

Uso de tecnologías para la eficiencia energética en iluminación



Daniel Simone, Claudia Moreno,
Miguel Maduri, Ángel Elizondo
Universidad Nacional del Comahue
www.uncoma.edu.ar

La crisis energética en nuestra era es una realidad y las políticas ambientales presionan sobre la gestión del recurso para lograr un futuro sostenible. Es imperiosa la necesidad de generar acciones que promuevan el ahorro de la energía haciendo un uso eficiente de los recursos.

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer la aplicación en el ámbito de un edificio público como es la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue de un método sistemático para estudiar la gestión de la energía: el diagnóstico energético.

El cambio tecnológico implica adoptar medidas del tipo pasivo sustituyendo primero las lámparas del edificio, logrando ahorros de hasta un cincuenta por ciento (50%) en el consumo, para pasar luego a sistemas activos que nos permiten optimizar el consumo mediante la incorporación de dispositivos inteligentes y obtener un cuarenta por ciento (40%) o más de ahorro en el consumo.

Palabras clave: Edificios públicos. Internet de las cosas. Gestión.

Introducción

Situación mundial

A nivel global, atravesamos una situación energética crítica: aumento de la población, fuerte desarrollo industrial, economía lineal, hiperconectividad y agotamiento de los recursos naturales (ver tabla 1).

En los últimos años, para hacer frente a dicha situación, ha crecido exponencialmente la utilización de herramientas de tecnologías de la comunicación y la información (TIC), nuevos materiales y tecnologías, y el uso eficiente de la energía.

En la última década, el desarrollo masivo de Internet de las cosas y la tecnología led han dinamizado la implementación de programas de eficiencia energética (EE) a nivel mundial, considerándose los actualmente como un componente importante de las matrices energéticas que permiten mejorar la competitividad, asegurar el suministro de energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Año	2003	2010	2015	2020
Población mundial	6.300 millones	6.800 millones	7.200 millones	7.600 millones
Dispositivos conectados	500 millones	12.500 millones	25.000 millones	50.000 millones
Dispositivos por persona	0,08	1,84	3,47	6,58

2008: más dispositivos conectados que personas en el mundo

Tabla 1. La hiperconectividad



Figura 1. Objetivos de desarrollo sostenible planteados por la Asamblea General de las Naciones Unidas

A nivel global, en el año 2015 la Asamblea General de las Naciones Unidas ha consensado entre más de 150 países una agenda común, integrada, con visión de largo plazo y que se resume en los objetivos de desarrollo sostenible 2030 (ver figura 1), con metas e indicadores en un trabajo de relevancia en el cuidado de la “casa de todos”. El objetivo 7 es el que atañe a los temas del presente trabajo.

Normativa en eficiencia energética y tecnologías de la información y la comunicación

Argentina, ha establecido que la eficiencia energética es una estrategia prioritaria del Gobierno, declarando de interés nacional el uso racional y eficiente de la energía, lo cual forma parte de la estrategia del sector energético para contrarrestar el desequilibrio de corto plazo entre oferta y demanda.

Como antecedente, podemos citar el Decreto 140/2007, Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía —PRONUREE—, que declaró de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía. En el país se creó, en diciembre de 2015, la Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética (SSAyE) con la finalidad de implementar y monitorear programas de uso eficiente de la ener-

gía, en coordinación y cooperación con las universidades.

Mediante la Resolución 84-E/2017, en abril de 2017, el Ministerio de Energía y Minería de la Nación creó el Plan Alumbrado Eficiente (PLAE), por el que impulsó el recambio a luminaria de tecnología led en alumbrado público.

El 18 de diciembre de 2014, se promulgó la Ley n.º 27.078 Argentina Digital (modificada por Decreto 267-2015), que declara de interés público el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones, las telecomunicaciones y sus recursos asociados, estableciendo y garantizando la completa neutralidad de las redes. La Ley tiene como finalidad garantizar el derecho humano a las comunicaciones y a las telecomunicaciones, reconocer las tecnologías de la información y las comunicaciones como un factor preponderante en la independencia tecnológica y productiva de nuestra Nación.

