

**IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO PROGRAMABLE PARA REALIZAR LA
GESTIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA INSTALACIÓN RESIDENCIAL O
COMERCIAL.**

**OSWALDO CARMONA ACEVEDO
HUYER ALBERTO OSORIO QUINTERO**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2022**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO PROGRAMABLE PARA REALIZAR
LA GESTIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA INSTALACIÓN RESIDENCIAL O
COMERCIAL.**

**OSWALDO CARMONA ACEVEDO
HUVER ALBERTO OSORIO QUINTERO**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista

Asesor técnico

Mateo Rico García

Magíster en Control y automatización Industrial

Asesor metodológico:

Jauder Alexander Ocampo Toro

Magíster En Gestión energética industrial

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELÉCTRICA
MEDELLÍN**

2022

Contenido

	Pág.
Introducción	13
1 Identificación del problema	14
1.1 Descripción	14
1.2 Formulación	15
2 Justificación	16
3 Objetivos	19
3.1 Objetivo general	19
3.2 Objetivos específicos	19
4 Referentes teóricos	20
4.1 Circuito eléctrico	20
4.2 Energía Eléctrica	21
4.3 Instalaciones eléctricas residenciales	22
4.4 Rectificadores de onda	24
4.5 Elementos de protección eléctrica en baja tensión	25
4.6 Cables de potencia (RETIE)	26
4.7 Fuentes DC variables	27
4.8 Aparatos eléctricos y electrónicos	27
4.9 Aparatos eléctricos tipo <i>standby</i> de mayor consumo	28
4.10 Potencial de ahorro en modo espera	28
4.11 Parámetros para calcular el costo del consumo de energía eléctrica	31
4.12 Costeo de materiales	32
5 Metodología	34
5.1 Tipo de proyecto	34
5.2 Método	34
6. Resultados del Proyecto	36
6.1 Diseño	37
6.2 Construcción	37

6.3 Módulo PZEM-004T	39
6.4 Módulo wifi ESP32	40
6.5 Relé de estado sólido	43
6.7 Prototipo dispositivo URE	44
6.8 Conexión de cargas	45
6.9 Almacenamiento de datos	46
6.10 Ubidots	47
6.11 Proceso de almacenamiento de datos	47
7. App Inventor	50
7.1 Navegación en la App en un dispositivo Android	51
7.1.1 Configuración Parámetros:	51
7.1.2 Verificar consumos:	52
7.1.3 Conectar o desconectar circuitos:	52
7.2 Consumo de energía eléctrica en pesos	53
7.3 Zona de ubicación geográfica	54
7.4 Conexión y desconexión de circuitos	55
7.5 Gestión ahorro nocturno	55
7.6 Lenguaje de programación App Inventor	56
7.7 Programación de App Inventor	57
7.8 Resultados obtenidos de Ubidots en la App	58
8. Conclusiones	60
9. Recomendaciones	61
10. Referencias	62

Lista de figuras

Figura 1. Circuito eléctrico y sus componentes.	21
Figura 2. Trayectoria de circuitos ramales para tomacorrientes de uso general.	23
Figura 3. Diagrama unifilar instalación eléctrica residencial.	24
Figura 4. Rectificadores de onda	25
Figura 5. Distribución del consumo de energía en standby por tipo de equipo.....	30
Figura 6. Diagrama de flujo dispositivo programable URE.	36
Figura 7. Diagrama de bloques de dispositivo programable para realizar la gestión de energía eléctrica en una instalación residencial o comercial.	37
Figura 8. Esquema de dispositivo programable.....	38
Figura 9. Esquema de instalación dispositivo programable.....	38
Figura 10. Módulo PZEM-004T.....	39
Figura 11. Diagrama de conexión del módulo PZEM 004t.....	40
Figura 12. Diagrama de bloques módulo PZEM	40
Figura 13. Módulo ESP32.....	41
Figura 14. Diagrama módulo ESP32	42
Figura 15. Cable de conexión de módulos.....	43
Figura 16. Relé de estado sólido	44
Figura 17. Prototipo dispositivo URE.....	45
Figura 18. Conexión de cargas al dispositivo URE	46
Figura 19. Visualización plataforma Ubidots	47
Figura 20. Lectura de variables eléctricas en Ubidots	48
Figura 21. Pruebas de interfaz PZME y Ubidots	48
Figura 22. Pruebas en plataforma Ubidots.....	49
Figura 23. Tablero y mediciones plataforma Ubidots	49
Figura 24. Código QR para descargar la App “Dispositivo URE”.....	50
Figura 25. Visualización de la página de App Inventor.....	51
Figura 26. Visualización de los Screen página principal, Valores y Configuración parámetros..	52
Figura 27. Visualización Screen Consumos y visualización de plataforma Ubidots	53

Figura 28. Valores para el cálculo del consumo de energía eléctrica prueba con 2000 watos consumidos para estrato 1.....	54
Figura 29. Screen para conexión y desconexión de circuitos	56
Figura 30. Diagrama de bloques App Inventor.....	57
Figura 31. Módulos y herramientas de App Inventor	58
Figura 32. Lectura de variables y resultados en Ubidots	59

Lista de tablas

Tabla 1. Código de colores para conductores AWG según NTC2050	27
Tabla 2. Distribución del consumo de energía en standby por tipo de equipo	30
Tabla 3. Subsidios por estrato socio-económico.....	31

Resumen

IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO PROGRAMABLE PARA REALIZAR LA GESTIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA INSTALACIÓN RESIDENCIAL O COMERCIAL.

OSWALDO CARMONA ACEVEDO
HUVER ALBERTO OSORIO QUINTERO

Este proyecto se realizó con el objetivo principal de brindar al usuario final del servicio de energía eléctrica residencial o comercial, una herramienta de ayuda para la gestión energética de su instalación eléctrica. Como bien se sabe al final del mes o del cierre del ciclo de las lecturas por parte del OR (Operador de Red) podemos validar el consumo de energía eléctrica en kWh y valor a cancelar por tal concepto, la diferencia con este dispositivo es que proporciona la posibilidad de medir los consumos de energía eléctrica en tiempo real con un valor traducido a pesos, y basado en los promedios de los consumos anteriores el usuario podrá definir estrategias para bajar los consumos en lo que resta del mes en curso, antes de la lectura por parte del OR, además de otras funciones tales como la conexión y desconexión de circuitos que no se estén siendo utilizados o en los cuales se identifiquen altos consumos que puedan estar relacionados con fugas de energía en su instalación.

Para lograr este objetivo se tuvo en cuenta las diferentes variables que definen mes a mes el costo del kWh tales como: estrato socio-económico, altura sobre el nivel del mar de la instalación, valor de la electricidad definido por la CREG (Comisión Reguladora de Energía y Gas) y publicado por el OR para el mes en curso y registro del consumo de la instalación interna. El dispositivo se instala lo más cerca posible al tablero principal de la instalación para realizar la lectura de las diferentes variables eléctricas que definen los consumos principales, para luego llevarlo a una base de datos de un servidor en la nube y posteriormente ser visualizado por el usuario final, obteniendo de esta manera su consumo real y poder así realizar una gestión energética eficiente de su instalación, aportando de manera positiva al URE (Uso Racional de la Energía).

Palabras clave: URE, Consumo energético, Energía eléctrica, Usuario final, Gestión energética.

Abstract

IMPLEMENTATION OF A PROGRAMMABLE DEVICE TO MANAGE ELECTRICAL ENERGY IN A RESIDENTIAL OR COMMERCIAL INSTALLATION.

OSWALDO CARMONA ACEVEDO
HUVER ALBERTO OSORIO QUINTERO

This project was carried out with the main objective of providing the end users of the residential or commercial electrical energy service with a tool to help to manage the energy of their electrical installation. As is well known, at the end of the month or at the closing of the reading cycle by the OR it can be validated the consumption of electrical energy in kWh and the value to be paid for such concept, the difference with this device is that it will provide the possibility of measuring the consumption of electrical energy in real time with a value translated into pesos and based on the averages of previous consumption, the users will be able to define strategies to lower consumption in the remainder of the current month before the reading by the OR, in addition to other functions such as the connection and disconnection of circuits that are not being used or in which high consumption is identified that may be related to energy leaks in your installation.

To achieve this objective, the different variables that define the cost of the kWh month by month were taken into account, such as: socio-economic stratum, height above sea level of the installation, price of electricity defined by the CREG and published by the OR for the current month and record of the consumption of the internal installation. The device is installed as close as possible to the main panel of the installation to read the different electrical variables that can define consumption, then take it to a database on a cloud server and later it will be viewed by the end user, thus obtaining its actual consumption and thus being able to carry out efficient energy management of its installation, contributing positively the URE.

Keywords: URE, Energy consumption, Electrical energy, end user, Energy management.

Glosario

Consumo energético: es la cantidad de energía utilizada. El término hace referencia al conjunto de la energía eléctrica empleada para distintos usos, como por ejemplo la fabricación industrial, mover un vehículo eléctrico, o el uso de dispositivos electrónicos (SmartGrids, 2021).

CREG: Comisión de Regulación de Energía, Gas y Combustibles, es la entidad colombiana adscrita al Ministerio de Minas y Energía encargada de regular los servicios de electricidad y gas según se establece en la ley 142 y 143 de 1994 (CREG, 2021).

Energía eléctrica: es la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico (Wikipedia, 2021).

Estrato socioeconómico: La estratificación social es la forma en que la sociedad se clasifica en grupos sociales reconocibles de acuerdo con diferentes criterios de categorización (DANE, 2022).

Gestión energética: es el conjunto de acciones y procesos que buscan la optimización del consumo energético con el fin de lograr una mayor eficiencia, racionalidad y ahorro (Unir, 2021).

kWh: Se refiere a kilovatio hora es una unidad de energía igual a 3.6 Megajulios. Si se utiliza constante durante un período de tiempo, el kilovatio hora resulta de multiplicar el consumo en vatios por el tiempo en horas (Tarifaluzhora, 2021)

OR (Operador de Red): Es la persona natural o jurídica encargada de la administración, operación y mantenimiento de un gasoducto o grupo de gasoductos y redes eléctricas cuyos activos pueden ser de su propiedad o de terceros. El OR puede o no, ser un transportador (CREG, 2021).

URE: uso racional de la energía, es interpretada como el conjunto de medidas tendientes a disminuir la demanda de energía en algunas actividades socio-económicas dadas; así, se reduce el término racionalización al de "Ahorrar" energía (OLADE, 2021).

Usuario final: Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se le denomina también consumidor (CREG, 2021)

Introducción

Este proyecto tiene la finalidad de diseñar, construir y poner en funcionamiento un dispositivo programable que, implantado en una instalación eléctrica interna de uso residencial o comercial, permita a través de la medición de variables eléctricas como corriente, voltaje y potencia realizar la gestión del Uso Racional de la Energía (URE) de acuerdo a las necesidades del usuario. Además, también de realizar conmutación de circuitos internos de la instalación, ya sea por ausencia de consumo, por programación del cliente y/o por control de fugas de energía.

Este dispositivo dispondrá de elementos de conexión a la instalación eléctrica como transformadores de corriente, de potencial, relés para control circuitos internos y sensores de movimiento. En la parte de control se dispondrá de una aplicación para celular, donde el usuario final podrá realizar la interacción con el dispositivo y realizar la configuración de acuerdo a sus necesidades.

Con la implementación de este dispositivo se logrará realizar una gestión de uso racional de la energía en la instalación eléctrica interna, ya que permitirá la conexión y desconexión de circuitos de acuerdo a su necesidad real de utilización, minimizando el consumo fantasma de los equipos electrónicos cuando están en *standby* (modo de espera), los cuales aportan entre el 10% y 15% de consumo de energía, y al tener el usuario acceso a la visualización del consumo energético en pesos de su instalación, se busca crear conciencia aportando así al uso racional de la energía; además el usuario tendrá un mejor entendimiento sin necesidad de tener conocimientos eléctricos y podrá realizar la gestión de sus consumos futuros teniendo en cuenta su capacidad económica.

1 Identificación del problema

1.1 Descripción

A través de los años la industria y el comercio se ha encargado de generar y vender tecnologías en los aparatos eléctricos que proporcionan mayor comodidad al usuario final aumentando los consumos de energía debido a la utilización de más dispositivos y equipos. Este país no es ajeno a estos desarrollos tecnológicos, por ello es importante buscar soluciones que puedan mitigar el consumo que estos generan. Adicional a lo anterior, las personas del común generalmente están concentrados en gestionar sus finanzas en pesos, ya sea por desconocimiento o el acelerado ritmo de vida actual no les es posible hacer la relación de consumo energético en potencia eléctrica (kWh) y valor de consumo en pesos. Dado a lo anterior, plantear tecnologías que puedan ayudar a las personas a visualizar sus gastos energéticos en pesos facilita en gran medida decisiones sobre la gestión del consumo de energía eléctrica.

El consumo mensual de electricidad de un hogar promedio colombiano es de 157 kWh, que multiplicado por 13.314.305 de hogares que se estimaron para el año 2015, se obtiene un total de 2.085.522.453 kWh mes, este valor se acerca bastante al presentado en el BECO 2015 1.864.747.038 kWh mes (UPME, 2019)

Como define el Ministerio de Minas y Energía: Que el artículo 1 de la Ley 697 de 2001, declaró “el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.” (Ministerio de Minas y Energía, 2021).

1.2 Formulación

¿Cómo impactar de manera positiva en pro de beneficiar a los propietarios de instalaciones eléctricas residenciales y comerciales, en relación con la gestión del uso racional de la energía eléctrica?

