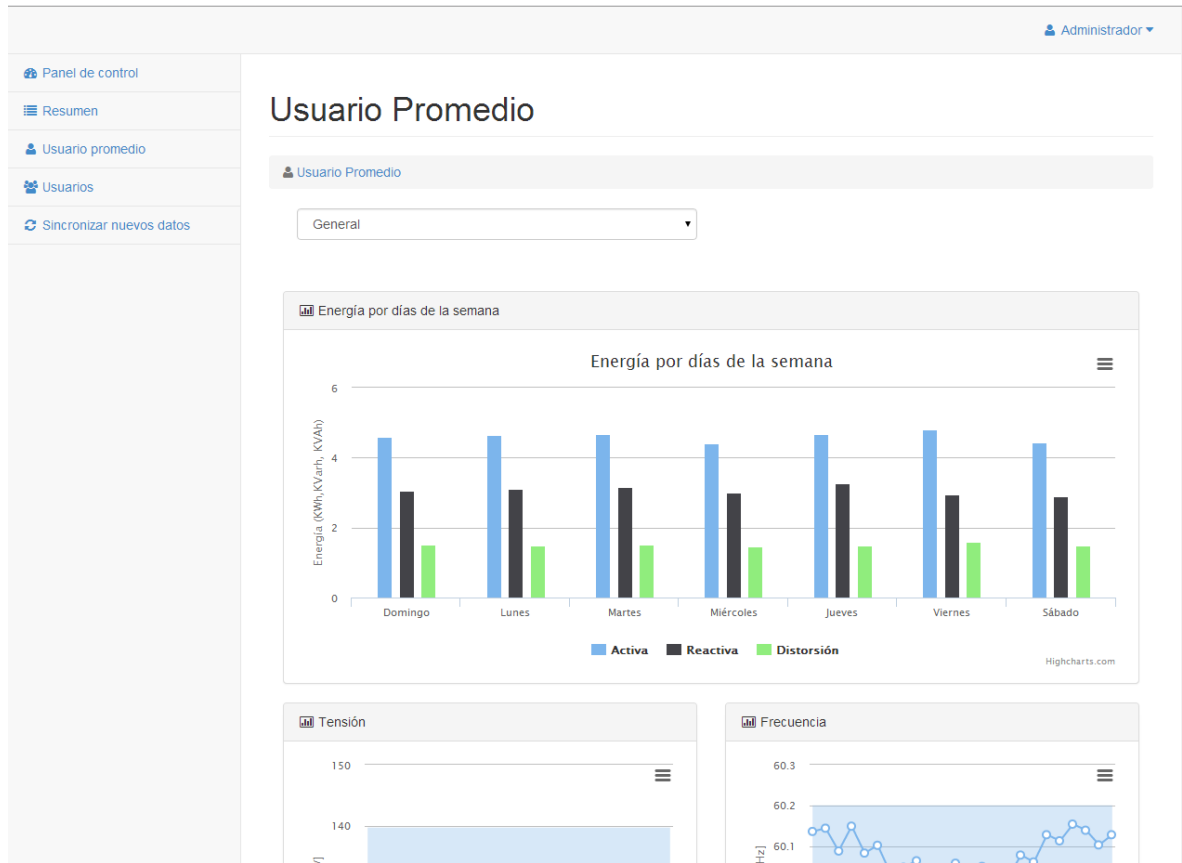
Medidor		Energía P	Energía Q	Vprom	Vmax (Hora)	Vmin (Hora)	%Perm en fp	fpmx (Hora)	fpmín (Hora)	Pmax (Hora)	Pmín (Hora)	Qmax (Hora)	Qmín (Hora)
1	Domingo	7.44	1.11	126.67	130.60	121.92	37.50	0.96	0.71	0.76	0.01	0.11	0.00
1	Lunes	5.63	1.15	125.50	129.91	119.77	16.67	0.95	0.65	0.84	0.03	0.12	0.02
1	Martes	8.21	0.98	125.34	128.99	122.22	37.50	0.96	0.73	0.74	0.08	0.07	0.02
1	Miércoles	5.76	1.07	125.39	130.75	119.22	29.17	0.94	0.72	0.57	0.02	0.09	0.00
1	Jueves	7.11	1.11	125.33	130.88	120.70	45.83	0.97	0.73	0.74	0.03	0.10	0.01
1	Viernes	5.98	0.90	125.24	129.20	121.62	41.67	0.96	0.74	0.69	0.02	0.07	0.00
1	Sábado	4.36	1.00	127.19	131.02	123.26	8.33	0.92	0.70	0.47	0.02	0.10	0.00
2	Domingo	3.02	1.89	126.67	130.63	121.86	8.33	0.93	0.51	0.30	0.01	0.24	0.00
2	Lunes	3.49	1.85	125.50	129.93	119.87	12.50	0.94	0.59	0.35	0.03	0.17	0.00
2	Martes	3.73	1.71	125.32	129.00	122.25	12.50	0.92	0.66	0.37	0.06	0.13	0.00
2	Miércoles	2.95	1.62	125.34	130.75	119.22	4.17	0.94	0.63	0.27	0.01	0.16	0.00
2	Jueves	3.65	2.13	125.32	130.84	120.64	12.50	0.93	0.60	0.36	0.03	0.24	0.00
2	Viernes	2.88	1.46	125.24	129.28	121.33	8.33	0.92	0.61	0.27	0.00	0.17	0.00
2	Sábado	3.37	1.96	127.16	131.04	123.26	0.00	0.90	0.64	0.29	0.06	0.16	0.01