Eficiencia energética

La eficiencia energética se puede definir como la reducción del consumo de energía eléctrica, sin sacrificar nuestro confort ni calidad de vida, y protegiendo el medioambiente, por medio de equipos



Figura 2

de mejor calidad y/o tecnología y/o el cambio de hábitos y costumbres.

La reducción en el consumo de energía eléctrica se puede realizar de muchas maneras, por ejemplo, utilizar equipos más eficientes, más adecuados y/o usarlos de forma racional.

Los términos “eficiencia” y “ahorro energético” están íntimamente relacionados, ya que los dos buscan la reducción del consumo de energía eléctrica; el ahorro de energía implica usar menos energía, mientras que la eficiencia energética involucra la optimización en su uso.

La eficiencia energética es más que ahorro energético. Es una forma de gestionar el crecimiento de la energía, obteniendo un resultado igual o mejor con menor consumo o un resultado mayor consumiendo lo mismo.

El uso responsable apunta a complementar los esfuerzos de la eficiencia energética. Es el conjunto de actividades dirigidas a reducir el consumo de energía a través de un uso más eficaz o inteligente de esta.

Puesto que se trata de una disciplina transversal (figura 2) podemos plantear los distintos escenarios de actuación según la SSAyE.

El primer paso para aplicar eficiencia energética en las instituciones públicas es la realización de un estudio energético llamado “Diagnóstico energético”.

Internet de las cosas

Internet de las cosas, más que a un objeto está relacionado a una idea, a un concepto. Hace referencia a la interconexión de distintos dispositivos a través de Internet, para que los distintos objetos puedan tomar decisiones de forma inteligente, intercomunicándose entre ellos y tomando distintos datos de distintos objetos. Estas decisiones están basadas en la habilidad de los objetos de percibir y detectar distintas situaciones y tomar acciones correspondientes, a través de distintos tipos de sensores y actuadores.

Este concepto también es muy utilizado y lo seguirá siendo para ciudades inteligentes, en las cuales a través de redes de baja potencia como LoRaWAN, se pueden controlar distintas variables eléctricas y de iluminación para la optimización del consumo. Yendo un poco más lejos, este concepto es aplicado en iluminación de avenidas, en la detección de presencia en espacios verdes, en la medi-

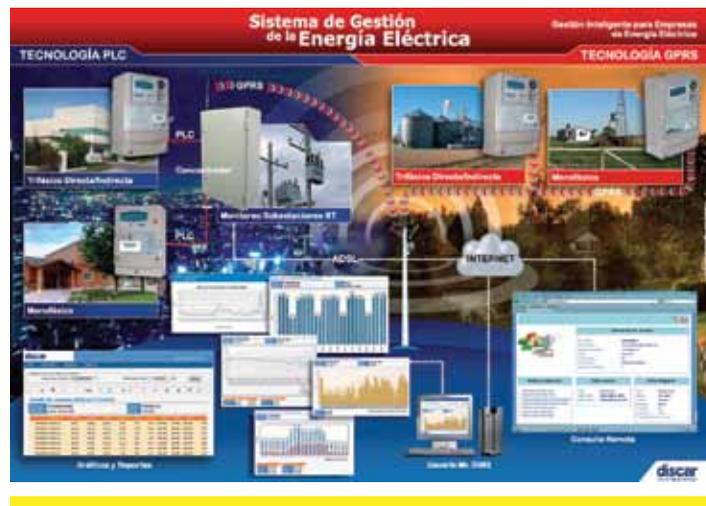


Figura 3. Sistema Mr. Dims, de Discar

ción de nivel de iluminación y dimerizado de luminarias.

Todos los caminos, en América y el mundo, conducen a sistemas AMI ('infraestructura de medición avanzada', por sus siglas en inglés). Estos permiten el control y la administración del suministro prácticamente en tiempo real y permiten conocer la información necesaria para establecer políticas de mejora y eficiencia.

Un ejemplo concreto es el sistema *Mr. Dims*, un sistema AMI desarrollado por *Discar* para la medición, recolección y análisis de datos relativos al uso de energía eléctrica, mediante terminales avanzados (medidores) que se vinculan a un sistema informático a través de un medio de comunicación (wifi, celular o *Power Line Communications*)."