2 Justificación

En la actualidad el uso racional de la energía se ha convertido en un tema de alta importancia a nivel mundial, los gobiernos cada vez se ven más obligados a implementar estrategias que permitan amortiguar los efectos de la demanda eléctrica que cada vez se acerca más al límite y podría colapsar el SIN (Sistema Interconectado Nacional), poniendo en riesgo procesos industriales, comerciales y la no menos importante las comunicaciones (Ministerio de Minas y Energía, 2021).

Si bien la mayoría de las industrias están dentro del mercado “No Regulado” y cuentan con estrategias y políticas que contribuyen a una buena gestión energética, el sector residencial y comercial que pertenecen al sector “Regulado” se encuentran en una libertad que, sumada a una mala gestión de consumo de energía eléctrica, pueden aportar de manera negativa a que la demanda energética del país se vea comprometida.

Este dispositivo permitirá que el sector residencial y comercial contribuyan a mejorar positivamente la demanda energética nacional, a través de una concientización individual que por medio de una gestión energética adecuada controle y mejore los consumos de energía eléctrica. Si cualquier usuario tiene la posibilidad de interactuar en cualquier momento con su instalación eléctrica, validar los consumos hasta un momento determinado y comparar con los consumos de los meses anteriores, se podrá enterar de cuál es el comportamiento en cuanto a gastos interpretados en pesos y tendrá la posibilidad de corregir sus consumos promedios para evitar llevarse una sorpresa cuando reciba su factura mensual con incrementos que no esperaba.

El usuario final podrá interactuar en línea con su instalación eléctrica, por medio del dispositivo visualizará su consumo actual traducido a pesos, esto le permitirá entender claramente cómo se afecta económicamente comparando su consumo con los meses anteriores y evaluando si está desfasado o no de sus consumos promedios de energía eléctrica, además podrá conectar o desconectar circuitos que no esté utilizando evitando consumos fantasmas, en el caso de identificar consumos continuos y que no tienen relación con ninguna carga el dispositivo le indicará de una posible fuga de energía la cual es una carga no deseada para cualquier instalación, ya que a parte del riesgo que puede generar para las personas, también se traduce en un gasto que se puede evitar dado que si éste consumo constante está registrado también se verá reflejado en la factura mensual afectando las finanzas del usuario de la instalación.

Facilitar al usuario del servicio de energía eléctrica la gestión energética de su instalación, apoyado en el dispositivo programable sin necesidad de conocimientos técnicos en electricidad.

Impactar positivamente el consumo de energía eléctrica en las instalaciones, logrando obtener ahorros significativos que permitan lograr una buena gestión energética para que el bolsillo del usuario del servicio no se vea afectado por mala gestión o por fugas de energía indeseadas.

Aportar al URE concientizando a los usuarios del servicio de energía eléctrica a través de mecanismos confiables y viables que de manera individual puedan lograr el objetivo deseado.

Lograr una interacción adecuada del usuario con su instalación, por medio del dispositivo programable concientizando a realizar una buena gestión energética sin necesidad de grandes esfuerzos.

El desconocimiento técnico que puede tener cualquier usuario del servicio de energía eléctrica hace parte de la mala gestión que se le da tanto a las instalaciones comerciales como residenciales, por esto se quiere por medio de este dispositivo ser una ayuda extra para entender mejor los comportamientos de las diferentes variables eléctricas con las que se convive a diario, pero a las que se desconoce o no se sabe interpretar, logrando así una mejora significativa en la gestión energética en cada uno de los usuarios del servicio.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Implementar un dispositivo programable que, implantado en una instalación eléctrica interna de uso residencial o comercial, permita a través de la medición de variables eléctricas como corriente, voltaje y potencia realizar la gestión del Uso Racional de la Energía de acuerdo a las necesidades del usuario.

3.2 Objetivos específicos

Construir el módulo físico del dispositivo programable que constará de la parte eléctrica, electrónica, programación y periféricos de entrada y salida.

Adaptar los periféricos de medida del dispositivo a las formas normalizadas de tableros principales de control de las instalaciones eléctricas residenciales o comerciales.

Crear la aplicación para celulares (App) como interfaz adicional del usuario con el dispositivo programable.

Realizar una página Web en la cual se tendrá actualizado el valor del kilovatio hora definido por los diferentes operadores de red.

4 Referentes teóricos

Para diseñar y construir el dispositivo programable se debe tener claridad sobre teorías de circuitos eléctricos, elementos de medición, configuración de instalaciones internas, normatividad vigente para cobro del consumo de energía eléctrica en el mercado regulado CREG, tipos de aparatos electrónicos que funcionen en *standby* (modo de espera). Como una parte importante del proyecto se debe incluir un costeo de materiales.

A continuación, se detallan los conceptos teóricos de mayor importancia para entender la configuración y funcionamiento de dispositivo programable propuesto en el proyecto.

4.1 Circuito eléctrico

Un circuito eléctrico consta por lo menos de cuatro partes: una fuente de fuerza electromotriz (FEM), conductores, una carga y un medio de control. En la Figura 1, la FEM es el generador, los conductores o líneas son los alambres que conectan las diferentes partes del circuito y conducen la corriente eléctrica, el receptor es la carga y el interruptor es el controlador. Las fuentes más comunes son baterías y generadores, los conductores son los alambres que ofrecen pequeña resistencia a la corriente. El resistor representa un elemento que consume energía eléctrica, como una lámpara, timbre, tostador, radio, motor. Los controladores pueden ser interruptores, resistencias variables, fusibles, interruptores de circuito y relevadores (GUSSOW M.S).

Los principales elementos que conforman un circuito eléctrico definen su comportamiento y además nos indican como pueden afectar la eficiencia en los consumos, las cuales pueden traducirse en pérdidas de energía. Una de las funciones de la implementación del dispositivo es interrumpir el consumo de cargas *standby*, ver figura 1.

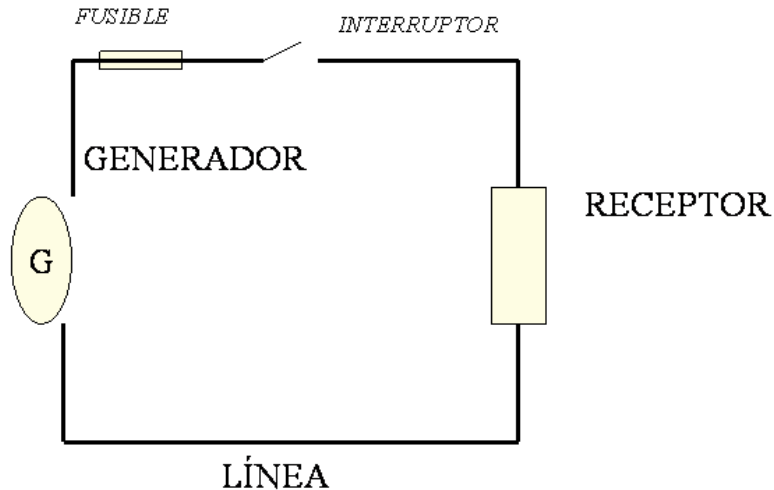


Figura 1. Circuito eléctrico y sus componentes.

Fuente: extraído de https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSFe07MHTUVI-q8jFCW7PvDTaHJkn_0mCbg2CkykUsFafHJmr5q6ZKxAbnBX8HLYrkiOyE&usqp=CAU

4.2 Energía Eléctrica

Energía y trabajo son esencialmente lo mismo y se expresan en unidades idénticas. Sin embargo, la potencia es diferente puesto que es la velocidad con la que se realiza el trabajo. Si se emplea el Watt (o vatio) como unidad de potencia, un Watt usado durante un segundo es igual al trabajo de un Joule, o equivalentemente un Watt es un Joule por segundo. El Joule (J) es la unidad básica práctica del trabajo o la energía (Wikipedia, 2021)

El kilowatt-hora (kWh) es una unidad que se usa comúnmente para medir cantidades grandes de energía o trabajo eléctrico. La cantidad en kilowatt-horas se obtiene del producto de la potencia en kilowatts (kW) y el tiempo en horas (h) durante el cual se usa la potencia (GUSSOW M.S).

4.3 Instalaciones eléctricas residenciales

Las instalaciones residenciales están destinadas a suplir las necesidades de energía eléctrica de los diversos tipos de vivienda. Para efectos del diseño de las instalaciones eléctricas se consideran los siguientes casos:

- Viviendas unifamiliares
- Viviendas multifamiliares
- Viviendas urbanas
- Viviendas rurales
- Viviendas móviles

En Colombia se construye una muy amplia gama de viviendas con requerimientos de instalaciones eléctricas muy disímiles que van desde soluciones mínimas, tanto habitacionales como de uso de los recursos energéticos disponibles, hasta grandes mansiones en las cuales se hace un uso intensivo de la energía eléctrica en todas sus diversas formas de aplicación, pasando necesariamente por la vivienda típica de uso generalizado con un uso moderado y racional de la electricidad. Para explicar el diseño de las instalaciones residenciales se toma como base una vivienda de tamaño medio que haga uso de las aplicaciones típicas de la energía eléctrica, y se agregan explicaciones adicionales para otros casos más particulares.

En una instalación eléctrica residencial la alimentación de las cargas se realiza mediante ramales indicados en la sección 100. Definiciones, de la NTC2050, define el circuito ramal como: Los conductores del circuito entre el dispositivo final de protección contra sobre corriente y la salida o salidas, diferenciando:

- Circuitos ramales de uso general
- Circuitos ramales para artefactos
- Circuitos ramales individuales
- Circuitos ramales multiconductores

Generalmente los dispositivos electrónicos tipo *standby* que son el objeto de este documento están conectados en circuitos ramales como se muestra en la figura 2.

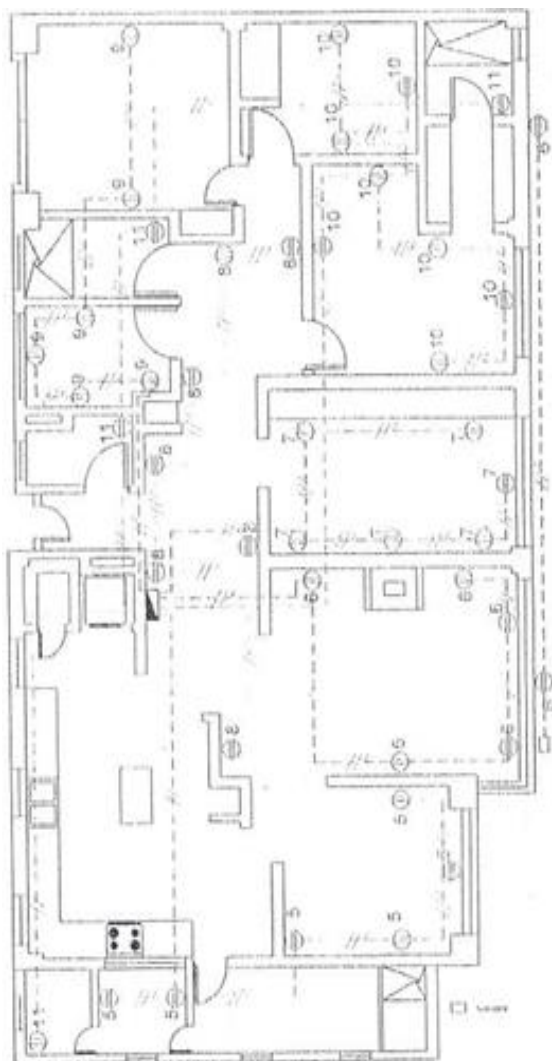


Figura 2. Trayectoria de circuitos ramales para tomacorrientes de uso general.
Fuente: (UNIVERSIDAD NACIONAL, 2016)

Con la distribución anterior se muestra que es posible realizar la conexión y desconexión de todos elementos de un solo punto en el tablero de distribución, ver la Figura 3.

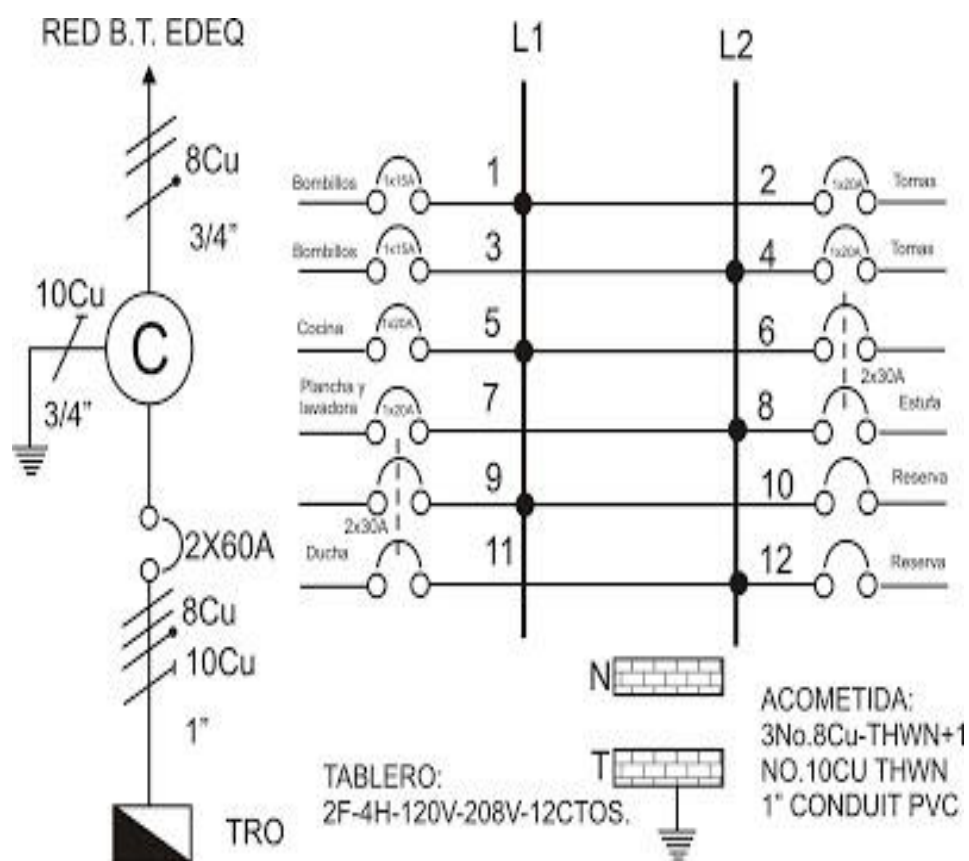


Figura 3. Diagrama unifilar instalación eléctrica residencial.

