

Medición de Consumos a través de un Sistema de Gestión de Edificios en la UTN Santa Fe

Resumen: Los Edificios son los responsables de una parte importante del consumo de energía en las sociedades modernas, con los consiguientes efectos al medio ambiente y las emisiones de gases asociadas. Existe mucha literatura sobre la eficiencia energética y la automatización y control de edificios. En este artículo se hará una breve reseña sobre primera etapa de la instalación de un sistema de medición de consumo de energía, y el diseño de la arquitectura de un Sistema de Gestión de Edificios aplicado al edificio de la UTN FRSF para racionalizar consumos energéticos en la operación del mismo. Se dará una breve explicación sobre los criterios que se utilizaron en la selección de los elementos de la instalación y su implementación práctica. El objetivo principal es la definición de una arquitectura para reducir costos de operación del edificio sin afectar el confort y las prestaciones necesarias de las instalaciones.

Palabras Claves: Automatización y control de edificios; Eficiencia energética; Modbus; Medición de energía.

Abstract: Buildings are responsible for an important part of energy consumption in modern societies, with consequent environmental effects and associated gas emissions. There is much literature on energy efficiency and building automation and control. This article will briefly review the first stage of the installation of an energy consumption measurement system, and the design of the architecture of a Building Management System applied to the UTN FRSF building to rationalize energy consumption in the Operation. A brief explanation of the criteria used in the selection of the elements of the installation and its practical implementation will be given. The main objective is the definition of an architecture to reduce the operation costs of the building without affecting the comfort and the necessary services of the facilities.

Keywords: Automation and control of buildings; Energy efficiency; Modbus; Energy Measurement.

Pablo S. Gaspoz, Victor Cappannari

Grupo de Investigación en Control y Seguridad Eléctrica (CySE), Lavaisse 610, Santa Fe, Facultad Regional Santa Fe, UTN
Mail: pgaspoz@frsf.utn.edu.ar

INTRODUCCIÓN

La tarifa eléctrica en la república Argentina ha presentado cambios de significación en los últimos tiempos con una considerable quita de subsidios, por lo que inversiones que anteriormente no eran rentables o que presentaban retornos a plazos muy largos ahora se tornaron accesibles.

El proyecto contemplado en el trabajo se plantea reducir costos por consumo de energía eléctrica, y evitar posibles multas y sanciones del proveedor de energía eléctrica que puedan presentarse debido a superar picos de demanda contratados o desvíos en el factor de potencia establecidos por los cuadros tarifarios.

La eficiencia en el uso de la energía tiene otros objetivos por encima de la rentabilidad económica, se puede mencionar los esfuerzos que realizan los estados para la reducción de emisiones de gases. Hoy en día, los edificios son responsables de aproximadamente el 40% del consumo final de energía y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) totales de la UE, poniéndolos entre los mayores sectores de uso final a nivel mundial (Marinakis et al., 2013a), lo cual nos deja en claro que la reducción de los consumos de energía es sinónimo de la reducción de emisiones de gases.

Considerando la complejidad del proyecto se plantea la implementación de un Sistema de Gestión de Edificios (SGE). Sobre el cual desarrollaremos más adelante una breve descripción. El SGE simplificado se separa en tres partes, un Software del Sistema de Gestión de la Energía (SSGEn), un Software del Sistema de Control Distribuido (SSCD) y un Sistema de Automatización de Edificios o BAS por sus siglas en inglés. Esto puede verse esquemáticamente en la figura 1.

La implementación del SSGEn es necesaria para realizar una correcta evaluación sobre la eficiencia en el uso de la energía y así poder hacer frente a la compleja tarea de dar cumplimiento a normas como la IRAM ISO 50001.

La automatización a través del BAS se debe a la necesidad de controlar servicios del edificio y permitir satisfacer los requerimientos de automatización del SSGEn.

Finalmente como herramienta de control del BAS se utiliza el SSCD.

Por tratarse de una instalación realizada en una institución educativa (UTN FRSF), se plantean algunos objetivos académicos e institucionales adicionales, como la capacitación de alumnos y personal y dar acceso a información histórica y actualizada de la instalación al personal de mantenimiento. Adicionalmente se plantea el objetivo de realizar el desarrollo a futuro de indicadores de energía (eficiencia y consumos).

