



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA

“Implementación de un sistema de administración energética mediante Raspberry PI 3, bajo las condiciones de la norma ISO 50001 aplicado a cargas domésticas.”

AUTORES

Abel Andrés Román Párraga
Jorge Washington Vega Sánchez

DIRECTOR: Ing. Christopher Reyes López

GUAYAQUIL

2017

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gary Ampuño

DIRECTOR DE CARRERA

INGENIERÍA ELÉCTRICA

Ing. Christopher Reyes

DIRECTOR DE PROYECTO

TITULACIÓN

Ing. José Carriel

VOCAL

Ing. Kleber Carrión

VOCAL

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Abel Andrés Román Párraga y Jorge Washington Vega Sánchez autorizamos a la **Universidad Politécnica Salesiana** la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, mes, día, 2017.

Firma) _____

Autor: Abel Román Párraga

Cédula: 0930992961

Firma) _____

Autor: Jorge Vega Sánchez

Cédula: 0926898172

CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **ABEL ANDRÉS ROMÁN PÁRRAGA**, con documento de identificación N° **0930992961**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE RASPBERRY PI 3, BAJO LAS CONDICIONES DE LA NORMA ISO 50001 APLICADO A CARGAS DOMÉSTICAS**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, mes, día, 2017.

f) _____

Autor: Abel Román Párraga

Cédula: 0930992961

CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **JORGE WASHINGTON VEGA SÁNCHEZ**, con documento de identificación N° **0926898172**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE RASPBERRY PI 3, BAJO LAS CONDICIONES DE LA NORMA ISO 50001 APLICADO A CARGAS DOMÉSTICAS**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, mes, día, 2017.

f) _____

Autor: Jorge Vega Sánchez

Cédula: 0926898172

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR

Yo, **CHRISTOPHER RUBÉN REYES LÓPEZ**, director del proyecto de Titulación denominado “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE RASPBERRY PI 3, BAJO LAS CONDICIONES DE LA NORMA ISO 50001 APLICADO A CARGAS DOMÉSTICAS**” realizado por los estudiantes: Abel Andrés Román Párraga y Jorge Washington Vega Sánchez, certifico que ha sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, mes, día, 2017.

f) _____

Ing. Christopher Reyes López

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a todos esos estudiantes, que al igual que yo, alguna vez se quedaron en alguna materia o han dejado de estudiar por un tiempo y ahora retoman sus estudios; para que no dejen de perseguir sus metas y que sepan que siempre están a tiempo. Dios nos da la fuerza para mover los pies pero ya depende de nosotros el ponerlos en movimiento.

Abel Román

Dedico este proyecto de tesis a mis padres, hermanos y familia en general que sin duda comparten este triunfo como si fuese de ellos. A mi abuelito que desde el cielo seguramente siempre está atento a cada paso que doy, y para todas esas personas que a pesar de todo siguen luchando por cumplir sus metas. Nada ni nadie tienen el poder de dañar tu camino hacia el éxito, siempre confía en ti y Dios te dará las fuerzas que necesitas para triunfar.

Jorge Vega

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios, por siempre darme las fuerzas para continuar y sobre todo, la Fe en Él como en mí. A mi familia que siempre estuvo ahí, con una sonrisa, un abrazo y una conversación amena, pero de manera especial a mi padre que me entendió y aconsejó sin necesidad de censurarme, además, nunca dejó de creer en mí, ha sido el precursor para escoger, empezar y poder terminar esta carrera. A mi tutor, por tener la paciencia y el tiempo de atendernos en este transcurso de tiempo y haber terminado con éxito.

Abel Román

En primer lugar, debo agradecer a Dios que sin duda alguna es el eje de mi vida y me brindó las fuerzas necesarias para llegar al fin de esta carrera universitaria. El segundo lugar, es para mis padres y hermanas; para mi madre que con todo su amor siempre estuvo rezando para que pueda sobrepasar los obstáculos que se me presentaban durante este camino, a mi padre que siempre tuvo los consejos más inteligentes para que yo pueda tomar las decisiones correctas, a mis hermanas por siempre brindarme su apoyo. A mi tutor y compañero de tesis, porque juntos hemos terminado este proyecto que emprendimos hace un año.

Jorge Vega

RESUMEN

En la actualidad, cada vez son más los usuarios conscientes de los beneficios acarreados por el ahorro energético y la conservación de las fuentes energéticas y recursos naturales. En este contexto, el proyecto de desarrollo e investigación propuso la creación de un sistema electrónico capaz de administrar el consumo energético a nivel residencial. El dispositivo fue compuesto de una tarjeta Arduino UNO y de un Raspberry Pi 3, además de diversos sensores y actuadores. Dicho dispositivo serviría como una herramienta capaz de permitir al usuario, localmente o remotamente, llevar un control eficiente de las cargas eléctricas en el hogar, permitiendo ahorro de electricidad y, por ende, ahorro económico. Los resultados demostraron que se puede monitorear fácilmente las cargas eléctricas de un predio, permitiendo alcanzar un ahorro de consumo de entre el 10% al 15%.

Palabras clave: ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL, AHORRO ENERGÉTICO, MONITOREO REMOTO, DISPOSITIVO INTELIGENTE.

ABSTRACT

Nowadays, each time are more conscious users about the benefits carried by the energetic saving and the conservation of energetics sources and naturals resources. In this context, this development and research project purposed the creation of an electronic system able to manage the energetic consumption at residential level. The device was composed by an Arduino UNO card and a Raspberry Pi 3, moreover of various sensors and actuators. This device will serve like a tool able to allow the user, locally or remotely, take an efficient control of electrics loads at home allowing electricity saving and, thus, economic saving. The results showed that can be monitored easily the electric loads of a property, allowing to reach a consumption saving among 10% to 15%

Keywords: RESIDENTIAL ENERGETIC MANAGING, ENERGETIC SAVING, REMOTE MONITORING, SMART DEVICE

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.....	ii
CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS.....	iv
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS.....	v
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
ABREVIATURAS.....	xviii
SIMBOLOGÍA.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	xxi
CAPÍTULO 1.....	1
1. EL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción del Problema.....	1

1.2. Importancia y Alcances.....	1
1.3. Delimitación.....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivo Específico.....	3
1.5. Marco Metodológico.....	3
1.5.1. Hipótesis.....	5
 CAPÍTULO 2.....	 6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Estado del Arte.....	6
2.2. Contaminación ambiental por el sector energético	8
2.2.1. Protocolo de Kioto.....	11
2.2.2. Acuerdo de París.....	12
2.3. Energía Renovable.....	13
2.3.1. Energía hidráulica.....	13
2.3.2. Energía Eólica.....	14
2.3.3. Energía solar fotovoltaica	15
2.4. Energía renovable en América Latina	15
2.5. Eficiencia y ahorro de energía	19
2.5.1. La domótica.....	20
2.6. Norma ISO 50001 (Gestión de la energía).....	21
2.7. Actualidad energética nacional.....	23

CAPÍTULO 3.....	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Materiales del proyecto y su utilización	26
3.1.1. Sensor HC-SR 501	28
3.1.2. Sensor de temperatura DHT11	30
3.1.3. Sensor de Lúmenes BH1750.....	31
3.1.4. Relé de 5V.....	34
3.1.5. Sensor de corriente no invasivo SCT 013-030	36
3.1.6. Voltímetro	38
3.2 Diseño y conexiones del proyecto.....	38
3.2.1. Placa Raspberry Pi 3 Modelo B+	38
3.2.2. Placa Arduino UNO rev 3	40
3.3 Programación del proyecto.....	42
3.3.1. Monitoreo.....	44
3.3.2. Control.....	46
3.3.3. Datos históricos.....	47
3.3.4. Consumo.....	49
3.4. Arquitectura de comunicación del proyecto.....	40
3.4.1. SSH (Secure Shell).....	50
3.4.2. VNC (Virtual Network Computing)	51
3.4.3. I2C (Circuito Interintegrado).....	53
3.4.4. Serial	54
3.4.5. Puerto 80	55
3.4.6. Puerto 8000-8080	56
3.4.7. Puerto 5900	56
3.5. Implementación del Proyecto	57
CAPÍTULO 4.....	60
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	60

CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES.....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. PLACA DEL RASPBERRY PI 3 MODELO B+	26
FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN DEL HEADER Y GPIO'S UTILIZADOS DEL RASPBERRY PI 3 MODELO B+	27
FIGURA 3. SENSOR HC-SR 501.....	29
FIGURA 4. SENSOR DHT11.....	31
FIGURA 5. SENSOR DE LÚMENES BH1750.....	31
FIGURA 6. CIRCUITO ESQUEMÁTICO DEL DIMMER.....	34
FIGURA 7. RELÉ DE CONTACTOS DE 5V.....	35
FIGURA 8. PLACA DEL ARDUINO UNO REV 3.....	36
FIGURA 9. FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR SCT 013.....	37
FIGURA 10. SENSOR SCT 013 030.....	37
FIGURA 11. PLACA RASPBERRY PI 3 Y SUS CONEXIONES.....	39
FIGURA 12. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL SENSOR DE CORRIENTE.....	41
FIGURA 13. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL VOLTÍMETRO.....	41
FIGURA 14. DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL PROYECTO.....	42
FIGURA 15. INTERFAZ PRINCIPAL DEL PROYECTO.....	44
FIGURA 16. INTERFAZ DE LA OPCIÓN MONITOREO.....	45
FIGURA 17. INTERFAZ DE LA OPCIÓN CONTROL.....	46
FIGURA 18. INTERFAZ DE LA OPCIÓN DATOS HISTÓRICOS.....	47
FIGURA 19. GRÁFICA DE CONSUMO.....	48

FIGURA 20.	INTERFAZ DE LA OPCIÓN CONSUMO.....	49
FIGURA 21.	CONFIGURACIÓN DE LA RASPBERRY.....	50
FIGURA 22.	CAJA DIDÁCTICA DEL PROYECTO.....	57
FIGURA 23.	DIAGRAMA DE CONTROL DEL PROYECTO.....	58
FIGURA 24.	IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO EN EL BANCO DE PRUEBAS.....	58
FIGURA 25.	COLOCACIÓN DE SENSOR DE CORRIENTE EN TOMACORRIENTE.....	59
FIGURA 26.	UBICACIÓN DE SENSORES CERCA DE LOS FOCOS PARA SU CONTROL.....	59
FIGURA 27.	GRÁFICA DE CONSUMO SIN EL DISPOSITIVO.....	60
FIGURA 28.	GRÁFICA DE CONSUMO CON EL DISPOSITIVO.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. ETIQUETA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	25
TABLA 2. ÍNDICES DE LUMINISCENCIA SEGÚN EL AMBIENTE A ILUMINAR.....	32
TABLA 3. ÍNDICES DE LUMINISCENCIA SEGÚN EL TIPO DE FOCO.....	33
TABLA 4. DESCRIPCIÓN DE CONEXIONES.....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. CODIGO FUENTE DE INTERFAZ DEL PROYECTO	75
ANEXO 2. CODIGO FUENTE DEL SENSOR DE MOVIMIENTO Y TEMPERATURA EN PYTHON.	90
ANEXO 3. CODIGO FUENTE DEL SENSOR DE LÚMENES EN PYTHON..	94
ANEXO 4. CODIGO FUENTE DEL SENSOR DE CORRIENTE EN PYTHON.....	96
ANEXO 5. PROGRAMACIÓN DE LECTURAS ANALÓGICAS EN ARDUINO.....	100

ABREVIATURAS

ISO	International Organization Standardization
GEI	Gases de Efecto Invernadero
DIY	Do It Yourself
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management
IREA	Agencia Internacional de Energía Renovable
OPEP	Organización de Países Exportadores de Petróleo
CCGT	Ciclo Combinado de Turbinas de Gas
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
COP	Conferencia de Partes
IBI	Intelligent Buildings Institute
A/V	Audio y Video
HDMI	High Definition Media Interface
SENER	Secretaría de Energía – Méjico
CFE	Comisión Federal de Electricidad – Méjico
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
CNEL	Corporación Nacional de Electricidad
USB	Universal Serial Bus
GPIO	General Purpose Inputs and Outputs
PIR	Passive Infrared
VCC	Voltage Continuous Current
GND	Ground
SCL	Serial Clock
SDA	Serial Data
I2C	Inter Integrated Circuit
Lx	Lux
S.I.	Sistema Internacional
PWM	Pulse Width Modulated
ADC	Analog Digital Converter
AC	Alternating Current

GUI	Graphic User Interface
VNC	Virtual Network Computing
RPA	Resistencias de polarización a positivo
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
DDNS	Dynamic Domain Names System
DNS	Domain Names System
IP	Internet Protocol
iOs	Sistema Operativo correspondiente a Mac
pH	potencial de hidrogeniones, coeficiente que indica grado de acidez

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
#	Número
°C	Grados Centígrados
CO ₂	Dióxido de Carbono
lumen /m ²	Lúmenes por metro Cuadrado
Tk	Tkinter
I/O-Pins	Input/Output Pins
Tx	Transmitir
Rx	Recibir
m/s	metros por segundo
MW	Mega Vatios
MWh	Mega Vatios hora
TWh	Tera Vatios hora
GW	Giga Vatios

INTRODUCCIÓN

La generación de energía eléctrica mediante recursos no renovables está causando un daño irreparable al planeta, mediante la extenuación de los mismos y aportando a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI); lo que ha llevado a la búsqueda y el desarrollo de nuevos métodos de generación que utilicen fuentes alternativas y de naturaleza renovable. Además, esta situación ha introducido la necesidad económica y ambiental de conservar la energía y utilizarla de manera eficiente, ya que, si en los próximos 25 años se incrementa la demanda mundial de energía en un 50%, como ha sido estimado, y se mantiene una dependencia del 80% de fuentes no renovables, resultará incompatible evitar el uso de recursos fósiles y reducir la producción de gases de efecto invernadero [1]. El desperdicio de energía a causa de tendencias personales o pérdidas a nivel de distribución se lo relaciona directamente con su generación, provocando así que las emanaciones de GEI continúen aumentando por el uso mayoritario de recursos fósiles en centrales eléctricas.

El usuario residencial experimenta aumentos en su facturación mensual desconociendo su origen, su reducción será lograda monitoreando sus cargas y llevando un registro diario de su consumo. Desde la perspectiva del usuario, su beneficio es apreciado en un ahorro económico alcanzado por el consumo eficiente de energía; a su vez la empresa suministradora obtiene beneficio al disminuir su generación que conlleva a la reducción y optimización de materia prima.

La gestión de la energía nos permite realizar más con menos, es decir, no emplear la energía en actividades innecesarias y realizar tareas con un mínimo consumo posible, como lo indica la Norma 50001 dictada por la ISO (International Standard Organization), donde se destaca el uso de dispositivos inteligentes y tecnologías de la comunicación para poder llegar a dicho objetivo.

En la actualidad, las fuentes informativas para cualquier tipo de investigación están al alcance de cualquier persona, por lo que la implementación de proyectos

para diversos sistemas se han proliferado. La metodología, Hazlo Tu mismo, del inglés Do It Yourself (DIY) va de la mano de dichos proyectos que, mediante el empleo de elementos eléctricos y electrónicos de fácil asequibilidad se consigue el objetivo del usuario.

El estudio está orientado hacia el sector residencial, con esto, el cableado del sistema, pruebas y adquisición de datos se ven dificultadas por la carencia de un predio disponible para implementarlo, por lo que se ha hecho uso del banco de pruebas para instalaciones civiles, ubicado en el laboratorio de instalaciones eléctricas del bloque B. Este banco, cuenta con diferentes puntos de tomacorrientes, focos, panel de distribución, medidor y diversos elementos que simulan el comportamiento de un hogar y así influir en la aplicación del proyecto.

La tesis se la presenta en cinco capítulos, tratando de ir de lo general a lo específico. En el primer capítulo se hace relación a la identificación y descripción del problema a investigar, sus características, delimitaciones y hasta donde se espera llegar; el segundo capítulo hace alusión al sistema teórico referido a la eficiencia energética, tanto a nivel mundial como nacional, utilización de norma ISO 50001 y actualidad nacional del consumo eléctrico nacional; el tercer capítulo evidencia desarrollo del proyecto enfatizando su programación e implementación del sistema; el cuarto capítulo muestra una comparación de la puesta en marcha del sistema y del panorama anterior en el predio, demostrando así la factibilidad del mismo y por último, en el quinto capítulo se establecen las conclusiones de la investigación, determinando sus puntos más importantes.

CAPÍTULO 1

1. EL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La causa principal del desperdicio de la energía eléctrica es su mala gestión, que conlleva pérdidas y por lo tanto a un aumento del consumo. Estas pérdidas pueden ser directas, como la falta de cultura ahorrativa en el hogar o desconocimiento del consumo energético, e indirectas, como el hurto de energía.

El sistema de administración energética permitirá que el usuario note el confort al momento de obviar acciones de ahorro eléctrico que normalmente pudieren resultar tediosas, o fastidiosas y que suelen ser olvidadas en la práctica. La prestación del sistema está dirigida al usuario común como una ayuda para disminuir su consumo mensual.

1.2. Importancia y Alcances

De acuerdo a Vega de Kuyper y Ramírez [2] la primera etapa para intentar un desarrollo sustentable en este campo debe ser el ahorro de energía, así como su empleo eficiente. Razón por la cual se pretende fomentar en el usuario la concientización del desperdicio y del despilfarro domiciliarios de la energía eléctrica y del daño al medio ambiente que estos conllevan, por lo que resulta pertinente realizar un estudio acerca de la administración y monitorización energética mediante el uso de dispositivos inteligentes.

La reducción del consumo tiene los siguientes beneficios potenciales:

- Reducir costos en las planillas mensuales del usuario.
- Mejorar la seguridad en el suministro energético, como primera etapa en la ciudad de Guayaquil, para que luego pueda ser replicado en otras urbes.
- Aminorar el impacto ambiental producido por la generación de energía eléctrica.

Dado como una aceptación de lo anterior, la gestión de la energía debe conceptualizarse como “un buen negocio económico, ambiental y de seguridad energética”. [3]

El primer beneficiario es el usuario residencial, puesto que percibirá un ahorro monetario en su consumo mensual. El usuario adquirirá cierto nivel de autonomía, ya que podrá conocer el funcionamiento de sus cargas y no tendrá problemas de facturación porque siempre estará al tanto de su consumo. Además, el usuario ganará autosuficiencia y entenderá conceptos que le permitirán evaluar correctamente la calidad del servicio prestado y será capaz de ingresar solicitudes, presentar quejas y reportar denuncias de una manera adecuada a la Empresa Eléctrica de Guayaquil.

La Empresa Eléctrica de Guayaquil se beneficia de este proyecto al evitar el deterioro a los artefactos eléctricos y/o electrónicos en el predio ocasionado por sobrevoltajes; además de proteger las líneas de distribución de posibles sobrecalentamientos por consumos en horas pico.

La cultura de cooperación para un ahorro colectivo es el mayor impacto social que se presenta, ya que dada la colaboración de cada abonado se logra también implícitamente apoyar al Gobierno Ecuatoriano en la implementación del cambio de la matriz productiva y soluciones para el ahorro energético.

1.3. Delimitación

Este proyecto busca solucionar el problema planteado mediante la creación de un sistema de control automático que permita reducir el consumo ineficiente de la energía eléctrica con esto podemos valorar las palabras de Ban Ki-Moon, Secretario General de las Naciones Unidas “La energía es un hilo de oro que une el crecimiento económico, la equidad social y un medio ambiente sano. El desarrollo sostenible no es posible sin energía sostenible”. [4] Los mayores cambios en el consumo energético del sector residencial dependerán de la modificación de sus tendencias de desperdicio de energía, demandando un proceso que puede tomar muchos años. [5]

El sistema se constituye de un Raspberry Pi 3 modelo B y de un conjunto de elementos de detección (sensores) y acción (actuadores) que serán utilizados para administración

y monitorización energética en el predio. El proyecto, hará uso del módulo “Banco de pruebas para instalaciones civiles” ubicado en el laboratorio de instalaciones eléctricas del bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil para la simulación de la demanda residencial.

Si se logra implementar el sistema en los hogares guayaquileños, será posible expandir el rango de distribución eléctrica cuidando de nuestros recursos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Administrar (monitorear, controlar y regular) mediante un Raspberry Pi 3 Modelo B+ la energía que llega al predio

1.4.2. Objetivo específico

- Identificar pérdidas en instalaciones domésticas, supervisando el correcto funcionamiento de las cargas remotamente.
- Analizar cargas conectadas en instalaciones domésticas y conocer su ahorro dentro del consumo mensual.
- Crear un historial de consumo, a ser utilizado para análisis comparativos posteriores.

1.5. Marco Metodológico

El desarrollo del proyecto se fundamenta en la investigación experimental, ésta se basa en la manipulación controlada de variables experimentales, con las que se pretende analizar y describir el comportamiento de un problema en su campo de acción, es decir, se modifica una variable experimental y se espera el comportamiento de la otra variable. [6] Este tipo de metodología promueve fundamentalmente el objetivo del proyecto, modificar una o varias de las variables independientes con la finalidad de alcanzar una correcta administración y por lo tanto, conseguir el ahorro energético esperado.

El problema fue planteado como un primer paso para la eficiencia energética y consecuentemente la preservación del planeta. [2] Se define una solución parcial al tema pero con alto impacto aplicativo mediante el empleo de dispositivos inteligentes bajo la custodia de normativas internacionales. [7]

Los inicios de este proyecto fueron despejar dudas relacionadas con la contaminación ambiental, para lo cual se acudió a la ayuda de la página ScienceDirect.com, de donde se obtuvieron 3,300 resultados, ante ello, se procedió a filtrar temas relacionados a nuestra investigación como: la contaminación ambiental por emanación de CO2 causada por generadoras termoeléctricas e hidroeléctricas para satisfacer el aumento de la demanda eléctrica, tema que sirvió para analizar diversos impactos ambientales que estas causan. [8] Conociendo los datos recopilados, fueron relevantes 660 pero se procedió a un segundo filtro basado en el resumen de los artículos, los mismos que deberían considerar a la domótica como una posible solución. Por tanto, en esta ocasión, el número de artículos se redujo a 132. Se procedió a la lectura y análisis, para que finalmente quedaran un total de 26 donde cada uno estudia soluciones para el problema planteado, basándose en la correcta administración energética, principalmente en un predio residencial aunque también se consideran predios industriales.

La administración energética está relacionada con su eficiencia, término que fue empleado en la investigación mediante la herramienta de búsqueda Google Scholar. [9] Para ampliar sus resultados se buscó en inglés y se logró 1,421 respuestas, del total se realizó un nuevo filtro y selección de archivos relacionados con normas internacionales, en específico, la Norma ISO 50001.