Fuente: extraído de: http://1.bp.blogspot.com/_Hikka4agBu4/S1zD-2wHKHI/AAAAAAAAAOo/Ht9fNqjiMLE/w1200-h630-p-k-no-nu/diagrama+unifilar+ejercicios+resueltos1.jpg

2wHKHI/AAAAAAAAAOo/Ht9fNqjiMLE/w1200-h630-p-k-no-nu/diagrama+unifilar+ejercicios+resueltos1.jpg

4.4 Rectificadores de onda

Teniendo en cuenta que el proyecto requiere elementos de electrónica es necesaria corriente continua (DC de sus siglas en inglés) la cual generalmente la obtenemos de un circuito rectificador de ondas para poder trabajar los voltajes en corriente continua y estudiar así sus comportamientos y características como podemos observar en la figura 4.

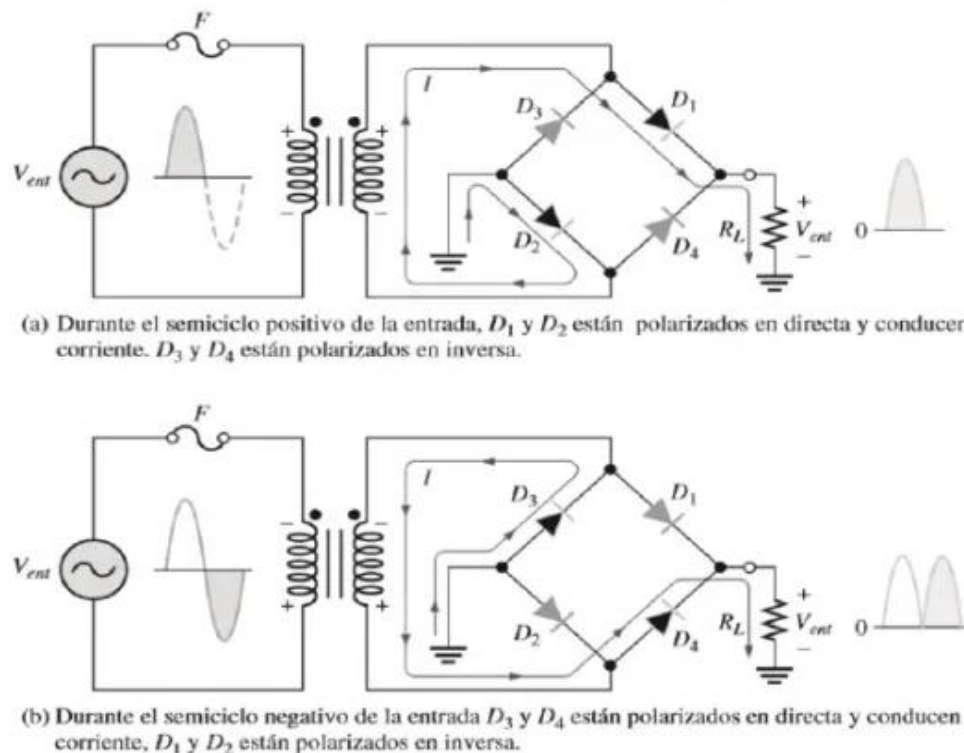


Figura 4. Rectificadores de onda

Fuente: extraído de https://www.academia.edu/33048343/RECTIFICADOR_DE_ONDA_COMPLETA

Los rectificadores de onda tienen como funcionalidad modificar la señal de onda por medio de un circuito electrónico compuesto por diodos, así la onda senoidal o cuadrada queda con frecuencia igual a 0, lo que permite que se puedan conectar equipos en corriente DC y estos funcionen de manera correcta (CARNERO ARROYO & DE LA CRUZ, 2017)

4.5 Elementos de protección eléctrica en baja tensión

Tanto las personas como los equipos deben quedar protegidos contra energizaciones accidentales, así como de sobre corriente ocasionadas por una falla técnica o mecánica, según las normas establecidas (CENTELSA, 2020).

El dispositivo programable deberá garantizar una interrupción adecuada de la tensión eléctrica en caso de una falla por el desbalance de corrientes que circulan a través de los circuitos eléctricos o electrónicos que hagan parte del proyecto.

Igualmente se debe garantizar la integridad de las personas en cuanto a contacto directo o indirecto con partes activas de los materiales o equipos, con un adecuado aislamiento de partes energizadas, también garantizando distancias de seguridad y aplicando las medidas de protección clase A y B según las necesidades del proyecto (Laloux, 2003)

Debe también tener la capacidad de detectar fallas en el aislamiento, detectar fallas por contacto accidental de una persona en algún punto energizado, realizar apertura automática cuando la intensidad supere el umbral permitido, previamente calculado en el diseño de la estructura y montajes del proyecto. (Laloux, 2003)

4.6 Cables de potencia (RETIE)

Todos los cables de potencia utilizados en el circuito eléctrico que alimentará el dispositivo programable deberán cumplir con las especificaciones técnicas según RETIE la cual establece normatividad según la NTC2050, se deben utilizar cables de tipo AWG y el calibre será determinado según los cálculos del diseño del dispositivo, ver tabla 1.

El Ministerio de Minas y Energía por medio de la Resolución Número 18 0398 de 2004 de abril 7, expidió el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), que fija las condiciones técnicas que garanticen la seguridad en los procesos de Generación, Transmisión, Transformación, Distribución y Utilización de la energía eléctrica en la República de Colombia (CENTELSA, 2020).

Tabla 1. Código de colores para conductores AWG según NTC2050

SISTEMA	MONOFÁSICO		TRIFÁSICO				
			(Y) ESTRELLA	(Δ-)DELTA		(Δ)DELTA	
Tensión (V)	120	120/240	208/120	480/277	240/208/120	240	480
Fases	1	2	3	3	3	3	3
Neutro	1	1	1	1	1	N/A	N/A
Fases	Negro	Negro	Amarillo	Amarillo	Negro	Negro	Amarillo
		Rojo	Azul	Naranja	Naranja	Azul	Naranja
			Rojo	Café	Azul	Rojo	Café
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	Gris	Blanco	N/A	N/A
Tierra de Protección	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde	Desnudo o Verde
	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Tierra Aislada	Verde amarillo	Verde amarillo	Verde amarillo	N/A	Verde amarillo	N/A	N/A

Fuente: Autores

4.7 Fuentes DC variables

El Proyecto requiere una fuente de corriente continua que, además de transformar la alimentación de tensión de AC (corriente alterna) en DC (corriente continua) permite derivar diferentes niveles de tensión en DC apropiados para los diferentes tipos de pruebas (ECURED, 2019)

Esta fuente debe contener salidas que permitan la conexión del cableado utilizado en los laboratorios de la Institución Universitaria Pascual Bravo, con conectores estándar para fácil manejo e interacción con los estudiantes que requieran de su utilización.

4.8 Aparatos eléctricos y electrónicos

Un aparato eléctrico está formado por una fuente de alimentación que le proporciona energía, cables y otros elementos como bobinas, imanes, motores. Funcionan transformando, ampliando, reduciendo o interrumpiendo la corriente eléctrica que suministra la fuente de alimentación.

Un aparato electrónico, incluye además de los elementos de un aparato eléctrico otros como diodos, transistores, chips, procesadores. Los cuales controlan y aprovechan las señales eléctricas.

4.9 Aparatos eléctricos tipo *standby* de mayor consumo

Según la agencia internacional de la energía los aparatos en modo de espera consumen 1,6 kW que representa el 5% y 10 % del consumo del hogar. El laboratorio Lawrence Berkely del Departamento de energía de EE.UU evaluó el consumo promedio en vatios (W) de un número de modelos y determinó cuáles son los aparatos que más consumen en modo *stanby* o modo de espera (Funatic, 2021)

4.10 Potencial de ahorro en modo espera

La suposición básica acerca del patrón de consumo en modo de espera es que se produce en forma ininterrumpida durante las 24 horas del día los 365 días del año, no existiendo modificaciones horarias ni estacionales en su demanda. Por lo tanto, las hipótesis de partida son la cantidad de residencias, su tasa de crecimiento en el futuro, la cantidad de aparatos por hogar en los años base y horizonte, la potencia equivalente de cada uno y su evolución en el futuro a partir de las políticas a adoptar fundamentalmente implementando estándares de desempeño mínimo.

A pesar de que en algunos casos los equipos funcionan en *standby* sólo durante algunas horas del día y otros en forma continua, dado que son pocos los equipos que lo hacen en forma interrumpida, se supone una curva de carga plana a lo largo del día, y del año, que surge de calcular la potencia equivalente media de la energía consumida. La expresión que permite este cálculo para cada uno de los años es:

$$P_e = \frac{\sum \text{Energía anual}_i}{8.760[h]} [W]$$

Dónde: P_e , potencia equivalente en modo de espera; Energía anual, energía total consumida por año por tipo de aparato; i , tipo aparato y; 8.760, cantidad de horas al año.

Los estudios, realizados con dos años de diferencia, tienen períodos de análisis distintos. El de la FVSA/WWF (2005) considera el periodo de análisis los años 2006-2020 mientras que el de la SE (2007), 2008-2025. Ambos estudios coincidieron en suponer un consumo promedio por aparato de 5W y una cantidad de aparatos promedio por hogar en el año base de 5 aparatos lo que implica una demanda de 25W, con una vida media de 10 años, y de 9 aparatos en el año horizonte, alcanzando los 45W para ese año, ver figura 5.

Estas suposiciones determinan un consumo promedio por residencia de los aparatos en modo de espera de 219 kWh/año en los años base 2005 y 2008 respectivamente y de 394 kWh/año en los años horizonte 2020 y 2025 respectivamente. La evolución en los años intermedios fue lineal en el escenario de FVSA/WWF y ajustada en función del crecimiento del número de residencias y del PBI/cápita en el caso de la cantidad de aparatos por residencia, ver tabla 2.

Tabla 2. Distribución del consumo de energía en *standby* por tipo de equipo

ARTEFACTO	%
Televisor	26,7
Equipo de sonido	21,3
PC (CPU+Monitor+Sonido+Impresora+Modem)	20,7
Videocasetera+DVD	12,1
Fax+Teléfono	5,4
Decodificador TV	3,5
Microondas	2,7
Aire acondicionado	2,1
Otros	5,5

Fuente: (DEPARTAMENTO DE ELECTROTECNIA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, 2010)

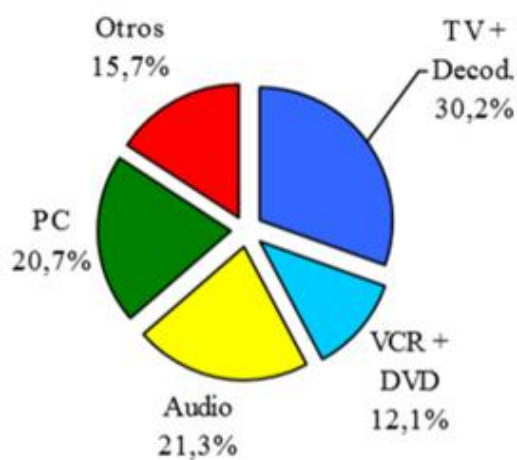


Figura 5. Distribución del consumo de energía en *standby* por tipo de equipo

Fuente: (DEPARTAMENTO DE ELECTROTECNIA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, 2010)

4.11 Parámetros para calcular el costo del consumo de energía eléctrica

Para el cálculo del valor en pesos del consumo de energía eléctrica con el dispositivo programable se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

- **Estrato socio-económico**

Los subsidios designados por la CREG se tendrán en cuenta ya que los porcentajes varían y esto incide en el valor del kWh como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Subsidios por estrato socio-económico

ESTRATO	PORCENTAJE %
1	0,50 (Subsidios del 50%)
2	0,60 (Subsidios del 40%)
3	0,85 (Subsidios del 15%)
4	1,0 (Sin subsidio ni contribución)
5	1,2 (Contribuciones del 20%)
6	1,2 (Contribuciones del 20%)

Fuente: extraído de https://www.dane.gov.co/files/geoestadistica/Estratificacion_en_SPD.pdf

- **Ciclos de lectura**

Los ciclos de lectura están definidos por el operador de red, en el caso de Antioquía el operador de red EPM tiene definidos varios ciclos, los cuales definen las fechas de corte para la lectura y facturación de los consumos de energía eléctrica. Estos son necesarios para definir el inicio y fin de consumos en el mes y poder establecer los días de consumo del servicio en el momento deseado por el usuario.

- **Altura sobre el nivel del mar**

La altura sobre el nivel del mar donde se vaya a instalar el dispositivo programable, es necesaria para saber cuántos kWh se cobran por parte del operador de red a tarifa plena o con subsidio, ya que en zonas de menos de 1000 msnm el subsidio cubre hasta 170 kWh mientras que en ciudades ubicadas a más de 1000 msnm el subsidio será de 130 kWh y de ahí en adelante el costo del kWh se paga a tarifa plena, lo que quiere decir que no tiene derecho a subsidio.