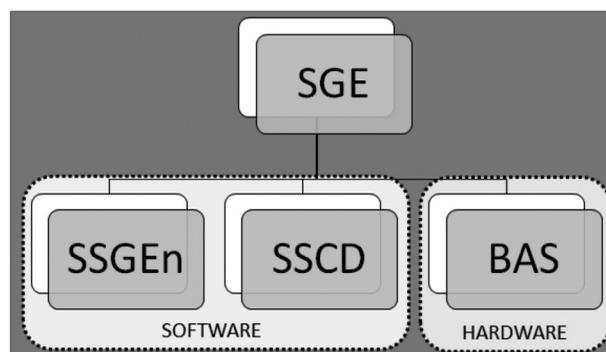


Fig. 1: Esquema de sistemas planteado en el trabajo.

METODOLOGÍA

A continuación, se hará un resumen de los conceptos de relevancia a tener en cuenta durante la ejecución del proyecto para arribar a una solución final que satisfaga los requerimientos normativos y las especificaciones. El diseño de la arquitectura presenta secciones claras que permiten simplificar la definición de los elementos constitutivos de la instalación con materiales y softwares disponibles en el mercado de distintos proveedores y fabricantes, manteniendo una compatibilidad entre los sistemas y subsistemas.

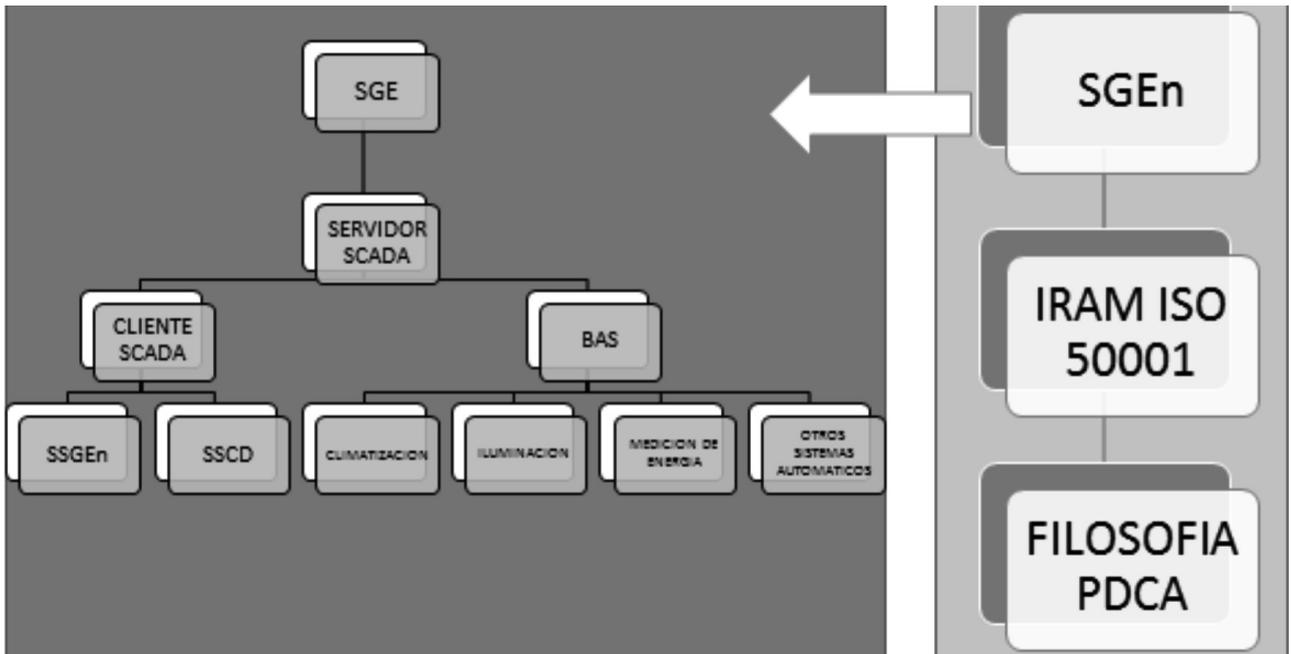


Fig. 2: Esquema de sistemas planteado en el trabajo.

