

1. INTRODUCCIÓN

Una parte importante de las redes eléctricas inteligentes son los sistemas de gestión de la energía (EMS). Los EMS permiten la integración de energías renovables a gran escala, tomando relevancia mundial ya que optimiza el consumo eléctrico brindando sostenibilidad ambiental y social, reduciendo el impacto económico gracias a la gestión de la demanda. Para formar un sistema de gestión de energía es necesario comunicaciones fiables, eficientes, seguras que permitan la transmisión de información entre todos los actores de la red [1], [2].

El consumo de energía por parte de dispositivos inteligentes en tareas de transmisión o retransmisión de datos se convierte en un tema complejo que debe abordarse cuando las personas, procesos, datos y cosas convergen en tiempo real. Las nuevas tendencias tecnológicas involucran dispositivos con la capacidad de tomar información del entorno, procesarla y enviarla a un sistema de procesamiento de información [3], [5].

La red de área doméstica (HAN) requiere velocidades de transmisión de 10 kbps hasta 1 Mbps y debe cubrir distancias entre 5 y 100 metros. Las comunicaciones entre los usuarios y el generador de energía eléctrica son proactivas y permiten generar energía en función del consumo en tiempo real. Los aparatos, televisores, sistemas de iluminación, medidores inteligentes, etc. están compuestos por sensores y actuadores que permiten la creación de sistemas de gestión de energía y de microgeneración [6].

Para proporcionar inteligencia a la red, se requieren dispositivos con monitoreo unificado, protocolos de medición y control, lo que resulta en decisiones asertivas en tiempo real sobre la demanda de energía del usuario.

Los avances tecnológicos en sistemas micro electromecánicos, comunicaciones inalámbricas y electrónica digital han desarrollado dispositivos de bajo costo y bajo consumo que pueden formar nodos multifuncionales. Los nodos multifuncionales están compuestos por sensores, procesadores de señal y componentes de comunicación.

La red de sensores consta de una gran cantidad de nodos que se comunican a través de un cable o medio inalámbrico. Dado que una gran cantidad de nodos sensores se despliegan densamente, los nodos vecinos pueden estar muy cerca uno del otro. Por lo tanto, se espera que la comunicación multiusuario en redes de sensores consuma menos energía que la comunicación tradicional de un salto. Además, los niveles de potencia de transmisión pueden mantenerse bajos, lo que es altamente deseable en las comunicaciones en el hogar. La comunicación multi-salto también puede superar con eficacia algunos de los efectos de propagación de las señales experimentadas en la comunicación inalámbrica de larga distancia. Una de las limitaciones más importantes en los nodos de sensores es el requisito de

bajo consumo de energía [7], [10].

Los nodos sensores llevan fuentes de energía limitadas, generalmente insustituibles. Por lo tanto, mientras que las redes tradicionales pretenden lograr disposiciones de servicio de alta calidad (QoS), los protocolos de la red de sensores deberían centrarse principalmente en la conservación de energía. Deben tener mecanismos de compensación incorporados que brinden al usuario final la opción de extender la vida útil de la red al costo de un rendimiento más bajo o un mayor retraso en la transmisión [11], [13].

La Fig. 1 muestra que entre las aplicaciones de los dispositivos inteligentes están la medición de temperatura, humedad, condiciones de iluminación, microgeneración y sistemas de gestión de energía.

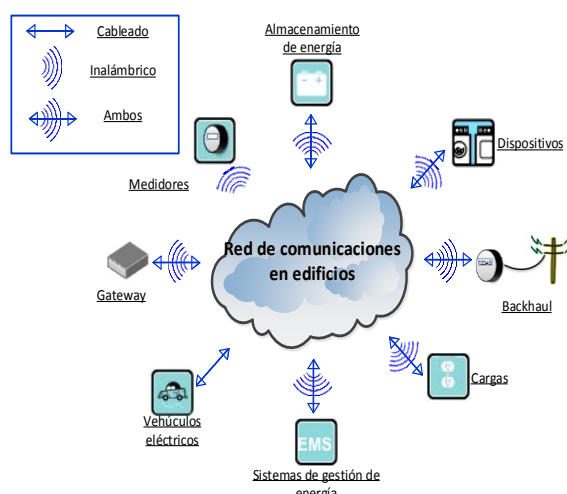


Figura 1: Comunicaciones en edificios

El documento está organizado de la siguiente manera. En el capítulo 2 se presenta el planteamiento del problema. En el capítulo 3 se describen los materiales y métodos empleados. En el capítulo 4 se presentan los resultados. En el capítulo 5 se analizan los resultados y finalmente se concluye en el capítulo 6.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para la transmisión de datos es necesario crear la red BAN (Building Area Network), la misma permite al sistema de gestión de energía (EMS) gestionar los equipos del entorno a través de varios medios de comunicaciones [14].

Los Sistemas de Gestión de Energía (EMS) son creados con el objetivo de optimizar, planificar y reducir costos energéticos en el sector residencial, comercial e industrial. 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 [15].

El escenario 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 y equipos de comunicaciones.

La Fig. 2 muestra la oficina de pruebas modelado en tres dimensiones con todos sus componentes.



