

**SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA PARA SMART HOME BASADOS EN  
ANDROID**



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:  
SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA PARA SMART HOME BASADOS EN  
ANDROID**

**AUTOR:  
ORLANDO ANDRÉS PINEDA VALDIVIESO**

**TUTOR:  
MILTON GONZALO RUIZ MALDONADO**

**Quito, abril del 2018**

Orlando Andrés Pineda Valdivieso

**SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA PARA SMART HOME BASADOS EN ANDROID**

Universidad Politécnica Salesiana  
Ingeniería Eléctrica

Breve reseña historia e información de contacto:



**Orlando Andrés Pineda Valdivieso** (Y'1991-M'03). Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Particular "Eugenio Espejo", se graduó de Bachiller en la especialidad de Físico-Matemáticas. Egresado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en automatización, sistemas de gestión de energía, ahorro energético y fuentes renovables.

**opineda@est.ups.edu.ec**



**Milton Gonzalo Ruiz Maldonado** (Y'1987-M'01). Milton Ruiz se graduó de la Universidad Politécnica Salesiana en 2012 como Ingeniero Electrónico y en 2015 como Ingeniero Eléctrico; Recibió su M.Sc. en Redes de Comunicaciones en la Pontificia Universidad católica del Ecuador; Sus intereses de investigación están en comunicaciones verdes, infraestructura de medición avanzada, red inteligente, redes inalámbricas, gestión de energía. Es profesor de la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador y parte del Grupo de Investigación GIREI.

**mruizm@ups.edu.ec**

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

**DERECHOS RESERVADOS**

©2018 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO-ECUADOR

### **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A**

Yo, Milton Gonzalo Ruiz Maldonado declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación *SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA PARA SMART HOME BASADOS EN ANDROID* realizado por Orlando Andrés Pineda Valdivieso, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, abril de 2018



Milton Gonzalo Ruiz Maldonado

Cédula de identidad: 171440906-5

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Orlando Andrés Pineda Valdivieso, con documento de identificación N° 110398289-6, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor/es del trabajo de grado/titulación intitulado: “SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA PARA SMART HOME BASADOS EN ANDROID”, 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 cedidos anteriormente.

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, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Firma



Nombre: Orlando Andrés Pineda Valdivieso

Cédula: 110398289-6

Fecha: Abril de 2018

## ÍNDICE GENERAL

### Contenido

1. Introducción .....	8
2. Materiales y Métodos.....	8
2.1. Adquisición de datos .....	9
2.2. Consumo.....	11
2.3. Calendarización .....	12
2.4. Cálculo económico .....	12
2.5. Norma ISO 50001 .....	13
2.6. Modelo de Optimización .....	13
2.7. Pseudocódigo.....	13
3. Resultados y Discusión.....	15
3.1. Resultados del análisis.....	15
3.2. Discusión .....	15
4. Conclusiones y trabajo futuro .....	16
5. Referencias.....	16

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelo 3D del Smart Office. ....	9
Figura 2 Disposición de equipos dentro del Smart Environment, para la adquisición y control de datos. ....	9
Figura 3 Consumo del dispensador de agua en 24 horas. ....	10
Figura 4 Gráfica Corriente vs Potencia activa en 24 horas.....	10
Figura 5 Gráfica del dispensador de agua por minuto. ....	11
Figura 6 Consumo de Potencia(W) tipo por equipo.....	11
Figura 7 Gráfica de correspondencia de Pareto para los equipos. ....	12
Figura 8 Calendarización por tipo de equipo. ....	12
Figura 9 Esquema ISO 5001: Sistema de Gestión de Energía.....	13

Figura 10 Pantalla principal / Configuraciones iniciales de entrada.....	14
Figura 11 Pestaña de dispositivos, de donde se eligen quienes serán optimizados .....	14
Figura 12 Pantalla de presentación de resultados .....	15
Figura 13 Gráfica de comparación de resultados con y sin Sistema de Gestión de Energía. ....	15
Figura 14 Gráfica de comparación de resultados con y sin Sistema de Gestión de Energía. Fin de Semana.....	15

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis estadístico de las mediciones de corriente del dispensador de agua.....	11
Tabla 2 Consumo de potencia, uso diario y fp de los equipos de la Smart Office. ....	11
Tabla 3 Rubros del costo de la energía eléctrica.....	13

# SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA PARA SMART HOME BASADOS EN ANDROID

## Resumen

La presente investigación realiza un análisis del estado y consumo energético de los dispositivos dentro de un ambiente inteligente. En base a la normativa ISO 50001 se ha diseñado un Sistema de Gestión de Energía. Este sistema consta de una base de datos alimentada por regletas inteligentes que toman los datos de cada dispositivo electrónico conectado en el ambiente inteligente y nos ha proporcionado esta información para analizar y comprender el consumo promedio y los horarios en los cuales el consumidor ocupa los distintos dispositivos, se ha desarrollado para esto una interfaz en Android y se ha comprobado mediante software matemático y datos reales capturados en un ambiente con equipos inteligentes ubicado en la oficina de ingeniería eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana.