Como eje troncal normativo para el presente trabajo se toma en cuenta el concepto de Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) planteado en la norma IRAM ISO 50001, y a partir del mismo se adoptan los lineamientos formulados allí para la selección de la solución.

Como herramienta para la implementación del SGEn se ha propuesto un SGE que como se mencionó previamente se compone de software y hardware integrado. Los conceptos aplicados al trabajo se pueden estructurar como se muestra en la figura 2, y en secciones posteriores se detallará con mayor profundidad cada uno de los elementos:

SGE basado en arquitectura SCADA

En la figura 2 puede observarse el esquema de sistemas propuesto en el trabajo. La cabecera del sistema está dada por el SGE que gestiona el edificio a través de un SCADA. El SGE en definitiva es la herramienta de apli-

cación del SGEn planteado en la IRAM ISO 50001.

El SCADA propuesto permite integrar la interfaz de usuario (Cliente SCADA) con la instalación del edificio (BAS).

SGEn bajo Norma ISO-IRAM 50001

En el trabajo se tienen en cuenta los lineamientos de la Norma IRAM ISO 50001 de la cual se puede decir lo siguiente:

El estándar ISO 50001 se basa en la metodología Plan-Do-Check-Act (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), también conocido como PDCA o Círculo de Deming.

Planificar: Establecer un Plan Energético en la organización de acuerdo a una planificación que establezca acciones concretas y objetivos para mejorar la gestión de la energía y la Política Energética de la organización

Hacer: Implementar las acciones previstas en la planificación establecida por la dirección.

Verificar: Monitorizar los resultados estableciendo los indicadores adecuados que determinen el grado

de cumplimiento de los objetivos y de la planificación establecida, de forma que puedan valorar y divulgarse correctamente los resultados

Actuar: Revisar los resultados para tomar las acciones de corrección y mejora que se estimen oportunas.

El desarrollo del trabajo se enmarca principalmente en la implementación de un SGE a través de un software SCADA específicamente diseñado para edificios y los subsistemas del mismo que permite utilizarlo como herramienta para la realización del ciclo PDCA, involucrado directamente en el “Hacer” y el “Verificar” y a través de la información obtenida del mismo, poder “Actuar” y nuevamente “Planificar” un nuevo ciclo de mejora.

Sistema BAS

Para definir BAS citaremos a Wang (2009) “sistema de automatización es un término que cubre varios sistemas informatizados. Se utiliza para referirse a una amplia gama de sistema de control de edificios informatizado, de los controladores de propósito especial para estaciones remotas autónomas, a los sistemas más grandes que incluyen estaciones de ordenador central e impresoras. Como se señaló anteriormente, BAS es uno de los sistemas principales de los edificios inteligentes”.

En los edificios pueden encontrarse multitud de sistemas, éstos pueden resumirse en los siguientes:

- Seguridad (Detección y extinción de incendio, contra intrusión, videovigilancia, control de accesos, etc),
- Sistema de aire acondicionado,
- Sistema de iluminación,
- Sistema de Transporte Vertical (Ascensores, Escaleras electromecánicas),
- Sistema eléctrico (Grupo electrógeno, Subestación eléctrica),
- Sistema de Audio y Vídeo,

- Sistemas de Comunicaciones,
 - Otros sistemas (Riego, Neumáticos, Hidráulicos, etc).
- Existe una gran cantidad de aplicaciones (sistemas) susceptibles de ser automatizadas, como pueden ser algunas o todas las planteadas previamente. En general, se pueden agrupar en servicios tales como:

- Confort,
- Ahorro Energético,
- Seguridad,
- Comunicaciones.

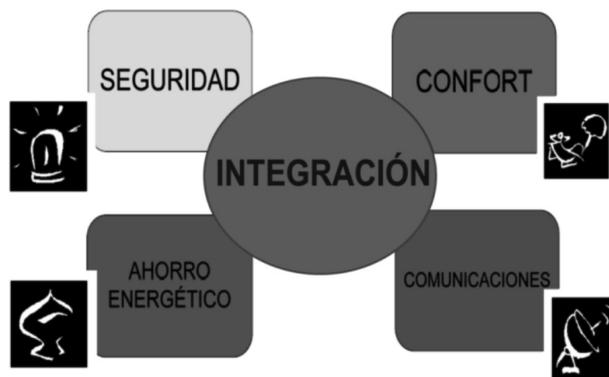


Fig. 3: Integración de servicios en edificios.