Complementando la investigación, se profundizó en la actualidad del país, analizando su calidad de energía, tomando como referencias noticias en periódicos nacionales y páginas del Gobierno ecuatoriano, llegando así a develar que el país se encuentra implementado medidas de ahorro energético, priorizando el sector residencial.

1.5.1. Hipótesis

El desarrollo del proyecto se fundamenta en alcanzar la eficiencia energética en el sector residencial, de manera que el primer beneficiario sea la empresa suministradora del servicio, para que así puedan bajar los precios y lograr aumentar su generación mediante la misma cantidad de recursos. Además, aprovechar la optimización de recursos para futuras inversiones en mantenimiento o expansión en el rango de distribución.

Se espera que al modificar una o varias de las variables independientes se tenga como finalidad conseguir una correcta administración y por lo tanto, obtener el ahorro energético esperado.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estado del arte

El daño ocasionado al planeta por el hombre, en su transcurrir de los años, ha generado una participación a nivel mundial, aportando con regularizaciones, innovaciones tecnológicas, sustitución de recursos, y tendencias al realizar tareas diarias, con el propósito en común de gestionarlo y reducirlo para alcanzar un mejor estilo de vida.

De acuerdo con la Política Marítima y su gestión (Maritime Policy & Management), las edificaciones con las que se convive demuestran como su antigüedad y su uso frecuente permiten que estas trabajen según la cantidad de materia prima que utilicen, en muchos casos los recursos fósiles son utilizados para activarlas. Medios de transportación como los barcos, emplean un gran número de combustible para su desempeño, produciendo un elevado grado de emisiones de CO₂ (Dióxido de Carbono) a diferencia de otros medios. [9] Para su radicación se mantienen vigentes las directrices de la norma ISO 50001 donde prevalece frente a la SEEMP (Ship Energy Efficiency Management) como medida reguladora en términos de eficiencia energética. [10] El sistema de navegación a nivel marítimo mejorará gracias a la sustitución del combustible, así como lo ha hecho la industria automotriz y medios de generación eléctrica, de los cuáles su innovación está aumentando en gran número sin desestimar que en la actualidad el deterioro de recursos no renovables se encuentra vigente por descuido de sus fabricantes.

Al mismo tiempo, la Agencia Internacional de Energía Renovable (IREA) determinó que en el 2015 la generación eléctrica mediante recursos no renovables se encontraba en 76.3%, y empleando recursos renovables solo un 23.7%. [11] Las medidas a nivel mundial no se hicieron esperar y por su parte la eficiencia energética empezó a aplicarse a nivel industrial, donde resaltaron cinco elementos claves nombrados por la revista de Producción Limpia (Journal of Cleaner Production) como la planeación, implementación, controlador, organización y cultura [12]; componentes que en conjunto con la innovación tecnológica en sistemas de administración energética [13]

[14] se puede llegar a un ahorro del 20% al 50% según estudios realizados en edificios industriales. [15] La comunicación, adquisición de datos y almacenamiento de información en plataformas virtuales [16] demostrados en estudios mediante medición inteligente en sistemas de distribución en el 2013, permitieron que la domótica y el acceso remoto desplieguen como herramienta vital en sistemas de control. [17]

Acorde a lo realizado en Holanda por la Universidad de Tecnología Delft (Delft University of Technology), el sector residencial es el más opcionado a desarrollarse en temas de eficiencia [18]; el aumento poblacional y las inclemencias climáticas a nivel mundial permiten buscar confort optimizando recursos.

En busca de medidas de sostenibilidad, las autoridades principales de cada país empezaron a sistematizar consumos energéticos con la ayuda de proyectos para alcanzar la eficiencia energética. [19] Por otro lado, estudios realizados en Ecuador concluyeron que su plan de electrificación 2013-2022 conocido por sus hidroeléctricas emblemáticas como la Coca-Codo Sinclair, entre otras, fueron instaurados por el gobierno como estrategia para alcanzar la sostenibilidad. [11] Además, en el programa de eficiencia energética y etiquetado, ejecutado a nivel mundial y adoptado por el Ecuador, se logró garantizar al usuario un ahorro energético en la elección de sus artefactos domésticos. [20]

El crecimiento de la población siempre ha sido y seguirá siendo uno de los principales impulsores de la demanda de energía, junto con el desarrollo económico y social. Mientras que la población mundial se ha incrementado en más de 1.5 mil millones durante las últimas dos décadas, la tasa global de crecimiento de la población ha venido disminuyendo. El número de personas sin acceso a la energía comercial se ha reducido un poco, y la estimación más reciente del Banco Mundial indica que es de 1.2 billones de personas. [21] .

Cada año se registra un aumento de energía con respecto al año anterior, de hecho, durante el siglo XXI, la cantidad de energía que se utiliza a nivel mundial se ha duplicado cada 20 años.

En nuestro escenario principal, un aumento del 30% de la demanda energética mundial hasta 2040 significa un aumento del consumo de todos los combustibles modernos y cientos de millones de personas seguirán careciendo de los servicios energéticos básicos.

La demanda de energía está aumentado a nivel mundial, provocando que las emisiones de gases de efecto invernadero del sector energético también aumenten, como se han ido dando en los últimos años y esto continuará mientras crezca tanto la población como el sector económico.

Del análisis anterior se pudo apreciar la necesidad de innovaciones tecnológicas que reduzcan las tendencias de consumo y desperdicio energético, tratándolas gradualmente y demostrado sus objetivos de manera explícita. Por lo tanto, este trabajo tiene el objetivo de contribuir al usuario tanto como al país en la optimización de recursos sin modificar su confort.

2.2. Contaminación ambiental por el sector energético

En 1993, la contribución de la energía renovable no era muy significativa. Las únicas fuentes de energía para las cuales se realizaron las proyecciones, fueron la hidroelectricidad y la biomasa, el resto de las energías renovables no se tomaron en cuenta de forma individual, pero sí combinadas en un solo grupo llamado “otras energías renovables”. Para efectos de comparación, los mismos recursos se incluyen en el epígrafe para el año 2011. Ellos sin embargo, se presentan por separado en el informe completo de la revista sobre Recursos energéticos del mundo (World Resources Energy 2013).

Dentro de este grupo tenemos al carbón que a pesar de sus pobres credenciales medioambientales, continúa siendo un contribuyente importante para el suministro de energía en muchos países. El carbón es el combustible fósil más extendido en todo el mundo, más de 75 países poseen depósitos del recurso no renovable. La participación actual del carbón en la generación global de energía es más del 40%, pero se espera que disminuya en los próximos años, mientras que el consumo real de carbón continúa aumentando en términos absolutos. Aunque los países de Europa, y en cierta medida en América del Norte, están tratando de cambiar su consumo por fuentes alternativas

de energía, las reducciones son más que compensadas por las grandes economías en desarrollo, principalmente en Asia, que son impulsadas por carbón y tienen importantes reservas de este mineral. Sólo China utiliza actualmente, tanto carbón como el resto del mundo.

Al igual que el carbón, el petróleo sigue siendo un recurso energético de primera con un amplio rango de aplicaciones posibles. Sin embargo, su principal uso estará orientado hacia el transporte y el sector petroquímico. La posición futura del petróleo en lo alto de la escalera energética enfrentará un fuerte desafío de otros combustibles, como el gas natural. Las evaluaciones de los recursos petrolíferos se han incrementado constantemente entre 2000 y 2009, aproximadamente la mitad de este incremento se debe a la reclasificación de las arenas petrolíferas del Canadá y las revisiones llevadas a cabo en los principales países de la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo): Irán, Venezuela y Qatar. En comparación con la encuesta del 2010 las reservas probadas de petróleo aumentaron en un 37% y la producción en 1%.

Por su parte, el gas natural, otro recurso de los combustibles fósiles, continuará haciendo contribuciones significativas a la economía mundial de la energía. Es el más limpio de los combustibles, además de ser abundante y flexible. Se utiliza con mayor frecuencia en las tecnologías más eficientes en generación de energía, tales como el Ciclo Combinado de Turbinas de Gas (CCGT), con eficiencias de conversión de aproximadamente 60%. Las reservas de gas natural convencional han crecido un 36% en los últimos dos decenios y su producción en un 61%. En comparación con la encuesta de 2010, las reservas probadas de gas natural han crecido un 3% y la producción un 15%. [21]

La exploración, el desarrollo y el transporte de gas por lo general requieren una inversión inicial importante. Es necesaria una estrecha coordinación entre la inversión en la infraestructuras de gas y de electricidad.

Es preciso destacar que la producción total de electricidad de origen nuclear ha ido en aumento durante las últimas dos décadas y ha alcanzado una producción anual de alrededor de 2,600 TWh a mediados de la década del 2000, aunque los tres principales accidentes nucleares han ralentizado o incluso revertido su crecimiento en algunos países. La cuota nuclear de la producción total mundial de electricidad alcanzó su pico de 17% en la década de 1980, pero desde entonces ha ido disminuyendo, para el 2012

cayó un 13.5%. En términos absolutos, la producción nuclear se mantiene prácticamente en el mismo nivel que antes, pero su participación relativa en la generación de energía ha disminuido, debido principalmente al accidente de la planta nuclear de Fukushima.

Al respecto, Japón solía ser uno de los países con un alto porcentaje de energía nuclear (30%) en su canasta de electricidad y con altos volúmenes de producción. Hoy en día, ninguno de sus 54 reactores está en funcionamiento. Los costos crecientes de las instalaciones nucleares y los extensos tiempos de aprobación requeridas para nuevas construcciones han tenido un impacto en la industria nuclear. Sin embargo, la desaceleración no ha sido global, en los nuevos países, sobre todo en las economías en rápido desarrollo, en el Medio Oriente y Asia, siguen adelante con sus planes de establecer una industria nuclear.

La industria energética representa el mayor aportador a las emisiones globales de GEI. En el 2010, el 35% de las emisiones directas procedieron de la producción de energía. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático (IPCC), el sector energético comprende a todos los procesos de extracción, conversión, almacenamiento, transmisión y distribución de energía, el cual registra un crecimiento de las emisiones del sector energético superando el de las emisiones globales alrededor de 1% por año. Esto se debió a la aportación del carbón como parte del mix energético. [21]

Debido al gran desarrollo social y económico mundial, el consumo de energía eléctrica genera una gran demanda para el consumidor, esta cubre sus necesidades básicas, a nivel residencial, comercial e industrial. Desde 1850 aproximadamente, la utilización de combustibles fósiles ya sea carbón, petróleo o gas en todo el mundo han aumentado hasta convertirse en la energía predominante pero esto ha dado paso al aumento rápido de las emisiones de CO₂. [21]

Por consiguiente, datos obtenidos demuestran que el consumo de combustibles fósiles representan la mayor parte de gases de efecto invernadero, puesto que las plantas térmicas actualmente proporcionan cerca del 80% de la electricidad global, debido a estas circunstancias se plantea diferentes opciones que permitan disminuir la emisiones de gases y la principal solución es la generación de energía eléctrica por

medio de fuentes renovables; además de contribuir con la mitigación de GEI, ayuda a poseer un sistema seguro y confiable de energía eléctrica. [22]

Si bien es cierto la solución mencionada presenta varios beneficios al medio ambiente por ser una fuente inagotable y limpia, no obstante, existen excepciones, entre ellas, energías renovables que están relacionadas con el CO₂ hacia el medio ambiente, también se encuentra las energías renovables como la biomasa que para su proceso de siembra, recolección y transformación utiliza agentes contaminantes, un proceso indebido da un saldo de emisión de este gas. [22]

A nivel mundial, constan directrices que fundamentan sus objetivos en la actualidad ambiental del planeta para así implementar medidas hacia la reducción de GEI mitigando el calentamiento global.

2.2.1. Protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto es considerado como el primer paso importante hacia un régimen verdaderamente mundial de reducción y estabilización de las emisiones de GEI, y proporciona la base para cualquier acuerdo internacional sobre el cambio climático que se firme en el futuro. Fue establecido en 1997 y ratificado en el 2005, su objetivo principal es lograr que los países desarrollados disminuyan sus emisiones de GEI a un 5% menos del nivel de emisiones de 1990.

El Protocolo de Kioto demostró sus falencias al no incluir a países subdesarrollados; además que países como China, USA y Rusia que representan atribuciones en el calentamiento global, no están incluidos en el protocolo. Cada año se realiza una sesión por parte de la Conferencia de Partes (COP's) donde se llega a un acuerdo entre los países que lo reúnen, donde se mejora en varios aspectos las directrices vigentes por objetivos en común y aspiraciones a futuro.

2.2.2. Acuerdo de París (2016)

El Acuerdo de París sobre el cambio climático, que entró en vigor en noviembre del 2016, es un acuerdo dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que reúne a un grupo de países a nivel mundial donde se rigen a la principal premisa, “Establecer medidas para la reducción de las emisiones de GEI a través de la mitigación, adaptación y resiliencia de los ecosistemas a efectos del Calentamiento Global”. [23]

Los gobiernos acordaron mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C sobre los niveles preindustriales y limitar el aumento a 1.5 °C, lo que reducirá considerablemente los riesgos y el impacto del cambio climático.

El crecimiento de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía se estancó completamente en 2015. Esto se debió en su mayor parte a una mejora del 1.8% de la intensidad energética de la economía mundial, una tendencia reforzada por los beneficios derivados de la eficiencia energética, así como por el uso generalizado de fuentes de energía más limpias, esencialmente renovables, en todo el mundo. [24]

El Acuerdo es en el fondo un acuerdo sobre energía, donde para alcanzar los objetivos es preciso un cambio del sector energético. Los cambios ya puestos en marcha demuestran la promesa y el potencial de la energía de bajas emisiones de CO₂ y confieren credibilidad a una acción significativa en material de cambio climático. [25]

Las emisiones globales deben alcanzar su nivel máximo cuanto antes, si bien reconocen que en los países en desarrollo el proceso será más largo, la aplicabilidad para este acuerdo sería para el año 2020, cuando finaliza el protocolo de Kioto.

2.3. Energía renovable

En el año 2015, las energías renovables empezaron con paso firme, teniendo como objetivo principal la reducción de GEI, pues contaron con las mayores incorporaciones de capacidad mundial vistas hasta la fecha. El sector eléctrico experimentó el mayor incremento anual de la historia en términos de capacidad, con un crecimiento significativo en todas las regiones del planeta. La energía eólica y la solar fotovoltaica, tuvieron records adicionales por segundo año consecutivo, representando alrededor del 77% de las nuevas instalaciones, mientras que la energía hidroeléctrica representó la mayor parte del resto. A finales del 2015, la capacidad de energía renovable era suficiente para abastecer aproximadamente el 23.7% de la electricidad mundial, en conjunto con la energía hidráulica, que proporciona alrededor del 16.6%. Desde hace algún tiempo, la electricidad generada por la energía hidráulica, la geotérmica y con algunas fuentes de energía de biomasa se han mostrado altamente competitivas ante la energía fósil en circunstancias favorables. La energía eólica terrestre y la solar fotovoltaica son también de generación, incluso sin tomar en cuenta factores externos.

2.3.1. Energía hidráulica

La energía hidráulica proporciona una cantidad significativa de la energía en todo el mundo y está presente en más de 100 países, contribuyendo con aproximadamente el 15% de la producción mundial de electricidad. Los cinco mayores mercados para la energía hidráulica en términos de capacidad son Brasil, Canadá, China, Rusia y los Estados Unidos de América. China, supera significativamente a los demás y representa 24% de la capacidad instalada global. En otros países, la energía hidroeléctrica representa más del 50% de toda la generación de electricidad, incluido Islandia, Nepal y Mozambique. Durante el año 2012, se estima que entre el 27 – 30 GW de nueva potencia hidroeléctrica y de 2 – 3 GW de capacidad de almacenamiento por bombeo fue encargada. [21]

En muchos casos, el crecimiento de la hidroelectricidad fue facilitado por las políticas de apoyo a las energías renovables y a las penalizaciones por las emisiones de CO₂. En las últimas dos décadas, la capacidad de potencia total instalada mundialmente ha aumentado en un 55%, mientras que la generación

real en un 21%. Desde la última encuesta, la capacidad instalada global se ha incrementado en un 8%, pero la electricidad total producida se redujo en 14%, debido principalmente a la escasez de agua. (Mondial et al., 2013).

China, Brasil, Estados Unidos, Canadá y La Federación Rusa son los cinco países que presentan más alta capacidad instalada en hidroelectricidad. [21]

2.3.2. Energía eólica

El viento se encuentra en todas partes de la tierra, aunque existen amplias variaciones en sus características que conllevan a ser usado como principal fuente de energía renovable en algunos países.

La capacidad de la energía eólica mundial se ha duplicado aproximadamente cada tres años y medio desde 1990. La capacidad total a finales de 2011 era de más de 238 GW y la generación anual de electricidad alrededor de 377 TWh, aproximadamente igual al consumo anual de electricidad de Australia. China, con aproximadamente 62 GW, tiene la mayor capacidad instalada, mientras que Dinamarca, con más de 3 GW, tiene el nivel más alto per cápita. El viento significa alrededor del 20% de la producción de electricidad en Dinamarca. Es difícil comparar las cifras de hoy con las de hace dos décadas. [24]

Dado que los gobiernos comienzan a reducir sus subsidios a la energía renovable, el entorno empresarial se hace menos atractivo para los potenciales inversionistas. Subsidios más bajos y crecientes costos de los insumos que poseen un impacto negativo sobre la industria eólica en los últimos años.

En países como China, Estados Unidos, Alemania, España e India se destaca que a pesar de las adversidades nombradas anteriormente, el uso de esta energía es recurrente y va en ascenso.

2.3.3. Energía solar fotovoltaica

La energía solar es la fuente de energía más abundante y está disponible para su uso en dos formas: directa (radiación solar) e indirecta (eólica, biomasa, hidráulica, océano, etc.). Incluso si sólo el 0.1% de dicha energía llega a la Tierra podría ser convertida con una eficiencia del 10%, que sería cuatro veces más grande que la capacidad de generación de electricidad mundial total de alrededor de 5,000GW.

El uso de la energía solar está creciendo con fuerza en todo el mundo, en parte debido a la rápida disminución de los costos de fabricación de paneles solares y a generosos subsidios, particularmente en Europa. Por ejemplo, entre 2008-2011 la capacidad fotovoltaica se ha incrementado en los EE.UU. desde 1,168MW a 5,171MW, y en Alemania desde 5,877MW a 25,039MW.

Alemania, Italia, Estados Unidos, Japón y España encabezan la lista de los países que están desarrollando este tipo de generación renovable. En el 2015 y a principios del 2016 se hicieron evidentes las expectativas de mejorar aún más los costos históricamente bajos, ofertando subastas eléctricas en diversos lugares, desde América Latina hasta la región del Medio Oriente, el Norte de África y la India. [21]

2.4. Energía renovable en América Latina

En América Latina existen países que han explotado su capacidad para abastecer de gran manera su nación con energía eléctrica mediante la utilización de energía renovable.

Según [26] en América Latina y El Caribe poseen una gran fuente de energía renovable en el mundo, la cual por ideas erróneas como la comparación de costos entre la energía renovable con la energía de los fósiles, su crecimiento ha sido muy lento en años anteriores.

Entre los años 2009 y 2014 se pudo apreciar que el costo de energía renovable como la solar y la hidráulica han disminuido en un 80 y 60% respectivamente, ambas tecnologías son altamente costo competitivas con los combustibles fósiles y como

puntos principales la energía renovable no representa amenazas contra cambios climáticos y de salud en la población.

América Latina y el Caribe en las últimas décadas han invertido una gran cantidad de dinero con el fin de emplear fuentes de energía no convencionales, por su parte [26] señala que la región ha invertido 16 mil millones de dólares lo que es equivalente al 7% de inversiones mundiales en energía limpia.

Se estima que el crecimiento en la región avanza a pasos lentos y aún se depende de energías fósiles, a pesar de esto, América Latina y El Caribe tienen un gran potencial en donde la energía limpia es posible.

Países como Costa Rica, Uruguay, Chile, Brasil y México resaltan los esfuerzos que la región está haciendo para incrementar la fuente de energía eléctrica. Actualmente solo el 6% de la energía de la región proviene de fuentes modernas como la solar, eólica, biomasa o geotérmica.

Según el estudio realizado por [26] estos son los países que resaltan en el Top de América Latina en cuanto a sostenibilidad energética.

Costa Rica, se ubica en el primer lugar en América latina por su gran generación eléctrica a base de fuentes renovables, su principal amenaza como en muchos países del mundo es el cambio climático, ya que este afecta directamente a la precipitación pluvial, por lo tanto, los patrones de lluvia presentan cambios. Hay que recalcar que la principal fuente de generación que posee Costa Rica es la hidroeléctrica, debido a estas amenazas el gobierno ha comenzado por buscar otras alternativas que incluyan la generación no hidroeléctrica.

El principal objetivo para dicho gobierno es llegar a un 2021 con un país 100% en energías renovables.

Costa Rica es el paraíso con mayor magnitud en cuanto a generación renovable se refiere, por lo que datos estadísticos determinan que genera 223,000 GWh al año de hidroelectricidad. En energía geotérmica es el país más grande con 2,900 MW que están disponibles para la explotación, y gracias a su ubicación geográfica goza de un potencial para generar energía eólica con vientos que su velocidad oscila entre 4.8 y 5.6 m/s.

En el 2013, Costa Rica generó unos 10,100 MWh de electricidad, los cuales el 87% fue aportado por energía renovable, el principal factor para esta generación fue por hidroeléctricas.

De tal manera al ser un país con alta eficiencia en energía renovable ha llevado a que se disminuya el consumo de combustibles fósiles y logrando que se convierta en uno de los países más limpios en generación eléctrica.

Por otro lado, Uruguay, tiene la mayor parte del PBI es invertido en energías renovables, con esto esperan llegar desde un 2015 con el 100% en electrificación a un 2020 con un suministro óptimo de energía renovable.

Debido a sus grandes recursos, Uruguay es ahora capaz de abastecer sus necesidades eléctricas con un 80% de energía limpia.

Sus principales fuentes de energía renovable que esperan para un 2030 se basan en energía solar térmica y energía fotovoltaica.

Mientras que Brasil posee una gran capacidad para producir hidroelectricidad de un estimado de 243 GW, en la actualidad solo se ha explotado el 30%, el gobierno tiene como objetivo llegar a generar el doble de la capacidad, es decir, el 60% en el 2035.

La energía hidroeléctrica ofrece un gran respaldo al suministro eléctrico de este país pero variable, como método principal se ha creado una combinación entre la energía eólica e hidroeléctrica, esto ha dado como resultado la probable explotación de 300 GW de potencial eólico disponible en el nombrado país.