El diagnóstico energético

Un diagnóstico energético es un proceso sistemático mediante el cual se obtiene conocimiento del consumo energético de una industria, edificio, proceso o sistema, para detectar los factores que afectan dicho consumo e identificar las distintas oportunidades de ahorro en función de su rentabilidad. Este diagnóstico tiene el fin de promover criterios de ahorro, eficiencia energética, sustentabilidad y uso de energía renovables.

A partir de la revisión energética, se establecerá la línea base de energía que nos permita realizar un seguimiento del desempeño energético a través de indicadores intrínsecos que reflejen su comportamiento.

La metodología utilizada para la realización de las mediciones:

- » Conectar los equipos de medición inteligentes en cada tablero principal.
- » Realizar un relevamiento de la iluminación existente en todos los ambientes que sea posible.
- » Conteo de los diferentes equipos que consumen energía eléctrica.
- » Análisis y comparación de los datos obtenidos de la plataforma web.
- » Elaboración de medidas y propuestas de mejora.



Figura 4. Medidores-registradores

Descripción de los equipos utilizados

Se utilizaron dos medidor-registradores. Son instrumentos que miden directamente o calculan los diferentes parámetros eléctricos de la red a la que se los conecta (dispositivo para baja tensión). Las variables que se registraran son: tensión (V), corriente (A), factor de potencia (Fp), demanda (kw, kVA, kVAR) y energía (kWh, kVAh, kVArh); la frecuencia de registro será de quince minutos (15 min). Adicionalmente, este equipo dispone de la posibilidad de almacenar los parámetros registrados y de un módulo GPRS para la comunicación; de esta manera, se puede acceder a los datos y operar el medidor de forma remota.

Análisis y comparación de mediciones

Características del edificio

La Facultad de Ingeniería (FAIN) de la Universidad Nacional del Comahue se encuentra en la calle Buenos Aires 1400, en Neuquén.

El edificio central cuenta con un área superficial de 3.900 metros cuadrados aproximadamente,

Tipo de lámpara	Fluorescente compacta	Tubo fluorescente		
		16 W	32 W	110 W
Potencia	20 W	16 W	32 W	110 W
Cantidad	12	35	810	26

Tabla 2. Cantidad y tipos de lámparas

Equipo	Cantidad	Potencia	Potencia total
Pava eléctrica	6	2.200 W	13,2 kW
Dispensador frío/calor	4	635 W	2,54 kW
Máquina de café exprés	1	3.000 W	3 kW
Cafetera	5	900 W	4,5 kW
Horno eléctrico	1	3.000 W	3 kW
Microondas	3	1.000 W	3 kW
Proyector	4	400 W	1,6 kW
PC de escritorio	70	300	21 kW
PC portátil (aproximación de mínima)	32	100 W	3,2 kW
Impresora de escritorio	15	150 W	2,25 kW
Fotocopiadora	3	900 W	2,7 kW
Ventilador de techo	20	80 W	1,6 kW
Aire acondicionado de pared	5	1.500 W	7,5 kW
Aire acondicionado split (grande)	1	3.000 W	3 kW
Aire acondicionado split (chico)	2	2.000 W	4 kW
Bombas de agua de 1/2 HP	4	373 W	1,492 kW
Tubo fluorescente más balasto (dos)	810	45 W	36,45 kW
Tubo fluorescente más balasto (tres)	26	125 W	3,25 kW
Sodio alta presión (NAV 250 más equipo auxiliar)	6	300 W	1,8 kW

Tabla 3. Cuadro de cargas

esta se conforma de tres plantas y en un recorrido norte sur encontramos, en el subsuelo, debajo de la entrada principal, un laboratorio. Luego un kiosco, centro de estudiantes, sala de estudio, aulas y un segundo laboratorio con instrumentos de medición. La planta baja cuenta con un depósito de mantenimiento, la oficina del sereno, un laboratorio de fisicoquímica con oficinas, dos aulas, un centro de fotocopiado, una sala de computación, oficinas y sanitarios. La planta alta cuenta con sanitarios (en ambos extremos del edificio), dos aulas de estudio/laboratorio, un aula de clases, oficinas, una sala de reuniones y el auditorio.