El objetivo principal cuando se aplica automatización en edificios (también conocido como Inmótica), es integrar los Servicios y de esa manera lograr una operación más eficiente de los recursos energéticos mientras se mantiene (o mejora) el confort.

El sistema BAS propuesto está compuesto por un lado por un conjunto de medidores con capacidades de control (disponen de entradas/salidas) y por otro lado por controladores distribuidos que se encuentran en esta etapa del trabajo en una instancia de prototipado y solo se han realizado pruebas de comunicaciones con el SCADA. Estos últimos permitirán controlar equipos de climatización (Aires acondicionados Split y de pared) y circuitos de iluminación.

Instalación de un sistema de medición y registración de energía eléctrica

En la figura 4 puede observarse la arquitectura de red de comunicaciones implementada para el sistema de medición y registración de energía. La instalación consta de 8 módulos de medición, 1 medidor PM5560 en el tablero general y 7 medidores PM3255 para 7 circuitos seccionales para cada uno de los sectores del edificio, que han sido conectados de acuerdo a especificaciones del fabricante (Schneider Electric).

Estos módulos de medición disponen de comunicación con protocolo Modbus RTU a través de interfaz RS485 a dos hilos y disponen de entradas y salidas eléctricas configurables entre otras funcionalidades.

Los equipos de medición seleccionados tienen capacidad para tomar y almacenar datos de los pará-

metros eléctricos del edificio y disponen además de entradas y salidas configurables por lo que estos equipos de medición resultan ser un valioso componente del subsistema BAS, además de ser un confiable equipo de captación de información para el módulo SSGEn que permite contrastar y comparar datos con los de la facturación del proveedor de energía eléctrica, que para el caso de Santa Fe es la Empresa Provincial de Energía (EPE).

Estos equipos de medición se conectaron en red entre sí a través de un bus de campo mediante protocolo MODBUS RTU y a través de una Interfaz de comunicaciones (EGX300 de Schneider Electric) a una red TCP/IP existente de la UTN FRSF. Dicha interfaz dispone de protocolo de comunicaciones MODBUS TCP/IP, servidor web embebido, servicios ftp, smtp, snmp, ntp, dns y capacidad de almacenamiento de datos.