Debido a su gran generación en el año 2013 con 2,200 GW, Brasil llegó a posicionarse como el país de mayor producción en la región Latinoamericana, adicionalmente cuenta con 7,000 GW en proyectos los cuales entraron en operación antes del 2016.

Como referente de la energía eólica en América Latina aparece Chile, puesto que, es un país donde la energía eólica tiene mucha importancia en el mix eléctrico chileno pero esta tecnología no es la principal. Suministra alrededor del 33% de su electricidad total con energía sostenible.

Por otra parte, la hidroelectricidad suministra alrededor del 87%, mientras tanto por encima del 10% se encuentra la biomasa.

Por su parte, Méjico presenta sus principales fuentes de energía renovables que denominan gran parte de dicha generación lideradas por las hidroeléctricas y la geotérmica, con un porcentaje del 80 y 14 respectivamente.

Aunque tenga un menor rol, la energía eólica es una de las grandes promesas para el futuro de sostenibilidad en este país, la capacidad actualmente instalada está por encima de los 1,900 MW y que aporta con el 3% en la electricidad renovable total de Méjico.

Se estima que en el 2020 la capacidad de energía eólica crezca de 10 a 20 veces más que en la actualidad, sin embargo, el crecimiento de esta energía ha ido muy rápido, en el 2012 la energía eólica creció casi un 400% en comparación al año 2011.

América Latina es un ejemplo mundial del crecimiento de energía limpia, países como Costa Rica, Uruguay, Brasil, Chile y México son los que están liderando este gran cambio de energía limpia en la región, pero a pasos lentos Perú, Nicaragua, Argentina y Colombia están esforzándose para no quedarse atrás y entrar en el Top de países que crecen rápidamente con su energía sostenible.

El principal objetivo de los países Latinoamericanos es llegar al 100% de energía limpia, aunque para lograr esta meta aún queda un largo camino por recorrer.

La contaminación por CO₂ es de 1,500 millones de toneladas al año, y esto se debe por el uso de quema de carbón, petróleo y gas que se usan para generar energía eléctrica que se necesita en América Latina, a esto se suma el constante subsidio para los combustibles fósiles que alientan a seguir usando dichas fuentes como principal generación eléctrica. [26]

Por su parte [27], redacta que en México, organismos con el SENER (Secretaría de Energía) y CFE (Comisión Federal de Electricidad) han creado dos escenarios denominados “planeación “ y “alterno” como entidades mejicanas, con el fin de tener una mayor crecimiento en energía renovable. El primero de estos, plantea como objetivo, llegar a un 2024 con energía renovable que tenga un aporte del 21% a esto le suma un adicional del 2% de energía nuclear y un 3% de carboeléctricas limpias, el segundo escenario denominado alterno busca cumplir con la meta de un 35% de energías renovables en el país.

Todos los artefactos que consumen electricidad directamente deben atenderse si se

quieren obtener ahorros significativos de manera sostenida. Esto incluye un cambio de conciencia en la gente sobre la utilización de la energía y el impacto que estas tienen en el medio ambiente.

2.5. Eficiencia y ahorro de energía.

La energía desempeña un papel fundamental en el desarrollo de todos los sectores productivos, cuya utilización debería realizarse con alta eficiencia, bajo impacto medioambiental y al menor costo posible. El consumo de energía se ha ido incrementando junto a la producción de bienes y servicios.

En la actualidad hablar sobre temas relacionados al ahorro y eficiencia de la energía de poco ha tomado gran importancia en el ámbito energético mundial. El objetivo principal es la disminución de la tarifa energética.

Por esta razón, el ahorro de energía se basa en la disminución de la energía eléctrica usada y esto se puede hacer cambiando los hábitos de consumo del usuario, mientras que la eficiencia energética implica ofrecer más servicios con la misma entrada de energía sin modificar el confort del usuario. La forma más efectiva para adquirirla es mediante el uso de dispositivos inteligentes. [22]

Hoy en día se han creado dispositivos electrónicos que de forma sencilla nos facilitan nuestro sistema de vida, tanto en lo laboral como en lo personal, la diferencia de estos dispositivos es que permite que seamos capaces de simplificar sistemas complejos en automatizados y con una gran interacción entre hombre-máquina.

Muchos de estos dispositivos se emplean en viviendas para su eficiente uso de energía, la tecnología aplicada al hogar conocida como Domótica integra automatización, informática y nuevas tecnologías de comunicación, todas ellas son dirigidas a mejorar el bienestar dentro de los hogares. [28]

2.5.1. La domótica

La domótica es una nueva tecnología que conforme ha ido desarrollándose ha cambiado los hábitos diarios de las personas, siendo la conducta uno de los más grandes beneficios que ha logrado. [29]

Una vivienda que está equipada con domótica es una vivienda más segura e inteligente; además beneficia al usuario en sus actividades cotidianas, crea un ambiente de confort dentro del hogar, ayuda a tener un consumo de energía más eficiente y con menores pérdidas a diferencias de las viviendas tradicionales.

No solo se puede emplear la domótica dentro de una vivienda, también existen edificios inteligentes que cuentan con este sistema inteligente. Según el Intelligent Buildings Institute (IBI), un edificio inteligente es aquel que proporciona un ambiente de trabajo productivo y eficiente a través de la optimización de sus cuatro elementos básicos: estructura, sistemas, servicios y administración, con las interrelaciones entre ellos. Los edificios inteligentes ayudan a los propietarios, operadores y ocupantes a realizar sus propósitos en términos de costo, comodidad, seguridad, flexibilidad y comercialización. [29]

La incorporación de cualquier sistema que permita la gestión automatizada de algunas funcionalidades básicas de la casa supone la existencia de domótica en nuestro hogar.

El uso de estos dispositivos, ya sea en industrias, laboratorios, viviendas, representan un consumo de energía a gran o pequeña escala, en esta parte la generación y consumo del país tienen una relación directa, ya que a medida que la tasa poblacional del país va creciendo, el consumo eléctrico crecerá y esto llevará a que la parte de la generación eléctrica del país siga creciendo para poder abastecer a toda la población.

Como parte de la eficiencia energética uno de los parámetros principales en el país será el uso de energía renovable, ya que puede traer grandes beneficios a la parte económica, garantizar un sistema seguro y a su vez confiable. Sin embargo, el gran problema debido al uso de combustibles fósiles es la gran contaminación por CO₂, a

causa de esto se debe aprovechar las diferentes fuentes de energía renovable para crear un país con menor índice de emisiones.

Durante los últimos años ha aumentado la gran demanda de consumo de energía eléctrica en la sociedad, con el propósito de cubrir sus diferentes necesidades, obteniendo como consecuencia un grave problema para los países, ya que debido a este crecimiento se han visto obligados a generar energía por medio de combustibles fósiles, siendo uno de los principales factores para la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmosfera.

La energía es fundamental para las actividades cotidianas de una organización y esto puede representar un costo significativo para estas sin importar a que se dediquen. Además de la parte económica, la energía está directamente relacionada con los costos ambientales como sociales por el agotamiento de los recursos y puede contribuir al cambio climático. Mejorar el rendimiento energético puede proporcionar beneficios rápidos a una organización y a los activos relacionados con la energía, perfeccionando tanto el consumo como el costo de la energía. [30]

Optimizar la eficiencia energética en la transmisión y distribución de energía podría ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Las pérdidas en forma de fracción de energía generada varían ampliamente entre los países, algunos países en desarrollo tienen pérdidas por encima del 20%. Las pérdidas combinadas de transmisión y distribución de los países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) fueron alrededor de 6.5% de la producción total en el año 2000. El uso creciente de mejoras en elementos de distribución y transmisión reducirán las pérdidas, mientras que las nuevas tecnologías podrían lograr considerables reducciones. [31]

Por consiguiente, la reducción de la demanda de los consumidores es la clave para la mitigación que enfrenta el sector eléctrico hacia el cambio climático.

2.6. Norma ISO 50001 (Gestión de la energía)

ISO es la Organización Internacional de Normalización, tiene como miembros a alrededor de 160 organismos nacionales de normalización de países grandes y pequeños, industrializados, en desarrollo y en transición, en todas las regiones del

mundo. La cartera de ISO de más de 18,600 normas ofrece a las empresas, gobiernos y a la sociedad herramientas prácticas para las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, ambiental y social.

La norma 50001 especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, cuyo propósito es permitir a una organización seguir un enfoque sistemático para lograr la mejora continua de la eficiencia energética.

Tiene como finalidad proporcionar a las organizaciones un reconocido marco de trabajo para la integración de la eficiencia energética en sus prácticas de gestión. Las organizaciones multinacionales tendrán acceso a una norma única y armonizada para su aplicación en toda la organización con una metodología lógica y coherente para la identificación e implementación de mejoras.

El objetivo principal de esta norma es optimar el sistema energético de todas las organizaciones, independientemente del tamaño o situación geográfica que estas tengan, de tal manera se perfeccionará la eficiencia energética, uso y consumo. [30] Su modelo de operación está basado en el mismo concepto que otras normas ISO, es decir planear, hacer, verificar y actuar.

Por tanto, para la aplicación de la norma se especifica el uso de dispositivos inteligentes, logrando el monitoreo y control de cargas como de gestores energéticos, además de que el usuario pueda realizar varios cambios en sus artefactos, teniendo como resultado la mejora en la eficiencia energética. [32]

Por su parte, [33] señala algunos casos de éxitos en organizaciones, tal es el caso de la Central Térmica Quintero de Endesa (Chile) que forma parte de las centrales térmicas a gas que abastecen de energía al Sistema Interconectado Central. Desde el punto de vista de la gestión energética se cuenta con actividades de medición, análisis y reporte. Esta central posee medidores para cuantificar la medición bruta de energía de cada turbina y la producción neta que entrega al Sistema Interconectado Central, así como también el consumo de energía proveniente del Sistema Interconectado y contiene un sistema de monitoreo que permite controlar el desempeño energético de la producción.

Lo curioso de esta norma es su objetividad al momento de ser aplicada, pero aún así la misma está siendo utilizada a nivel mundial como a nivel nacional.

2.7. Actualidad energética nacional

Como en la gran parte de los países de Latinoamérica, Ecuador es un país que cuenta con diferentes fuentes de energía renovables que son aprovechadas para cubrir el servicio eléctrico en el país.

A nivel nacional existen 32 industrias donde está siendo utilizada esta norma de gestión energética, contribuyendo con los lineamientos tanto a nivel mundial como el Acuerdo de París, en el cual Ecuador forma parte a pesar de su 0.15% de aportación a nivel de emisiones de gases de efecto invernadero. Asimismo, en el Plan Nacional del Buen Vivir, el cual es un conjunto de objetivos que expresan la voluntad de continuar con la transformación histórica del Ecuador, en su objetivo #11 e inciso D, indica “incentivar el uso eficiente y el ahorro de energía, sin afectar la cobertura y calidad de sus productos y servicios”. [34]

Por su parte, el Ministerio de Electricidad y energía renovable destaca los 9 proyectos emblemáticos que demuestran el gran crecimiento que ha tenido el país en cuanto a energía renovable se refiere. Coca Codo Sinclair, Minas San Francisco, Delsitanisagua, Manduriacu, Mazar Dudas, Toachi Pilatón, Quijos, Sopladora y Villonaco, ayudarán al país a tener un crecimiento en energía sustentable, logrando obtener una energía eficiente y limpia gracias a la diversificación de las fuentes de energía.

Según un estudio realizado por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad en su estudio “Política Tarifaria en el Sector Eléctrico Caso Estudio Ecuador”, la capacidad instalada en agosto 2016 por parte de energía renovable fue del 56% mientras que la energía convencional fue del 44%.

A continuación se detalla la aportación individual de cada fuente de energía:

- Energía renovable :
 - Hidráulica 53.20% ; 3,646.72 MW
 - Eólica 0.31% ; 21.15 MW

- Fotovoltaica 0.37% ; 25.57 MW
- Biomasa 1.99% ; 136.40 MW
- Biogás 0.03% ; 1.76 MW

- Energía convencional:
 - Térmica MCI 23.22% ; 1,598. 58 MW
 - Térmica Turbogás 14.21% ; 974.45 MW
 - Térmica Turbovapor 6.57% ; 450.74 MW

Mediante este estudio podemos determinar que la energía renovable ha sido muy efectiva en dicho periodo, gracias a ello se ha podido exportar 376.69 GWh a Colombia y 22.06 GWh a Perú. [35]

De acuerdo con el Plan Nacional del Buen Vivir, en el objetivo 11 “Asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica”, señala que la Matriz Energética en el Ecuador actualmente es autosuficiente en términos totales de energía. Sin embargo, el país es también importador de energía secundaria, principalmente de diésel, gasolina, naftas y gas licuado de petróleo. Esto se refleja en un índice decreciente de suficiencia de energía secundaria, lo que significa que cada año el país importa una mayor cantidad de derivados de petróleo para suplir su demanda. [34]

La Corporación Nacional de Electricidad (CNEL), entidad encargada del suministro eléctrico en el Ecuador ha instaurado diversas medidas relacionadas directamente con la eficiencia energética a nivel residencial. Dichas medidas son aplicadas en este sector, ya que ocupa el primer lugar del consumo energético a nivel nacional, dominando con un 32% por encima de los sectores industrial y comercial.

Las medidas instauradas son las siguientes:

- Sustitución de refrigeradoras ineficientes.
- Sustitución de Focos ahorradores por incandescentes.
- Proyecto de cocinas de inducción.

Estas medidas se han centrado en la sustitución, basándose en el concepto de eficiencia, en la cual se especifica el reemplazo de artefactos (por lo general antiguos)

que debido a su fecha de fabricación no se respetaron las regularizaciones en etiquetado de eficiencia energética, herramienta que sirve para reducir el consumo de energía, proporcionando información útil para la identificación de los productos energéticos eficientes.

Cabe destacar que las etiquetas se basan en una escala de colores, seguido por una letra que representa el nivel del consumo y eficiencia.

TABLA 1: ETIQUETA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. [36]

COLOR	ETIQUETA	SIGNIFICADO
	A	Muy alto nivel de eficiencia, un consumo de energía inferior al 55% de la media
	B	Entre el 55% y 75%
	C	Entre el 75% y el 90%
	D	Entre el 90% y el 100%
	E	Entre el 100% y 110%
	F	Entre el 110% y 125%
	G	Superior al 125%

Como medida de regularización la CNEL se encuentra aplicando mejoras en los sistemas de medición, ya que una mala lectura conlleva al aumento del consumo mensual, variable conocida como pérdidas técnicas.

Además, se realizan inspecciones en lugares donde se han producido robos de energía, conocido también como pérdidas no técnicas. En este caso, el usuario procede a robar energía evitando la lectura del consumo por medio de su medidor y como consecuencia las personas que habitan en el mismo sector de distribución que la persona infractora de la ley, tienen que pagar el deducible del consumo hurtado.

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales del proyecto y su utilización

El proyecto ha sido implementado mediante la utilización de un Raspberry Pi 3 Modelo B+, ver Fig. 1, el cual puede bien ser definido como el elemento principal para el desarrollo del prototipo, ya que es la unidad de control, procesos y almacenamiento de datos.

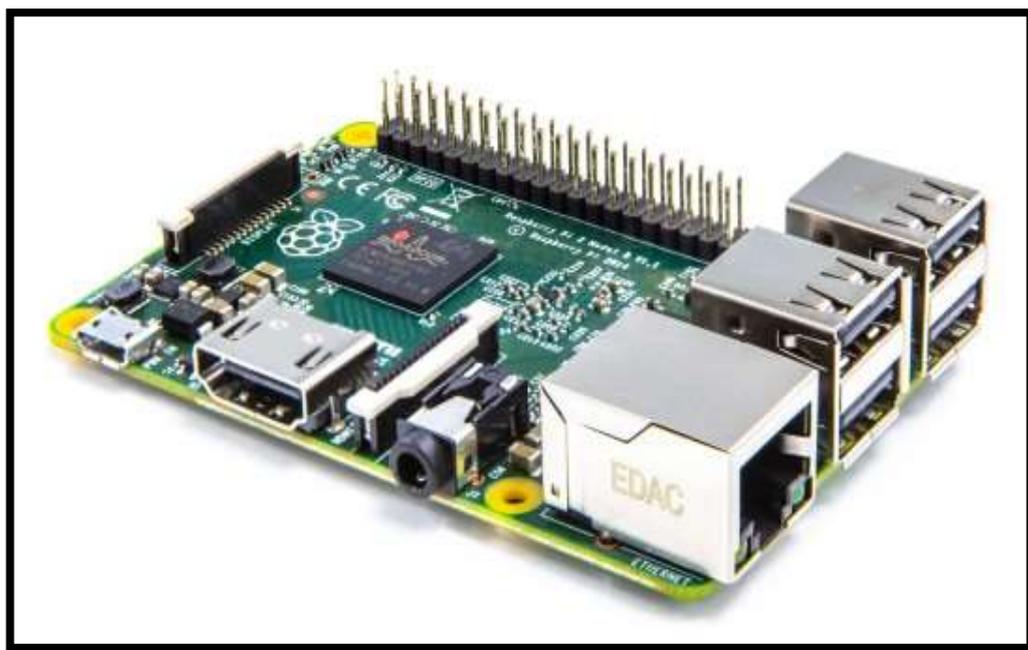


FIGURA 1: PLACA DEL RASPBERRY PI 3 MODELO B+ . [37]

El Raspberry Pi es una minicomputadora pensada para satisfacer todo tipo de proyecto electrónico, abarcando desde proyectos básicos de comunicación entre dispositivos hasta sistemas autónomos de eficiencia de servicios. El proyecto ha sido desarrollado usando el programa Python 3, donde se emplea Python como lenguaje de programación, el mismo que, hace hincapié a una sintaxis que favorezca un código legible.

Para poder visualizar el ambiente de programación del Raspberry Pi es necesario conectar a este algún periférico de salida, tal como un monitor o un aparato de televisión, ya que cuenta con salidas de tipo A/V (Audio y Video) y HDMI (Alta definición de interfaz multimedia), la segunda viene programada por defecto. Además, será imprescindible conectar un mouse y un teclado a cualquiera de sus cuatro puertos USB (Bus Universal Serie) 2.0, disponibles para fines de escritura o edición del programa a ser instaurado.

El Raspberry Pi consta con Entradas y Salidas de Propósito General (GPIO) colocadas en una cabecera o header (del inglés) de 40 pines. De estos 40 pines disponibles se han utilizado únicamente 15. Ver Fig. 2.

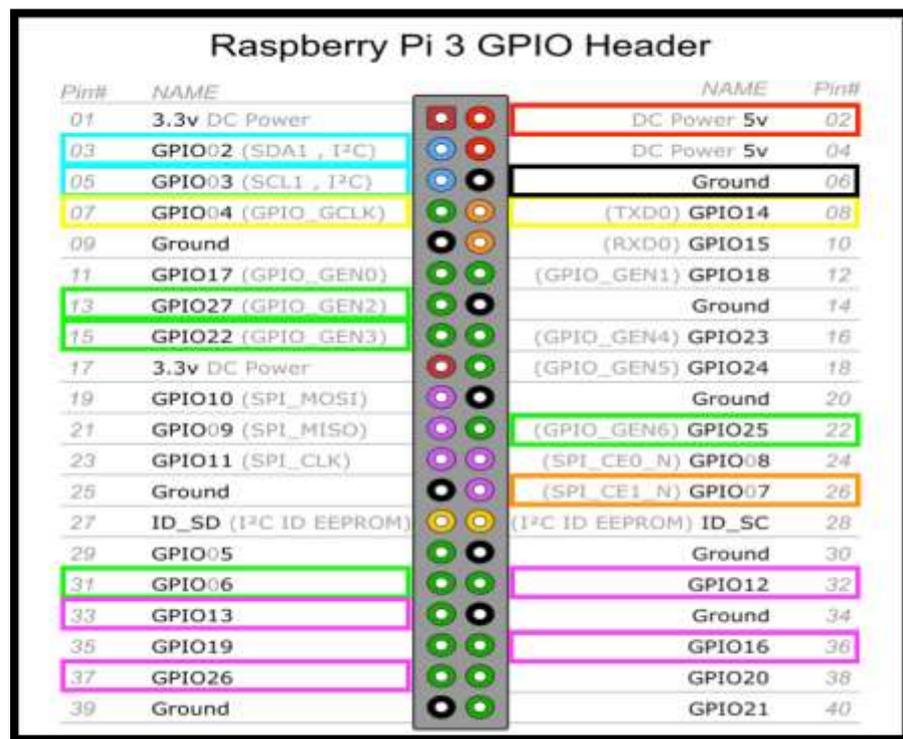


FIGURA 2: DISTRIBUCIÓN DEL HEADER Y GPIO'S UTILIZADOS DEL RASPBERRY PI 3 MODELO B+.

[38]

- Color rojo: Alimentación 5V.
- Color negro: Terminal a tierra.
- Color amarillo: Sensor de temperatura.
- Color verde: Relé de contactos.
- Color magenta: Relé de contactos.

Color naranja: Sensor de movimiento.

Color celeste: Sensor de lúmenes.

Los GPIO'S únicamente reciben y envían señales digitales, por lo tanto, se dispondrá de ellos para lectura de los sensores y mando de los actuadores. Adicionalmente, se propone utilizar los sensores que son detallados a continuación.

3.1.1. Sensor HC-SR 501

Es un sensor PIR (Infrarrojo pasivo) destinado para la detección de presencia y movimiento. El sensor se basa en un sensor piro eléctrico dividido en dos zonas sensibles. Estas dos zonas sensibles en condiciones normales son activadas igualmente por la radiación infrarroja del ambiente. La detección se basa en el calor emitido por el cuerpo humano, en forma de radiación infrarroja, donde se representa un valor irradiado de $3^{\circ}C$ sea una persona o $1.5^{\circ}C$ sea un animal. [39]

Las zonas de detección intercaladas, además de multiplicarse mediante una lente especial (Lente de Fresnel La lente de Fresnel fue inventada por el físico francés Augustin Fresnel. La lente de Fresnel es una lente óptica delgada y plana que consiste en una serie de pequeñas ranuras concéntricas estrechas en la superficie de una lámina de plástico de peso ligero con el fin de reducir el espesor, peso y costo. Cada ranura está en un ángulo ligeramente diferente a la siguiente, y con la misma distancia focal con el fin de enfocar la luz hacia un punto focal central. Cada ranura puede ser considerada como una pequeña lente individual a doblar las ondas de luz de Fresnel paralelo y enfocar la luz) que alcanza un rango de 6 metros de distancia y 19 zonas con un ángulo de apertura de 120° . [40] Por dichas especificaciones es prioritario que el sensor vaya en la parte superior de la zona a controlar para un mayor rango del sensor y detección precisa de movimientos.