- **Precio del kWh (kilovatio hora)**

El valor del kWh varía cada mes y depende de algunos ítems definidos por la CREG, son publicados cada mes por los operadores de red en las diferentes plataformas, este valor es primordial ya que es la base para calcular los costos de los consumos de energía eléctrica en cualquier instalación eléctrica.

Teniendo en cuenta todos los parámetros y las variables medidas por el dispositivo programable como son: voltaje, corriente y potencia, se obtendrán los resultados esperados en la medición y visualización de los consumos de energía eléctrica.

4.12 Costeo de materiales

El costo final de un producto se obtiene de la suma de valores de los materiales consumidos, los salarios de la mano de obra y los costos indirectos durante la fabricación. Los costos indirectos requieren una atención adicional para no afectar a los costos directos y para evaluar decisiones gerenciales (Arias Montoya, Portilla de Arias, & Fernandez Henao, 2010). Las metodologías más comunes para obtener el costo de un producto son:

Costo por órdenes de producción: Conocido como sistema por lotes, los costos se acumulan por cada orden de producción por separado y los valores unitarios es la división de los totales.

Costos por procesos: Es para producción en línea, los costos se acumularon durante un periodo determinado. El costo unitario se identifica dividiendo el costo total por la cantidad de unidades obtenidas en un periodo de tiempo.

Costos ABC: Está basado en actividades, analiza el costo y la realización de actividades. En los costos indirectos de fábrica es importante identificar:

Materiales indirectos: Los cuales hacen parte del producto, pero su costo es muy bajo para definirlo como un costo por unidad de material.

Mano de obra indirecta: Se entienden como los parafiscales, salarios; son los costos asociados al personal entendido como la mano de obra.

Materiales de fábrica: Estos son los insumos que no son parte del producto final, pero son necesarios para su fabricación, como aceites, grasas, papelería, combustibles y jabones.

Consumo de fábrica: Arriendos, servicios públicos, internet.

5 Metodología

5.1 Tipo de proyecto

Investigación aplicada sobre los conocimientos teóricos y prácticos, para la solución de un problema concreto, adquiridos en el plan de estudio de la Ingeniería eléctrica como:

Circuitos I, II y III

Automatización I y II

Física de campos

Electromagnetismo

Sistemas de potencia

Energías Alternativas

Generación

Instalaciones eléctricas e iluminación

Internet de las cosas

Circuitos lógicos

Instrumentación industrial

Uso racional de la energía

Complementando con investigación descriptiva y documental.

5.2 Método

Diseñar el módulo: Para este fin se debe tomar medidas del espacio de instalación, verificar el ambiente y condiciones de humedad, así como de los elementos funcionales del dispositivo programable.

Seleccionar los materiales y componentes: Al tener el diseño se realiza un despiece, sacando las cantidades de material. En esta actividad es importante la escogencia correcta de tipo de materiales para evitar la corrosión y garantizar una vida útil prolongada.

Construir el módulo: Con el diseño y los materiales correspondientes se procede a la construcción del módulo.

Diseñar sistema de alimentación eléctrica: Definidos los espacios de instalación, espacios de los elementos del módulo, así como la potencia nominal requerida para su funcionamiento y apoyados en las normas eléctricas colombianas como el RETIE y NTC 2050, se diseña el sistema de alimentación que garantice su óptimo funcionamiento.

Seleccionar los materiales y componentes: Con el diseño del sistema de alimentación eléctrica se puede obtener el listado de materiales y en este caso verificando que los materiales que se escojan estén certificados.

Construir el sistema de alimentación: En la construcción debe aplicarse los conocimientos prácticos obtenidos en la formación académica y las normas eléctricas vigentes, propendiendo siempre por la seguridad y óptimo funcionamiento.

Realizar el diseño e implementación de la App para celulares: apoyado en tecnologías libres y enfocado a sistemas operativos comunes como el Android.

Creación de la página Web: apoyado en aplicaciones libres y que sea compatible con sistema operativos comúnmente usados.

6. Resultados del Proyecto

Se diseñará y construirá un dispositivo programable cumpliendo normas vigentes, cuyo objetivo será que, implantado en una instalación eléctrica interna de uso residencial o comercial, permita a través de la medición de variables eléctricas como corriente, voltaje y potencia realizar la gestión del Uso Racional de la Energía de acuerdo a las necesidades del usuario. Se divide en tres actividades principales: el diseño, construcción e instalación.

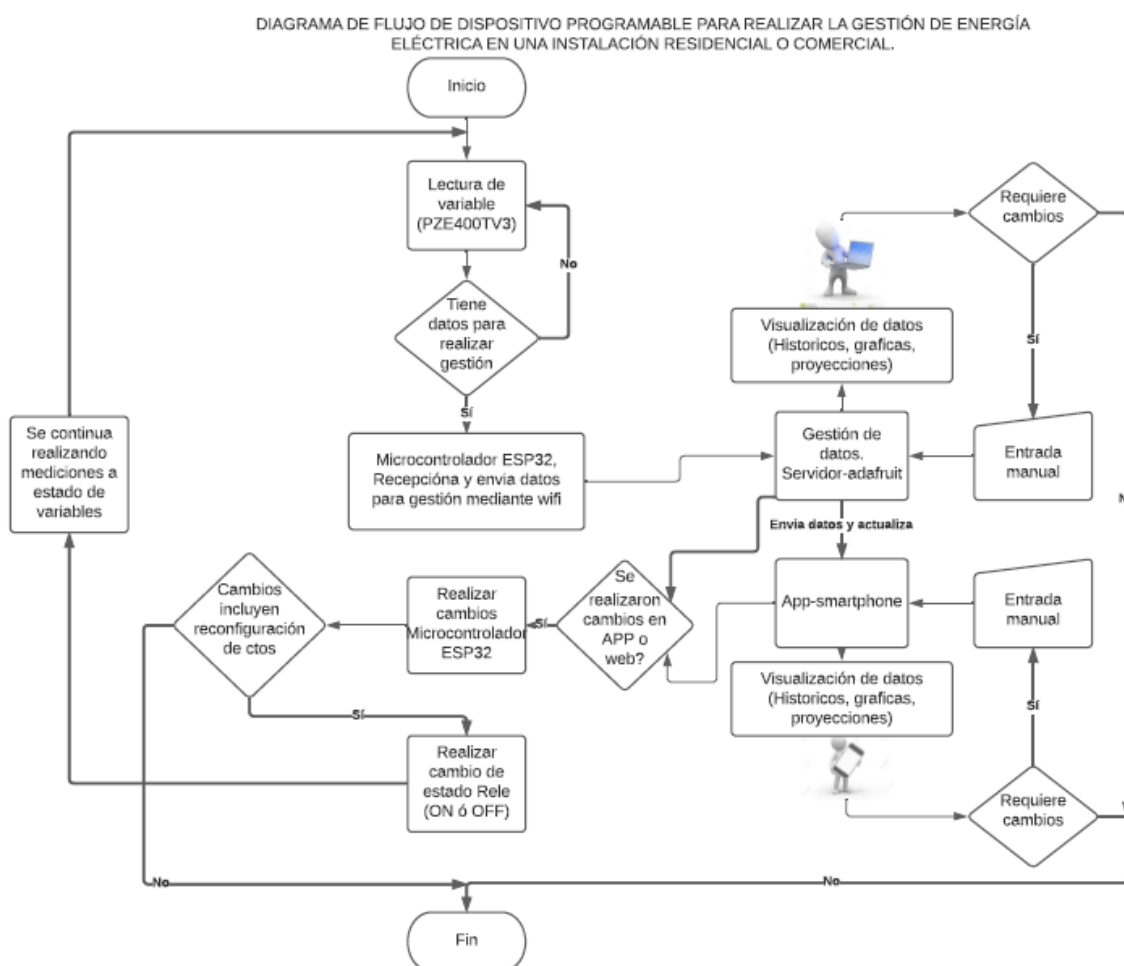


Figura 6. Diagrama de flujo dispositivo programable URE.

Fuente: Autores

6.1 Diseño

Para el diseño es de gran importancia seguir los lineamientos de la normatividad vigente en Colombia, cumpliendo normas vigentes en la parte eléctrica como la NTC-2050 y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), Además de tener en cuenta la teoría anteriormente citada.

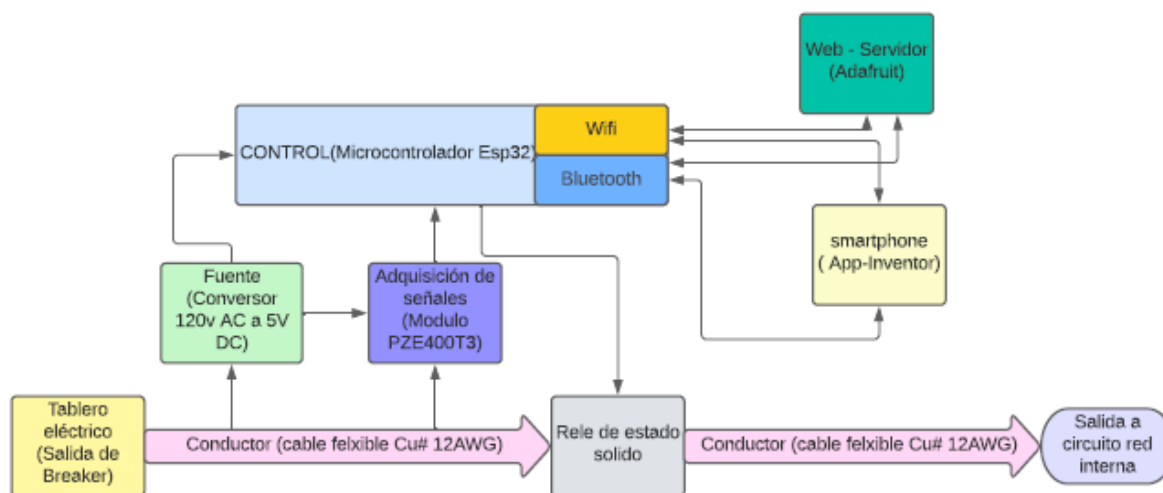


Figura 7. Diagrama de bloques de dispositivo programable para realizar la gestión de energía eléctrica en una instalación residencial o comercial.

Fuente: Autores

6.2 Construcción

En la construcción se dividirá en varias partes control (sensores, analizador, interfaz) y potencia (cables de conexión y relé de desconexión).Energías Alternativas

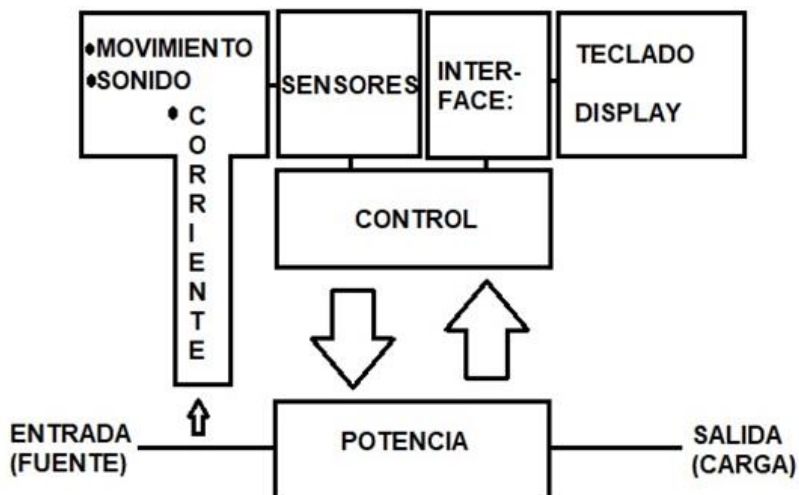


Figura 8. Esquema de dispositivo programable

Fuente: Autores

La instalación se realizará lo más cerca posible al tablero principal de la instalación eléctrica interna ya sea residencial o comercial, y para la programación del mismo se debe realizar el estudio de la configuración para identificar cuáles circuitos concentran la carga de aparatos electrónicos tipo modo de espera o *standby*.

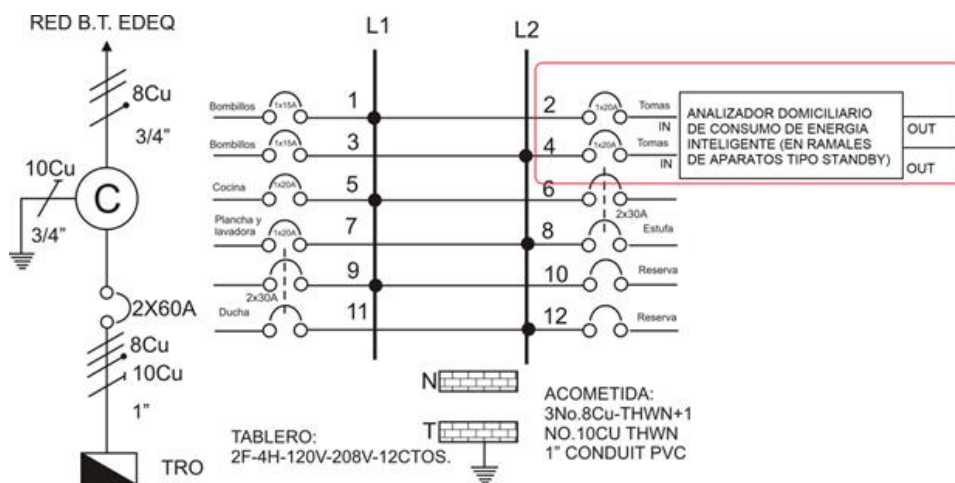


Figura 9. Esquema de instalación dispositivo programable

Fuente: Autores

6.3 Módulo PZEM-004T

Módulo de monitoreo PZEM-004T permite medir el voltaje RMS, corriente RMS, potencia activa y energía tomada de una red monofásica de 110 / 220V de las diferentes cargas que encontramos en una instalación eléctrica residencial o comercial, esta información se puede llevar a un microcontrolador o a un módulo wifi ESP para enviarla a internet, ver figuras 10, 11 y 12.