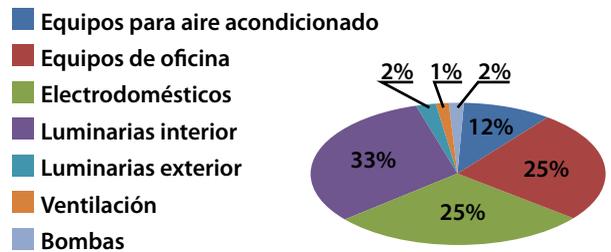


Figura 5. Distribución del consumo eléctrico

Características de los principales consumidores de energía

Respecto de la iluminación, actualmente el edificio tiene instalados cuatro tipos diferentes de luminaria, las cuales son plafones con tubo fluorescente de 36 watts (simple y doble; con y sin louver/pantalla) en su gran mayoría, plafones con tubo fluorescente de 110 watts (simple y doble), plafones con tubos fluorescentes de 16 watts (equipo de dos tubos) y artefactos endosables con rosca E27 con lámparas de bajo consumo.

Si bien estas lámparas son eficientes en comparación con tecnologías anteriores, resultan obsoletas ante las lámparas o luminarias led; ya sea por su rendimiento o por la necesidad de un equipo auxiliar (cabe destacar que los equipos auxiliares que actualmente están en uso son del tipo electromagnéticos y ya son obsoletos y poco eficientes ante los equipos electrónicos). Por esto sería aconsejable realizar el cambio de lámpara y, de ser posible, de luminarias.

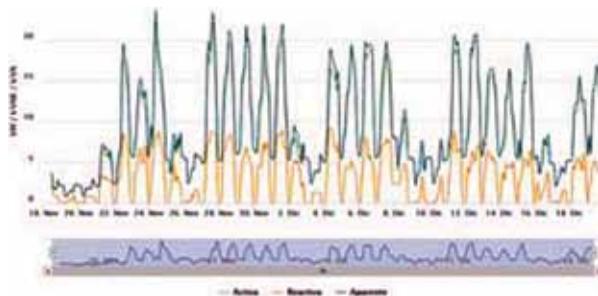
Respecto de los equipos que utilizan energía eléctrica, en la tabla 3, se presenta el cuadro de carga (con potencias estimadas) de los principales equipos que actualmente se encuentran funcionando en el edificio.

S/N registrador	Ubicación	Tablero
DIGA00026058	Laboratorio de microscopía	TP 1
DIGA00025873	Final del pasillo en el subsuelo	TP 2

Tabla 4. Ubicación de los registradores

Sobre la base de los datos anteriores, se presenta la figura 5, que muestra el porcentaje de distribución del consumo eléctrico por cada rubro.

A partir del gráfico, se puede observar que las áreas de mayor consumo son equipos de oficina (computadoras de escritorio y portátiles, impresoras, fotocopiadoras y proyectores), electrodomésticos (heladeras, microondas, cafeteras, etc.) y luminarias de interior; que representan el 83 por ciento del consumo total.



Demanda 21/11/17

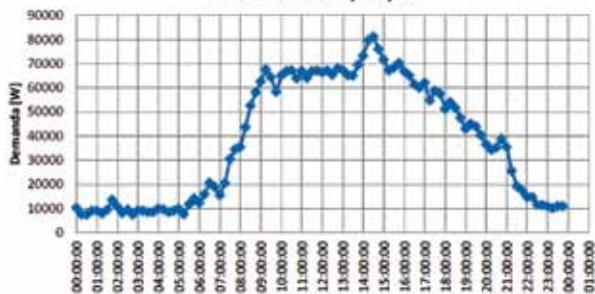
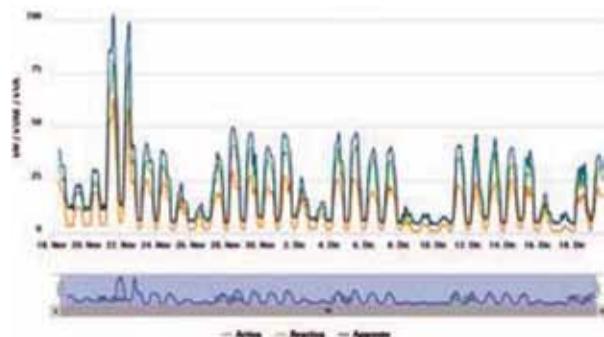