El sensor incorpora 2 potenciómetros y un jumper que nos permiten modificar su comportamiento y adaptarlo a nuestras necesidades, para ello, se priorizó la

minimización de la sensibilidad por objeto del movimiento de masas de aire en la zona inspeccionada.

A continuación se muestra el sensor identificando sus partes, funciones y aplicaciones en el proyecto. Ver Fig. 3.



FIGURA 3: SENSOR HC-SR 501. [41]

El sensor consta de un selector de modo, el cual nos permite cambiar entre el modo de funcionamiento continuo o el modo de repetición. En modo continuo, si el sensor detecta movimiento de manera perenne mantendrá una señal continua. En el modo de repetición, el sensor se activará al detectar movimiento y volverá luego a su estado normal, si lo vuelve a detectar se volverá a activar y completará otro ciclo, pero no funcionará de manera duradera aunque detecte movimientos repetidos.

Si tomamos como primer contacto el que se encuentra en la esquina del sensor, puenteando los contactos 2 y 3, se activa el modo continuo, y por el contrario haciéndolo con los contactos 1 y 2 se activa el modo de repetición. Siempre deberá activarse un modo u otro.

Para esta aplicación se utilizó el primer modo, de manera que se punteó los contactos 2 y 3.

Como parte importante del sensor está el ajuste de sensibilidad, el cual aumenta o disminuye la sensibilidad del sensor, con ello podemos ajustar la distancia a la que se activará y/o la cantidad de movimiento necesarios para activar el sensor (por ejemplo, para distinguir una persona de una mascota). Teniendo el sensor como en la imagen, el mínimo se encontrará en el lado izquierdo y el máximo en el derecho. Los potenciómetros se pueden ajustar con la ayuda de un destornillador.

El sensor cuenta con regulaciones de tiempo por medio de un temporizador regulable, el cual aumenta o disminuye el tiempo que se activará el sensor una vez detectada la presencia, el rango va aproximadamente desde unos 3 segundos hasta unos cinco minutos. Si el sensor se encuentra en modo continuo, el tiempo de activación será como mínimo el ajustado, no existiendo máximo, si el sensor detecta continuamente presencia mientras se encuentra activado.

3.1.2. Sensor de temperatura DHT11

El DHT11 es un sensor de temperatura que proporciona una salida de datos digitales. Entre sus ventajas podemos mencionar el bajo coste y el despliegue de datos.

Entre las desventajas, el DHT11 solo lee enteros, no podemos adquirir temperaturas con decimales, por lo que tenemos que pensarlo muy bien a la hora de utilizar este sensor para trabajos en los que se requieran lecturas precisas de temperatura y/o humedad. Para obtener los datos se desarrolló un programa anidado dentro de la carpeta donde se alojará el programa principal, de manera que al momento de importar el módulo DHT11 lo reciba directamente por el hecho de encontrarse en la misma carpeta. Además, es necesario colocar una resistencia de $2,2\text{ K}\Omega$ para que funciones como Pull-Up

entre los pines 1 y 2. (la resistencia estabilizar la señal que nos entrega el sensor, gracias a esta resistencia nos eliminamos los ruidos eléctricos que se produzcan y nos aseguramos que toda señal que llegue a arduino sea 0 o 1)

Este sensor trabajará de forma redundante con el sensor de movimiento, provocando un sistema de seguridad entre los dos sensores, de manera que si el sensor de movimiento presenta alguna actividad, el sensor de temperatura debe ratificar ese dato al momento de sensor una diferencia entre la temperatura exterior y la interior; destacando al sensor mencionado como totalmente didáctico, ya que solo consta de 3 pines (en algunos casos 4, pero solo se utilizan los 3 principales) Data, VCC (Voltaje en Corriente Continua) y GND (Tierra). Ver Fig. 4.

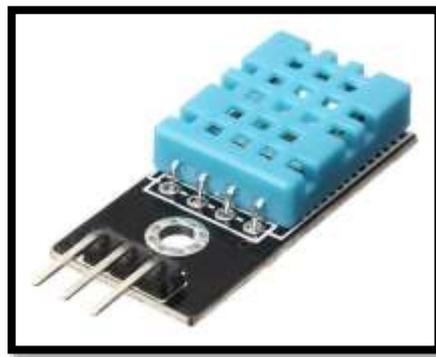


FIGURA 4: SENSOR DHT11. [42]

3.1.3. Sensor de Lúmenes BH1750

El módulo BH1750 es un sensor de iluminación digital para medición de flujo luminoso (iluminancia). Ver Fig. 5. Posee un conversor interno de 16-bit, por lo que entrega una salida digital en formato I2C (Circuito Interintegrado) para utilizar este formato. En el Raspberry se debe activar la opción de I2C (Descrita en la sección a continuación) para que así pueda realizar la medición correcta mediante los pines 3 y 5 del Raspberry Pi, los cuales respectivamente pertenecen al formato I2C como SDA (Datos serie) y SCL (Reloj serie). uno

para transmitir los datos, SDA y otro, el reloj asíncrono que indica cuando leer los datos SCL. Mas GND y 5V (cuando se requiera)



FIGURA 5: SENSOR BH1750. [43]

Su desempeño es mejor al de un Foto-Resistor, pues no es necesario realizar conversiones de voltaje para obtener datos interpretables.

El BH1750, entrega la intensidad luminosa directamente en unidades Lux (Lx).

El lux es la unidad derivada del S.I. de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen /m². Se usa en la fotometría como medida de la luminancia, tomando en cuenta las diferentes longitudes de onda según la función de luminosidad, un modelo estándar de la sensibilidad a la luz del ojo humano. [43]

El sensor determinará el nivel adecuado de luminiscencia para las actividades que se realicen en la zona vigilada, cada una está determinada por valores fijos de lúmenes para el confort visual del usuario al realizar la tarea designada.

En sectores residenciales se manejan los siguientes valores de luminiscencia:

TABLA 2: ÍNDICES DE LUMINISCENCIA SEGÚN EL AMBIENTE A ILUMINAR. [44]

Zona	Tarea a Realizar	Cantidad de Lux
Cocina	Iluminación general	300

	Zona de cortar y preparado	500-600
Baño	Iluminación general	200
	Maquillarse o afeitarse	300-500
Dormitorio	Iluminación general	100-200
	Área de lectura	500
Cuarto de niños	Iluminación general	200-300
	Trabajos manuales	500-700
Sala de estar	Iluminación general	100
	Área de TV	50-70
	Área de lectura	500

Dichos valores van a ser respetados por el sistema administrador, ya que el usuario para iluminar un área, erróneamente coloca un foco de distinta capacidad a la necesitada, lo que produce un derroche de energía.

TABLA 3: ÍNDICES DE LUMINISCENCIA SEGÚN EL TIPO DE FOCO. [45]

Lúmenes	Foco LED (Vatios)	Foco incandescente (Vatios)	Compactos fluorescentes (Vatios)
450	4.5	40	9.13
800	6.8	60	13.15
1,100	9.13	75	18.25
1,600	16.20	100	23.30
2,600	25.28	150	30.55

Para evitar esto, se dispone de un dimmer o también conocido como regulador de intensidad de luz que emite una bombilla.

El dimmer será representado por un circuito de potencia controlado por un Trimmer, el cuál restringirá el paso de corriente y así disminuir la luminiscencia. Se escogió al Trimmer, porque al ser un potenciómetro fijo, nos

da la facilidad de colocar un valor y mantenerlo por un largo periodo de tiempo; además los valores de luminiscencia son valores estandarizados por áreas y más que todo, valores fijos, por ende, dicho potenciómetro no mostrará razón alguna para su manipuleo posterior a su instalación.

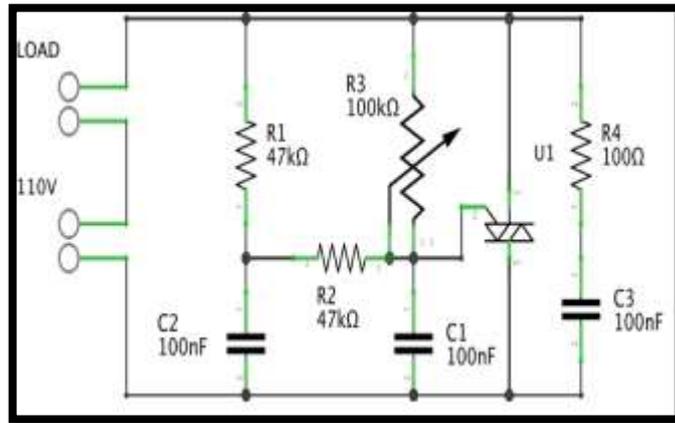


FIGURA 6: CIRCUITO ESQUEMÁTICO DEL DIMMER.

Como actuadores se han utilizado Relés de 5V, permitiendo la conexión o desconexión de las cargas a controlar.

3.1.4. Relé de 5V

Es un interruptor operado magnéticamente, donde por medio de una bobina y un electroimán se activa o desactiva (dependiendo de la conexión) cuando el electroimán (que forma parte del relé) es energizado. [46]

Esta operación causa que exista conexión o no, entre dos o más terminales del dispositivo. La conexión se logra con la atracción o repulsión de un pequeño brazo, llamado armadura, por el electroimán conectando o desconectando los terminales antes mencionados.

El Relé permite el control de un dispositivo a distancia con poca corriente, sin embargo puede activar grandes cargas que consumen gran cantidad de corriente. Ver Fig. 7.



FIGURA 7: RELÉ DE CONTACTOS DE 5V. [47]

Con una sola señal de control, se pueden controlar varios relés a la vez y para este caso se han utilizado dos grupos de relés de 4 módulos cada uno.

La medición de valores de corriente y voltaje deben ser realizados en otro ambiente de conexión, dado que son señales analógicas y el Raspberry Pi no dispone dichas señales, tanto en envío como en recepción.

El elemento idóneo para estas señales es la tarjeta Arduino UNO, la cual consta de 6 Entradas Analógicas; además de ser compatible para trabajar en conjunto con el Raspberry Pi tanto en conexión como en programación. Esta es una placa que contiene entradas y salidas asignadas para el envío y recepción de señales tanto analógicas como digitales, señales PWM (Ancho de Pulso Modulado), salida de alimentación de 5V y GND, entre otros. Como componentes principales tiene un microcontrolador ATmega328 y ATmega16U2 para el manejo de USB en lugar del 8U2 permitiendo más memoria y rapidez en transferencias. Ver Fig. 8. Arduino UNO trabaja en conjunto con el IDE (Entorno integrado de desarrollo) el cual es su entorno de programación que implementa el lenguaje Proceso/cableado



FIGURA 8: PLACA DEL ARDUINO UNO REV 3. [48]

El Arduino UNO irá conectado de manera directa al Raspberry Pi por medio de un cable USB tipo A/B de impresora, que además de servir como alimentación permite la comunicación entre ambos dispositivos. El ambiente de programación del Arduino debe ser instalado previamente en el Raspberry Pi 3 y mediante la librería Serial se podrá establecer la comunicación entre ambos.

Se ha escogido este tipo de placa Arduino por su precio asequible y por la prestación que presta al proyecto, como la aportación de 6 entradas analógicas que servirán para la medición de parámetros como la corriente y el voltaje.

Una vez instalado el software y conectados los dispositivos, se procede a realizar el programa para la medición de corriente y voltaje, donde se utilizará el siguiente sensor:

3.1.5. Sensor de corriente no invasivo SCT 013-030

Para el funcionamiento del sensor se debe de atravesar una sola línea de la carga a medir, ya que la corriente que circula por el cable que deseamos medir actúa como el devanado primario (1 espira) e internamente tiene un devanado secundario que dependiendo del modelo pueden tener hasta más de 2000 espiras. Ver Fig. 9.

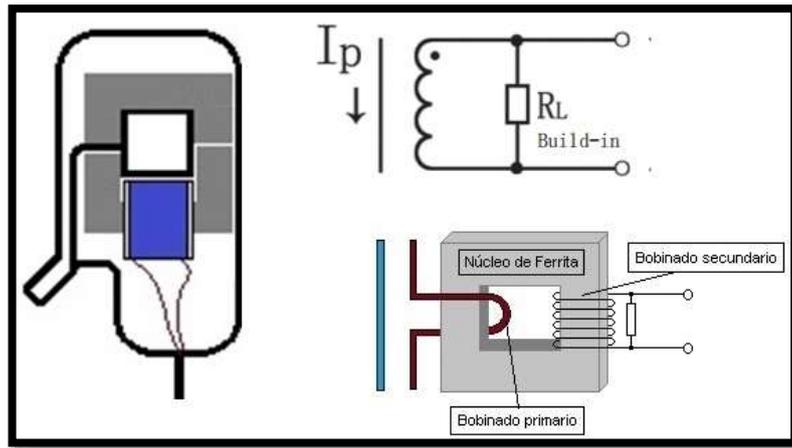


FIGURA 9: FUNCIONAMIENTO DE SENSOR SCT 013. [49]

Una ventaja de SCT 013 es, no necesitar interrumpir (cortar o desempalmar) el cable que vamos a medir, esto porque al igual que una pinza amperimétrica tiene el núcleo partido. Ver Fig. 10.



FIGURA 10: SENSOR SCT 013-030. [49]

Se escogió el sensor SCT-013-030 por el motivo de al ser instalaciones residenciales los circuitos no exceden los 30A de carga. Los últimos tres números del código del sensor sirven para identificación de la carga a medir.

Al tratarse de una medición de corriente alterna para hacerla con Arduino tendremos que crear una masa virtual mediante un divisor de tensión, ya que solo podemos medir valores positivos. (Esquema descrito en el siguiente capítulo).

3.1.6. Voltímetro

Un voltímetro mide la tensión entre dos puntos de un circuito, y con la electrónica digital actual, podemos realizar un verdadero voltímetro que podemos instalar en nuestra fuente de alimentación. Los voltímetros digitales funcionan mediante la conversión del valor analógico leído, a un valor digital mediante un convertidor analógico a digital (ADC).

Nosotros vamos a utilizar un Arduino típico que contiene varios de estos convertidores en él, con una precisión que será suficiente para este cometido. Se necesita leer voltajes de entradas analógicas en Arduino y construir un voltímetro que mide voltaje alterno (AC) y para esto debemos tomar en cuenta que la placa solo resiste hasta 12-15V, pero por seguridad, vamos a tomar como límite 5V, por esto, para poder leer de manera correcta en AC se debe transformar el voltaje de entrada de 110V a 12V, rectificarlo y luego regularlo para que esté en el rango de 5V.

3.2. Diseño y conexiones del proyecto

A continuación se muestra cómo y dónde irán conectados los diferentes sensores, los cuales irán conectados con su respectiva placa.

3.2.1. Placa Raspberry Pi 3 Modelo B+

En la placa Raspberry Pi 3 se conectarán todos los sensores y actuadores digitales, estos están directamente conectados a la placa porque envían señales de tipo digital y son de fácil lectura para el Raspberry Pi 3.

A continuación se presenta la conexión de los sensores:

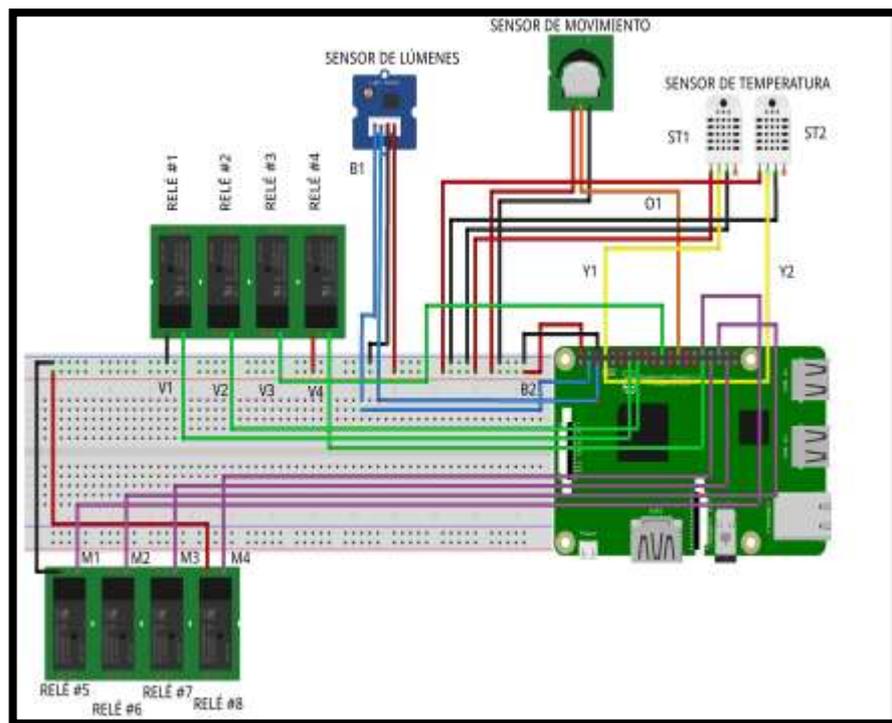


FIGURA 11: PLACA RASPBERRY PI 3 Y SUS CONEXIONES.

TABLA 4: DESCRIPCIÓN DE CONEXIONES.

Etiqueta	Color	Origen	Llegada	Función
V1	Verde	Pin 13	Relé #1	Activación/Desactivación Foco#1
V2	Verde	Pin 15	Relé #2	Activación/Desactivación Tomacorriente #1
V3	Verde	Pin 22	Relé #3	Activación/Desactivación Foco #2
V4	Verde	Pin 31	Relé #4	Activación/Desactivación Tomacorriente #2
M1	Magenta	Pin 32	Relé #5	Activación/Desactivación Tomacorriente #3
M2	Magenta	Pin 36	Relé #6	Activación/Desactivación Tomacorriente #4
M3	Magenta	Pin 37	Relé #7	Activación/Desactivación Dimmer #1

M4	Magenta	Pin 33	Relé #8	Activación/Desactivación Dimmer #2
B1	Azul	Pin 3	Sensor de lúmenes	Medir luminosidad en el ambiente.
B2	Azul	Pin 5	Sensor de lúmenes	Medir luminosidad en el ambiente.
Y1	Amarillo	Pin 8	Sensor de temperatura ST1	Medir temperatura interior del ambiente.
Y2	Amarillo	Pin 7	Sensor de temperatura ST2	Medir temperatura exterior del ambiente.
O1	Naranja	Pin 26	Sensor de movimiento	Detecta la presencia en el ambiente.

Por defecto el cable color rojo será VCC y saldrá desde el Pin #2 para alimentar cada uno de los sensores y conjuntos de relés, el cable color negro será GND y saldrá desde el Pin #6 para colocar la tierra en cada uno de los sensores y conjuntos de relés.

3.2.2. Placa Arduino UNO rev 3

Las Conexiones que irán destinadas a la placa Arduino UNO serán las correspondientes a las señales analógicas, tales como el voltímetro y el amperímetro.

El Amperímetro consta de un circuito sencillo compuesto por resistencias, un capacitor y el sensor de corriente no invasivo SCT 013-030. Ver Fig. 12.

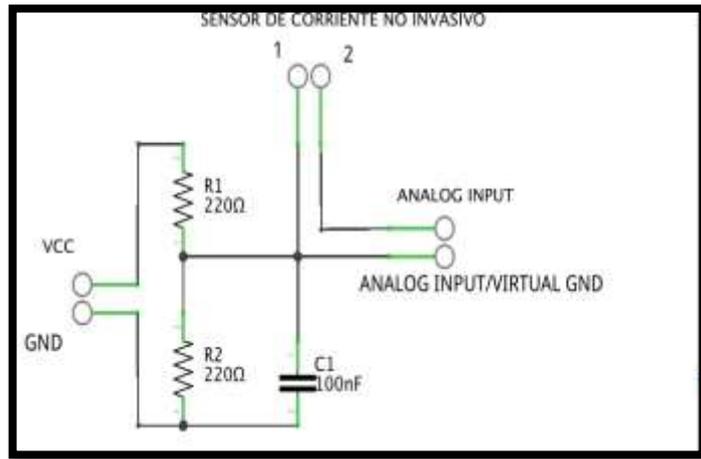


FIGURA 12: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL SENSOR DE CORRIENTE.

Cabe destacar que dicho circuito es para un sensor. En la aplicación del proyecto se utilizan cuatro sensores de corriente, por lo tanto, habrán cuatros circuitos similares.

El voltímetro como tal consta de un circuito compuesto por las etapas de transformación, rectificación, regulación y conexión al Arduino.

Son tres etapas específicas e importantes para poder realizar la medición de manera correcta a un voltaje elevado. Ver Fig. 13.

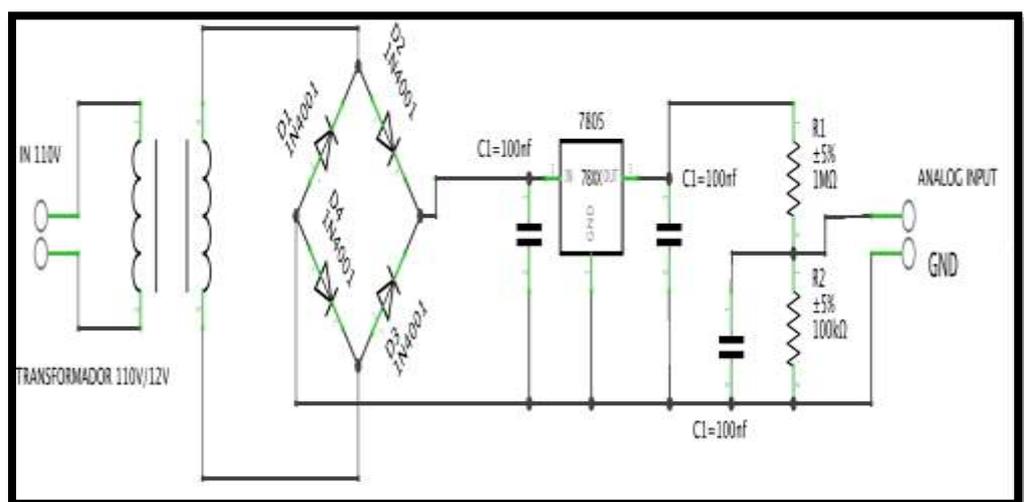


FIGURA 13: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL VOLTÍMETRO.

Partiendo de los esquemas de conexión anteriores, se obtiene el siguiente esquema donde reúne al voltímetro y al amperímetro con sus cuatro sensores. Ver Fig. 14.