**Palabras Clave:** Ambiente Inteligente, Android, Optimización, Sistema de Gestión de Energía, ISO 50001.

## Abstract

The present investigation makes an analysis of the state and energy consumption of the devices within an intelligent environment. Based on the ISO 50001 standard, an Energy Management System has been designed. This system consists of a database fed by smart strips that take the data of each connected electronic device in the intelligent environment and has provided us with this information to analyze and understand the average consumption and the times in which the consumer occupies the different devices, an Android interface has been developed for this purpose and it has been verified by means of mathematical software and real data captured in an environment with intelligent equipment located in the electrical engineering office of the Salesian Polytechnic University.

**Keywords:** Smart Environment, Android, Optimization, Energy Management System, ISO 50001.

## 1. Introducción

Alrededor del mundo existe un incremento en la demanda de energía eléctrica debido al creciente uso de artefactos eléctricos y electrónicos en los hogares y oficinas. Países como India, China, África bajo el Sahara, España y Alemania están conscientes de esta realidad y algunos de ellos como por ejemplo España, no poseen los suficientes recursos naturales para implementar energías renovables. El déficit de energía eléctrica que no puede ser producida mediante los recursos naturales es producida por generadores termoeléctricos o es importada desde otros países. A su vez la huella de carbono producida aumenta la contaminación del ambiente y daña la capa de ozono debido los gases producidos en la combustión. La presente investigación busca principalmente reducir el consumo de energía eléctrica generando ahorro económico [1], [2].

Se ha aprovechado la tendencia mundial de tecnificar y centralizar el control de dispositivos a favor del usuario brindando beneficios como seguridad, autonomía, economía y confort[3]–[5].

La investigación se ha desarrollado dentro de una HAN (Home Area Network, por sus siglas en inglés), el dominio más pequeño en el orden jerárquico de subsistemas, preferido para realizar HEMS (Home Energy Management Systems) ya que nos permite gestionar los equipos del entorno a través de varios medios de comunicaciones [6].

Los Sistemas de Gestión de Energía (SGE) son creados con el objetivo de optimizar, planificar y reducir costos energéticos en el sector residencial, comercial e industrial[7]–[10]. Es un conjunto de políticas, análisis, algoritmos de optimización, hardware especializado y software capaces de

mejorar objetivamente el consumo eléctrico reduciendo el costo y manteniendo el confort de los usuarios [1], [8].

Para el desarrollo del sistema de gestión de energía se ha tomado en consideración la norma ISO 50001 como la base para el desarrollo de la investigación. La norma ISO 50001 divide el consumo de cada aparato electrónico en las veinte y cuatro horas del día para su análisis y manejo [8], [11].

Un lugar inteligente ya sea Smart Home o Smart Office es un ambiente físico equipado con sensores, actuadores, medidores, sistemas de comunicación y demás aparatos electrónicos que permiten el análisis y control de los equipos dentro del mismo lugar o ambiente, obteniendo datos del consumo energético adaptarse a las preferencias de los usuarios [12],[13].

El algoritmo desarrollado permite optimizar y controlar los distintos aparatos electrónicos. El algoritmo planteado para el SGE tiene como objetivo minimizar el costo de energía eléctrica y maximizar el confort dentro de la edificación [14], [15].

## 2. Materiales y Métodos

Los datos se han obtenido de regletas inteligentes y un sistema de comunicación conectado a un servidor dentro del Smart Environment, los mismos que son usados para el control encendido y apagado de equipos[12], [16], [17].

Otros aparatos y sus curvas típicas han sido simulados con metamodelamiento de acuerdo a su consumo y los valores normales de uso de corriente en operación y reposo obteniendo las curvas características de cada elemento con respecto al tiempo en un día laborable [10], [12], [15], [18].



**Figura 1** Modelo 3D del Smart Office.

El laboratorio utilizado en la presente investigación está equipado con laptops, proyector, 6 Smart TV's, módem, UPS, servidor, microondas, banco de baterías, panel solar, generador eólico, conexión a la red eléctrica, calefactor, dispensador de agua, internet e intranet.

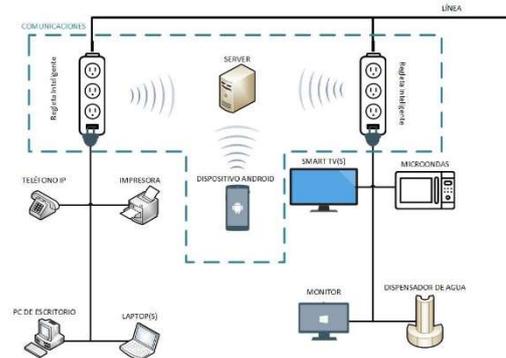
Otros dispositivos dentro de nuestro análisis son los cargadores de laptop y celulares que se conectan directamente.

Existen varios tipos de optimización de acuerdo a la demanda y con respecto al tiempo. Para este caso dividiremos cada equipo con su curva característica con respecto al tiempo  $t$  el algoritmo se encargará de optimizar mediante Pareto el consumo[17]–[22].