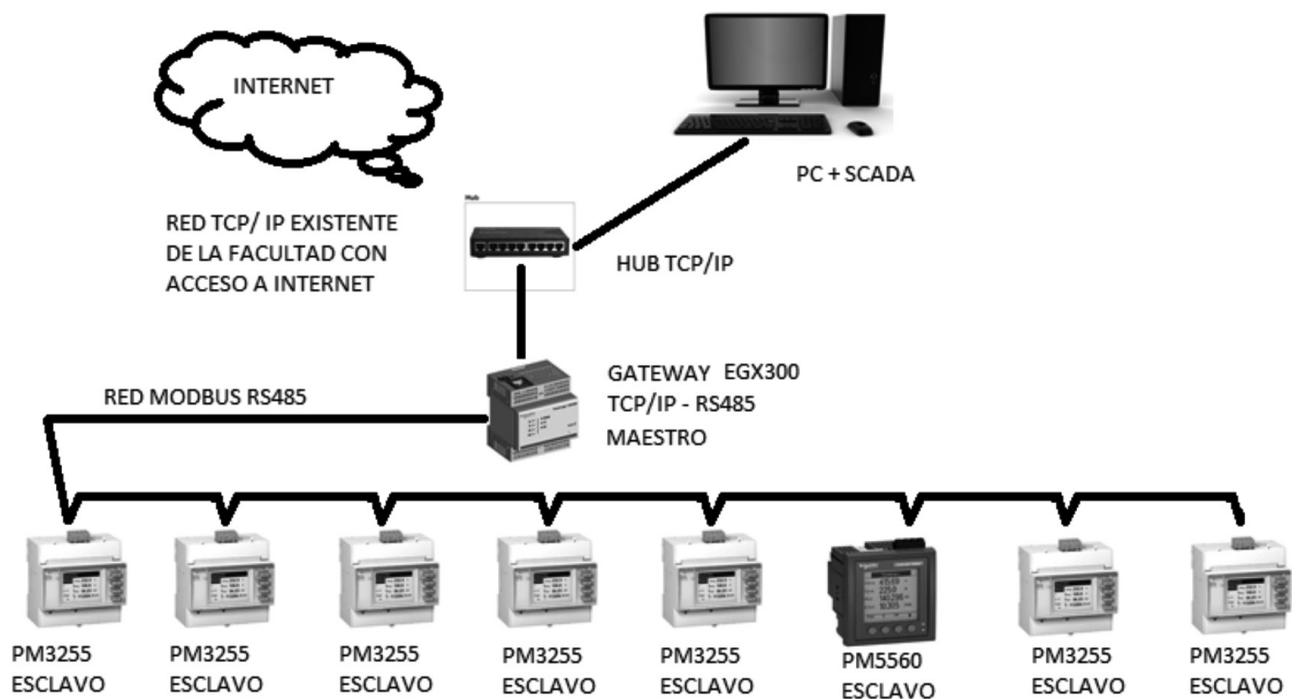


Fig. 4: Arquitectura de red del sistema de monitoreo de energía.

Desarrollo de un sistema de control distribuido para Climatización e Iluminación

Ante la necesidad de tener control sobre las cargas más críticas (que más aportan potencia eléctrica) y más susceptibles de generar reducción de energía es que el enfoque inicial se inclinó por los sistemas de climatización (principalmente equipos Split, de pared y algunos sistemas centralizados) y la iluminación.

Debido a que son una gran cantidad de punto de control (aproximadamente 110 puntos/equipos) y los mismos se encuentran muy distribuidos, las soluciones disponibles en el mercado resultaban costosas. Por esto se propuso el desarrollo de un módulo de control distribuido como parte del BAS.

En general en los edificios automatizados, los protocolos de comunicaciones de los dispositivos de control son de arquitectura distribuida y suelen ser: KNX, Bacnet, Lonworks y también en áreas como la medición de energía y controladores lógicos programables (PLCs) el estándar de facto Modbus (Kastner et al., 2005).

Para el caso planteado se han desarrollado una serie de prototipos con protocolo Modbus TCP/IP (que es sencillo de implementar), algunos con interfaz física cableada y otros con interfaz WiFi, de tal manera que resulta integrable en el SCADA y puede utilizar la infraestructura existente de TICs sin necesidad de realizar tendido de nuevos cables. En esta etapa del trabajo no se han instalado en cargas del edificio y solo se han realizado pruebas de comunicaciones con el SCADA.

Implementación de un SGE y configuración de acuerdo a la instalación

Los SGEs tienen grandes beneficios para los ocupantes como por ejemplo el control sobre el confort interior

proporcionando un aumento del nivel de productividad.

También tiene beneficios para los administradores que es donde más se enfoca el trabajo. Por ejemplo, flexibilidad en el cambio de uso del edificio, reporte de consumos por sectores individuales para los servicios del edificio, control central o remoto y supervisión de la edificación, monitoreo remoto de los servicios de la edificación (por ejemplo: equipos de aire acondicionado, bombas de incendios, equipos hidráulicos, suministro eléctrico, control de iluminación, etc), disponibilidad de reportes e históricos para toma de decisiones.

Para el personal de mantenimiento se pueden mencionar como beneficios, la disponibilidad de información de los equipos instalados en el edificio, programación de mantenimiento computarizado, mayor productividad en el uso del tiempo del personal de mantenimiento, detección temprana de problemas.

Adicionalmente, la herramienta propuesta ofrece la oportunidad, sobre todo para los usuarios de edificios del sector terciario, aumentar la eficiencia energética, reducir los costos y mejorar la performance energética en el marco de la norma ISO 50001 de gestión energética (Marinakis et al, 2013b).

El Software seleccionado como herramienta del SGE es de la compañía NETx AUTOMATION y está desarrollado para su aplicación en automatización de edificios: dispone de integración nativa con los principales protocolos de comunicaciones utilizados en edificios, entre ellos el protocolo Modbus TCP/IP.

Resumiendo, las funciones básicas que generalmente dispone un SGE son:

- Supervisar,
- controlar,
- reportar,
- registrar información de la instalación,
- generar histogramas.