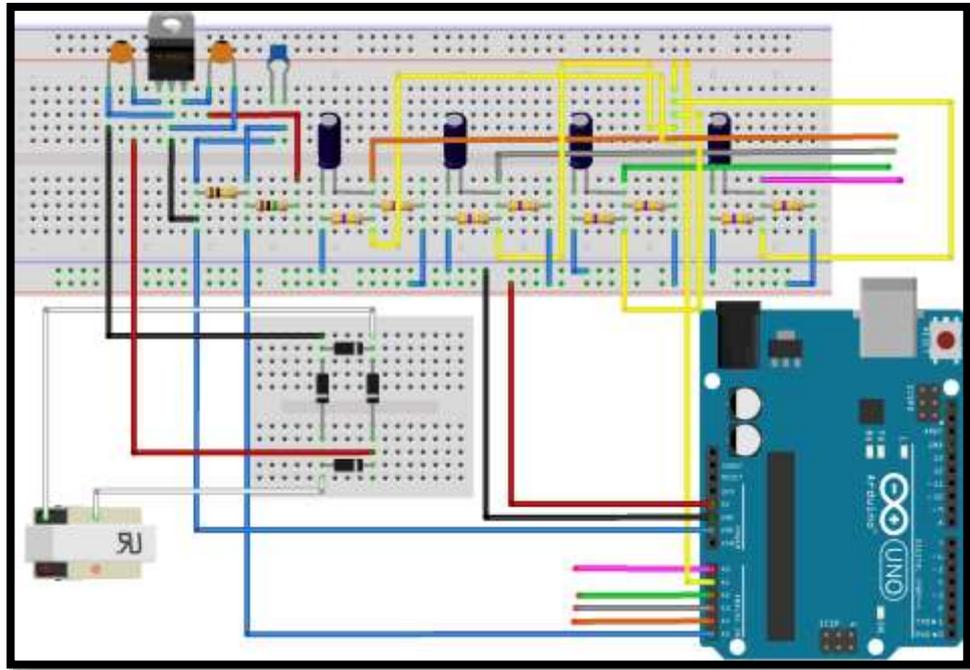


FIGURA 14: DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL PROYECTO.

3.3. Programación del proyecto.

Para lograr la interacción correcta con el usuario se desarrolló un programa mediante la librería Tkinter, previamente instalada, donde se obtendrá el control y monitoreo de las cargas.

Tkinter es un “binding” de la biblioteca gráfica Tcl/Tk para el lenguaje de programación Python, con esto queremos decir que Tk se encuentra disponible para varios lenguajes de programación, entre los cuales se encuentra Python con el nombre de Tkinter. Tk, es una capa de esta librería para el lenguaje Python, con lo cual usar Tk en otro lenguaje no nos supondrá un inconveniente.

Se considera un estándar para la interfaz gráfica de usuario (GUI) para Python y es el que viene por defecto con la instalación para Microsoft Windows y GNU/Linux.

Con Tkinter podremos conseguir resultados casi tan buenos como con otras librerías gráficas, siempre teniendo en cuenta que quizás con otras herramientas podamos realizar trabajos más complejos, donde necesitemos una plataforma más robusta, pero como herramienta didáctica e interfaces sencillas nos sobrarán, dándonos una perspectiva de lo que se trata el desarrollo de una parte muy importante de la aplicación si deseamos distribuirla.

Gracias a Tkinter veremos como interactuar con el usuario, pidiéndole el ingreso de datos, capturando la pulsación de teclas, movimientos del mouse, entre otras cosas que podremos lograr.

La interfaz principal del proyecto consta de cuatro botones, se colocó estos cuatro ítems, por tratarse de un sistema administrador energético donde se priorizan estas referencias en el consumo mensual y como el objetivo de este proyecto es disminuir el aumento del mismo, se las colocaron como herramientas directas de control y monitoreo. Ver Fig. 15. El almacenamiento de los datos como el registro de las mediciones mediante gráficas, serán guardadas directamente en el dispositivo y su acceso será de forma directa.



FIGURA 15: INTERFAZ PRINCIPAL DEL PROYECTO.

Lo que se muestra es una interfaz en una resolución de 400x500 Píxeles con un posicionamiento vertical de los botones, denotando que el tamaño de las letras capta la atención del usuario.

A continuación se describe cada uno de los botones explicados en la interfaz. Al dar “Clic” en cada uno de los botones se mostrará una interfaz diferente en cada botón que representa lo expresado en el nombre del botón.

3.3.1 Monitoreo

El monitoreo del sistema nos permite disponer de datos que permitan saber que está pasando, conocer el consumo energético en cada momento es clave para saber hacia dónde enfocar los esfuerzos de mejora del desempeño energético. [50] Este monitoreo de datos es aplicable hacia cualquier proyecto, más que todo cuando “Todo lo que no se puede medir no se puede mejorar” y como tal cobra un papel fundamental en el entorno energético.

Se puede observar un valor definido por la unidad vatios por segundo indicando lo que se está consumiendo, es decir, una lectura en tiempo real del total de las cargas; además que se podrá observar el estado de cada tomacorriente y foco instalado en el proyecto. Ver Fig. 16.

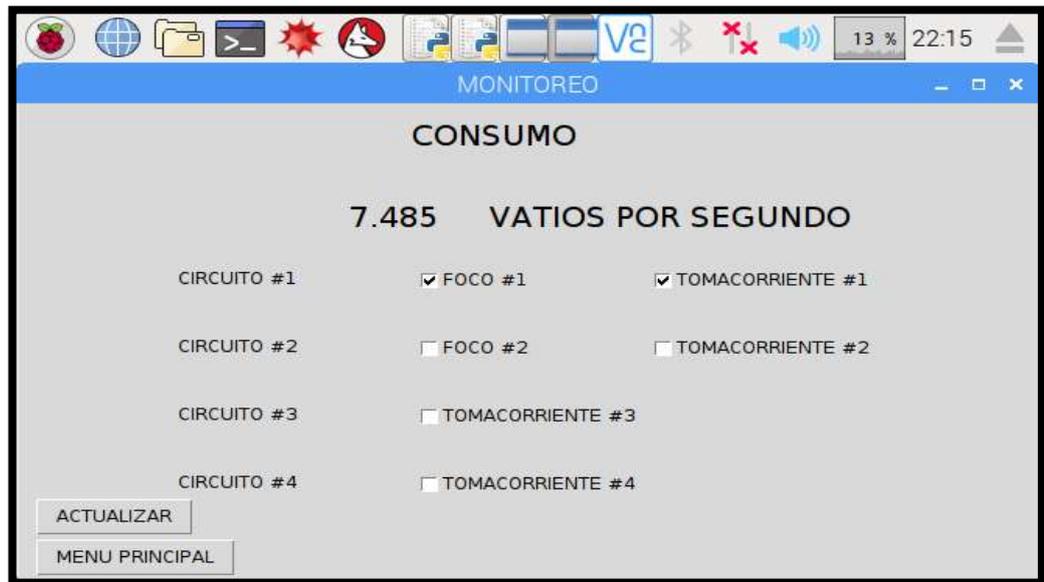


FIGURA 16: INTERFAZ DE LA OPCIÓN MONITOREO.

El botón “ACTUALIZAR” restablecerá el estado de las cargas según como estén establecidas y el valor del consumo.

El botón “MENU PRINCIPAL”, permitirá regresar al menú principal para poder seleccionar otro botón.

Con el monitoreo se pueden obtener las siguientes ventajas:

- Facilidad para detectar todo tipo de problemas en las instalaciones, en el mismo momento en que se producen.
- Atajar los problemas de forma inmediata, evitando que el derroche energético se traduzca en un incremento importante de la factura energética.
- Evaluar la marcha de las mejoras de ahorro energético llevadas a cabo.

- Detectar posibles desviaciones de los ahorros previstos, con incidencia en el periodo de retorno de la inversión.
- Facilitar la gestión de los presupuestos de gasto energético.

3.3.2 Control

La interfaz presenta un conjunto de “CheckBox”, los cuales se caracterizan por ser casillas en blanco donde la activación de los mismos será representada por un visto (Check) y su desactivación por su ausencia. Ver Fig. 17. Estos realizarán la desconexión o conexión de las cargas mediante la intervención de los relés ubicados en los tomacorrientes.

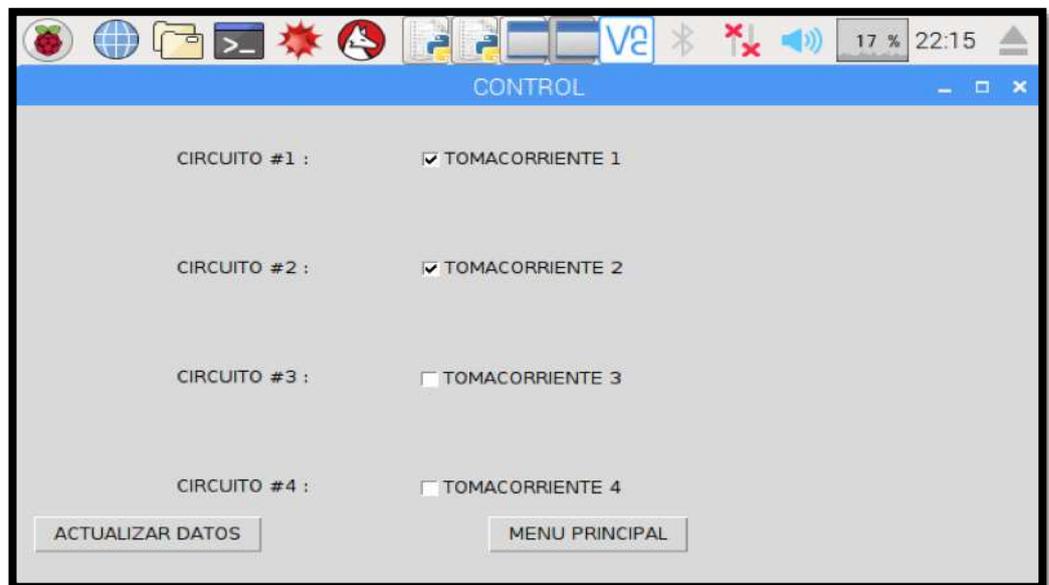


FIGURA 17: INTERFAZ DE LA OPCIÓN CONTROL.

El botón “ACTUALIZAR DATOS” permitirá guardar los cambios tanto en control como en monitoreo.

El botón “MENU PRINCIPAL”, permitirá regresar al menú principal para poder seleccionar otro botón.

El manipuleo de los CheckBox's son específicamente para evitar no solo el derroche de energía donde no se la está utilizando sino evitar algún tipo de cortocircuito mediante su desconexión, el control de las cargas es de suma importancia a nivel residencial donde somos propensos a los descuidos ya sea por un largo o corto periodo de tiempo.

Controlar el comportamiento de las cargas contribuye a optimizar significativamente sus prestaciones en cuanto a confort, seguridad y ahorro de energía.

3.3.3 Datos históricos:

Se presenta un único botón en el cual, al momento de presionarlo, aparecerá una gráfica en tiempo real del consumo diario que se irá actualizando paulatinamente. Ver Fig. 18. Esta gráfica está expresada en un cuadro Tiempo (Eje Y) Vs Potencia (Eje X) para poder deducir el consumo. Ver Fig. 19.

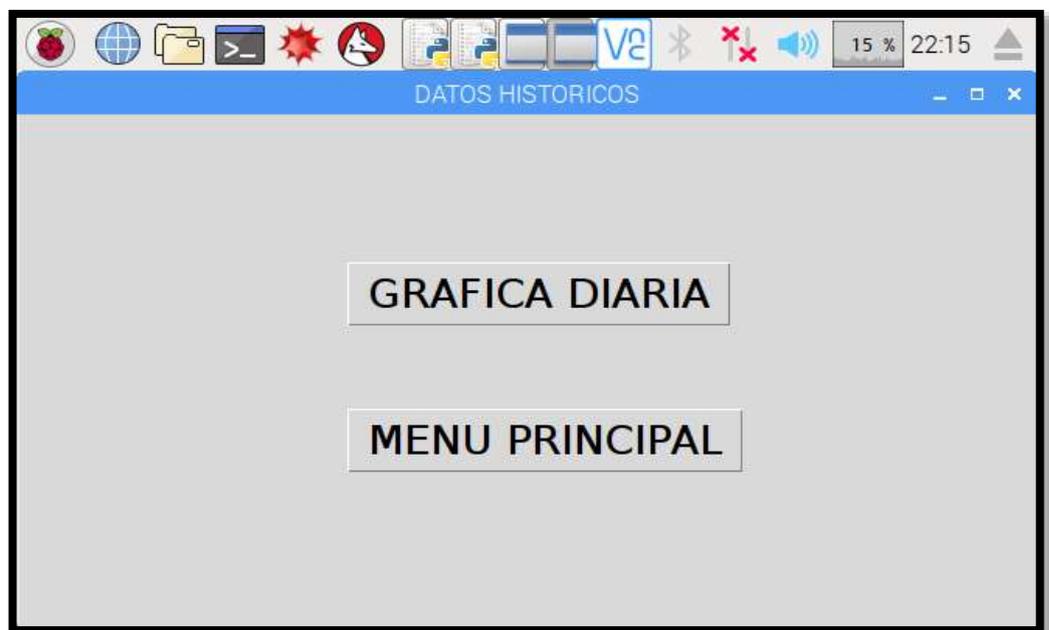


FIGURA 18: INTERFAZ DE LA OPCIÓN DATOS HISTÓRICOS.

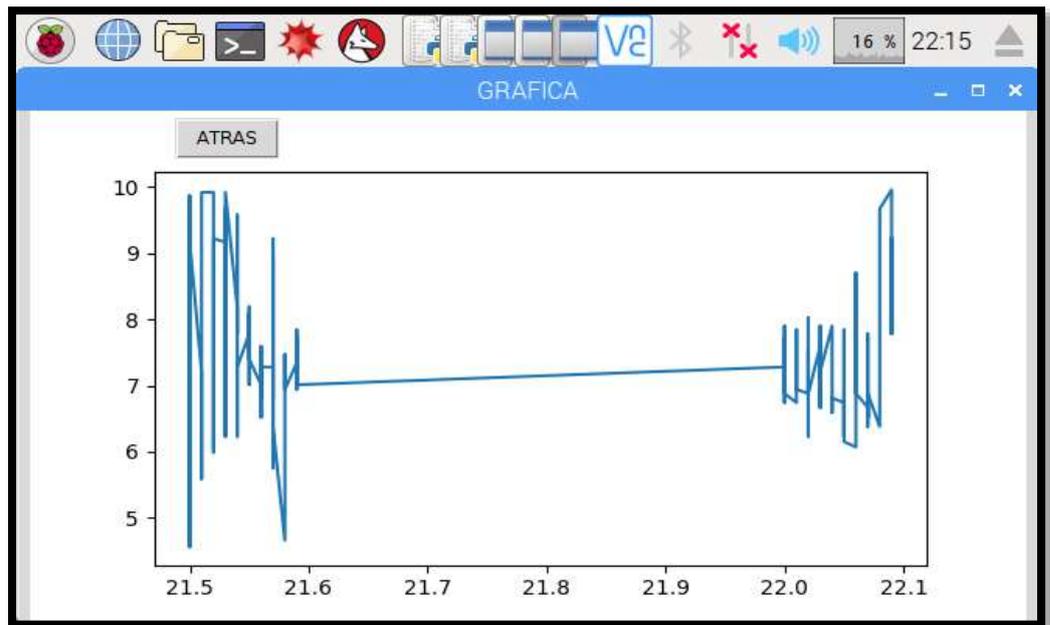


FIGURA 19: GRÁFICA DE CONSUMO.

El uso de gráficas para expresar el consumo permite al usuario concluir en qué hora del día se han obtenido sus consumos picos y relacionarlos con su facturación mensual. Esta es otra forma de poder monitorear el comportamiento del consumo a nivel residencial.

La gráfica se guardará diariamente de manera automática en el escritorio del Raspberry Pi bajo el siguiente formato “Día Mes”, en el mismo se almacenará el consumo total hora a hora bajo el formato “Hora Minuto Consumo” en un archivo de texto llamado “Consumo.txt”

Para poder interactuar con la base de datos de las gráficas y mediciones, se minimiza la interfaz del proyecto y se mostrará el escritorio del Raspberry Pi.

El botón “MENU PRINCIPAL”, permitirá regresar al menú principal para poder seleccionar otro botón.

3.3.4 Consumo

Se muestra un valor delimitado por la unidad “CENTAVOS POR KILOVATIO HORA”, el cual revela el valor de lo que se está consumiendo hora a hora; de esta manera se podrá manejar un balance del consumo hora a hora. Este valor se actualizará al presionar el botón “ACTUALIZAR”, es otra forma de monitorear el consumo residencial, pero aquí se muestra el valor monetario y de cuanto se va a gastar, conociendo que el valor de Kilovatio por hora es 0,09 centavos, se relacionan los datos y se muestra un valor referencial que indica el consumo por hora. Ver Fig. 20.

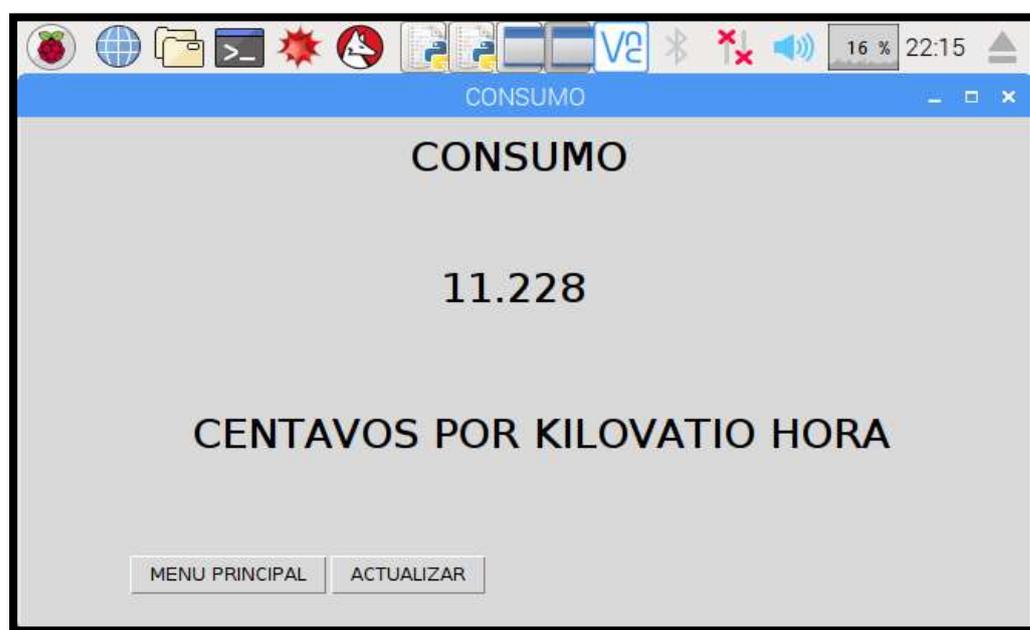


FIGURA 20: INTERFAZ DE LA OPCIÓN CONSUMO.

El botón “MENU PRINCIPAL”, permitirá regresar al menú principal para poder seleccionar otro botón.

3.4. Arquitectura de comunicación del proyecto

El usuario puede comunicarse directamente con el proyecto mediante la aplicación VNC Viewer, es una aplicación de software libre para acceso remoto mediante la dirección IP (Protocolo de Internet), la aplicación puede ser descargada e instalada

tanto en el computador de uso personal como en un dispositivo móvil, ya que soporta los lenguajes generales más utilizados (Windows, Android, iOS).

Además, puede ser utilizada en dispositivos móviles y manipulada vía web, ya que presenta la opción de ser descargada como extensión en Google Chrome y así manejarla.

Para poder gozar de la comunicación mediante esta aplicación se debe configurar el Raspberry Pi de la siguiente manera. Ver Fig. 21. Se deben activar los siguientes íconos de opción:

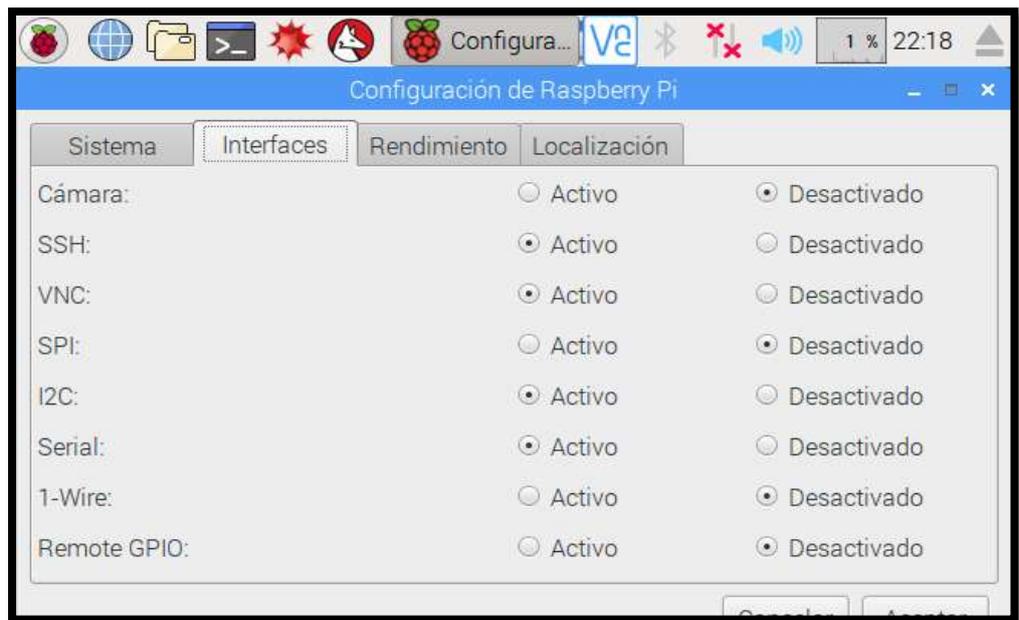


FIGURA 21: CONFIGURACIÓN DE LA RASPERRY.

3.4.1. SSH (Secure Shell)

Es el nombre de un protocolo y del programa que lo implementa, sirve para manejar por completo el servidor mediante un intérprete de comandos; tiene asignado el puerto TCP 22.

Facilita las comunicaciones seguras entre dos sistemas usando una arquitectura cliente/servidor y que permite a los usuarios conectarse a un host remotamente.

El protocolo SSH proporciona los siguientes tipos de protección:

- Después de la conexión inicial, el cliente puede verificar que se está conectando al mismo servidor al que se conectó anteriormente.
- El cliente transmite su información de autenticación al servidor usando una encriptación robusta de 128 bits.
- Todos los datos enviados y recibidos durante la sesión se transfieren por medio de encriptación de 128 bits, lo cual los hacen extremadamente difícil de descifrar y leer.