El módulo PZEM no tiene función de visualización, su interfaz es de tipo TTL.

Características (Gurú)



Figura 10. Módulo PZEM-004T

Fuente: Registro fotográfico autores



Figura 11. Diagrama de conexión del módulo PZEM 004t

Fuente: Extraído de <https://manuals.plus/innovatorsguru/ac-communication-module-pzem-004t-v3-0-manual.pdf>

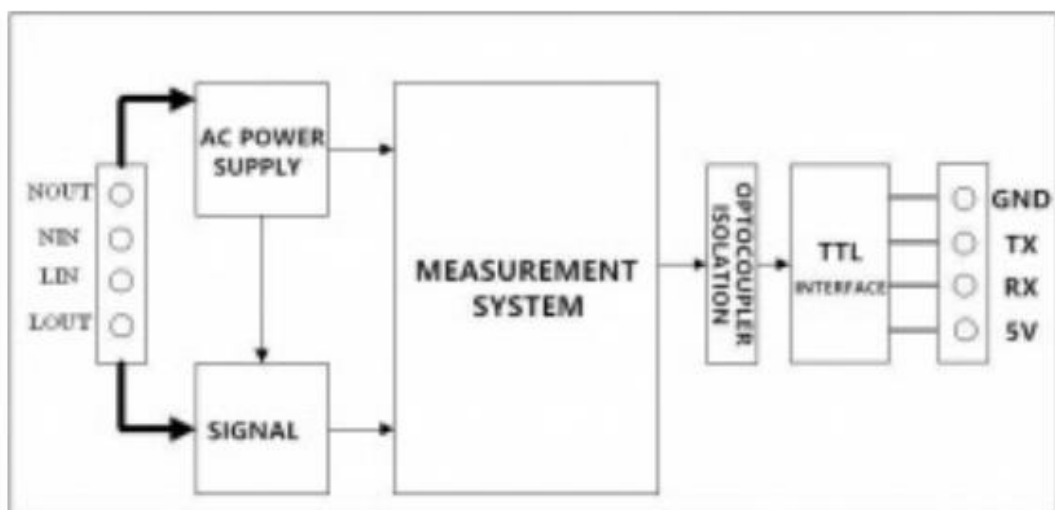


Figura 12. Diagrama de bloques módulo PZEM

Fuente: Extraído de <https://manuals.plus/innovatorsguru/ac-communication-module-pzem-004t-v3-0-manual.pdf>

6.4 Módulo wifi ESP32

Placa de desarrollo Wifi y Bluetooth basada en el módulo ESP32. Con pines de conexión I/O, conector USB y antena PCB, ver figuras 13 y 14.

Características:

Chip: ESP32-WROVER-B

Voltaje de funcionamiento: 5V

Con chip USB a UART

Puerto micro USB

Con antena on-board

Alimentación vía USB o por pines (3.3V-5V) (Use solo una de las opciones)

Dimensiones: 28x54.4mm (con la antena)

Características (ALLDATASHEET.COM, 2019)



Figura 13. Módulo ESP32

Fuente: Registro fotográfico autores

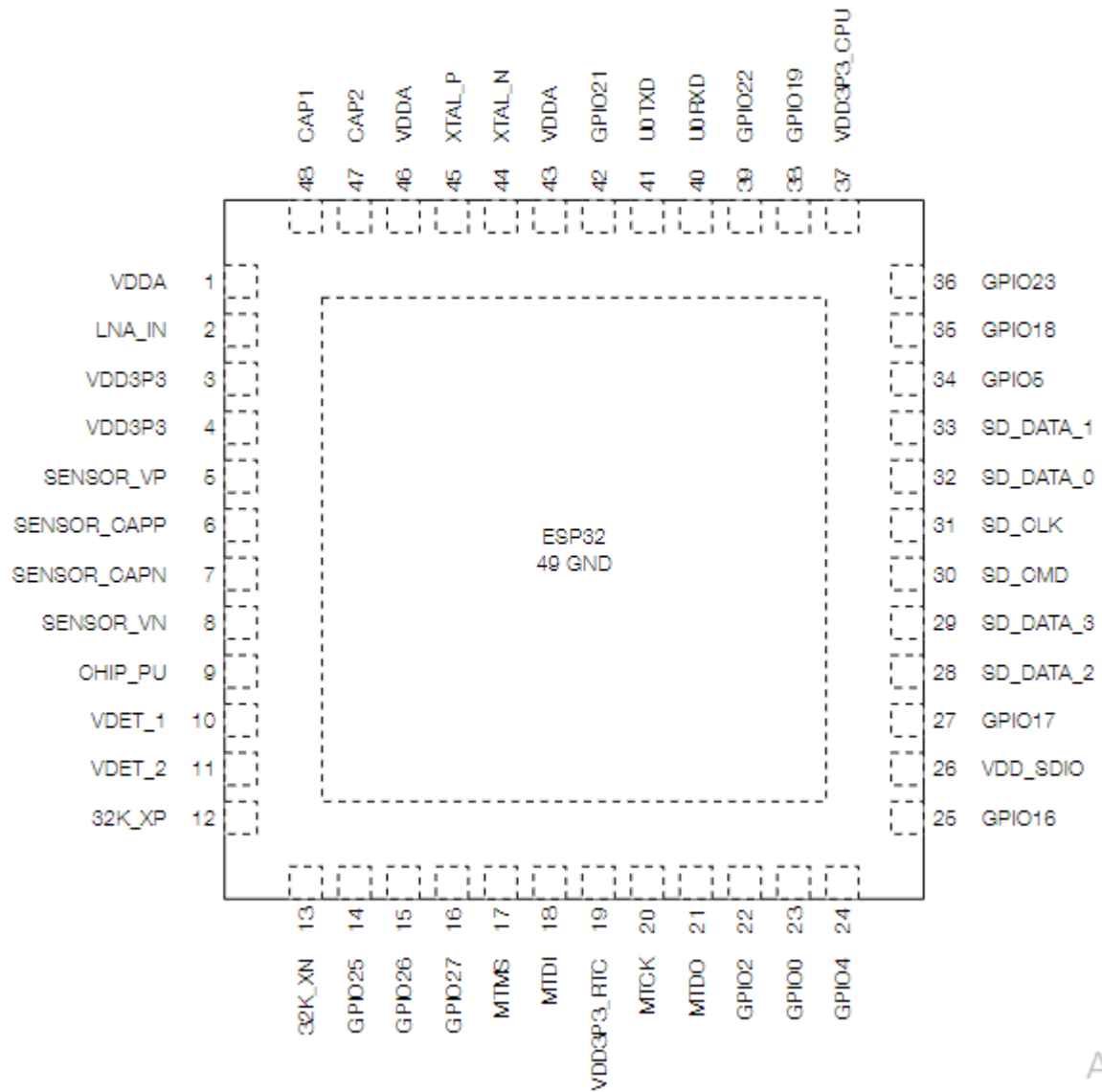


Figura 14. Diagrama módulo ESP32

Fuente: Extraído de: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1148023/ESPRESSIF/ESP32.html>



Figura 15. Cable de conexión de módulos

Fuente: Registro fotográfico autores

6.5 Relé de estado sólido

Relé utilizado para procesos de automatización en instalaciones residenciales e industrial, permite controlar la conexión y desconexión de cargas, ver figura 16.

Especificaciones:

Modelo: BRM-25DA.

Voltaje de entrada: 3-32 VDC.

Carga: 24 – 480 VAC.

Corriente: 25 A.

Peso aproximado: 82 g.

Características (I+D Electrónica, s.f.)



Figura 16. Relé de estado sólido
Fuente: Registro fotográfico autores

6.7 Prototipo dispositivo URE

Teniendo claro el funcionamiento de cada uno de los elementos y su conexión, se alojan en una caja plástica los módulos PZEM, ESP y los Relés, por medio de estos tres elementos se medirán las variables eléctricas de cada uno de los circuitos de la instalación, para el caso del prototipo tendrá la capacidad de gestionar 5 circuitos, se subirán los datos a internet y se almacenarán en una nube, allí se creará una base de datos con la cual se podrán realizar los diferentes cálculos para obtener los resultados esperados, ver figura 17.



Figura 17. Prototipo dispositivo URE
Fuente: Registro fotográfico autores

6.8 Conexión de cargas

Para las pruebas del dispositivo URE se requiere realizar la conexión de diferentes tipos de cargas, se dejan habilitadas por la parte exterior de la caja plástica 5 toma corrientes que servirán de punto de conexión de cualquier equipo que se pueda alimentar a 120v AC, así se podrán registrar los consumos para la obtención de la base de datos y su respectiva gestión energética, ver figura 18.



Figura 18. Conexión de cargas al dispositivo URE

Fuente: Registro fotográfico autores

6.9 Almacenamiento de datos

Para el almacenamiento de datos se utilizó la plataforma Ubidots, es una plataforma con posibilidad de prueba gratuita de un mes en la cual podemos almacenar alrededor de 4 mil datos por hora de nuestro Dispositivo URE y hasta 20 mil datos por día, suficientes para realizar pruebas y obtener los resultados trazados.

Esta plataforma nos permite subir la información y crear una base de datos con la cual podremos realizar la gestión energética de cualquier instalación eléctrica residencial o comercial.

Ubidots permite enviar datos a la nube, nos ofrece visualizar las diferentes variables eléctricas mediante tableros que registran las mediciones realizadas y nos entrega a través de herramientas como mapas y gráficas los resultados obtenidos en tiempo real.

6.10 Ubidots

La visualización de la plataforma nos brinda claridad de la gestión realizada con el dispositivo, además de ser de fácil manejo y entendimiento, ver figura 19.

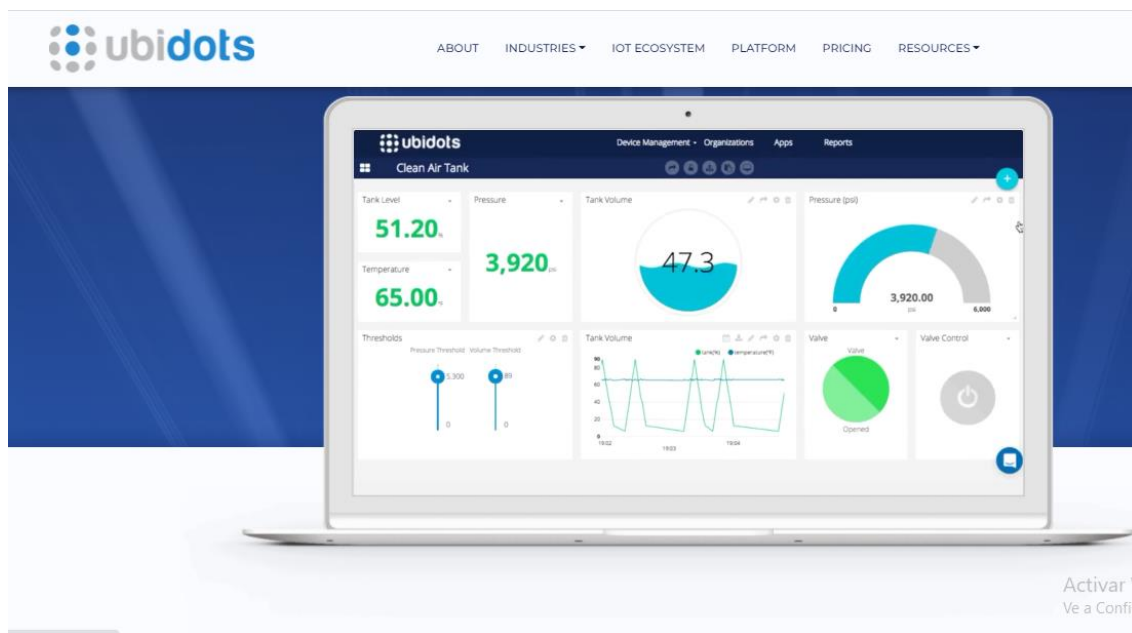


Figura 19. Visualización plataforma Ubidots

Fuente: Extraído de: <https://ubidots.com/>

6.11 Proceso de almacenamiento de datos

Después de realizadas las pruebas pertinentes y solucionados algunos problemas de conexión de los módulos, se creó una cuenta gratuita para estudiantes en la plataforma Ubidots y se inicia el proceso de interacción con la nube para crear la base de datos, a partir del registro de variables eléctricas conectando cargas al dispositivo URE, ver figura 20.