Usuario promedio

Este módulo clasifica por días de la semana o un total de los resultados, procesados en tablas y gráficas para los usuarios asociados al transformador de las cantidades promedio de: energía activa, energía reactiva, energía de distorsión, valor eficaz de tensión, frecuencia, factor de potencia, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y potencia de distorsión. El cálculo de los datos de usuario promedio está basado en [7]; además se determinan los máximos y mínimos de los datos con su respectiva hora como se observa en la Figura 46.

Los datos en rojo quieren decir que no se ajustan a [7].

Figura 46 Usuario promedio.



Usuarios

Se muestra un listado de todos los medidores y usuarios que están asociados al transformador en estudio y se muestra la clasificación a la que pertenece, donde se puede realizar una búsqueda por usuario y ver los resultados de los datos procesados del usuario seleccionado, se observa en la Figura 47.

Los datos de todos los usuarios son promediados por día de la semana y hora para almacenar la media y desviación estándar de cada dato, que es mostrado en forma gráfica y en tablas como se observa en la Figura 48. El consumo eléctrico de los usuarios se comporta como una distribución normal según [8].

Figura 47 Usuarios.

Panel de control | Resumen | Usuario promedio | Usuarios | Sincronizar nuevos datos | Administrador

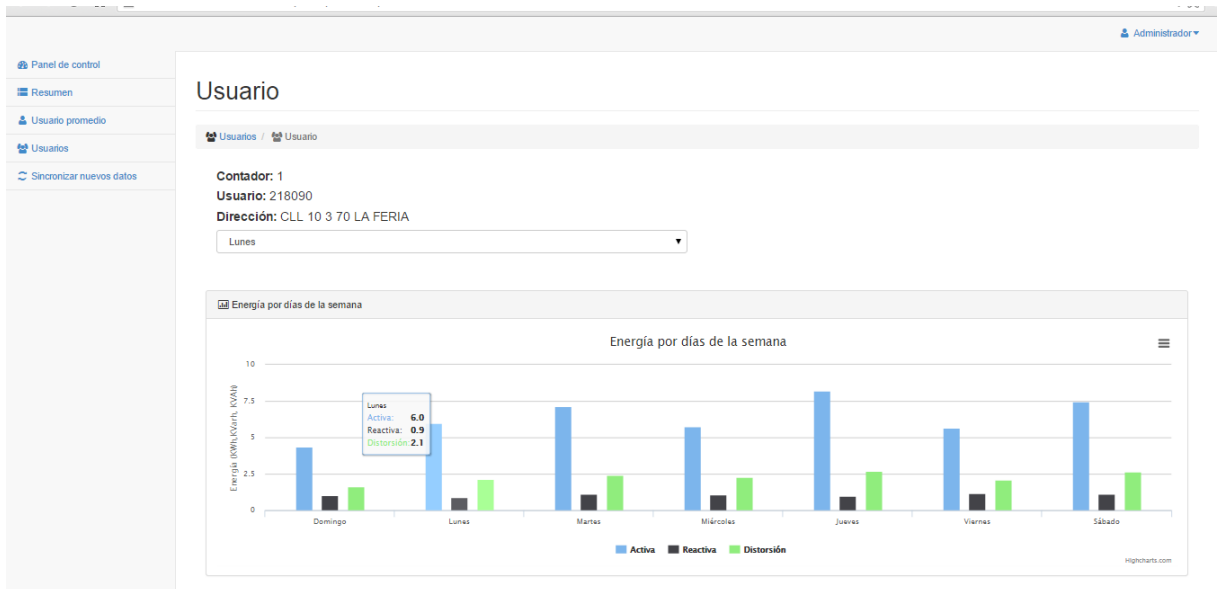
Usuarios

Usuarios

Usuario

Usuario	# de medidor	Consumo	Opciones
218090	1	Factor de potencia anormal	Ver
218091	2	Factor de potencia anormal	Ver
573662	3	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
218096	4	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
218095	5	Factor de potencia anormal	Ver
218094	6	Factor de potencia anormal	Ver
218084	7	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
218085	8	Valor eficaz de tensión anormal	Ver
218086	9	Factor de potencia anormal	Ver
218087	10	Factor de potencia anormal	Ver