Toda la comunicación entre los sistemas cliente y servidor es encriptada. No servirán de nada los intentos de falsificar la identidad de cualquiera de los dos lados de la comunicación, ya que cada paquete está cifrado por medio de una llave conocida sólo por el sistema local y el remoto.

Activada esta opción dentro del panel de configuración del Raspberry Pi, se logrará la conexión remota desde la terminal de cualquier dispositivo hacia la terminal de la Raspberry. La terminal del Raspberry Pi es un ambiente administrador, donde se pueden copiar archivos, mover, instalar librerías, actualizar el sistema, apagarlo, reiniciarlo, etc. La utilización de este protocolo ayudará a facilitar la comunicación y administrar de manera más amplia el Raspberry Pi.

3.4.2. VNC (Virtual Network Computing)

Es un programa de software libre basado en una estructura cliente-servidor que permite tomar el control del ordenador servidor remotamente a través de un ordenador cliente. VNC no impone restricciones en el sistema operativo del

ordenador servidor con respecto al del cliente, es posible compartir la pantalla de una máquina con cualquier sistema operativo que admita VNC conectándose desde otro ordenador o dispositivo que disponga de un cliente VNC. [51]

VNC es independiente de la plataforma, un cliente VNC de un sistema operativo pueden conectarse a un servidor VNC del mismo sistema operativo o de cualquier otro. Varios clientes pueden conectarse a un servidor VNC al mismo tiempo. Los usos populares de esta tecnología incluyen ayuda técnica remota y acceso a los archivos presentes en el ordenador del trabajo desde la computadora de la casa o viceversa.

El VNC servidor es el programa en el equipo que comparte su pantalla. El servidor de forma pasiva permite al cliente tomar el control de la misma.

El VNC cliente (o espectador) es el programa que vigila, controla e interactúa con el servidor. El cliente controla al servidor.

El VNC protocolo es muy simple, basado en una primitiva gráfica del servidor al cliente y mensajes de eventos desde el cliente al servidor.

En el método normal de operación, un espectador se conecta a un puerto en el servidor (puerto por defecto 5900). Alternativamente, un navegador puede conectarse al servidor (dependiendo de la implementación) (puerto por defecto 5800). Y un servidor puede conectarse a un espectador en "modo de escucha" en el puerto 5500.

El uso de VNC a través de internet funciona bien si el usuario tiene una conexión de banda ancha en ambos extremos.

Activando esta opción permitirá que el Raspberry Pi sirva como cliente y los demás dispositivos que quieran conectarse con él, para la visualización de este

caso en la interfaz del proyecto debe tener instalada la aplicación VNC VIEWER, la cual se utilizó a lo largo del proyecto.

3.4.3. I2C (Circuito Interintegrado)

Se trata de un bus bidireccional que utiliza dos líneas, una de datos serie SDA y SCL, que requiere resistencias de polarización a positivo (RPA). SCL es la línea de reloj, se utiliza para sincronizar todos los datos SDA de las transferencias durante I2C bus. SDA es la línea de datos.

El I2C está diseñado como un bus maestro-esclavo. La transferencia de datos es siempre inicializada por un maestro; el esclavo reacciona.

Una de las propiedades del I2C es el hecho de que un microcontrolador puede controlar toda una red de circuitos integrados con sólo dos I/O-Pins (Input/Output) y un software muy simple.

Aunque es más lento que los nuevos sistemas de bus, I2C es beneficioso (debido al bajo coste) para los sistemas periféricos que no necesitan ser rápidos. A menudo es usado para la transmisión de datos de control y configuración.

El maestro, es siempre el dispositivo que maneja la línea de reloj SCL. Los esclavos son los dispositivos que responden al maestro. Un esclavo no puede iniciar una transferencia a través del I2C bus, sólo un maestro puede hacer esa función.

Este protocolo es utilizado para el sensor de lúmenes, se lo utiliza directamente con los pines 3 (SDA) y 5 (SCL), de donde se envían y transforman la información acerca de la luminiscencia en la zona a controlar.

3.4.4. Serial

Es el protocolo que permite que dos dispositivos puedan entrar en interacción mediante una librería. La librería Serial debe ser instalada en la Raspberry Pi

porque será el ambiente definido para poder programar el proyecto y observar cada paso a realizar. Una vez instalado, se debe especificar el puerto donde ha sido conectado la placa Arduino.

En Arduino viene instalada por defecto y simplemente se la nombra al principio del programa para declarar que la información recibida en la placa va a ser enviada a la Raspberry Pi.

Existe otro tipo de conexión en la cual se utilizan los pines de transmisión y recepción (Tx y Rx) tanto del Arduino como del Raspberry Pi, esta conexión incluye un circuito regulador de tensiones, ya que al ser conectado está omitiendo la conexión vía USB entre ellos. El puerto USB brinda un voltaje de 5V el cual puede llegar a dañar el Arduino, según es indicado en varios portales web y por esto, se coloca este circuito regulador a la salida del Arduino próxima a la conexión con el Raspberry Pi donde también son utilizados los pines de transmisión y recepción. Al aplicarlo, no es necesario tener instalado el programa de Arduino IDE en el Raspberry Pi, pero no es tan eficiente, ya que al momento de transmitir de manera serial, el código para poder visualizar los datos en Python o en Tkinter es muy complejo.

Por dichas razones y complejidad, se recurrió a utilizar la conexión directa entre la placa Arduino y el Raspberry Pi mediante un cable de impresora A/B, donde a lo largo del desarrollo del proyecto no presentó ninguna clase de problemas.

La activación de esta opción permite que dicha comunicación entre el Raspberry Pi y el Arduino UNO se lleve a cabo.

Una vez configuradas todas estas opciones se procede a conectar la placa Arduino al Raspberry Pi y a descargar la aplicación (VNC VIEWER) e instalarla.

Para lograr la comunicación de manera remota con el dispositivo se debe conocer la IP Pública; además entablar una conversación con la empresa prestadora de servicios de comunicación (internet) para que así se pueda fijar la IP donde irá conectado el Raspberry Pi y se puedan abrir los siguientes puertos en el router.

3.4.5. Puerto 80

Servidor web o Puerto 80, es el puerto por el cual un servidor http escucha la petición hecha por un cliente.

El Protocolo de Transferencia de Hipertexto (Hypertext Transfer Protocol, HTTP) es un sencillo protocolo cliente-servidor que articula los intercambios de información entre los clientes Web y los servidores HTTP.

Desde el punto de vista de las comunicaciones, está soportado sobre los servicios de conexión TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet), y funciona de la misma forma que el resto de los servicios comunes de los entornos UNIX. Un proceso servidor escucha en un puerto de comunicaciones TCP (por defecto, el 80), y espera las solicitudes de conexión de los clientes Web. Una vez que se establece la conexión, el protocolo TCP se encarga de mantener la comunicación y garantizar un intercambio de datos libre de errores.

HTTP se basa en sencillas operaciones de solicitud/respuesta. Un cliente establece una conexión con un servidor y envía un mensaje con los datos de la solicitud. El servidor responde con un mensaje similar, que contiene el estado de la operación y su posible resultado. En pocas palabras, permite la transferencia de información, vía remota.

3.4.6. Puerto 8000-8080

Permite navegar de una forma segura, ocultando la IP al momento de hacerlo. Es un puerto alternativo para el servicio web Apache, dicho servidor que debe ser instalado con antelación al Raspberry Pi.

3.4.7. Puerto 5900

Puerto utilizado para la comunicación VNC, se usó este puerto para poder visualizar de manera remota el dispositivo, mediante el uso de la aplicación.

Una vez que se haya logrado la comunicación con los puertos, se procede a declarar una DDNS (Sistema de nombres de dominio dinámico) que nos permitirá comunicarnos de manera remota desde cualquier lugar donde haya conexión a internet. Existen diferentes páginas donde se puede establecer una DDNS de manera gratuita, en nuestro caso se ha utilizado la página No-IP, porque es gratuita y permite una actualización de manera mensual sin costo alguno.

Para acceder a una página web estamos acostumbrados a escribir un nombre, por ejemplo www.realdroid.es, pero detrás de eso hay una dirección numérica (IP), que es la dirección real a la cual accedemos, y se consigue gracias a una base de datos que tiene un registro de todos los dominios de internet, la dirección que le corresponde, y hace la traducción por nosotros. A esto se lo conoce como DNS (Sistema de nombres de dominio).

Estas direcciones IP públicas son limitadas, pero dicha IP no es fija, y puede que hoy tengamos una y mañana otra. Si cada dominio necesita una IP, y esas IP van cambiando, es necesario que haya una entidad que proporcione el servicio.

No-IP está encargado de mantener en todo momento la IP actual que corresponde a cada dominio.

Con todos estos elementos a disposición se procede a configurar el dispositivo. La configuración se la realiza desde la terminal del Raspberry Pi, así como la instalación de librerías para la programación.

Esta comunicación permite visualizar en tiempo real el dispositivo y más que todo no se necesita ninguna clase de plataforma o registro a alguna cuenta de control o supervisión.

3.5. Implementación del proyecto

El proyecto será implementado en el “Banco de pruebas para instalaciones civiles” ubicado en el laboratorio de instalaciones eléctricas del Bloque B, este tablero simulará las cargas y funcionamiento de una casa. El proyecto se posicionará dentro de una caja didáctica, donde constarán los elementos principales y las salidas para conectar los sensores y actuadores. Ver Fig. 22.

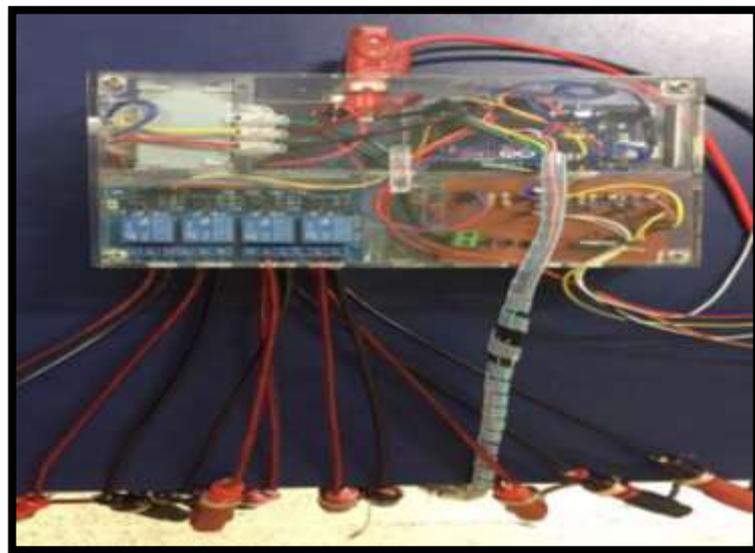


FIGURA 22: CAJA DIDÁCTICA DEL PROYECTO.

En el siguiente diagrama se muestra el interior de las conexiones de la caja, correspondientes al circuito de medición por medio de sensores tanto de corriente como el circuito del voltímetro, es decir, intervendrán los sensores de corriente, transformador y la placa Arduino UNO. Ver Fig. 23.

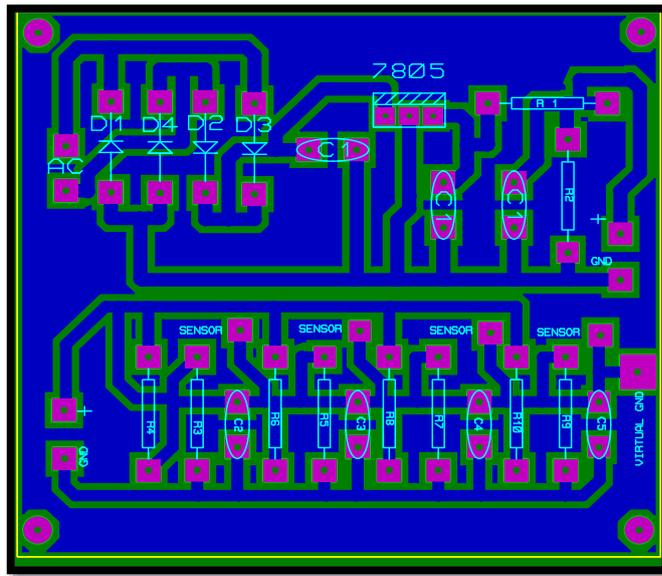


FIGURA 23: DIAGRAMA CONTROL DEL PROYECTO.

Los actuadores van conectados directamente con las cargas, tales como tomacorrientes y focos, para permitir su conexión o desconexión. Ver Fig. 24. Además de la ubicación de los sensores a la salida de cada circuito para de esta manera totalizar el consumo. Ver Fig. 25 y 26.

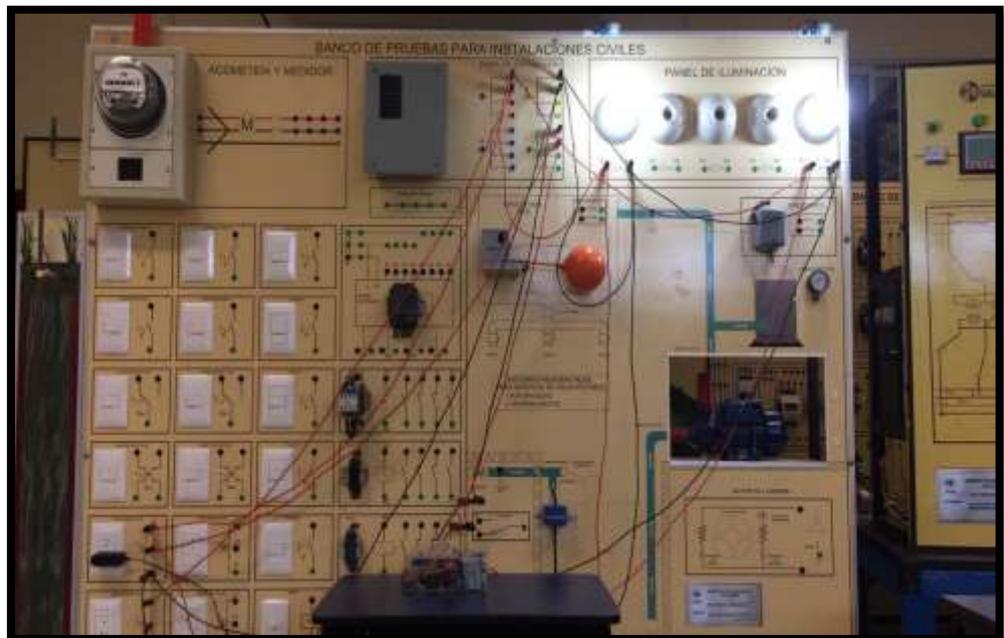


FIGURA 24: IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO EN EL BANCO DE PRUEBAS.



FIGURA 25: COLOCACIÓN DE SENSOR DE CORRIENTE EN TOMACORRIENTE.



FIGURA 26: UBICACIÓN DE SENSORES CERCA DE LOS FOCOS PARA SU CONTROL.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se realizaron mediciones diarias, con y sin el administrador energético conectado al tablero, donde se obtuvieron los resultados presentados a continuación. Ver Fig. 27 y 28.

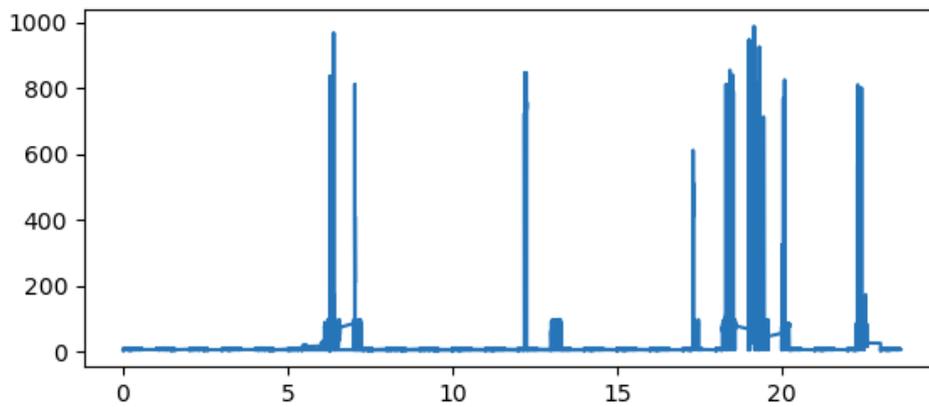


FIGURA 27: GRAFICA DE CONSUMO SIN EL DISPOSITIVO (a).

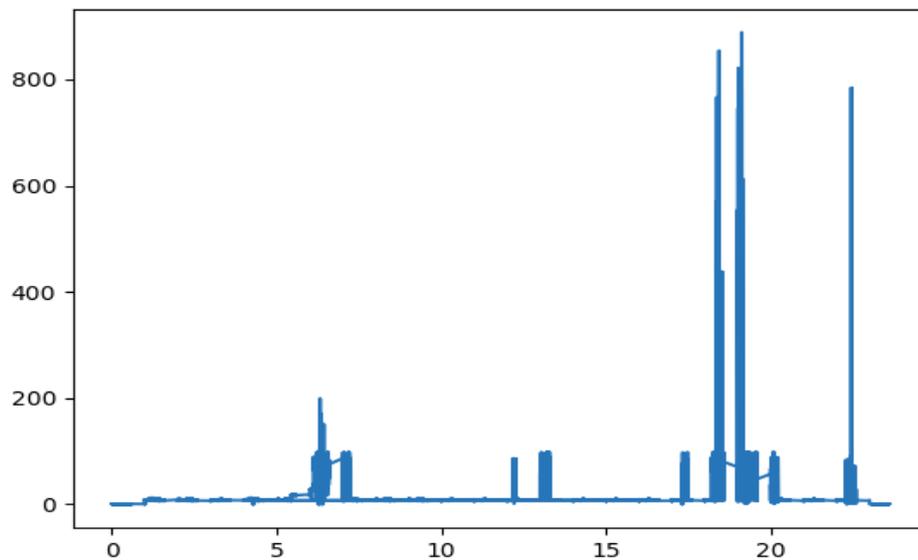


FIGURA 28: GRAFICA DE CONSUMO CON EL DISPOSITIVO (b).

En las figuras 27 y 28, se demuestran que en ciertos periodos de tiempo el consumo aumenta de manera considerable. Mientras que en horas posteriores se aprecia una disminución notable del uso de electricidad, sin embargo, en el caso (a) donde no se hace uso del administrador energético se puede observar un consumo relevantemente mayor. Este consumo no deseado es conocido como pérdidas fantasmas y aparecen al momento que cualquier dispositivo electrónico se encuentra conectado, independientemente de si está encendido o no.

Las pérdidas fantasmas son conocidas como pérdidas técnicas a nivel de distribución, ya que es un tipo de energía no aprovechada y su valor de potencia perdida oscila entre los \$20 y \$40 anuales, se produce en electrodomésticos y dispositivos electrónicos indispensables para el hogar que funcionan con corriente continua de bajo voltaje, pero en los tomacorrientes se emplea corriente alterna de alto voltaje, por lo que se requiere de un transformador para bajar el nivel de voltaje, lo que implica un permanente uso de electricidad, ya que el transformador opera el 100% del tiempo, incluso si el equipo está apagado.

La mayor cantidad de energía se consume cuando los electrodomésticos están en uso, sin embargo, algunos poseen un modo de espera o “stand by” en el que se encuentran “apagados” sin necesidad de desenchufarlos. Este modo causa consumos fantasmas de hasta cinco vatios que consumen energía los 365 días del año, que se suma al valor total de la planilla eléctrica.

El valor mencionado llegará a ser considerado al momento que se escala a nivel del tiempo y de cantidad de dispositivos conectados.

Las pérdidas, como las nombradas anteriormente, son el punto principal en el aumento del consumo mensual, otro punto importante dentro del tema es el hurto de energía, donde se considera la energía no contabilizada por el suministrador, que al momento de la facturación mensual y recopilación de datos, no entrarán en concordancia con sus valores de energía suministrada y sus valores de energía consumida, tal diferencia

flotante es el valor hurtado que se aumentará en el consumo mensual del usuario que resida dentro del sector de distribución en donde se cometió el suceso.

Las intervenciones fraudulentas que se cometen en las redes y equipos de medición, están tipificadas como un delito penal y a quienes sean descubiertos robando energía eléctrica se le aplicarán sanciones económicas y dependiendo de su gravedad, hasta la detención del infractor y/o beneficiario de éste ilícito, para ser procesado por el delito penal de robo de energía con penas de hasta dos años de prisión.

Las sanciones económicas van en el siguiente orden:

- Pago de la diferencia de lo no facturado en los últimos 12 meses.
- Multa del 300% del valor emitido por la factura real.

En caso de ser reincidente:

- La multa será del 600% del valor emitido por la factura real.
- Reliquidación de la diferencia de lo no facturado.

Si el hurto se lo descubre por tercera ocasión:

- Se suspende el servicio.
- Se dará por terminado el contrato de suministro del servicio.
- Se desmantelará toda conexión eléctrica.

El aumento de energía está directamente relacionado con la emanación de gases de efecto invernadero al momento de generar energía mediante recursos fósiles y en ciertos procesos naturales.

Los gases de efecto invernadero son seis:

- **Metano.-** El metano es una sustancia no polar que se presenta en forma de gas de manera incolora e inodora; además es fácilmente inflamable y explosivo. En la naturaleza se produce como un producto final de la putrefacción anaeróbica de las plantas y se lo puede aprovechar para producir biogás.

Contribuye hasta el 96% del gas natural y de una manera menos importante con el calentamiento global, lo que significa que en una media de tiempo de 100 años cada Kg de metano calienta la tierra 25 veces más que la misma masa de CO₂.

- **Ozono.-** El ozono es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los 2 átomos que componen el gas de oxígeno.
- **Dióxido de Carbono.-** Son moléculas que están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO₂.
- **Vapor de Agua.-** Es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo y es el que más contribuye al efecto invernadero debido a la absorción de los rayos infrarrojos.
- **Óxidos de Nitrógeno.-** El proceso de formación más habitual de estos compuestos inorgánicos es la combustión a altas temperaturas, proceso en el cual habitualmente el aire es el comburente.
- **Clorofluorocarbonos.-** El clorofluorocarbono, es cada uno de los derivados de los hidrocarburos saturados obtenidos mediante la sustitución de átomos de hidrógeno por átomo de flúor y/o cloro principalmente.

Esta acumulación de gases son los que producen el calentamiento global, el cual se ha manifestado por el aumento de temperatura en la tierra y en el mar. El IPCC, declaró el año 2007 que durante el siglo pasado el aumento de la temperatura fue de $0.74 \pm$

0.18 °C, es decir, un incremento de casi un grado Celsius, con un error de 0.18 °C. También se proyectó que de continuar las actuales emisiones de GEI durante este siglo, el incremento de la temperatura global podría llegar a los 6.4 °C, lo que produciría drásticos cambios en el medio ambiente.