### 2.1. Adquisición de datos

Las comunicaciones en el sector eléctrico ya sean alámbricas o inalámbricas se han desarrollado exponencialmente permitiendo un control sobre el consumo de energía. Las diferentes tecnologías y dispositivos pueden ser combinados haciendo una gestión de las telecomunicaciones [23].

Se ha creado una red inalámbrica para el monitoreo y control de los equipos, los equipos inteligentes se conectan directamente al punto de acceso inalámbrico y este a su vez al server, para el control y manejo del resto de dispositivos electrónicos en el ambiente inteligente. La figura dos presenta el esquema de comunicaciones entre los dispositivos:



**Figura 2** Disposición de equipos dentro del Smart Environment, para la adquisición y control de datos.

A continuación, se describen una serie de programas y metodologías que se ha usado en el análisis de los datos.

**MongoDB:** La regleta inteligente envía datos al servidor local a través de comunicación inalámbrica wifi 802.11 estos son almacenados en una base de datos No SQL llamada MongoDB, para extraer los archivos de esta base de datos se ha usado el comando `mongoexport` propio del software, que genera un archivo con extensión `csv` (Comma Separated Values, por sus siglas en inglés) que por su distribución y tamaño (aproximadamente 2.5 GB en dos semanas de captura de datos) se ha hecho indispensable tratar estos datos y crear para esto un algoritmo en Python que permita organizar estos datos creando tablas y separando los dispositivos, fechas y mediciones en columnas correspondientes.

Python y el complemento PANDAS (Python Data Analysis Library) son herramientas de software libre que se han usado para tratar la base de datos en formato `csv` y ordenarla en una tabla para poder ser analizada.

El algoritmo que sigue para completar esta tarea es el siguiente:

---

### Algoritmo de extracción de datos

---

**Paso 1:** Importación de csv de entrada.

**Paso 2:** Selección de *ObjectId* y cambio de *Id* por nombres de dispositivo.

**Paso 3.** Selección de los tags necesarios.

**Paso 4.** Dividir la variable tiempo en fecha y hora respectivamente.

**Paso 5.** Asignar los datos a un arreglo nuevo.

**Paso 6.** Exportar en nuevo arreglo a Excel

**Paso 7.** End.

---

*ObjectId* es el nombre encriptado en formato hex que se le da a cada dispositivo dentro del server y es necesario reemplazarlo por el nombre de común del equipo para poder interpretar de una mejor manera los resultados.

Los tags mencionados son los siguientes: *amps*, *i\_rms*, *pf*, *active\_pwr* que representan amperios, Corriente(rms), factor de potencia y Potencia activa respectivamente de los cuales se ha hecho un vector por cada uno para el análisis del consumo energético.

La hora y fecha son necesarias para determinar el consumo medio en el intervalo de 24 horas y las variaciones que tiene este consumo en fines de semana y feriados.

El arreglo ordena por filas cada fecha y hora y le asigna los valores medidos por la regleta en ese instante, permitiendo el análisis de estos datos, y se crea una nueva hoja por cada dispositivo lo que sintetiza y ordena la base de datos.

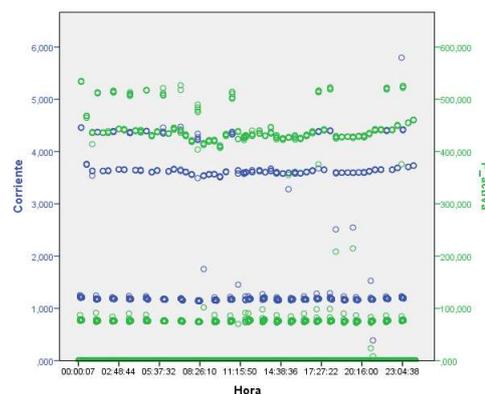
Se ha utilizado software de análisis estadístico avanzado para realizar las gráficas y análisis estadístico de las grandes cantidades de datos de entrada

y con él se obtuvieron los siguientes resultados para el dispensador de agua, equipo que tomaremos como ejemplo para mostrar la analítica de datos usada en este artículo. La figura 3 presenta el consumo del dispensador de agua en 24 horas.



**Figura 3** Consumo del dispensador de agua en 24 horas.

La figura 4 es una gráfica comparativa de la corriente y potencia consumida por el dispensador en 24 horas.



**Figura 4** Gráfica Corriente vs Potencia activa en 24 horas.

A continuación se presenta una tabla con los valores estadísticos de los datos obtenidos de corriente.

Estadísticos		
Datos adquiridos de Corriente		
N	Válido	8329
	Perdidos	0
Media		0,31674
Mediana		0
Desviación estándar		0,82969
Varianza		0,688
Mínimo		0

Máximo	5,797
--------	-------

**Tabla 1** Análisis estadístico de las mediciones de corriente del dispensador de agua.

Los valores adquiridos permiten determinar los picos, valores medios, curva característica, media y cantidad de datos válidos de cada equipo.