Subsistemas del SGE

El SGE está compuesto por un lado por equipos de medición y control que son parte del BAS y además por dos módulos software (SSGen y SSCD). Los módulos software fueron implementados en

NETx Voyager OPC que es un cliente SCADA (Figura 5). Dicho cliente obtiene los datos del software NETx BMS Server (Figura 6), que es un servidor OPC (Servidor SCADA) que además dispone de manera nativa de los protocolos MODBUS TCP/IP, BACnet/IP, KNX IP y JSON.

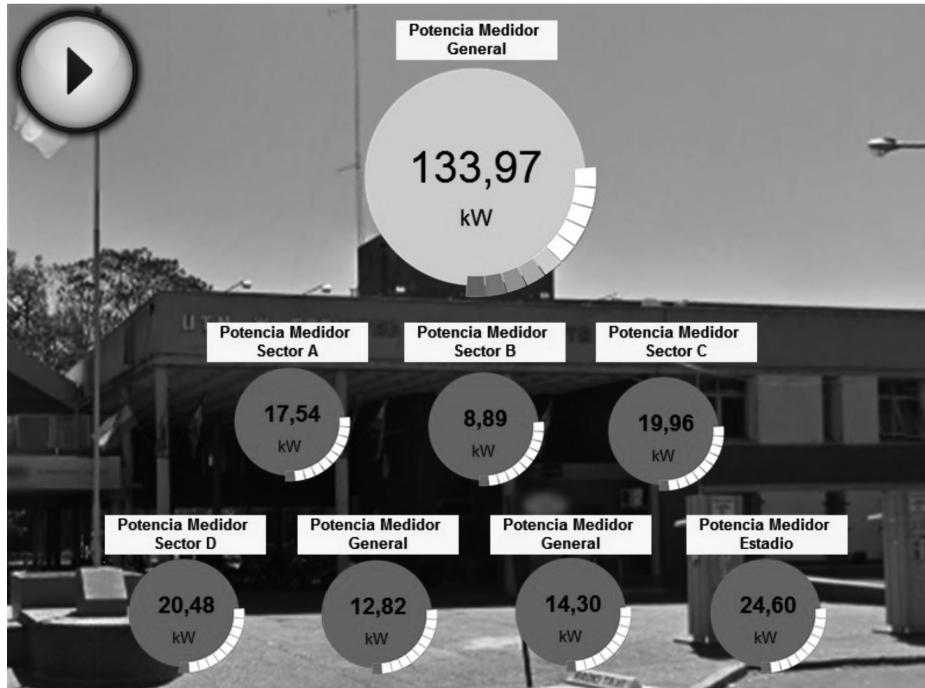


Fig. 5: NETx Voyager OPC (Cliente SCADA).

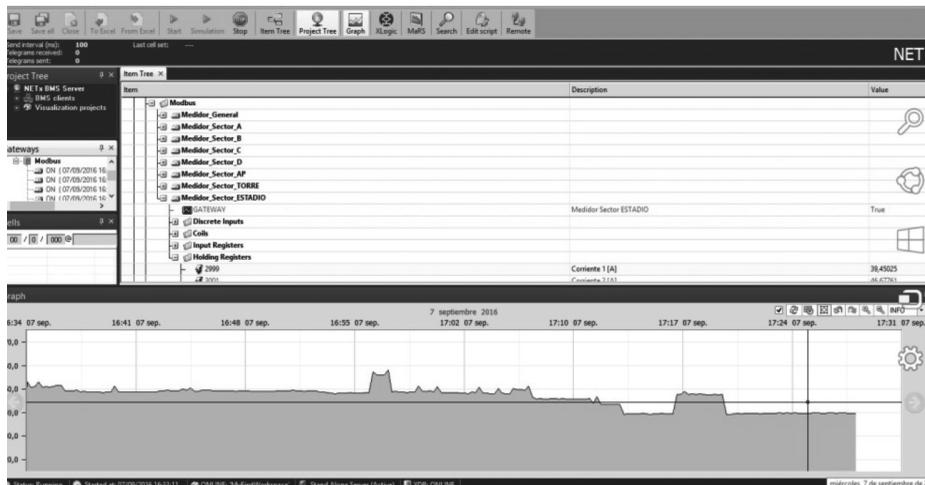


Fig. 6: NETx BMS Server (Servidor SCADA).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Como muestra de los datos recolectados se da una gráfica sobre la potencia consumida por 5 de los medidores, ya que se ha podido recoger mucha más información que permitirá un profundo análisis por sector y en general de todas las variables eléctricas, y la ejecución posteriormente de nuevas políticas energéticas para aumentar aún más la eficiencia energética.