El cambio climático en el que nos encontramos ha producido diversos fenómenos naturales, entre los cuales destacan:

- **Incremento de la temperatura promedio y temperaturas extremas.-**

El aumento de la concentración de gases de invernadero en el planeta hace que la temperatura promedio de la atmósfera se extienda. En los últimos 100 años la temperatura promedio del planeta ha aumentado alrededor de 1.5 °C, dicho incremento ha provocado muertes por altas temperaturas en varias partes del planeta, llegando a un alarmante número de 2000 muertes en el año 2014. Y no solo los seres humanos son los afectados, sino los diversos procesos y ecosistemas del planeta; además muchas criaturas han modificado sus rutas migratorias.

- **Deshielo y reducción de las capas polares.-** Este fenómeno se ha estado presentando con frecuencia en los últimos años, en las zonas más gélidas del mundo, de manera que año tras año las capas de hielo empiezan a perder densidad por motivo de mayores temperaturas en el área.

- **Nivel del Océano y acidificación de las aguas.-** El nivel de los océanos ha aumentado en los últimos años, alrededor de 3mm por año, cifra que se ha duplicado desde el siglo XX cuando el aumento era de 1.6 mm por año. El derretimiento del hielo, en diferentes zonas del mundo amenaza con aumentar significativamente el nivel de los océanos. Los expertos lo relacionan con el crecimiento de las industrias.

Por otro lado, la acidificación de las aguas es un proceso que consiste en el descenso del nivel de pH (potencial de hidrogeniones) de los océanos producto de

la absorción de este compuesto desde la atmósfera; a mayores concentraciones del gas invernadero, el proceso de acidificación se acelerará. Al aumentar el pH del agua se estima que muchos otros organismos serán afectados por dicho cambio, entre estos, los corales, distintos tipos de peces y mamíferos marinos.

- **Súper tormentas y fenómenos climáticos.**- El cambio climático es una realidad y cada vez es más apreciable su efecto en nuestro planeta, se estima que en los próximos 50 años el calentamiento global habrá transformado nuestro modo de vida significativamente.

De acuerdo a varios estudios la frecuencia e intensidad con la que se producen estos fenómenos está aumentando considerablemente, de tal forma que hoy en día es mucho más frecuente un huracán de categoría cinco que lo era hace 50 años. Los recientes fenómenos climáticos como el huracán Katrina, podrían ser solo un preludio de los fenómenos climáticos que están por venir a consecuencia del cambio climático.

Aún estamos a tiempo de tomar acciones, lo que vemos ahora es solo un presagio de lo que podría ocurrir si no realizamos un cambio importante en cómo funciona nuestra sociedad.

Estos fenómenos causados por el ser humano mantienen al planeta en un constante cambio climático, asimismo, se encuentran implementadas directrices a nivel mundial como el protocolo de Kioto que tiene vigencia hasta el 2020 y reúne a un conjunto de países, para así poder disminuir la emanación de gases de efecto invernadero 5 °C por debajo de su emanación actual.

A nivel nacional se aporta apenas el 0.15% de emanaciones de gases de efecto invernadero, pero aún así Ecuador está dentro del Acuerdo de París que entrará en vigencia luego del Protocolo de Kioto, donde se mantendrán las emanaciones de los países que lo conforman en un 2% por debajo de su actualidad, en gases de efecto invernadero. [52]

En la Figura 28 , se nota que el consumo ha disminuido en ciertas horas, sobre todo en las horas de descanso, es decir pasada las 23:00 horas. Se realizó una encuesta interna, donde se destacó las horas de ausencia de usuarios en cierta hora, inicio de actividades y cese de actividades, con lo que se pudo determinar que la hora de cese de actividades a nivel residencial es a las 01:00 horas y se retoman las actividades a las 05:00 horas, con esta información se programó el dispositivo para que desconecte las cargas a dicha hora y puede reconectarlas diez minutos antes de la hora especificada del inicio de actividades. Se entiende como aumento de consumo a la distorsión en la lectura del mismo, que no deja precedente para un reclamo justo por parte del usuario, ya que el usuario no cuenta con un registro de su consumo para impugnar el valor facturado.

El uso de dispositivos inteligentes como gestor de la eficiencia energética permitió una visualización de las cargas en tiempo real, lo que permite que el usuario pueda notar en qué momento del día su carga aumenta y así poder intervenir en la disminución de la misma, mediante la aplicación del administrador energético o sustituyendo artefactos ineficientes que contribuyen en el aumento del consumo, tal cual se lo indica en la norma ISO 50001, donde enfatiza que siguiendo sus premisas se logrará un ahorro mensual entre el 10 y 15% .

La aplicación del administrador energético a nivel residencial permite obtener un registro del consumo mensual para así poder corroborar cualquier tipo de error en la medición y posterior facturación, además de un mayor impacto en el sector económico como en el sector ambiental, ya que el sector residencial ocupa el 32% de consumo a nivel nacional y esto provoca que se preserven los recursos naturales y el usuario pueda notar el ahorro mensual aplicando la eficiencia energética estipulada en el objetivo número 11, inciso D del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017.

CONCLUSIONES

De manera general, la administración a nivel residencial se tomó como punto sobresaliente de la investigación, llevándose a cabo mediante el Raspberry Pi 3 y el Arduino UNO, confirmando la sustentación de resultados al obtener la eficiencia energética mediante el monitoreo, control y regulación de cargas, logrando disminuir el consumo eléctrico mensual del predio en un 10% y buscando la cultura energética por parte del usuario.

Se logró identificar pérdidas directas e indirectas a nivel de distribución mediante la supervisión en tiempo real de sus cargas de manera local y remota, conociendo su funcionamiento para posteriores reemplazos o regulaciones. Además, el análisis de cargas ayudó al usuario a entender sus picos despendidos durante el día y considerar evitarlos con la finalidad de alcanzar su ahorro dentro del consumo mensual.

Así mismo, la creación de un historial de consumo representado por un histograma potencia vs tiempo permitió al usuario conocer la disminución de su consumo, comprendiendo la necesidad del uso de dispositivos inteligentes para la gestión energética frente a las mediciones y tendencias convencionales con el predio.

RECOMENDACIONES

En términos generales se recomienda tener en cuenta no exceder el número de sensores a conectar mediante entradas analógicas en la placa Arduino UNO, puesto que dicha placa solo consta con 6 salidas. Para lograrlo se diseñó un circuito que utilice solo una entrada analógica y de esta manera poder optimizar el número de salidas que abastecerán al proyecto. Se sugiere revisar las necesidades y dimensiones del proyecto de manera que los materiales utilizados sean idóneos.

A fin de reducir el tamaño de la caja didáctica se propone una conexión directa entre el Raspberry Pi y el Arduino, evitando el uso de reguladores de voltaje entre ambos y el uso de sus pines de transmisión y recepción.

Es aconsejable la creación de un Host dinámico utilizando portales web gratuitos y del empleo de conexión remota mediante aplicaciones para comunicación con el sistema, evitando el uso de plataformas virtuales pagadas como medio de conexión con el mismo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] V Guillén, F Quesada, Ma Lopez, D Orellana, and A Serrano, "Eficiencia energética en edificaciones residenciales," *ESTOA*, vol. 7, p. 54, Dic 2015.
- [2] J Vega de Kuyper and M Ramírez, *Fuentes de energía*. México: AlfaOmega, 2014.
- [3] H Acoltzi and H Pérez, "ISO 50001, Gestión de energía ," *Boletín IIE* , pp. 157-161, 2011.
- [4] Ongawa. (2014) África sin luz, aún. [Online]. **Error! Hyperlink reference not valid.**
- [5] C Electric Schneider, "Ahorros permanentes mediante soluciones de Eficiencia Energética Activa," México, 2008.
- [6] Carlos Muñoz Razzo, "COMO ELABORAR Y ASESORAR UNA INVESTIGACIÓN DE TESIS," México, 2011.
- [7] ScienceDirect. (2017, Enero) ScienceDirect. [Online]. <http://www.sciencedirect.com/>
- [8] Google Scholar. (2017, Jan.) Google Scholar. [Online]. www.google.com
- [9] Hannes Johnson, Mikael Johansson, Karin Andersson, and Björn Södahl, "Will the ship energy efficiency management plan reduce CO2 emissions? A comparison with ISO 50001 and the ISM code," *Maritime Policy & Management*, vol. 40, no. 2, pp. 177-190, Febrero 2013.
- [10] Selma Brynolf and Francesco Baldi, "Energy Efficiency and Fuel Changes to Reduce Environmental," *Energy Efficiency*, vol. 9, no. 4, pp. 1123-1132, Marzo 2015.
- [11] Juan Lata, Christopher Reyes, and Francisco Jurado, "Attaining the Energy Sustainability: Analysis of the Ecuadorian Strategy".
- [12] Mike Schulze, Henrik Nehler, Mikael Ottoson, and Patrik Thollander, "Energy management in industry - a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework," *Journal of Cleaner Production*, vol. 112, no. 5, pp. 3692-3708, January 2016.
- [13] Graziella Siciliano et al., "Models for Driving Energy Efficiency Nationally Using Energy Management," *Strategic Planning for Energy and the Environment*, vol. 35, no. 2, pp. 48-79, Septiembre 2015.
- [14] Patrik Thollander and Eva Blomqvist, "An integrated dataset of energy measures published as linked open data," *Energy Efficiency*, vol. 8, no. 6, pp. 1125-1147, Diciembre 2015.

- [15] Faidra Filippidou, Nico Nieboer, and Henk Visscher, "Energy efficiency measures implemented in the Dutch non-profit housing sector," *Energy and Buildings*, vol. 132, pp. 107-116, Noviembre 2016.
- [16] Jesús Guaman et al., "Solar Manager: plataforma cloud de adquisición, tratamiento y visualización de información de sistemas fotovoltaicos aislados," *INGENIUS*, vol. 15, no. Enero-Junio, pp. 5-16, Enero 2016.
- [17] Esteban Inga, Diego Arias, Victor Orejuela, and Inga Juan, "Comunicación celulares para medición inteligente de energía eléctrica en sistemas de distribución," *INGENIUS*, vol. 10, no. Julio-Diciembre, pp. 21-23, Mayo 2013.
- [18] Arnold Marlen and Volker Barth, "Open innovation tools offer advanced possibilities to generate energy-efficient solutions.," *Energy Efficiency*, vol. 5, no. 3, pp. 351-364, Agosto 2012.
- [19] Steven Lanzisera, Bruce Nordman, and Richard Brown, "Data Network equipment energy use and savings potential in buildings," *Energy Efficiency*, vol. 5, no. 2, pp. 149-162, Mayo 2012.
- [20] Antonio Carretero and García Juan, "Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora," 2012.
- [21] World Energy Council, *Recursos Energéticos Globales.*, 2013.
- [22] Ottmar Edenhofer, Ramón Pichs-Madruga, and Youba Sokona, *fuentes de energía renovables y Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático.*, 2011.
- [23] AR5-Quinto Informe de Evaluación, "Cambio Climático: Implicaciones para el sector energético," 2014.
- [24] Francisco Javier André, Luis Miguel De Castro, and Emilio Cerdá, "Las energías renovables en el ámbito internacional," 2012.
- [25] A Guillen and JL Abreu, *Energías Renovables y Conservación de Energía (Renewable Energies and Energy Conservation).*, 2016.
- [26] WWF Report, *Líderes en energía limpia.*, 2014.
- [27] Andrea Larios Vázquez, *Economía Informa.*, 2015.
- [28] Como Soluci, *La Domótica.*, 2007.
- [29] HENRY WILLYAM CAMÓ COJÓM, *Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.* GUATEMALA, 2015.
- [30] ISO 500001, *ISO 500001-GESTIÓN DE LA ENERGÍA.*, 2011.
- [31] International Energy Agency (IEA), "World Energy Outlook 2016 (Spanish Translation) ," 2016.

- [32] Organización Internacional de Normalización, "Gana el desafío de la energía con ISO 50001," Ginebra, 2011.
- [33] AChEE Michel de Laire, *Agencia Chilena de Eficiencia Energética.*, 2013.
- [34] SECRETARIA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO, *PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR.*, 2013.
- [35] Agencia de Regulación y Control de Electricidad, *Política tarifaria en el sector eléctrico caso de estudio ecuador.*, 2016.
- [36] Nelson Jara and Cesar Isaza, "Programas de eficiencia energética y etiquetado en el Ecuador-Revisión del Estado Actual," Medellín, 2014.
- [37] (2012, Abril) Pimoroni. [Online]. <https://shop.pimoroni.com/products/raspberry-pi-3>
- [38] elemen 14. (2012, Enero) elemen 14. [Online]. <https://www.element14.com/community/docs/DOC-73950/l/raspberry-pi-3-model-b-gpio-40-pin-block-pinout>
- [39] *Calor y Cambios de estado.*: Physlet.
- [40] ElectronicLab. ElectronicLab. [Online]. <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-movimiento-pir-hc-sr501/>
- [41] Instructables. (2010, Febrero) Instructables. [Online]. <http://www.instructables.com/id/Ejemplo-b%C3%A1sico-con-HC-SR501/>
- [42] fpaez. fpaez.com. [Online]. <http://fpaez.com/sensor-dht11-de-temperatura-y-humedad/>
- [43] Trendings. (2011, Junio) Trendings. [Online]. <http://www.raspberrypi-spy.co.uk/2015/03/bh1750fvi-i2c-digital-light-intensity-sensor/>
- [44] LedBox. (2010, Junio) LedBox. [Online]. <https://blog.ledbox.es/informacion-led/niveles-recomendados-lux>
- [45] Maviju. (2009, Octubre) Maviju. [Online]. <http://maviju.com/productos/iluminacion-led/lumenes/>
- [46] Unicrom. Unicrom. [Online]. <http://unicrom.com/rele-relay-relevador-interruptor-operado-magneticamente/>
- [47] Prometec. Prometec. [Online]. <http://www.prometec.net/reles/>
- [48] arduino. Arduino. [Online]. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- [49] Naylamp. Naylamp Mechatronics. [Online]. http://www.naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html

- [50] Smarkia. (2014, febrero) Smarkia. [Online]. <http://www.smarkia.com/es/blog/la-importancia-de-la-monitorizacion-energetica>
- [51] Wikipedia. (2011, abril) Wikipedia. [Online]. <https://es.wikipedia.org/wiki/VNC>
- [52] Dirección de comunicación del ministerio del ambiente. (2016, Julio) Ministerio del Ambiente. [Online]. <http://www.ambiente.gob.ec/ecuador-suscribe-acuerdo-de-paris-sobre-cambio-climatico/>
- [53] Gutierrez Abelardo and Ferrer. Luis Albert, *La Domótica : Una apuesta por la sostenibilidad del Hogar Digital.*, 2011.
- [54] Senplades, *Asegurar la soberanía y de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica.*, 2012.
- [55] CNEL, "Plan Estratégico 2015-2017,".
- [56] ARCONEL, "Balance Nacional de Energía 2017," Quito, 2017.
- [57] Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, "Eficiencia y Calidad de Energía ," Guayaquil, 2012.
- [58] enerTIC , "Guia de referencia "TIC's para la mejora de la competitividad energética," Madrid, 2013.
- [59] INCAE Business School , "Herramientas gerenciales para la optimización del consumo energético," 2012.
- [60] OptimaGrid, "Buenas Prácticas para el ahorro de energía en la empresa," 2012.
- [61] Tennessee Valley Authority, "Wasting Energy At Home," Tennessee, 1990.
- [62] Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos , "Agua y Energía: Datos y Estadísticas ," WWDR, 2014.
- [63] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), "El Acuerdo de París y sus implicaciones para América Latina y el Caribe: Sumario," Panamá, 2016.
- [64] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN 21), "Energías Renovables 2016: Reporte de la situación mundial," 2016.
- [65] Dirección de Análisis y Estrategia de Energía (DAEE), "Eficiencia Energética en Ecuador: Identificación de Oportunidades," 2016.
- [66] CNEL EP. (2016, enero) Agencia de Regulación y Control de Electricidad. [Online]. <http://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2016/07/Pliego-Tarifario.pdf>
- [67] CONELEC, "Modelo de contrato para la prestación del servicio eléctrico a los consumidores," in *Regulación No. CONELEC-011/08*, 2011.

- [68] Mercedes Monserrat Suarez Rosales, "Auditoría energética de 100 viviendas de Guayaquil," *Informe de proyecto integrador*, 2015.
- [69] Ep Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2013, Mayo) [www.energia.gob.ec](http://www.energia.gob.ec/eficiencia-energetica-sector-residencial/). [Online]. <http://www.energia.gob.ec/eficiencia-energetica-sector-residencial/>
- [70] Ep Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, "Eficiencia Energética Sector Residencial ," Quito, 2013.
- [71] Jorge Daniel Navarro Rodríguez, *Metodología para la aproximación de la característica de saturación en transformadores de potencia del Sistema Eléctrico Nacional*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica., 2014.
- [72] Enriquez Harper, *El ABC de las máquinas eléctricas, I. transformadores*. Mexico: Limusa, 1987.
- [73] Manuel Saldaña de Leon, *Modelado y detección de fallas analíticas incipientes en transformadores utilizando redundancia analítica*. San Nicolas de los Garza: Universidad Autonoma de Nuevo Leon, 2004.
- [74] Miguel Ataurima Arellano, *MATLAB y Simulink para Ingeniería*. PERU: Universidad de Ciencias y Humanidades UCH, 2013.
- [75] Diego Orlanddo Barragán Guerrero. (2008, Mayo) Repositorio de ESPOL. [Online]. https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10740/11/MATLAB_GUIDE.pdf
- [76] Alejandro González Vergara, *Estudio de la acoplabilidad de transformadores de potencia*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2009.
- [77] R Lindao, G Sampedro, and C Valdivieso, "Evaluación sobre paneles solares e implementación de prototipo con interfaz para medición de parámetros mediante minicomputadora Raspberry PI," *Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)*, 2013.
- [78] Silvia Dominguez, Enrique Sánchez, and Gabriel Sánchez, "GUIA PARA ELABORAR UNA TESIS," México, 2009.
- [79] José Roldán Vilorio, "Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares," España, 2011.
- [80] Ep Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, "Eficiencia y calidad de energía," Guayaquil, 2013.
- [81] EP CNEL EP. (2016, Octubre) Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, EP. [Online]. <http://www.cnelep.gob.ec/tag/tarifas-diferenciales/>
- [82] D Rossen and Taffin C. (2015) Promoting energy efficiency in housing: policies in the U.S. and France. Housing Finance International,. [Online].

[http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=101891104\(=es&site=eds-live](http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=101891104(=es&site=eds-live)

- [83] Diario El Telégrafo. (2014, May) ecuadorinmediato.com. [Online].
http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=2818761815
- [84] Alberto Araujo, "Alza de tarifas eléctricas busca bajar el subsidio," *EL COMERCIO*, 2015.
- [85] INEC, "Censo de Población y Vivienda," 2010.
- [86] José Manuel Huidobro, *La domótica como solución del futuro*. madrid, 2007.
- [87] Sandra Backlund, Sarah Broberg, Mikael Ottosson, and Patrik Thollander, "Energy efficiency potentials and energy management practices in Swedish firms ," *The Netherlands*, vol. 12, no. 2, pp. 11-14, Septiembre 2012.
- [88] Olivia Guerra and Laure Itard, "The effect of energy performance regulations on energy consumption," *Energy Efficiency*, vol. 5, no. 3, pp. 269-282, Agosto 2012.
- [89] wikipedia. wikipedia. [Online]. <https://es.wikipedia.org/wiki/Lux>

ANEXO 1

Código fuente de interfaz del proyecto en Python

```
import os

import matplotlib
matplotlib.use("TkAgg")
from matplotlib.backends.backend_tkagg import FigureCanvasTkAgg

from matplotlib.figure import Figure
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.animation as animation

import RPi.GPIO as GPIO

from tkinter import *
import tkinter
import time
import tkinter.font as font

from tkinter import filedialog

import serial

GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)

GPIO.setup(27, GPIO.OUT) #FOCO 1
GPIO.setup(22, GPIO.OUT) #TOMACORRIENTE 1
```

```

GPIO.setup(25, GPIO.OUT) #FOCO 2
GPIO.setup(6, GPIO.OUT) #TOMACORRIENTE 2

GPIO.setup(18, GPIO.OUT)#ACTIVACION DE SENSOR DE CORRIENTE

#GRAFICA HISTÓRICA
fig = Figure(figsize=(6,6), dpi=100)

ax1 = fig.add_subplot(1,1,1)

#VARIABLES PARA CALCULAR CONSUMO

datos1=[]
datos2=[]
consumo=[]
multiplos=[]

arduino=serial.Serial('/dev/ttyACM0', baudrate=9600) ##SENSOR DE
CORRIENTE

datoinicio=int(2050)
datofinal=int(2359)

#DEFINICION DE APERTURA DE VENTANAS
#DEICONIFY() SIRVE PARA MOSTRAR LA VENTANA
#WITHDRAW() SIRVE PARA OCULTAR LA VENTANA

def abrir_monitoreo(ventana):
    VentanaMonitoreo.deiconify()

```

```
def ocultar_monitoreo(ventana):  
    VentanaMonitoreo.withdraw()
```

```
def abrir_control(ventana):  
    VentanaControl.deiconify()
```

```
def ocultar_control(ventana):  
    VentanaControl.withdraw()
```

```
def abrir_datos(ventana):  
    VentanaDatos.deiconify()
```

```
def ocultar_datos(ventana):  
    VentanaDatos.withdraw()
```

```
def abrir_ahorro(ventana):  
    VentanaAhorro.deiconify()
```

```
def ocultar_ahorro(ventana):  
    VentanaAhorro.withdraw()
```

```
def abrir_grafica(ventana):  
    VentanaGrafica.deiconify()
```

```
def ocultar_grafica(ventana):  
    VentanaGrafica.withdraw()
```

```
#VELOCIDAD DE APERTURA DE LA VENTANA
```

```
def ejecutar(f):  
    VentanaPrincipal.after(100,f)
```