Teniendo en cuenta estos resultados se ha hecho una reducción de datos de entrada para sistematizar y estandarizar la cantidad a 1440 al día o lo que es lo mismo 1 dato por minuto, de cada equipo medido con la regleta, manteniendo los valores medio, pico máximo, mínimo y conservando la de la curva característica. La figura 5 muestra los datos reducidos del dispensador de agua por minuto.



**Figura 5** Gráfica del dispensador de agua por minuto.

La tabla 2 presenta los resultados del análisis de cada equipo y las horas de uso al día.

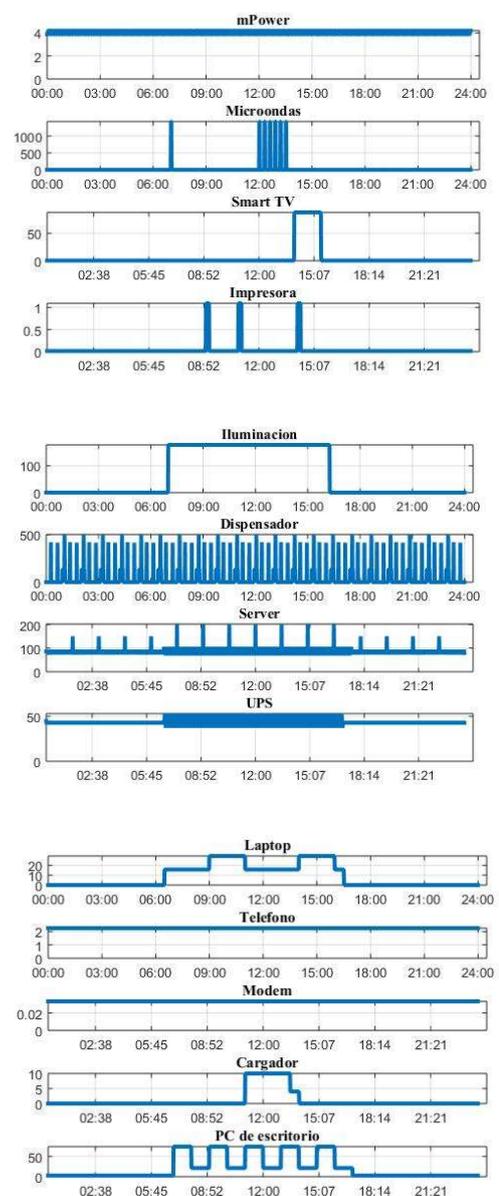
Equipo	Potencia (W)		fp	Tiempo de uso (h/día)
	Stan dby	Uso		
Iluminación	0	88	0,950	9,5
Server	86	87	0,604	24
UPS	43	45,4	0,676	24
Regleta	4	4	0,565	24
Dispensador	0	38	0,999	4
Microondas	3,08	1433	0,950	0,1
Smart TV	2,1	235	0,898	3
Impresora	5,4	538	0,950	0,2
Laptops	15,8	30	0,560	6
Teléfono	2,25	2,25	0,909	0,2

Modem	4	4	0,930	9,5
Cargadores	4	10	0,410	3
Desktop	21	74	0,604	4

**Tabla 2** Consumo de potencia, uso diario y fp de los equipos de la Smart Office.

## 2.2. Consumo

El consumo por equipo se ha determinado de los valores de corriente consumida teniendo en consideración 120V de entrada como se explica en el literal anterior dando como resultado las gráficas de la Figura 6.



**Figura 6** Consumo de Potencia(W) tipo por equipo.

Los distintos equipos fueron medidos durante el transcurso de dos semanas para obtener su gráfica tipo y consumo.

En el software de análisis matemático se ha obtenido a partir del algoritmo de Pareto, de acuerdo a la premisa de que *“Sólo es necesario que aproximadamente el 20% de los equipos se mantengan con energía durante todo el día, el resto puede ser optimizado”*, la gráfica de optimización Pareto se muestra en la Figura 7.

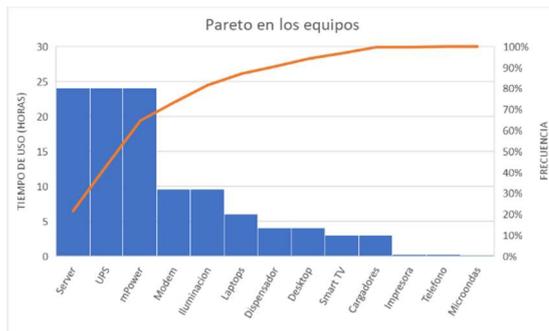


Figura 7 Gráfica de correspondencia de Pareto para los equipos.

### 2.3. Calendarización

Se ha jerarquizado y segmentado cada equipo de acuerdo a su nivel de importancia y su capacidad o necesidad de mantenerse encendido [19], [24], [25].

De acuerdo a la gráfica de Pareto y las necesidades del usuario sólo 3 equipos han sido considerados para mantenerse operando en la noche. Con estas consideraciones la Figura 8 muestra las gráficas de calendarización por cada equipo.