Figura 6. Demanda del 24 de noviembre de 2017, tablero principal 1



Demanda 24/11/17

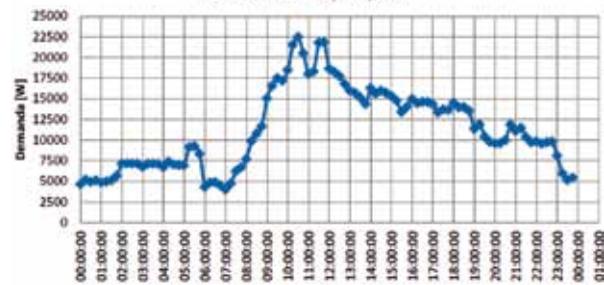


Figura 7. Demanda del 21 de noviembre de 2017, tablero principal 2

Realizando mejoras sobre las áreas de mayor influencia, se podría reducir y optimizar el uso de la energía eléctrica.

Medición y registro de datos

Respecto de las mediciones eléctricas, para la medición de la energía, tensión, corriente y factor de potencia se realizó la instalación de dos equipos de medición (ver tabla 4).

Se procedió al montaje de los equipos de medición el día 18 de noviembre de 2017 a las diez de la mañana. Posteriormente, se desmontaron el día 19 de diciembre a las 18:30 horas.

El registro de datos arrojó lo siguiente:

- » Curva de demanda, tablero principal 1. De lunes a viernes, la máxima demanda se da, en general, al mediodía. Y en horario nocturno, la demanda es constante e igual. Los fines de semana la demanda se mantiene casi constante durante las

Código	Categoría	Unidad	Valores
T2-MD 1-2	Comercial, industrial, reparticiones públicas, asociaciones civiles y servicios públicos sanitarios		
	Cargo fijo por suministro	\$/mes	2.227.530
	Primeros 250 kWh	\$/kWh	36.025
	Excedente de 250 kWh	\$/kWh	37.176

Tabla 5. Cuadro tarifario, período enero-febrero 2018

24 horas. En particular, el día de mayor demanda para las cargas del tablero principal 1 fue el 24 de noviembre.

Curva de demanda, tablero principal 2. El comportamiento del tablero principal 2 en cuanto a la demanda es similar al 1, salvo que este tablero tiene una carga mayor, ya que alimenta un sector del edificio mayoritariamente administrativo. El día de mayor demanda para este sector fue el 21 de noviembre.

Plan de mejora

A partir del análisis de los datos obtenidos y los consumos relevados se propone un plan de acción para mejorar el desempeño energético del edificio de la Facultad de Ingeniería en lo referente a iluminación:

- » Reemplazo de lámparas. Los tubos fluorescentes se consideran eficientes, pero ante la aparición de tubos de led (tecnología led, encapsulado externo similar al tubo fluorescente), están

siendo reemplazados, ya que el consumo se reduce un 55 por ciento aproximadamente y no depende de un equipo auxiliar.

- » Reemplazo de equipos de iluminación. Otra propuesta llamativa es reconfigurar la iluminación existente e instalar otro tipo de luminaria. Puntualmente, se realizó una simulación con un luminaria led. En base a los resultados estimados, el consumo de energía se reduciría un cuarenta por ciento (40%) aproximadamente.
- » Sensores de ocupación. El encendido de las luces se realiza por lo general por los ocupantes de cada sector a medida que se incorporan a sus tareas, pero no siempre se apagan al salir (lo que es de todos no es de nadie). Para ello, se recomienda la instalación de sensores de ocupación que permitan apagar algunas luces cuando no haya personas dentro del lugar. Dependiendo de los lugares, se podrá apagar más o menos luces, por razones de seguridad. Se ha estimado que el potencial de ahorro energético al instalar sensores de ocupación en oficinas privadas es del 31 por ciento, para salas de conferencias 42 por ciento y 50 por ciento en baños (todos basados en un tiempo de espera de cinco minutos).