Figura 2: Modelo 3D del Smart Office

El ambiente de confort del personal no debe ser alterado por lo que es necesario tomar en cuenta la hora de entrada y salida de los mismos, los días festivos para establecer los tiempos de atenuación en las lámparas y desconexión de equipos en estado stand by.

Se deben considerar tres aspectos para el diseño del sistema de gestión de energía, los mismos se definen a continuación:

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.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Conocidos los aspectos a tomar en consideración se ha diseñado el sistema de gestión de energía mediante dispositivos que permiten la lectura de parámetros eléctricos como voltaje, corriente, energía y factor de potencia. Los datos de cada lectura son enviados a través de comunicaciones inalámbricas, la tecnología utilizada es Wifi 802.11 en la frecuencia de 2.4 GHz. La información es almacenada en un servidor, en el mismo mediante una aplicación desarrollada en Android permite realizar el control de los tomacorrientes según el análisis de horarios en los cuales se pueden desconectar diferentes equipos que consumen energía innecesariamente. La Fig. 3 muestra el esquema del sistema diseñado he implementado en el cual todos los equipo son supervisados y controlados por medio de un dispositivo inteligente.

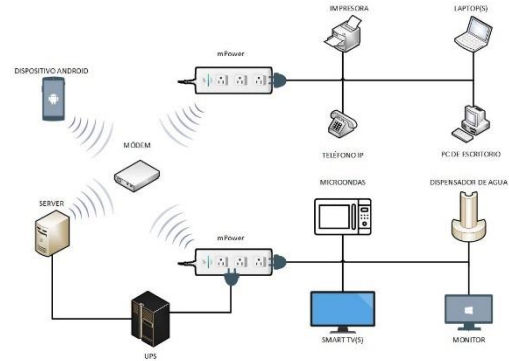


Figura 3: Disposición de equipos y comunicaciones

El algoritmo planteado para el sistema de gestión de energía tiene como objetivo minimizar el costo de energía eléctrica y maximizar el confort dentro de la edificación. A continuación se presenta el algoritmo propuesto.

Algoritmo 1: Sistema de gestión de energía

- 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) → apagar el dispositivo en horarios 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.** Fin.

En la Fig. 4 se presenta el flujograma desarrollado para optimizar el consumo de energía eléctrica por los diversos dispositivos y equipos instalados.

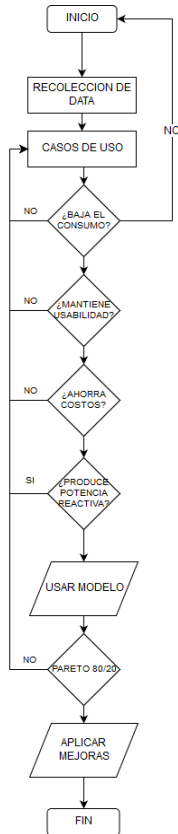


Figura 4: Flujograma de obtención de datos y modelado

4. RESULTADOS

La Tabla 1 presenta los resultados de la adquisición de datos detallada en potencia consumida en stand by, factor de potencia y el tiempo de consumo por día.

Tabla 1: Consumo de energía por equipo

Equipo	Potencia (W)		fp	Tiempo de uso (h/día)
	Stand by	Uso		
Iluminación	0	88	0,950	9,5
Server	--	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

Para modelar el consumo de potencia por equipo se realizaron registros durante el transcurso de dos semanas, las potencias obtenidas del consumo se presenta en la Fig. 5.

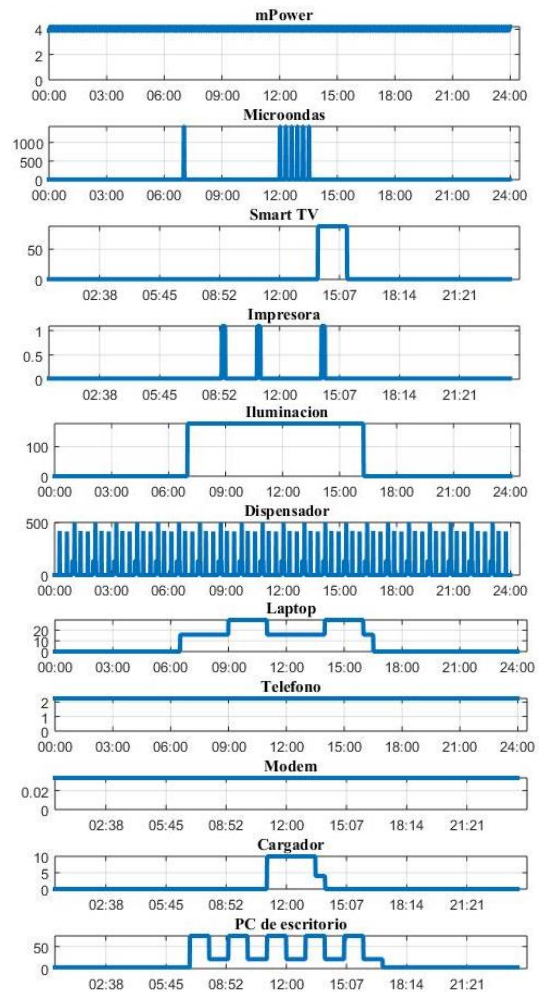


Figura 5: Consumo de Potencia(W) tipo por equipo

Mediante el algoritmo de Pareto, de acuerdo a la premisa de “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 Fig. 6.