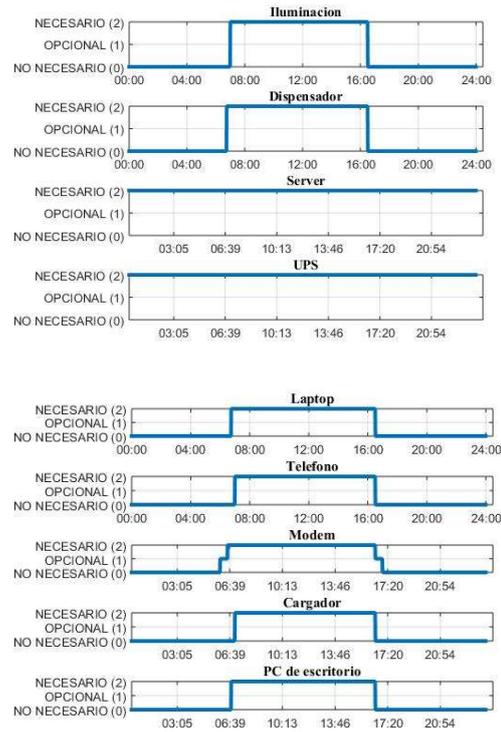
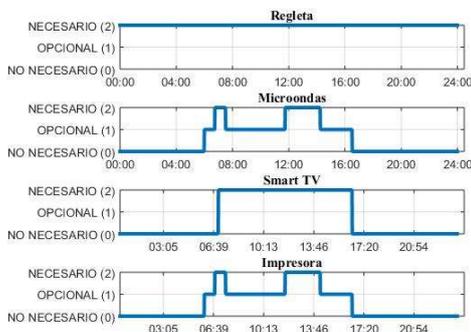


Figura 8 Calendarización por tipo de equipo.

La calendarización de la figura 2 está de acuerdo a los siguientes valores: 0 para las horas donde no es necesario tener el equipo encendido; 1 para cuando es opcional y 2 para cuando es muy necesario tener el equipo encendido.

Esta caracterización se ha hecho de acuerdo al horario laboral y frecuencia típica de uso en días laborales (Lunes a Viernes). Para lo cual se han hecho mediciones en dos semanas tipo de trabajo en la oficina [12], [26].

### 2.4. Cálculo económico

Para realizar el cálculo económico se ha tomado en cuenta los rubros mensuales de la Empresa Eléctrica Quito, para instalaciones Comerciales (General) con la información proporcionada por el ARCONEL [27].

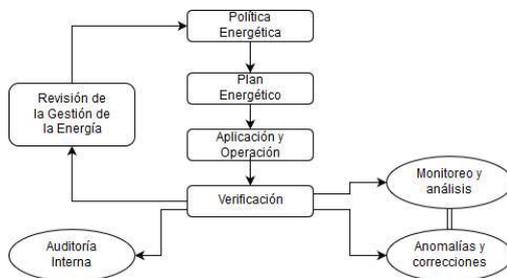
Rubro	Valor	Unidades
Consumo	0,104	USD/kWh
Comercialización	1,41	USD
Servicio de alumbrado público	1,06	USD
IVA	0	%

**Tabla 3** Rubros del costo de la energía eléctrica.

Se ha tomado en consideración también que los fines de semana los equipos que deberían permanecer encendidos son los siguientes: UPS, Server y los medidores inteligentes. Así se obtiene el valor de 33.47\$ mensuales de consumo en la oficina.

## 2.5. Norma ISO 50001

La norma ISO 50001 establece los requerimientos para un sistema de gestión de energía, su mantenimiento e implementación siguiendo el esquema de la Figura 9 [11], [26], [28]:



**Figura 9** Esquema ISO 5001: Sistema de Gestión de Energía

En este artículo nos encargaremos de la Aplicación y Operación; Verificación y Revisión de la Gestión de Energía de acuerdo al esquema anterior.

## 2.6. Modelo de Optimización

La optimización del consumo energético se ha basado en tres principios básicos que determinarían los equipos a ser controlados y los intervalos de tiempo en los que deben mantenerse encendidos[4], [29] :

- Aspecto económico: el consumo y costo de la energía deberá disminuir.
- Confort: Los equipos deben estar disponibles para los usuarios en horarios de oficina, y no deben preocuparse por si alguno se quedó encendido, el nivel de comodidad de los mismos debe mantenerse o mejorar.

- Vida útil de los equipos: la vida útil se disminuye con el uso constante sin embargo también se consideran 15 minutos de encendido antes de su uso cotidiano.

La ecuación planteada para verificar la efectividad económica del Sistema de gestión de Energía tiene la siguiente función objetivo:

$$\min \left( \sum_{i=0}^n Ee_i * Ce \right) * \left( 1 + \frac{IVA}{100} \right) + CF$$

Dónde:

- $Ee_i$  es la energía consumida por el equipo  $i$ .
- $Ce$  es el costo energético.
- $IVA$  es la tasa de impuestos.
- $CF$  son los Costos Fijos de comercialización y alumbrado público.

La sensación de confort se medirá comprobando la disponibilidad de los equipos en el horario de uso común de los mismos.