Orden prioritario de las propuestas

De las propuestas arriba descriptas, se recomienda implementar en primer lugar los correspondientes reemplazos de lámparas y luego equipos y, en la medida de lo posible, incorporar las de mejora tecnológica (comenzando por los sensores de ocupa-

Propuestas	Inversión	Ahorros anuales	Tasa interna de retorno	Período de recuperación
Reemplazo de lámparas	\$212.364	135.457,38 \$/año	34%	19 meses
Reemplazo de equipos de iluminación	\$952.000	90.769,4 \$/año	-12%	120 meses
Combinación de las dos opciones anteriores	\$306.123	124.725,42 \$/año	12%	30 meses
Sensores de ocupación	\$102.000	32.701,92 \$/año	22%	38 meses

Tabla 6. Evaluación económica

ción y siguiendo con los demás equipos). Las medidas que requieren inversión son las siguientes:

- » Reemplazo de lámparas
- » Reemplazo de equipos de iluminación
- » Sensores de ocupación

Evaluación económica

Para un correcto análisis económico es necesario acceder a la facturación de energía. La tarifa a la que aplica la Universidad Nacional del Comahue es la T2-MD 1-2. (Ver tabla 5).

En base al cuadro tarifario, para un consumo de 16.939 kilowatts-hora, el gasto monetario sería de 61.911,11 pesos (febrero de 2018).

En la tabla 6, se presenta el estudio económico de cada una de las propuestas individuales, así como cuánto es el tiempo de recuperación de cada inversión. Como se puede observar, casi todas las medidas son viables ya que el periodo de recuperación es rápido.

Conclusiones

De acuerdo a lo relevado, se puede concluir que el edificio central de la Facultad de Ingeniería presenta importantes oportunidades de ahorro mediante la utilización de tecnologías más eficientes y la instalación de equipos inteligentes.

Además del importante ahorro monetario, hay que destacar la reducción del consumo de recursos naturales, del daño al medioambiente y la contaminación que afecta a la salud de todos.

Para la mejora de la iluminación, es conveniente optar por el recambio de las lámparas no solo por el factor económico, sino también por la rápida adquisición del producto.

La eficiencia energética es la fuente de energía más económica, rentable y ambientalmente amigable. ■

Reconocimientos

Al ingeniero eléctrico Damián López, flamante egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue, a quien tuve el honor de dirigir en su tesis de grado "Diseño de un plan de mejora para la optimización del uso de energía eléctrica en la Facultad de Ingeniería", utilizada como base para preparar el presente trabajo.

Referencias

- [1] Ing. Damián López. Tesis de grado: "Diseño de un plan de mejora para la optimización del uso de energía eléctrica en la facultad de Ingeniería". Mayo de 2018.
- [2] Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas CIEMAT- Unidad de Eficiencia Energética en la Edificación. www.ciemat.es
- [3] José María Fernández Salgado (2011), *Eficiencia energética en los edificios*
- [4] José Moreno Gil y Máximo Romero Minassian (2009), *REEAE- Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior*
- [5] AEA 90364, Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles partes 1 a 7
- [6] AEA 95703, Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Alumbrado Publico
- [7] Circutor, *Eficiencia en el uso de la Energía Eléctrica*, Marcombo
- [8] Fundación Bariloche – Maestría Energética, *Apuntes de Eficiencia Energética*
- [9] Rey Martínez, Velasco Gómez, Thomson (2006), *Eficiencia Energética en Edificios*
- [10] Papa Francisco, Encíclica "Laudato Si". Mayo de 2015

Enlaces de referencia

- » Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética, www.energia.gob.ar/home/eficiencia.php
- » Información legislativa, www.infoleg.gob.ar
- » Subsecretaría de Minería e Hidrocarburos de la Provincia del Neuquén, www.energianeuquen.gov.ar
- » www.cab.cnea.gov.ar/ieds/index.php/ciencia-y-tecnologia/eficiencia-energetica
- » www.arquinstal.com.ar/eficien.html
- » www.minem.gob.ar
- » www.discar.com

Nota del editor. El presente trabajo fue originalmente presentado por los autores en Luxamérica 2018.