#DEFINICIÓN DE VARIABLES BOOLEANAS PARA TRUE O FALSE EN
CHECKBUTTON

#MEDIDAS DE VENTANA PRINCIPAL Y VENTANAS SIGUIENTES
#CADA UNA SE ABRE EN LA MISMA POSICIÓN QUE LA PRINCIPAL

```
VentanaPrincipal = Tk()
VentanaPrincipal.config(bg="gray")
VentanaPrincipal.geometry("800x900")
VentanaPrincipal.title('ADMINISTRADOR PROTOTIPO DE CONSUMO
ELÉCTRICO RESIDENCIAL')
```

```
VentanaMonitoreo=Toplevel(VentanaPrincipal)
VentanaMonitoreo.title('MONITOREO')
VentanaMonitoreo.geometry("800x900")
```

```
VentanaControl=Toplevel(VentanaPrincipal)
VentanaControl.title('CONTROL')
VentanaControl.geometry("800x900")
```

```
VentanaDatos=Toplevel(VentanaPrincipal)
VentanaDatos.title('DATOS HISTORICOS')
VentanaDatos.geometry("800x900")
```

```
VentanaAhorro=Toplevel(VentanaPrincipal)
VentanaAhorro.title('CONSUMO')
VentanaAhorro.geometry("800x900")
```

```
VentanaGrafica=Toplevel(VentanaDatos)
VentanaGrafica.title('GRAFICA')
VentanaGrafica.geometry("800x900")
```

#TAMAÑO Y TIPO DE LETRA

#SE LA DECLARA Y LUEGO SE LA MENCIONA EN LOS BOTONES

```
helv36 = font.Font(family='Helvetica', size=20)
```

```
helv15 = font.Font(family='Helvetica', size=15)
```

#BOTONES DE LA INTERFAZ PRINCIPAL

#TIENE UNA ESPACIO DE 50PIXELES EN Y, EN X ES LO MISMO

```
b1=Button(VentanaPrincipal, text="Monitoreo",  
          command=lambda: ejecutar(abrir_monitoreo(VentanaMonitoreo)),  
          font=helv36).place(x=250, y=30)
```

```
b2=Button(VentanaPrincipal, text=" Control ",  
          command=lambda: ejecutar(abrir_control(VentanaControl)),  
          font=helv36).place(x=250, y=110)
```

```
b3=Button(VentanaPrincipal, text="Datos Historicos",  
          command=lambda: ejecutar(abrir_datos(VentanaDatos)),  
          font=helv36).place(x=225, y=190)
```

```
b4=Button(VentanaPrincipal, text=" Consumo ",  
          command=lambda: ejecutar(abrir_ahorro(VentanaAhorro)),  
          font=helv36).place(x=250, y=280)
```

#VENTANA MONITOREO

#VARIABLES PARA ACTIVACION Y DESACTIVACIÓN DEL CHECKBOX

```

foco1 = BooleanVar()
tomacorriente1 = BooleanVar()

foco2 = BooleanVar()
tomacorriente2 = BooleanVar()

tomacorriente3 = BooleanVar()

tomacorriente4 = BooleanVar()

def ImaFunction():

    if (GPIO.input(27)==GPIO.LOW):
        print ("Activado GPIO 27 FOCO 1")
        foco1.set (True)

    if (GPIO.input(27)==GPIO.HIGH):
        print ("Desactivado GPIO 27 FOCO 1")
        foco1.set(False)

    if (GPIO.input(22)==GPIO.HIGH):
        print ("Activado GPIO 22 TOMACORRIENTE 1")
        tomacorriente1.set (False)

    if (GPIO.input(22)==GPIO.LOW):
        print ("Desactivado GPIO 22 TOMACORRIENTE 1")
        tomacorriente1.set(True)

```

```

if (GPIO.input(25)==GPIO.LOW):
    print ("Activado GPIO 25 FOCO 2")
    foco2.set (False)

if (GPIO.input(25)==GPIO.HIGH):
    print ("Desactivado GPIO 25 FOCO 2")
    foco2.set(True)

if (GPIO.input(6)==GPIO.HIGH):
    print ("Activado GPIO 6 TOMACORRIENTE 2")
    tomacorriente2.set (False)

if (GPIO.input(6)==GPIO.LOW):
    print ("Desactivado GPIO 6 TOMACORRIENTE 2")
    tomacorriente2.set(True)

if (GPIO.input(18)==GPIO.LOW):
    file = open('LecturaAnalogica.txt','r')

    contenido=file.readlines()

    if len(contenido)>3:

        for i in range (0, len(contenido),1):
            dato1=contenido[i].find(',')
            dato2=contenido[i].find(',',dato1+1)

            valor1=float(contenido[i][0:dato1])
            valor2=float(contenido[i][dato1+1:dato2])

```

```
datos1.append(valor1) ##tiempo
datos2.append(valor2) ##corriente
```

```
def sumarLista(lista):
    sum=0.0
    for i in range (0, len(datos2)):
        sum=(sum+datos2[i])
    return sum/len(datos2)
```

```
a=round((sumarLista(contenido)),3)
```

```
NombresCircuitos.config(text= a)
```

```
p=round(((a*0.025)*60),3)
```

```
NombresCircuitos1.config(text= p)
```

```
#####
```

```
def animate(i):
    ###f=open("LecturaAnalogica.txt","r+")
    ###f.seek()

    pullData = open("LecturaAnalogica.txt","r").read()#f.read()
    dataArray = pullData.split('\n')
    xar = []
    yar = []

    for eachLine in dataArray:
        if len(eachLine)>1:
```

```

        x,y = eachLine.split(',')
        xar.append(float(x))
        yar.append(float(y))
ax1.clear()
ax1.plot(xar,yar)
plt.xlabel('TIEMPO: HORAS')
plt.ylabel('POTENCIA: VATIOS')
plt.title('CONSUMO DIARIO')
#LA FIGURA DEBE SER SALVADA ANTES DE QUE SE BORRE EL
CONTENIDO DEL ARCHIVO
###if (int(1124)) < curr_time < (int(1127)):
    fig.savefig('imagen.png')

    if os.path.exists('imagen.png'):
        fig.savefig('imagen_{}.png'.format(int(time.strftime("%d%m"))))

    else:
        fig.savefig('imagen.png')

#####

ImaButton=Button(VentanaMonitoreo, text="ACTUALIZAR",
                  command=ImaFunction)
ImaButton.place(x=10, y=290)

b20=Button(VentanaMonitoreo, text="MENU PRINCIPAL",
           command=lambda: ejecutar(ocultar_monitoreo(VentanaMonitoreo)))
b20.place(x=10, y=320)

LabelCircuito1 = Label(VentanaMonitoreo, text="CIRCUITO #1")
LabelCircuito1.place(x=100, y=120)

```

```
analogReadLabel=Label(VentanaMonitoreo, text="VATIOS POR SEGUNDO",
font=helv15)
analogReadLabel.place(x=300, y=70)
```

```
NombresCircuitos=Label(VentanaMonitoreo, text=" ",font=helv15)
NombresCircuitos.place(x=210, y=70)
```

```
LabelCargas1=Label(VentanaMonitoreo, text="CONSUMO", font=helv15)
LabelCargas1.place(x=250, y=10)
```

```
CheckFoco1=Checkbutton(VentanaMonitoreo, text="FOCO #1",
variable=foco1).place(x=250, y=120)
```

```
CheckTomacorriente1=Checkbutton(VentanaMonitoreo, text="TOMACORRIENTE
#1",
variable=tomacorriente1).place(x=400, y=120)
```

```
#####
LabelCircuito2 = Label(VentanaMonitoreo, text="CIRCUITO #2")
LabelCircuito2.place(x=100, y=170)
```

```
CheckFoco2=Checkbutton(VentanaMonitoreo, text="FOCO #2",
variable=foco2).place(x=250, y=170)
```

```
CheckTomacorriente2=Checkbutton(VentanaMonitoreo, text="TOMACORRIENTE
#2",
variable=tomacorriente2).place(x=400, y=170)
```

```
#####
LabelCircuito3 = Label(VentanaMonitoreo, text="CIRCUITO #3")
LabelCircuito3.place(x=100, y=220)
```

```
CheckTomacorriente3=Checkbutton(VentanaMonitoreo, text="TOMACORRIENTE  
#3",
```

```
variable=tomacorriente3).place(x=250, y=220)
```

```
#####
```

```
LabelCircuito4 = Label(VentanaMonitoreo, text="CIRCUITO #4")
```

```
LabelCircuito4.place(x=100, y=270)
```

```
CheckTomacorriente4=Checkbutton(VentanaMonitoreo, text="TOMACORRIENTE  
#4",
```

```
variable=tomacorriente4).place(x=250, y=270)
```

```
#VENTANA CONTROL
```

```
def checkC1():
```

```
    if TomacorrienteC1.get() == True:
```

```
        print ("Activado GPIO 22 TOMACORRIENTE 1")
```

```
        GPIO.output(22, GPIO.LOW)
```

```
    if TomacorrienteC1.get() == False:
```

```
        print("Desactivad GPIO 22 TOMACORRIENTE 1")
```

```
        GPIO.output(22, GPIO.HIGH)
```

```
def checkC2():
```

```
    if TomacorrienteC2.get() == True:
```

```
        print ("Activado GPIO 6 TOMACORRIENTE 2")
```

```
        GPIO.output(6, GPIO.HIGH)
```

```
if TomacorrienteC2.get()==False:
    print("Desactivad GPIO 6 TOMACORRIENTE 2")
    GPIO.output(6, GPIO.LOW)
```

```
TomacorrienteC1 = BooleanVar()
```

```
TomacorrienteC2 = BooleanVar()
```

```
ImaButton1=Button(VentanaControl, text="ACTUALIZAR DATOS",
                  command=ImaFunction)
ImaButton1.place(x=10, y=300)
```

```
b30=Button(VentanaControl, text="MENU PRINCIPAL",
           command=lambda: ejecutar(ocultar_control(VentanaControl)))
b30.place(x=300, y=300)
```

```
LabelCircuito10 = Label(VentanaControl, text="CIRCUITO #1 :")
LabelCircuito10.place(x=100, y=30)
```

```
Energysaver1=Checkbutton(VentanaControl, text="ENERGY SAVER")
Energysaver1.place(x=250, y=30)
```

```
Tomacorriente1=Checkbutton(VentanaControl,
                           text="TOMACORRIENTE 1",
                           command=checkC1,
                           variable=TomacorrienteC1)
Tomacorriente1.place(x=400, y=30)
```

```
#####
##
```

```
LabelCircuito100 = Label(VentanaControl, text="CIRCUITO #2 :")
LabelCircuito100.place(x=100, y=110)
```

```
Energysaver10=Checkbutton(VentanaControl,
                           text="ENERGY SAVER")
Energysaver10.place(x=250, y=110)
```

```
Tomacorriente2=Checkbutton(VentanaControl,
                            text="TOMACORRIENTE 2",
                            command=checkC2,
                            variable=TomacorrienteC2)
Tomacorriente2.place(x=400, y=110)
```

```
#####
```

```
LabelCircuito1000 = Label(VentanaControl, text="CIRCUITO #3 :")
LabelCircuito1000.place(x=100, y=190)
```

```
Tomacorriente3=Checkbutton(VentanaControl,
                            text="TOMACORRIENTE 3")
Tomacorriente3.place(x=250, y=190)
```

```
#####
```

```
LabelCircuito10000 = Label(VentanaControl, text="CIRCUITO #4 :")
LabelCircuito10000.place(x=100, y=270)
```

```
Tomacorriente4=Checkbutton(VentanaControl,
                            text="TOMACORRIENTE 4")
Tomacorriente4.place(x=250, y=270)
```

```
#VENTANA DATOS HISTORICOS
```

```
b40=Button(VentanaDatos, text="MENU PRINCIPAL",
```

```
command=lambda:  
ejecutar(ocultar_datos(VentanaDatos)),font=helv36).place(x=210,y=200)
```

```
b41=Button(VentanaDatos,text="GRAFICA DIARIA",  
command=lambda:  
ejecutar(abrir_grafica(VentanaDatos)),font=helv36).place(x=210,y=100)
```

```
canvas=FigureCanvasTkAgg(fig, VentanaGrafica)  
canvas.get_tk_widget().pack(side=TOP)
```

```
b50=Button(VentanaGrafica, text="ATRAS", command=lambda:  
ejecutar(ocultar_grafica(VentanaGrafica)))  
b50.place(x=100, y=5)
```

```
#VENTANA AHORRO
```

```
b50Ahorro=Button(VentanaAhorro, text="MENU PRINCIPAL", command=lambda:  
ejecutar(ocultar_ahorro(VentanaAhorro)))  
b50Ahorro.place(x=70, y=300)
```

```
LabelCircuito11000 = Label(VentanaAhorro, text="CONSUMO ",font=helv36)  
LabelCircuito11000.place(x=250, y=10)
```

```
NombresCircuitos1=Label(VentanaAhorro, text=" ",font=helv36)  
NombresCircuitos1.place(x=270, y=100)
```

```
NombresCircuitos10=Label(VentanaAhorro, text=" CENTAVOS POR KILOVATIO  
HORA",font=helv36)  
NombresCircuitos10.place(x=100, y=200)
```

```
ImaButtonAhorro=Button(VentanaAhorro, text="ACTUALIZAR",  
command=ImaFunction)  
ImaButtonAhorro.place(x=200, y=300)
```

```
VentanaMonitoreo.withdraw()  
VentanaGrafica.withdraw()  
VentanaControl.withdraw()  
VentanaDatos.withdraw()  
ani = animation.FuncAnimation(fig, animate, interval=1000)  
VentanaAhorro.withdraw()  
VentanaPrincipal.mainloop()
```

ANEXO 2

Código fuente del sensor de movimiento y temperatura en Python

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time
from time import gmtime, strftime
import threading
import dht11
import datetime

mins=0

GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)

instance=dht11.DHT11(pin=14)
instance1=dht11.DHT11(pin=4)

PIR_PIN=7
GPIO.setup(PIR_PIN, GPIO.IN)
GPIO.setup(17, GPIO.OUT)
GPIO.setup(27, GPIO.OUT)

try:

    while True:

        if GPIO.input(PIR_PIN):
            GPIO.output(17, True)

            f=open('registroMovimiento.txt','a')
            f.write('movimiento detectado      '+str(datetime.datetime.now())+'\n')
```

```

f.close

f=open('registroMovimiento.txt')
f.read()

time.sleep(0)
print(str(datetime.datetime.now()))
print (" MOVIMIENTO DETECTADO  ")
GPIO.output(17, False)
mins=0
print ("")
print ("")
time.sleep(1)

result=instance.read()
result1=instance1.read()

if result.is_valid():

    print("Temperature exterior: %d C" % result.temperature)
    print ("")

if result1.is_valid():

    print("Temperature interior: %d C" % result1.temperature)
    print ("")

    f=open('registroMovimiento.txt','a')
    f.write("Temperature exterior: %d C    " % result.temperature +
str(datetime.datetime.now()) +'\n' )
    f.write("Temperature interior: %d C    " % result1.temperature +
str(datetime.datetime.now()) +'\n'+'\n')
    f.close

```

```

f=open('registroMovimiento.txt')
f.read()

operacion = result.temperature - result1.temperature
if operacion <=0:
    print ("")

if operacion >=10:
    print ("")

if operacion>0:
    print ("Diferencia",operacion,"C")
time.sleep (1)

print("encender luz")
GPIO.output(27, GPIO.LOW)
print ("")
mins=0

```

else:

```

print ("-----",mins)
time.sleep(2)
mins +=1

if mins==5:
    print ("VACIO")
    mins=0
    result=instance.read()
    result1=instance1.read()

```

```
time.sleep(1)
operacion = result.temperature - result1.temperature
```

```
if operacion <=0:
    GPIO.output(27, GPIO.HIGH)
    print ("")
```

```
if operacion > 10:
    GPIO.output(27, GPIO.HIGH)
    print("")
```

```
if 10 > operacion >=4:
    print ("Diferencia:", operacion,"C")
    print("apagar luz")
    GPIO.output(27, GPIO.HIGH)
    print ("")
```

```
if 3 > operacion >0:
    print ("Diferencia:", operacion,"C")
    print("encender luz")
    GPIO.output(27, GPIO.LOW)
    print ("")
```

```
GPIO.wait_for_edge(PIR_PIN, GPIO.RISING)
```

```
except KeyboardInterrupt:
    print ("quitar")
    GPIO.cleanup
```

ANEXO 3

Código fuente del sensor de lúmenes en Python

```
#!/usr/bin/python
import smbus
import time

# Define some constants from the datasheet

DEVICE = 0x23 # Default device I2C address

POWER_DOWN = 0x00 # No active state
POWER_ON = 0x01 # Power on
RESET = 0x07 # Reset data register value

# Start measurement at 4lx resolution. Time typically 16ms.
CONTINUOUS_LOW_RES_MODE = 0x13
# Start measurement at 1lx resolution. Time typically 120ms
CONTINUOUS_HIGH_RES_MODE_1 = 0x10
# Start measurement at 0.5lx resolution. Time typically 120ms
CONTINUOUS_HIGH_RES_MODE_2 = 0x11
# Start measurement at 1lx resolution. Time typically 120ms
# Device is automatically set to Power Down after measurement.
ONE_TIME_HIGH_RES_MODE_1 = 0x20
# Start measurement at 0.5lx resolution. Time typically 120ms
# Device is automatically set to Power Down after measurement.
ONE_TIME_HIGH_RES_MODE_2 = 0x21
# Start measurement at 1lx resolution. Time typically 120ms
# Device is automatically set to Power Down after measurement.
ONE_TIME_LOW_RES_MODE = 0x23

#bus = smbus.SMBus(0) # Rev 1 Pi uses 0
bus = smbus.SMBus(1) # Rev 2 Pi uses 1
```

```

def convertToNumber(data):
    # Simple function to convert 2 bytes of data
    # into a decimal number
    return ((data[1] + (256 * data[0])) / 1.2)

def readLight(addr=DEVICE):
    data = bus.read_i2c_block_data(addr,ONE_TIME_HIGH_RES_MODE_1)
    return convertToNumber(data)

def main():

    while True:
        print ("Light Level : " + str(readLight()) + " lx")
        time.sleep(0.5)

if __name__=="__main__":
    main()

```

ANEXO 4

Código fuente del sensor de corriente en Python

```
import serial
import time
import os

import RPi.GPIO as GPIO

GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)

datos1=[]
datos2=[]
consumo=[]
multiplos=[]

arduino=serial.Serial('/dev/ttyACM0', baudrate=9600)

datoinicio=int(2142)
datofinal=int(2359)

while True:

    curr_time=int (time.strftime("%H%M"))
    x=arduino.readline()
    a=len (x)
    #PONER DE 00-2MIN
    if (int(1200)) < curr_time < (int(1201)):
        g=open('LecturaAnalogica.txt','r+')
        g.truncate()
```

```

if datoinicio < curr_time < datofinal:
    g1=open('Consumo.txt','a')

if a < 7:
    g=open('LecturaAnalogica.txt','a')
    g.write(time.strftime("%H.%M,") + (x.decode("UTF-8")))
    g.close

file1 = open('LecturaAnalogica.txt','r')
contenido1=file1.readlines()

if len(contenido1)>3:

    for i in range (0, len(contenido1),1):
        dato1=contenido1[i].find(',')
        dato2=contenido1[i].find(',',dato1+1)

        valor1=float(contenido1[i][0:dato1])
        valor2=float(contenido1[i][dato1+1:dato2])

        datos1.append(valor1) ##tiempo
        datos2.append(valor2) ##corriente

def sumarLista(lista):
    sum=0.0
    for i in range (0, len(datos2)):
        sum=(sum+datos2[i])
    return sum/len(datos2)

a=(sumarLista(contenido1))

```

```

multiplicador=int(8)

for j in range (1,1000000):
    multiplos=[multiplicador*j]

    if len(contenido1) in multiplos:
        #print("ya")

    def sumarLista1(lista):
        suma=0.0
        for i in range ((len(datos2)-8), len(datos2)):
            suma=suma+datos2[i]
        return suma
    c=(float(sumarLista1(contenido1)))
    #omitimos la D para evitar confusion
    e=(c/8)

    print(c)
    print(e)
    print("")

    #print(len(contenido)-60)
    consumo.append(e)

multiplicador1=int(60)

for l in range (1,1000000):
    multiplos=[multiplicador1*l]

    if len(consumo) in multiplos:

        def sumarConsumo(lista):
            sum=0

```

```

        for i in range ((len(consumo)-60), len(consumo)):
            sum=sum+consumo[i]
        return sum
p=(float(sumarConsumo(contenido1)))

        #print(len(consumo))
        #print(len(consumo)-60)
print(p)
print(" ")
print(" ")
s=round((p/60),2)
k=(str(s))
g1.write(time.strftime("%H.%M,") + (k) + '\n')
g1.close
else:
    print("VALI")

```

ANEXO 5

Programación de lecturas analógicas en Arduino

```
const unsigned int numReadings = 200; //muestras para calcular Vrms.
```

```
int readingsVClamp[numReadings]; // lecturas del sensor SCT-013-000
```

```
int readingsVClamp1[numReadings];
```

```
int readingsGND[numReadings]; // lecturas de la masa virtual
```

```
float SumSqGND = 0;
```

```
float SumSqVClamp = 0;
```

```
float SumSqVClamp1=0;
```

```
float total = 0;
```

```
float total1 = 0;
```

```
int PinVClamp = A0; // Entrada del sensor SCT-013-000
```

```
int PinVirtGND = A1; // Entrada de la masa virtual
```

```
int PinVClamp1 = A2;
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  // initialize all the readings to 0:
```

```
  for (int thisReading = 0; thisReading < numReadings; thisReading++) {
```

```
    readingsVClamp[thisReading] = 0;
```

```
    readingsVClamp1[thisReading] = 0;
```

```
    readingsGND[thisReading] = 0;
```

```
  }
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  unsigned int i=0;
```

```
  SumSqGND = 0;
```

```
  SumSqVClamp = 0;
```

```
  SumSqVClamp1 = 0;
```

```

total = 0;
total1 = 0;

for (unsigned int i=0; i<numReadings; i++)
{
  readingsVClamp[i] = analogRead(PinVClamp) - analogRead(PinVirtGND);
  readingsVClamp1[i] = analogRead(PinVClamp1) - analogRead(PinVirtGND);

  delay(1); //
}

//Calculate Vrms
for (unsigned int i=0; i<numReadings; i++)
{
  SumSqVClamp = SumSqVClamp + sq((float)readingsVClamp[i]);
  SumSqVClamp1 = SumSqVClamp1 + sq((float)readingsVClamp1[i]);

}

total = sqrt(SumSqVClamp/numReadings);
total= (total*(float)1/8); // Rburden=3300 ohms, LBS= 0,004882 V (5/1024)
// Transformador de 2000 vueltas (SCT-013-000).
// Siendo  $5*220*2000/(3300*1024)= 2/3$  (aprox)

total1 = sqrt(SumSqVClamp1/numReadings);
total1= (total1*(float)1/8);

Serial.print("I1: ");
Serial.println( total);
Serial.print("I2: ");
Serial.println( total1);
Serial.println("");
Serial.println("");

```

```
    delay(1500);  
}
```