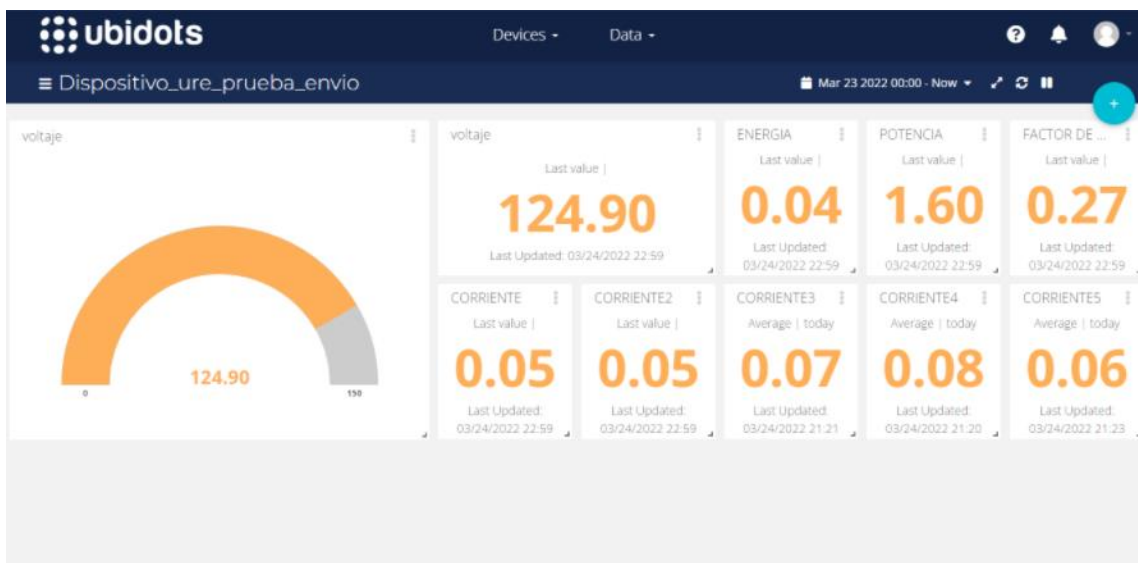


Figura 20. Lectura de variables eléctricas en Ubidots

Fuente: Extraído de: stem.ubidots.com/app/dashboards/623b3de812af48698652e27a/

De esta manera podemos visualizar en Ubidots las variables en tiempo real y continuar las pruebas necesarias para obtener los resultados esperados, cada uno de los circuitos debe ser renombrado y configurado para que la plataforma registre los datos de la manera adecuada, ver figuras 21, 22 y 23.

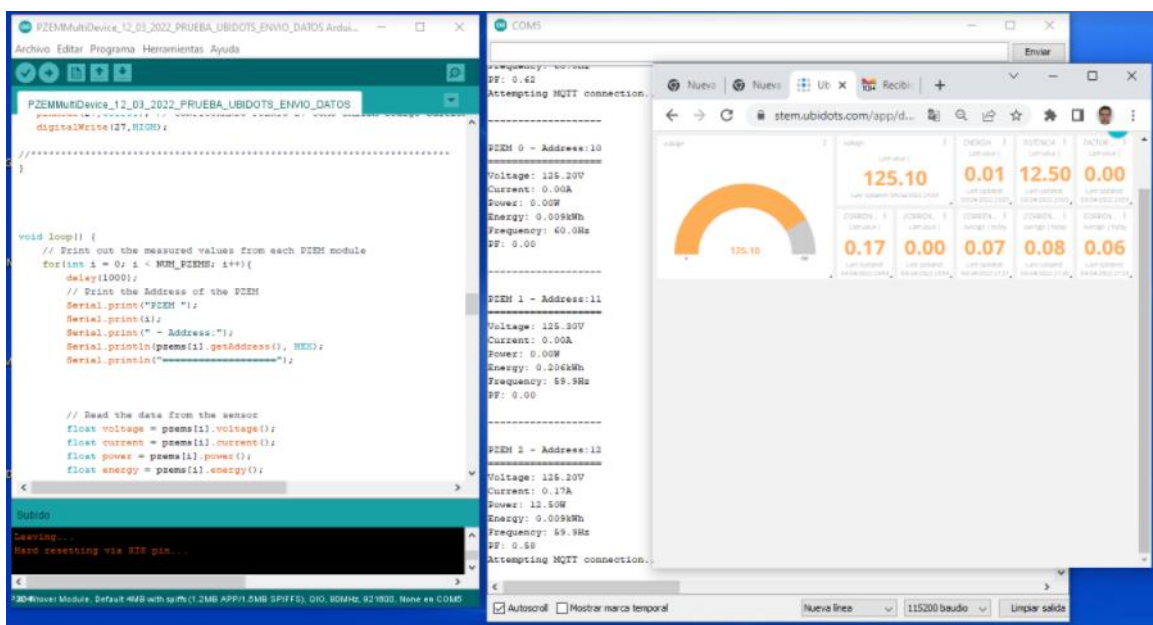


Figura 21. Pruebas de interfaz PZME y Ubidots

Fuente: Registro fotográfico autores



Figura 22. Pruebas en plataforma Ubidots

Fuente: Registro fotográfico autores

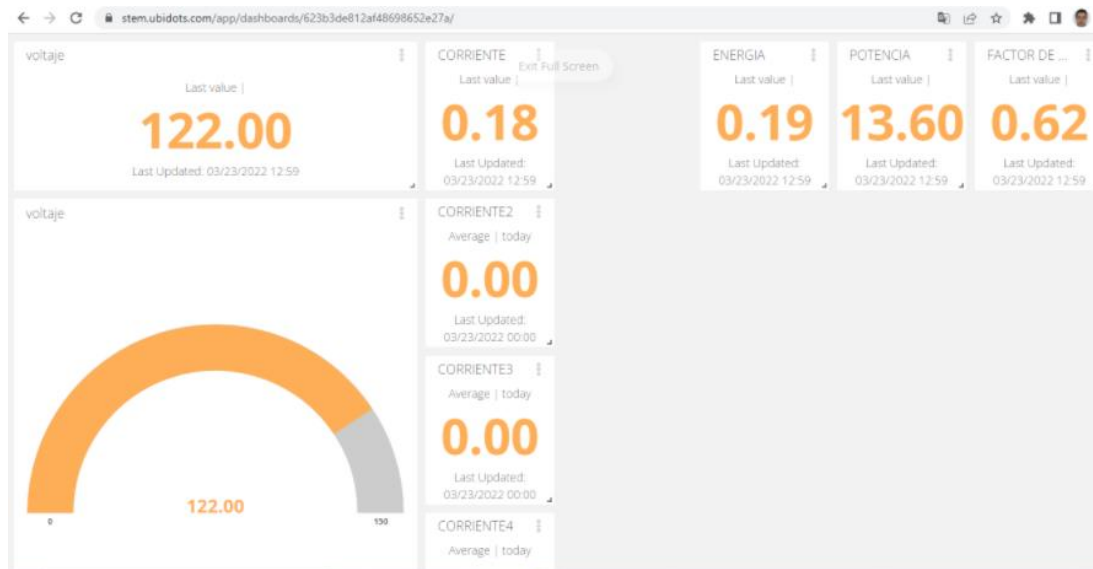


Figura 23. Tablero y mediciones plataforma Ubidots

Fuente: Extraído de: stem.ubidots.com/app/dashboards/623b3de812af48698652e27a/

7. App Inventor

Para el desarrollo e interfaz del dispositivo, se creó una aplicación por medio de la cual se tendrá acceso al dispositivo y se podrá gestionar la instalación, se realizarán acciones como conexión y desconexión de circuitos y verificación de consumos de energía eléctrica con su respectivo valor en pesos.

La App se llama “Dispositivo URE” y se puede descargar en cualquier dispositivo Android desde la página principal por medio de un código QR generado, ver figura 24.

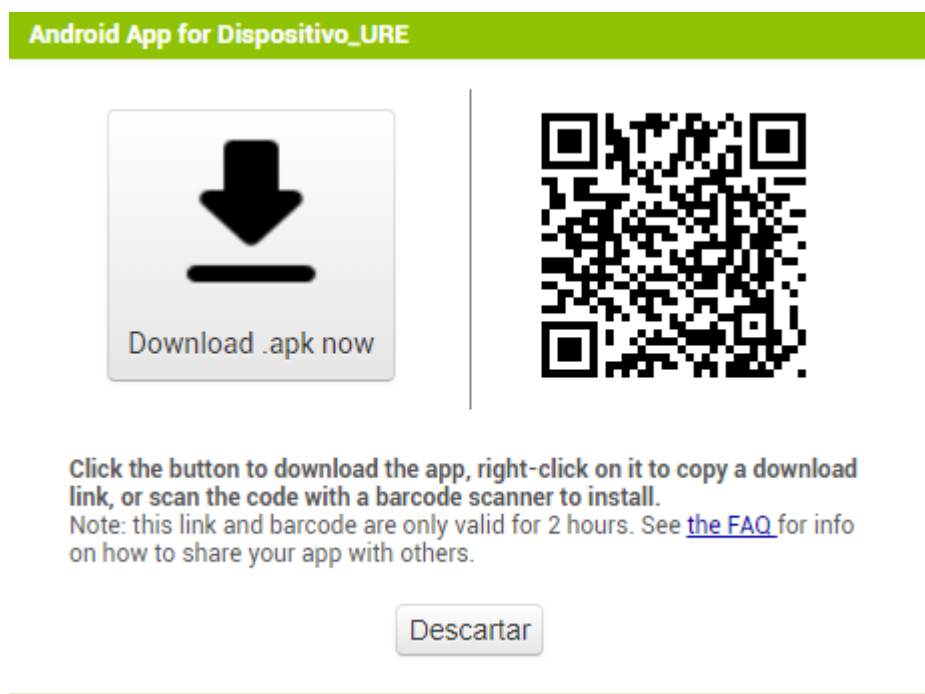


Figura 24. Código QR para descargar la App “Dispositivo URE”

Fuente: Extraído de: http://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES#5785023772229632

Ya con el código generado se procede a instalar en el dispositivo Android y posteriormente se vincula al Dispositivo URE por medio de conexión bluetooth y de esta manera se podrá acceder a la gestión energética requerida en la instalación residencial o comercial.

En la página de la App Inventor se puede realizar cualquier modificación o mejora al programa desarrollado por medio de lenguaje de bloques, de esta manera se realizarán mantenimientos a la aplicación para agregar o mejorar funcionalidades, ver figura 25.

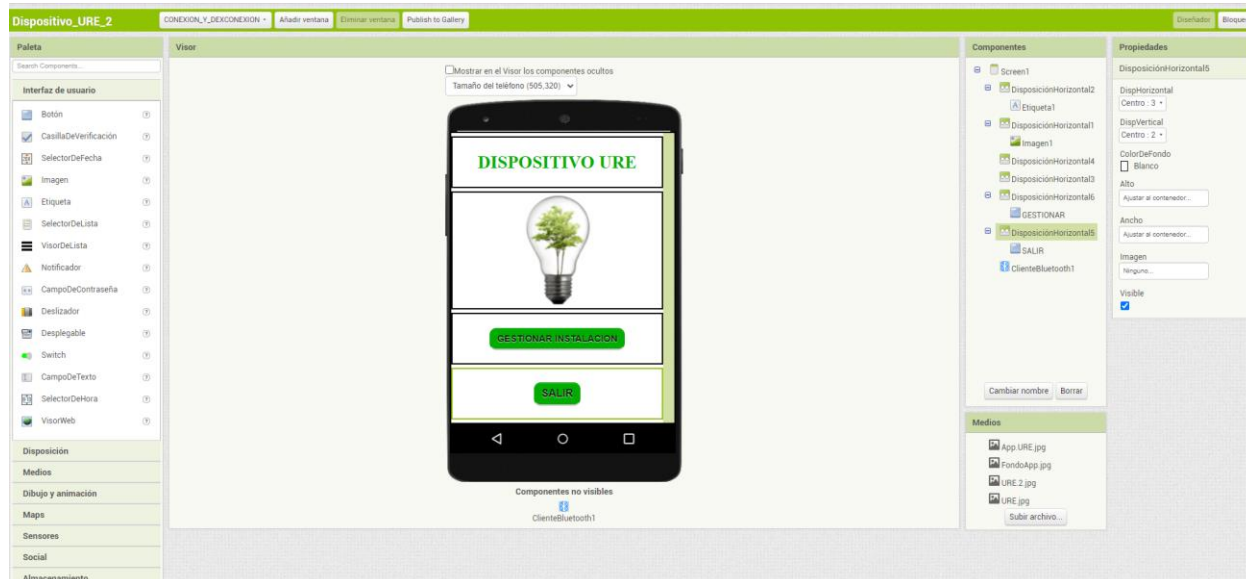


Figura 25. Visualización de la página de App Inventor

Fuente: Extraído de: http://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES#5785023772229632

Al ingresar a la App podremos visualizar los diferentes screen, los cuales nos permiten navegar de una forma muy fácil ingresando a cada uno de los botones para conocer sus funcionalidades.

7.1 Navegación en la App en un dispositivo Android

Desde la página principal de la App en nuestro dispositivo Android, podemos ingresar al screen “Valores” desde donde tendremos ingreso a diferentes páginas tales como:

7.1.1 Configuración Parámetros: Desde allí definiremos el estrato socio-económico y la zona de ubicación de nuestra instalación, luego nos llevará al screen “Consumos” para obtener el valor en pesos de los watsios consumidos, ver figura 26.

7.1.2 Verificar consumos: En este screen podremos verificar el valor en pesos de los consumos actuales, ingresando el valor de los watos consumidos y teniendo en cuenta el costo total del kWh para el mes en curso (definido por la CREG). Tenemos 2 botones uno que nos permitirá ingresar directamente a la página del operador de red (EPM) para validar el costo del kWh y otro para validar el consumo de energía en Ubidots, ver figura 27.

7.1.3 Conectar o desconectar circuitos: Podremos elegir desde este screen si cambiamos de estado un circuito y lo sacamos de operación momentáneamente, además tendremos acceso al dispositivo URE desde la página de Ubidots y la opción de programar nuestra App para que desconecte o conecte cargas a una hora determinada, ver figura 29.