## 2.7. Pseudocódigo

La metodología aplicada para resolver este problema de una forma detallada se puede contemplar en el siguiente algoritmo. [14], [16], [30]

---

### Algoritmo de solución

---

**Paso 1:** Importación de datos de entrada

**Paso 2:** Configuración inicial de tarifas costos fijos, impuestos y tarifa diurna (si aplica)

**Paso 3.** Selección de los dispositivos que pueden ser optimizados en el horario no laborable y fines de semana.

**Paso 4.** If (es\_optimizable) → eliminar la energía que ya no será consumida en horarios fuera de los establecidos.

**Paso 5.** Rango = Horas(uso)/Horas(Standby)

**Paso 6.** If (tarifa\_diurna) → usar este precio

para las horas de trabajo.

**Paso 7.** Calcular la tarifa mensual de los equipos usando la tarifa ingresada.

**Paso 8.** Agregar los costos fijos

**Paso 9.** Calculo de impuestos.

**Paso 10.** Presentación de resultados y comparaciones con el consumo inicial

**Paso 11.** End.

Todos los datos de entrada calculados en el numeral 2.2 se encuentran defecto en el sistema, sin embargo, son modificables de acuerdo a las características propias de cada equipo o si existe algún cambio en el ambiente inteligente que se esté optimizando.

Para el paso 2, disponemos de la primera sección de la aplicación dónde se regula la entrada de datos esto se muestra en la figura 10.

Configuraciones

Costos Fijos	2.47	\$
Costo/kW	0.104	\$
<input type="checkbox"/> Establecer tarifa diurna		
Tarifa Diurna	0.104	\$
IVA	0.0	%

Guardar

**Figura 10** Pantalla principal / Configuraciones iniciales de entrada

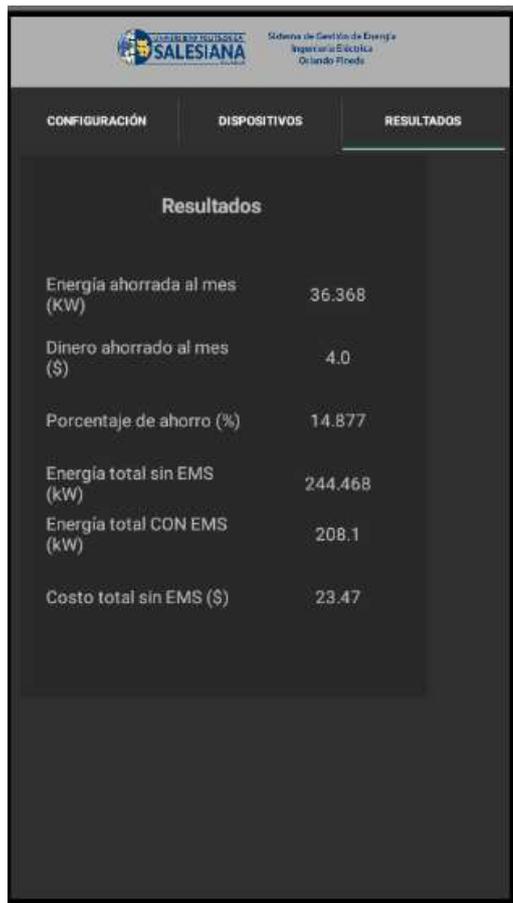
Una vez guardados los datos correctamente, en la sección dispositivos se elige que dispositivos pueden ser optimizados y se modifica, si es necesario sus datos de entrada. La figura 11 muestra esta característica en el dispositivo Android.

CONFIGURACIÓN	DISPOSITIVOS	RESULTADOS
Iluminacion	Config.	<input checked="" type="checkbox"/>
Dispensador	Config.	<input checked="" type="checkbox"/>
Server	Config.	<input type="checkbox"/>
UPS	Config.	<input type="checkbox"/>
mPower	Config.	<input type="checkbox"/>
Microondas	Config.	<input checked="" type="checkbox"/>
Smart TV	Config.	<input type="checkbox"/>
Impresora	Config.	<input checked="" type="checkbox"/>
Laptops	Config.	<input checked="" type="checkbox"/>
Telefono	Config.	<input type="checkbox"/>
Modem	Config.	<input type="checkbox"/>
Cargadores	Config.	<input checked="" type="checkbox"/>

Agregar Actualizar

**Figura 11** Pestaña de dispositivos, de donde se eligen quienes serán optimizados

Finalmente, al actualizar los datos, el programa internamente calcula los KW/h consumidos, los precios de acuerdo a la(s) tarifa(s), le agrega los costos fijos y calcula el valor de impuestos, hace estos cálculos para una situación cotidiana y también para el caso optimizado en cuestión y calcula el ahorro mensual que esta generaría como se muestra en la Figura 12.



**Figura 12** Pantalla de presentación de resultados

El algoritmo muestra cuánto se proyecta a ahorrar en términos de energía y economía, programando las horas en las que los dispositivos estarían conectados.

Esto nos da una idea de cuán eficiente puede llegar a ser el sistema de gestión de energía.