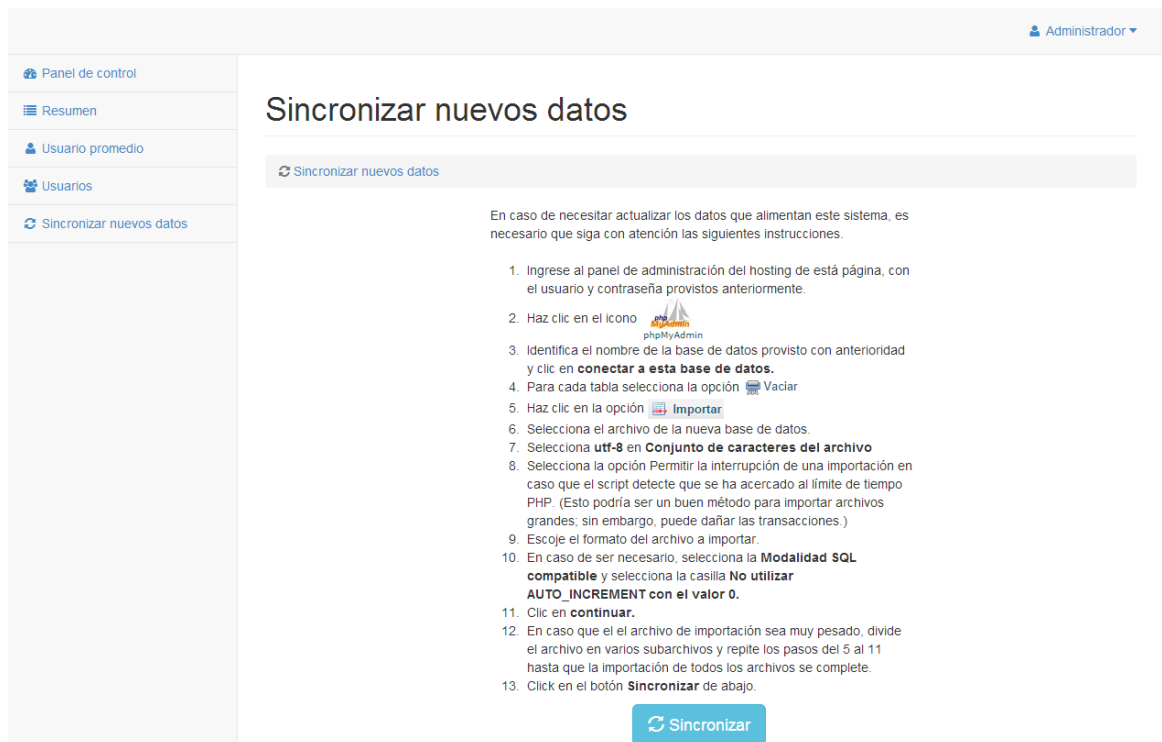
Figura 48 Usuario.



Módulo de sincronización de nuevos datos

Se muestra información guía para establecer los requisitos que se deben tener y los pasos a recurrir para procesar correctamente nuevos datos recolectados en los medidores de los usuarios y se realiza un llamado al acción para procesar los datos una vez finalizado los pasos, como se observa en la Figura 49.

Figura 49 Sincronizar nuevos datos.



Administrador ▾




Panel de control

- Resumen
- Usuario promedio
- Usuarios
- Sincronizar nuevos datos

Sincronizar nuevos datos

Sincronizar nuevos datos

En caso de necesitar actualizar los datos que alimentan este sistema, es necesario que siga con atención las siguientes instrucciones.

1. Ingrese al panel de administración del hosting de esta página, con el usuario y contraseña provistos anteriormente.
2. Haz clic en el icono  phpMyAdmin
3. Identifica el nombre de la base de datos provisto con anterioridad y clic en **conectar a esta base de datos**.
4. Para cada tabla selecciona la opción  Vaciar
5. Haz clic en la opción  Importar
6. Selecciona el archivo de la nueva base de datos.
7. Selecciona **utf-8 en Conjunto de caracteres del archivo**
8. Selecciona la opción Permitir la interrupción de una importación en caso que el script detecte que se ha acercado al límite de tiempo PHP. (Esto podría ser un buen método para importar archivos grandes, sin embargo, puede dañar las transacciones.)
9. Elige el formato del archivo a importar.
10. En caso de ser necesario, selecciona la **Modalidad SQL compatible** y selecciona la casilla **No utilizar AUTO_INCREMENT con el valor 0**.
11. Clic en **continuar**.
12. En caso que el archivo de importación sea muy pesado, divide el archivo en varios subarchivos y repite los pasos del 5 al 11 hasta que la importación de todos los archivos se complete.
13. Click en el botón **Sincronizar** de abajo.