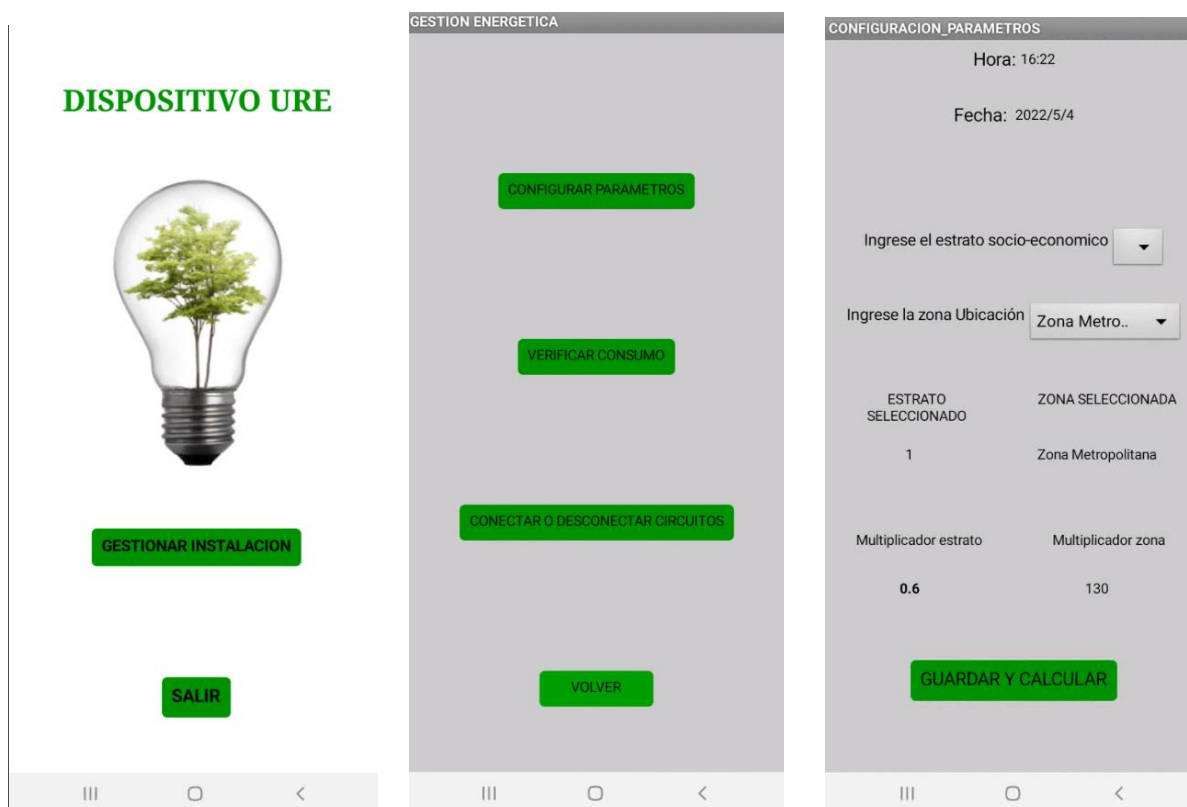


Figura 26. Visualización de los screen página principal, Valores y Configuración parámetros
Fuente: Registro fotográfico autores

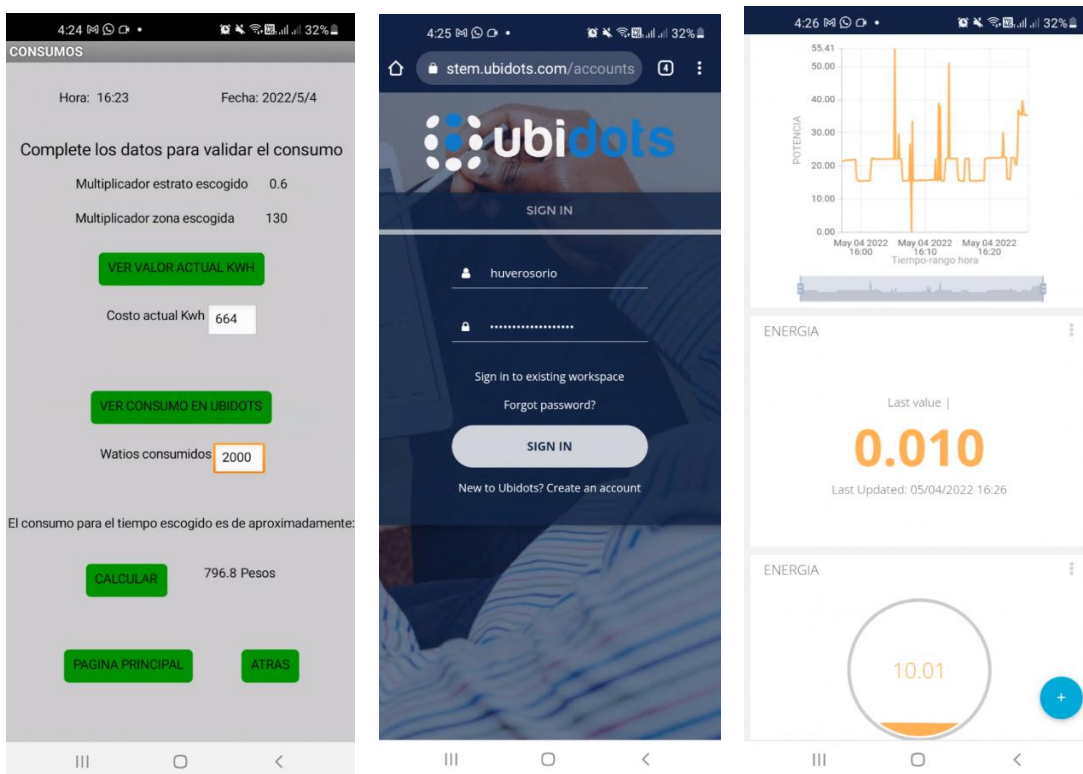


Figura 27. Visualización screen Consumos y visualización de plataforma Ubidots
Fuente: Registro fotográfico autores

7.2 Consumo de energía eléctrica en pesos

Después de haber ingresado los valores y tener los parámetros necesarios, podremos visualizar el costo del consumo de energía eléctrica en nuestra App, ver figura 28.

De esta manera gestionaremos oportunamente nuestra instalación y podremos definir si es necesario tomar acciones que nos permiten rebajar los consumos o si por el contrario hemos tenido un buen comportamiento y nuestro consumo está dentro de lo normal.

CONSUMOS

Hora: 16:23 Fecha: 2022/5/4

Complete los datos para validar el consumo

Multiplicador estrato escogido 0.6

Multiplicador zona escogida 130

VER VALOR ACTUAL KWH

Costo actual Kwh 664

VER CONSUMO EN UBIDOTS

Wattios consumidos 2000

El consumo para el tiempo escogido es de aproximadamente:

CALCULAR 796.8 Pesos

PAGINA PRINCIPAL ATRAS

Ingresar a la página y validar costo del Kwh del mes en curso

Ingresar a Ubidots y validar consumo en wattios de la instalación

Multiplicador subsidio según estrato

Multiplicador tope de subsidio según msnm

Valor actual Kwh

Valor del consumo en pesos

Figura 28. Valores para el cálculo del consumo de energía eléctrica prueba con 2000 wattios consumidos para estrato 1.

Fuente: Registro fotográfico Autores

7.3 Zona de ubicación geográfica

Se definieron 4 zonas geográficas para determinar el tope de kWh con aplicación de subsidio, esto va ligado al msnm para el caso de los estratos 1, 2 y 3 que son:

- 8 Zona Metropolitana y zona rural aplica subsidio hasta 130 kWh consumidos.
- 9 Zona bajo Cauca y zona Urabá aplica subsidio hasta 170 kWh consumidos.

7.4 Conexión y desconexión de circuitos

En este screen podremos gestionar los circuitos desconectando aquellos que no requerimos en un momento determinado, se pueden desconectar de manera independiente o utilizar la opción de desconexión global como se observa en la figura 30, en la cual solo quedará en estado conectado el circuito que alimenta la nevera y de esta manera evitar que se descompongan los alimentos.

La App nos permitirá la conexión vía Bluetooth a nuestro dispositivo de manera automática una vez estemos en nuestra instalación y se puede programar para que cuando no estemos cerca porque nos retiramos de la vivienda se puedan apagar circuitos automáticamente.

7.5 Gestión ahorro nocturno

En la gestión de ahorro nocturno tendremos la posibilidad de programar a qué hora queremos que nuestra App apague o conecte los circuitos a través del Dispositivo URE, de esta manera evitaremos que se quede conectada una carga innecesaria o riesgosa en nuestra instalación, retomando su disponibilidad en la mañana a la hora que definamos sea la más adecuada.

A medida se conozca la App y su interfaz con el Dispositivo URE, se podrá realizar una mejor gestión energética en la instalación en pro de mejorar los consumos y por ende obtener un ahorro económico que impacte de manera positiva la economía de los usuarios del servicio.

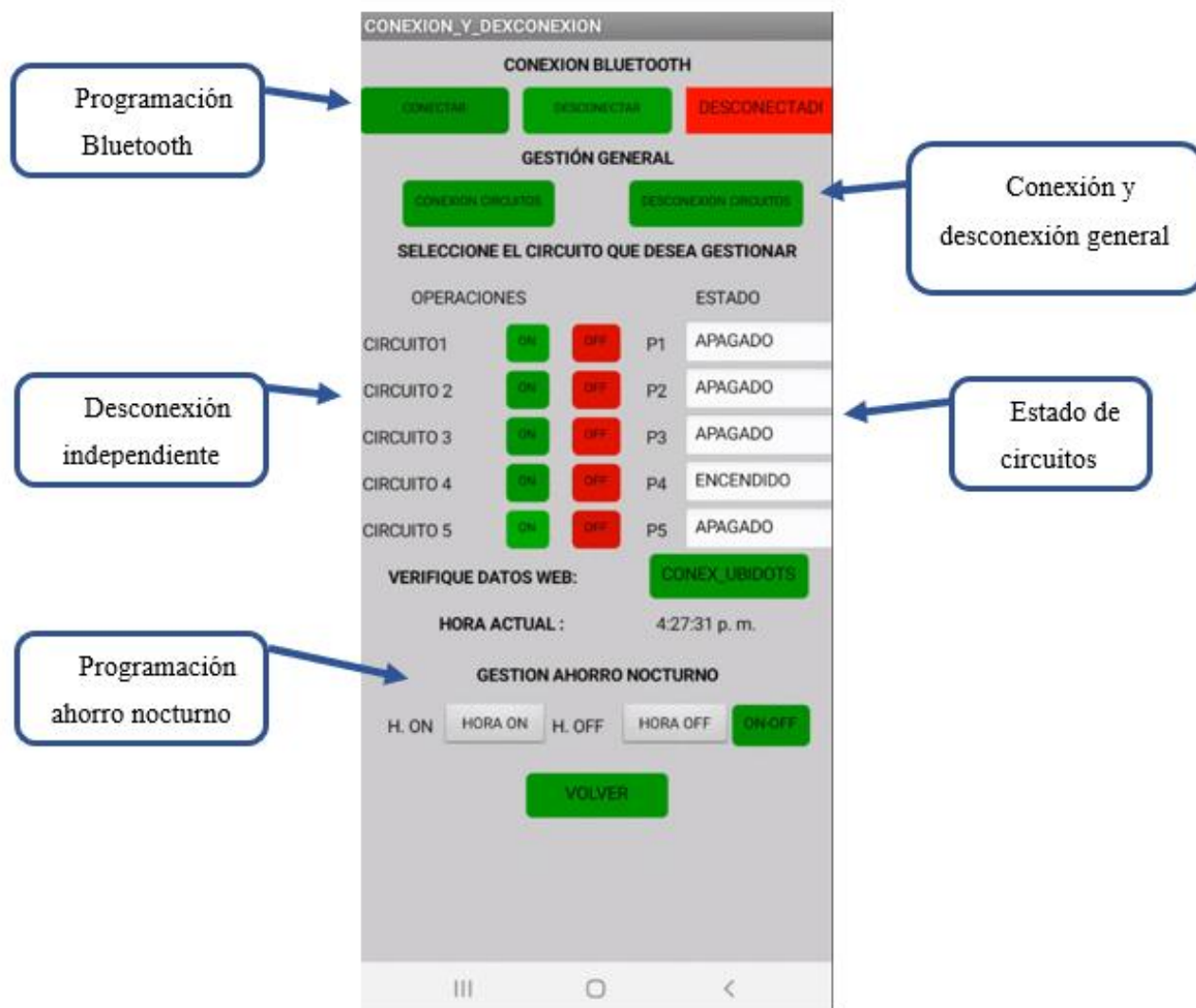


Figura 29. Screen para conexión y desconexión de circuitos
Fuente: Registro fotográfico autores

7.6 Lenguaje de programación App Inventor

La App Inventor utiliza para su programación el lenguaje “Diagrama de bloques de funciones”, por medio de este lenguaje se programó cada uno de los screen y sus funcionalidades gracias a que se contaba con el conocimiento suficiente para su desarrollo y la App permite una programación de manera didáctica y fácil manejo, ver figura 30.

Se creo una cuenta de estudiante con el correo institucional en la página de App inventor la cual es de forma gratuita y con la ayuda de tutoriales se familiariza el contenido y programación para lograr desarrollar la App y obtener un resultado satisfactorio que nos permitió la interacción con el Dispositivo URE.