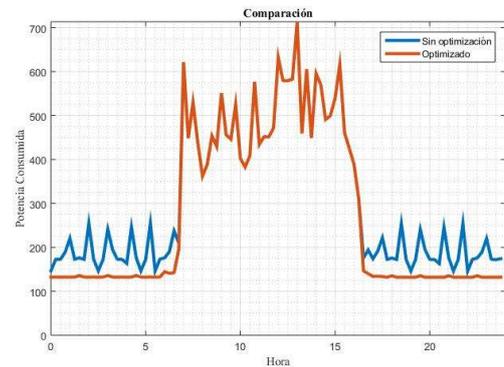
### 3. Resultados y Discusión

El ahorro que genera un sistema de gestión como el propuesto es variable dependiendo de tarifas, tarifas exclusivas, el número de dispositivos conectados a la red, y cuántos de estos están dispuestos a ser optimizados para no sólo ahorrar costes sino también alargar su vida útil.

#### 3.1. Resultados del análisis

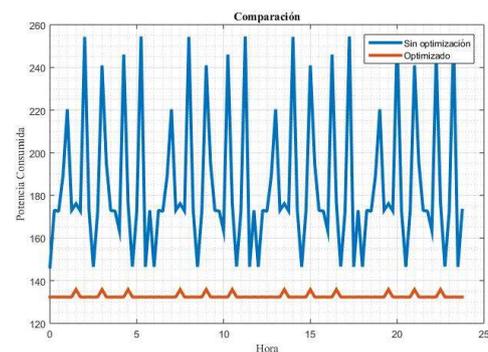
Aplicando este método de extracción de datos y una vez hecho el cálculo del ahorro se ha obtenido la gráfica de la

**Figura 13** de consumo antes y después del SGE para los días laborables.



**Figura 13** Gráfica de comparación de resultados con y sin Sistema de Gestión de Energía.

Del mismo modo para los días no laborales y feriados tenemos como resultado la Figura 14.



**Figura 14** Gráfica de comparación de resultados con y sin Sistema de Gestión de Energía. Fin de Semana.

Dando como resultado un ahorro promedio mensual estimado del 13.85% del consumo energético, verificando los resultados obtenidos en la aplicación.

#### 3.2. Discusión

Desde un SmartPhone Android se ha podido no sólo estimar el ahorro que esto supone a la planilla de electricidad sino también controlar los equipos y programar horarios para los mismos.

El desarrollo de un sistema de gestión de energía no simplemente se limita al área tecnológica, sino que debe haber un cambio de conciencia de uso energético en pro de la economía y el confort.

#### 4. Conclusiones y trabajo futuro

- El objetivo principal de maximizar la economía y reducir la cantidad de energía consumida manteniendo el confort, se ha podido lograr con un porcentaje de ahorro de casi el 15% simplemente manteniendo desconectados los equipos en las horas en que no se usan, lo que nos muestra la efectividad del sistema y que se puede lograr optimizar esto incluso más dependiendo de cuantos dispositivos estemos dispuestos a desconectar.
- Mientras realizamos las mediciones pudimos darnos cuenta de un grave problema de la mayoría de equipos y es que sus factores de potencia rodeaban 0.6, lo que ocasiona una gran cantidad de Potencia reactiva, esta cifra es demasiado baja para no considerarla y teniendo recursos como banco de baterías, de condensadores o generadores eólicos se podría contrarrestar este fenómeno y ahorrar aún más energía.
- Un plan de acción es necesario para hacer conciencia del uso responsable y ahorro energético, pues además del desarrollo tecnológico debe existir un cambio de percepción y una conciencia ambiental colectiva, para este fin mostrar los resultados de la optimización es un referente para saber que hacer a futuro.
- La cantidad de datos necesaria para hacer un estimado del uso es de una semana tipo, sin embargo, cuanto más tiempo analicemos, podemos tener una aproximación más cercana y eventos extra para analizar.

- La información que guarda el servidor es extensa y se ha considerado para un futuro trabajo hace el uso de tecnologías como BIGDATA y análisis de datos predictivos para automatizar y reducir tiempos de investigación.

#### 5. Referencias

- [1] E. M. Garcia, "Diagnosis of the demand for electricity consumption in a smart home, focused on the residential sector of Quito, during 2015, Barrio la Kennedy. Characterization and optimization of electric power consumption," *Thesis*, p. 139, 2016.
- [2] J. Okae, J. Du, E. K. Akowuah, G. Appiah, and E. K. Anto, "The Design and Realization of Smart Energy Management System based on Supply-Demand Coordination," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, pp. 195–200, 2017.
- [3] P. R. S. Suryavanshi, K. Khivensara, G. Hussain, N. Bansal, and V. Kumar, "Home Automation System Using Android and WiFi," vol. 3, no. 10, pp. 8792–8794, 2014.
- [4] M. Mile, P. Lakade, S. Mashayak, P. Katkar, and A. B. Gavali, "Design of Smart Home Automation System using Android Application : A Literature Review," vol. 2, no. 1, pp. 2–5.
- [5] S. R. Hernández and P. C. García, "Definition of a home automation system for energy management and efficiency," *Proc. - 2010 IEEE Electron. Robot. Automot. Mech. Conf. CERMA 2010*, pp. 568–573, 2010.
- [6] M. G. Ruiz Maldonado, "Design of a Wireless-Fiber