Como se observa en la gráfica presentada la potencia general consumida en kilowatt (KW), se encuentran por encima de los 200kw, considerando además que en la fecha de las mediciones no se encuentra en uso

el sistema de climatización de aire acondicionado. Demandas de potencia no supervisadas y controladas pueden resultar en sanciones económicas por exceso de potencia contratada. La utilización de un sistema que centralice la información y pueda actuar sobre la instalación permite plantear estrategias no solo en el corto plazo si no también establecer una política más amplia, ya sí basándose en los lineamientos planteados en la norma IRAM ISO 50001.

La información recabada por el SGE permite justificar la necesidad de avanzar hacia nuevos proyectos de automatización con el objetivo de mantener o reducir los consumos energéticos existentes.

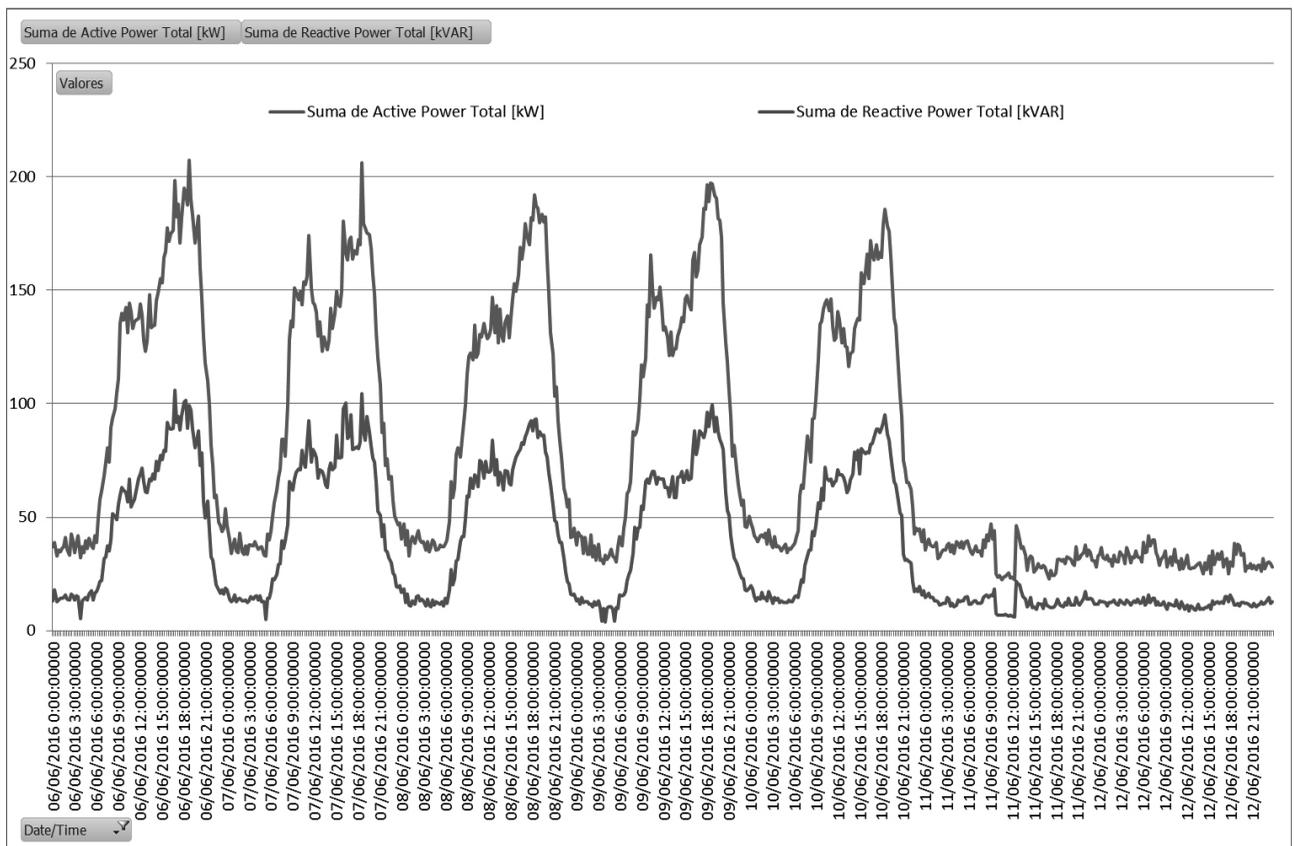


Fig. 7: Registro gráfico de potencias totales para una semana.

CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos en las pruebas en contraste con el termómetro se observa una estabilidad en los valores de temperatura y un seguimiento con poco desvío de la curva de temperatura del otro sistema de medición conformado por el termómetro y la termocupla.

En función de cálculos teóricos se puede predecir que no presentará desvíos de consideración ante la variación de tensión de batería gracias a la incorporación como variable en la linealización del sensor.

La utilización del módulo XBEE sin la adición de otro microcontrolador y parametrizándolo adecuadamente permite ahorros considerables de potencia que implican una autonomía teórica de más de 4 años siendo la vida

útil de las baterías no recargables utilizadas (DURACEL MN1500) de unos 10 años aproximadamente.

Como trabajos futuros se pretende incorporar otros tipos de sensores para medición de otros fenómenos físicos así como dispositivos con otras fuentes de alimentación. Adicionalmente se pretende incorporar dispositivos Zigbee Routers (R) con sensor incorporado para establecer redes con topologías malladas y arquitectura jerárquica.

Las universidades como entes generadores de propuestas innovadoras a nivel regional, como la presentada, es uno de los fundamentos del proyecto en el cual se basa el presente trabajo. La herramienta presentada permite a la institución formadora promover el pensamiento innovador en alumnos y becarios a través de nuevos desarrollos.

REFERENCIAS

- Akyildiz, I.F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E., "Wireless sensor networks: a survey". *Broadband and Wireless Networking Laboratory, School of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology, Elsevier Science B.V, USA, pág. 1, (2001).*
- Mainwaring, A., Culler, D., Polastre, J., Szewczyk, R., Anderson, J., "Wireless sensor networks for habitat monitoring". *WSNA'02, Atlanta, Georgia, USA, pág. 1, (2002).*
- Martinez, K., Hart, J., Ong, R., "Environmental sensor networks". *IEEE Computer, (2004).*
- Cardell-Oliver, R., Smettem, K., Kranz, M., Mayer, K., "A reactive soil moisture sensor network: Design and field evaluation". *International Journal of Distributed Sensor Networks, págs. 149-162, vol. I, nro. 2, (2005).*
- Musaloiu-E, R., Terzis, A., Szlavecz, K., Szalay, A., Cogan, J., Gray, J., "Life under your feet: A wireless soil ecology sensor network". *Proceedings Of 3rd Workshop on Embedded Networked Sensors, (2006).*
- Yang, J., Li, X., "Design and implementation of low-power wireless sensor networks for environmental monitoring". *Proceedings of IEEE International Conference on Wireless Communications, Networking and Information Security, IEEE, China, pág. 1, (2010).*
- IEEE-TG15.4, "Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)": *IEEE standard for Information Technology, (2003).*
- Zigbee Alliance, (2015). <http://www.zigbee.org>
- Faludi, R., "Building Wireless Sensor Networks". *First Edition, O'Reilly Media, Inc., USA, (2010).*
- Lin, S., Liu, J., Fang, Y., "ZigBee Based Wireless Sensor Networks and Its Applications in Industrial". *Department of Automation Wuhan University, China, (2007).*
- Digi International Inc., "Operation Manual v2.x.7x - XBEE®/XBEE-PRO® ZB RF Modules". *Minnetonka, USA, (2012).* <http://www.digi.com>
- Maxim Integrated, "Datasheet - DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer". *Rio Robles, USA, (2008).*
- Arduino, (2015). <http://www.arduino.cc>
- Sánchez-Mares, G., Padilla-García, J., Sánchez-Mares, F., Lara-Colón, R., "Cálculo de parámetros de la ecuación HOGÉ-3 para termistores NTC mediante simulated annealing". *Universidad Politécnica de Aguascalientes, México, (2010).*
- EPCOS AG., "Datasheet - NTC thermistors for temperature measurement - Miniature sensors with bendable wires - Series/Type: B57867S". *Alemania, (2009).*