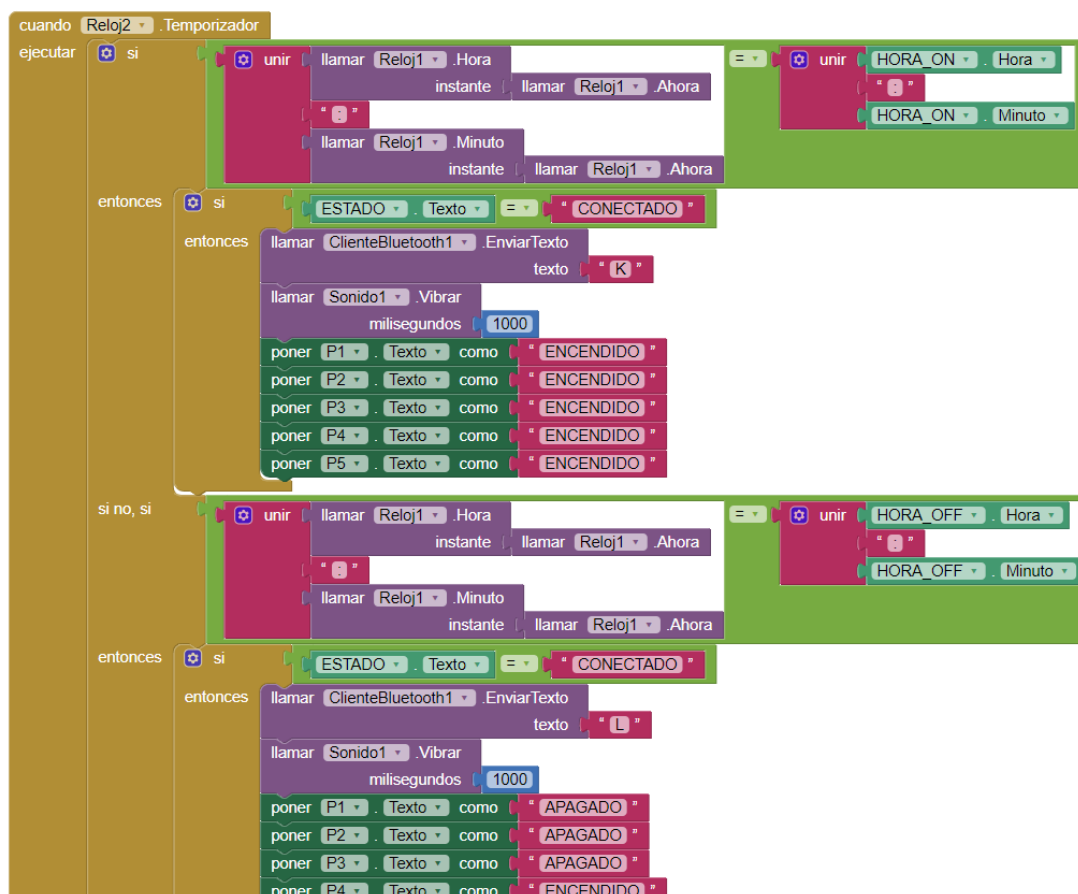


Figura 30. Diagrama de bloques App Inventor

Fuente: Registro fotográfico autores

7.7 Programación de App Inventor

Por medio de los diferentes módulos como: interfaz del usuario y bloques podemos acceder a las herramientas necesarias para realizar la programación de nuestra App tanto en la pantalla de “Diseño” que es la que nos permite la visualización de los screen, como la pantalla “Bloques” que nos permite desarrollar la programación mediante el lenguaje de bloques, ver figura 31.

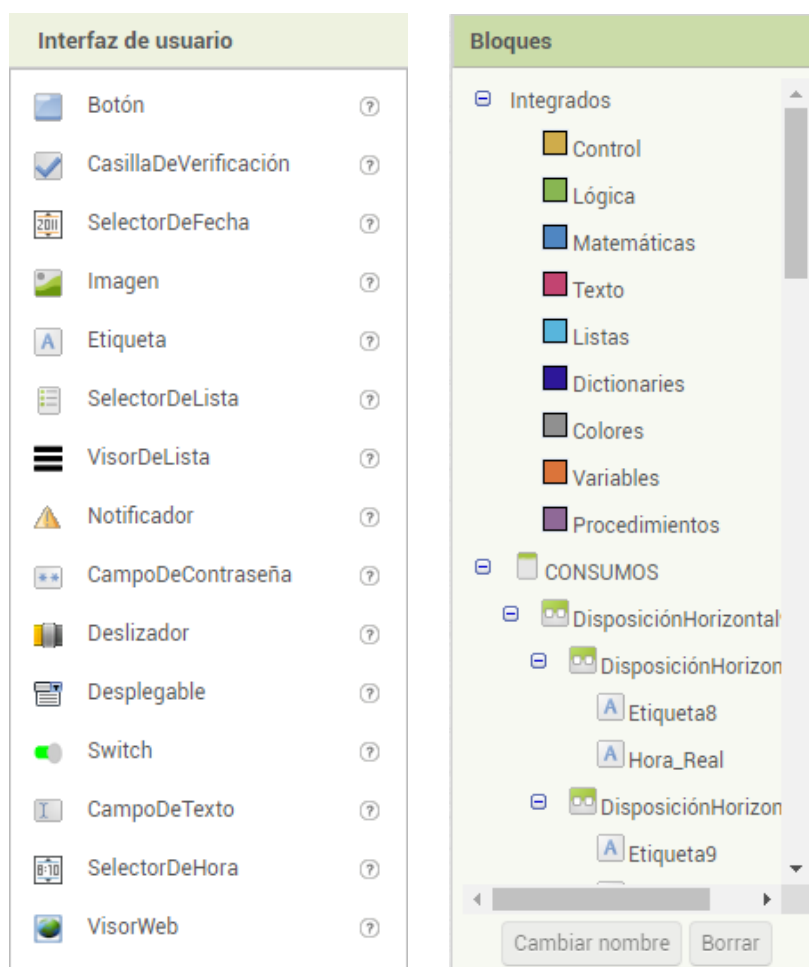


Figura 31. Módulos y herramientas de App Inventor
Fuente: Registro fotográfico autores

7.8 Resultados obtenidos de Ubidots en la App

A través de la App podemos visualizar la lectura de las diferentes variables ingresando desde el botón Ubidots que encontramos en los Screen “Consumos” y “Conexión y desconexión”, estas variables son leídas por el dispositivo y subidas a la base de datos de Ubidots como podemos ver en la figura 32.



Figura 32. Lectura de variables y resultados en Ubidots

Fuentes: Registro fotográfico autores

Con el Dispositivo URE se logró medir las variables, enviar la información a través del módulo ESP32 a la plataforma Ubidots donde se visualiza la información y por medio de la App desarrollada se realiza la gestión energética a diferentes cargas conectadas al dispositivo, obteniendo la información de consumo en días, horas o minutos logramos calcular en el Screen “Consumos” de la App, el valor de energía consumida en pesos.

Logramos también a través del Dispositivo URE controlar y gestionar la conexión y desconexión de circuitos desde la App, obteniendo un ahorro económico que mes a mes se verá reflejado en nuestra factura de servicios públicos.

Tanto el prototipo como la plataforma Ubidots y la App se logran sincronizar para obtener los resultados esperados en la gestión energética de cualquier instalación residencial o comercial.

8. Conclusiones

A pesar de encontrar varios inconvenientes en el desarrollo del prototipo y su funcionalidad, así como en el desarrollo de la plataforma y la App, asumimos el reto de indagar, conocer y encontrar la solución a cada uno de estos contratiempos.

Analizando los resultados encontramos que las cargas que no son utilizadas en una instalación y permanecen conectadas a la red eléctrica, suman de manera importante y logran aumentar significativamente el costo de la factura mensual de los servicios públicos, esto le da gran importancia a la gestión que se puede realizar a través del dispositivo URE en cualquier instalación residencial o comercial en la que se realice su adaptación.

Se evidencia que, al obtener el consumo de energía consumida con su valor en pesos, brinda al usuario del servicio más claridad en el entendimiento de la gestión de su instalación, ya que pocas personas poseen conocimientos de electricidad, por lo que identificar y leer variables solo ocasiona desinformación y conlleva a una mala interpretación de los resultados obtenidos.

9. Recomendaciones

Se deja claridad en que el Dispositivo URE es un prototipo y queda abierto a modificaciones y mejoras que permitan su evolución, para lograr un impacto importante en la gestión energética de una instalación determinada.

Teniendo presente que la aplicación de este prototipo se ejerce en el mercado Regulado, su aplicación e implantación aportarían de manera muy positiva las resoluciones CREG 015 y CREG 038 del sector eléctrico. Ya que los usuarios que pertenecen a este mercado sumarían de manera relevante en el Uso Racional de la Energía Eléctrica.

10. Referencias

- CARNERO ARROYO , M., & DE LA CRUZ , O. (10 de Mayo de 2017). *RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA*. Obtenido de RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA: https://www.academia.edu/33048343/RECTIFICADOR_DE_ONDA_COMPLETA
- ALLDATASHEET.COM. (2019). *Electronic Components Datasheet Search*. Obtenido de Electronic Components Datasheet Search: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1148023/ESPRESSIF/ESP32.html>
- Arias Montoya, L., Portilla de Arias, L. M., & Fernandez Henao, S. A. (08 de 2010). *Redalyc*. Obtenido de Redalyc: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249014.pdf>
- CENTElsa. (2020). *Cables para baja tensión*. Obtenido de Cables para baja tensión: <https://www.centelsa.com/productos/>
- Comesañas Costas, P. (2008). *blog google*. Obtenido de blog google: https://books.google.com.co/books?id=cjZIGSRXB6UC&pg=PA36&lpg=PA36&dq=amperímetros+voltímetros+y+tacómetros+que+son&source=bl&ots=Qusvs6QAYE&sig=ACfU3U1Odn0Q0V_JJmF3udn0W9msZBcNvg&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjt0_zlksbpAhWxTN8KHThuCYoQ6AEwEnoECAoQAQ#v=onepage&q=
- CREG. (2021). *Comisión de Regulación de Energía y Gas*. Obtenido de Comisión de Regulación de Energía y Gas: Comisión de Regulación de Energía y Gas
- DANE. (mayo de 2022). *Estratificación socioeconómica para servicios públicos domiciliarios*. Obtenido de Estratificación socioeconómica para servicios públicos domiciliarios: <https://www.dane.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/servicios-informacion/estratificacion-socioeconomica>
- ECURED. (2019). *Fuente de voltaje variable*. Obtenido de Fuente de voltaje variable: https://www.ecured.cu/Fuente_de_voltaje_variable_con_el_LM317T
- Funatic. (2021). *Cuáles son los 10 aparatos que más energía consumen cuando están apagados*. Obtenido de Cuáles son los 10 aparatos que más energía consumen cuando están apagados: <https://funnatic.es/es/b/blog/consejos-funnatic/p/cuales-son-los-10-aparatos-que-mas-energia-consumen-cuando-estan-apagados-96-4>

- Gurú, I. (s.f.). *Módulo de comunicación de CA PZEM-004T V3.0 Manual del usuario*. Obtenido de Módulo de comunicación de CA PZEM-004T V3.0 Manual del usuario:
<https://manuals.plus/es/innovatorsguru/ac-communication-module-pzem-004t-v3-0-manual>
- GUSSOW M.S, M. (s.f.). *FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD*. México: Schaun.
- I+D Electrónica. (s.f.). *Relé de estado sólido*. Obtenido de Relé de estado sólido:
<https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/elementos-electromecanicos/relays-1/estado-solido/rel%C3%A9-de-estado-s%C3%B3lido-brm-25da-rel%C3%A9s-relays-relevos-relevadores-de-estado-s%C3%B3lido-optoacopladores-dimmer-de-25a-berm-detail>
- Laloux, D. (2003). *Fundamentos de Tecnología Eléctrica*. Obtenido de Fundamentos de Tecnología Eléctrica:
[http://dfs.uib.es/GTE/education/industrial/con_maq_electriques/teoria/Transparencias%20\(Univ.%20Pontificia%20Comillas\)/Protec.pdf](http://dfs.uib.es/GTE/education/industrial/con_maq_electriques/teoria/Transparencias%20(Univ.%20Pontificia%20Comillas)/Protec.pdf)
- Ministerio de Minas y Energía. (2021). *Plan de Acción Indicativo 2022 – 2030 para el desarrollo del*. Obtenido de Plan de Acción Indicativo 2022 – 2030 para el desarrollo del:
<https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24329857/Resoluci%C3%B3n+adopc%C3%B3n+PROURE++consulta.pdf>
- Molloy, D. (2019). *Raspberry Pi® a fondo para desarrolladores*. Dublín: Marcombo. Obtenido de Raspberry Pi® a fondo para desarrolladores.
- OLADE. (2021). *Uso Racional de la Energía*. Obtenido de Uso Racional de la Energía:
<https://www.olade.org/paises-miembros/colombia/>
- Peréz, M. (2018). *TERMINALES PROGRAMABLES*. Obtenido de TERMINALES PROGRAMABLES:
<http://www.etitudela.com/celula/downloads/apuntesdeprogramaciondelant.pdf>
- SmartGrids. (2021). *Todo sobre redes eléctricas inteligentes*. Obtenido de Todo sobre redes eléctricas inteligentes: <https://www.smartgridsinfo.es/consumo-energia-electrica>
- Tarifaluzhora. (2021). *¿Qué significa y cuál es la diferencia entre kW y kWh?* Obtenido de ¿Qué significa y cuál es la diferencia entre kW y kWh?: <https://tarifaluzhora.es/info/diferencia-kw-kwh>

Unir. (2021). *Qué es la gestión energética*. Obtenido de Qué es la gestión energética:

<https://www.unir.net/ingenieria/revista/gestion-energetica/>

UPME. (Abril de 2019). *Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Perdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética*. Obtenido de Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Perdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética:

https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Balance_energia_util/BEU-Residencial.pdf

Villajulca, J. C. (24 de 04 de 2014). *Instrumentación y control.net*. Obtenido de Instrumentación y control.net: <https://instrumentacionycontrol.net/botoneras-y-interruptores-de-posicion-o-de-final-de-carrera-o-limit-switch/>

Wikipedia. (2021). *Energía eléctrica*. Obtenido de Energía eléctrica:

https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica

Zikodrive. (2019). *MOTOR BLDC SENSORED*. Obtenido de MOTOR BLDC SENSORED:

<https://www.zikodrive.com/es/uFAQs/sensored-bldc-motor-brushless-motor-controlador-brushless-esc-can-i-use/>