- Hybrid System for Data Transmission of Smart Energy Meters in Smart Grid Networks,” *Pontif. Univ. Católica Del Ecuador Fac.*, p. 185, 2016.
- [7] W. C. Turner and S. Doty, *Energy Management Handbook*. 2007.
- [8] E. R. Sanseverino *et al.*, “Energy Management Systems and tertiary regulation in hierarchical control architectures for islanded microgrids,” *2015 IEEE 15th Int. Conf. Environ. Electr. Eng.*, pp. 144–149, 2015.
- [9] Y. Huang, H. Tian, and L. Wang, “Demand response for home energy management system,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 73, pp. 448–455, 2015.
- [10] W.-T. Li *et al.*, “Demand Response Management for Residential Smart Grid: From Theory to Practice,” *IEEE Access*, vol. 3, pp. 2431–2440, 2015.
- [11] ISO, “ISO 50001 Energy Management Systems,” vol. 50015, pp. 1–12, 2014.
- [12] F. Cicirelli, G. Fortino, A. Guerrieri, G. Spezzano, and A. Vinci, “Metamodeling of Smart Environments: from design to implementation,” *Adv. Eng. Informatics*, vol. 33, pp. 274–284, 2017.
- [13] H. F. Rashvand, J. M. Alcaraz Calero, and ebrary, Inc, *Distributed sensor systems: practice and applications*. John Wiley & Sons, Ltd., 2012.
- [14] Y. Ajaji and P. André, “Thermal comfort and visual comfort in an office building equipped with smart electrochromic glazing: An experimental study,” *Energy Procedia*, vol. 78, pp. 2464–2469, 2015.
- [15] J. S. Vardakas, N. Zorba, and C. V. Verikoukis, “A Survey on Demand Response Programs in Smart Grids: Pricing Methods and Optimization Algorithms,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 17, no. 1, pp. 152–178, 2015.
- [16] X. Wang, “Smart Office Lighting Control Using Occupancy Sensors,” 2017.
- [17] Y. Ozturk, D. Senthilkumar, S. Kumar, and G. Lee, “An intelligent home energy management system to improve demand response,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 4, no. 2, pp. 694–701, 2013.
- [18] P. Ajay-D-Vimal Raj, M. Sudhakaran, and P. Philomen-D-Anand Raj, “Estimation of standby power consumption for typical appliances,” *J. Eng. Sci. Technol. Rev.*, vol. 2, no. 1, pp. 71–75, 2009.
- [19] Y. H. Lin and M. S. Tsai, “An Advanced Home Energy Management System Facilitated by Nonintrusive Load Monitoring with Automated Multiobjective Power Scheduling,” *IEEE Trans. Smart Grid*, 2015.
- [20] C. L. Bak and F. Faria da Silva, “High voltage AC underground cable systems for power transmission ??? A review of the Danish experience, part 1,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 140, pp. 984–994, 2016.
- [21] Y. Liu, B. Qiu, X. Fan, H. Zhu, and B. Han, “Review of Smart Home Energy Management Systems,” *Energy Procedia*, vol. 104, pp. 504–508, 2016.
- [22] S. Rotger-Griful, U. Welling, and R. H. Jacobsen, “Implementation of a building

- energy management system for residential demand response,” *Microprocess. Microsyst.*, vol. 55, no. August, pp. 100–110, 2017.
- [23] E. Inga Ortega, D. Arias Cazco, V. Orejuela Luna, and J. Inga Ortega, “Cellular communications for intelligent measurement of electrical energy in distribution systems,” *Ingenius*, no. 10, pp. 21–33, 2013.
- [24] P. Palensky and D. Dietrich, “Demand side management: Demand response, intelligent energy systems, and smart loads,” *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 7, no. 3, pp. 381–388, 2011.
- [25] J. Honold *et al.*, “Distributed integrated energy management systems in residential buildings,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 114, pp. 1468–1475, 2017.
- [26] R. Uriarte-romero and M. Gil-samaniego, “Methodology for the Successful Integration of an Energy Management System to an Operational Environmental System,” *Sustainability*, vol. 9, no. 8, p. 1304, 2017.
- [27] E. R. and C. A. ARCONEL, “Tariff schedule for electric companies,” vol. 2017, no. ARCONEL-050/16, p. 35, 2017.
- [28] B. Jovanović and J. Filipović, “ISO 50001 standard-based energy management maturity model - Proposal and validation in industry,” *J. Clean. Prod.*, vol. 112, pp. 2744–2755, 2016.
- [29] N. G. Paterakis, A. Tascikaraoglu, O. Erdinc, A. G. Bakirtzis, and J. P. S. Catalao, “Assessment of Demand Response Driven Load Pattern Elasticity using a Combined Approach for Smart Households,” *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. PP, no. 99, p. 1, 2016.
- [30] A. R. F. Shafana and A. Aridharshan, “Android based Automation and Security System for Smart Homes,” vol. 5, no. 3, pp. 26–30, 2017.