

# TECNOLOGÍA INFORMÁTICA APLICADA AL DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE SOFTWARE DESTINADA A LA AUTOGESTIÓN ENERGÉTICA EN PYMES

Leopoldo Nahuel <sup>\*1</sup>, José Maccarone <sup>2</sup>, Javier Marchesini <sup>1</sup>

Gastón Andres <sup>1</sup>, Rodrigo María García <sup>1</sup>, Javier Ciceri <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de I&D Aplicado a Sistemas informáticos y computacionales – GIDAS

<sup>2</sup>Departamento de Electrotecnia

UTN - Facultad Regional La Plata, Calle 60 s/n° esq. 124, CP1900, La Plata, Bs. As., Argentina.

*\*Autor a quien la correspondencia debe ser dirigida*

*lnahuel@frlp.utn.edu.ar*

## RESUMEN

Este trabajo tiene como finalidad exponer los avances sobre el desarrollo de tecnologías informáticas orientadas al ahorro energético, como parte de las actividades de investigación del Proyecto de Investigación & Desarrollo denominado “Desarrollo de instrumentos de relevamiento energético y de algoritmos necesarios para un software de gestión energética de organizaciones”, homologado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional. Se presentarán las líneas de trabajo en los distintos módulos de gestión energética (electricidad, agua potable de red y gas natural), integrados en una misma herramienta software, capaces de ayudar a realizar una autogestión energética en PyMEs, contemplando los requisitos para en el futuro poder implementar y certificar la norma International Organization for Standardization (ISO) 50001 sobre Sistemas de Gestión de Energía (SGE). Se pretende exponer un marco de trabajo innovador en base al aporte tecnológico, y contribuir con herramientas de gestión que permitan conocer y evaluar los consumos energéticos de las organizaciones brindando información necesaria

para la toma de decisiones. Se difundirán los avances alcanzados hasta el momento con la herramienta EnMa Tool (Energy Management), dando a conocer el aporte tecnológico y los mecanismos instrumentados que ayudan a la gestión de las fuentes energéticas.

**Palabras Claves:** Herramientas de Software; Autogestionamiento Energético; ISO 50.001; Sistemas de Gestión Energético.

## ABSTRACT

The purpose of this work is to expose the advances on the development of computer technologies oriented to energy saving, as part of the research activities of the Research and Development Project called “Development of energy surveying instruments and algorithms required for management software “energy of organizations”, approved by the Secretariat of Science, Technology and Postgraduate of the National Technological University See the lines of work in the other modules of energy management, integrated in the same software

tool, allow self-management energy in SMEs , contemplating the requirements for the future to be able to implement and certify the International Organization for Standardization (ISO) 50001 standard on Energy Management Systems (SGE) .The aim is to present an innovative framework based on technological input, and contribute with tools of management that allows Know and evaluate energy consumers of

organizations that provide information to make decisions. The progress achieved so far with the tool EnMa Tool (Energy Management Tool), bringing the technological contribution and the instrumented mechanisms that help the management of energy sources are approached.

**Key-words:** Software Tools; Energy self-management; ISO 50.001; Energy Management Systems.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo, la situación energética está cambiando en gran medida debido a la evolución de los países en desarrollo. El incremento de la demanda y el consumo, sumado a las dificultades existentes para satisfacer dicha demanda con las fuentes energéticas disponibles, plantean un escenario de crisis energética global. El consumo energético ha aumentado estrepitosamente y dadas las necesidades seguirá creciendo a ritmo similar. De esta manera, el derroche de energía es cada vez menos tolerable y deben adoptarse mecanismos de gestión que contribuyan a la eficiencia energética. En los últimos 10 años en el sector industrial, el consumo ha estado aumentando significativamente. En el año 2006 se consumieron 51.275 ZW (Miles de trillones de Watts de potencia) y se espera que dicho número crezca a 71.961 ZW para el 2030, con una tasa promedio de crecimiento anual de 1.4%. El sector industrial utiliza más energía que cualquier otro sector de uso final, y actualmente consume cerca del 37% de toda la energía distribuida en el mundo [1].

Nuestro país también se encuentra inmerso en esta situación energética. En el último tiempo hubo un incremento significativo de la demanda y el consumo en los diferentes sectores, pero fue más notable en el sector residencial y el industrial [2]. En el sector industrial esta situación no revistió mucha preocupación, debido a que los costos eran bajos y se mantenían en comparación a otros insumos. Hoy en día no es así, y se está tomando conciencia de la importancia que dicho insumo representa, dada la escasez y los costos elevados que comienzan a tener. A raíz de esto, las empresas se ven obligadas a buscar y adoptar mecanismos de gestión que contribuyan a la eficiencia energética. La falta de mecanismos y políticas de gestión, o contar con malos mecanismos acarrea un impacto económico para las empresas y un impacto ambiental. En lo económico debido a que las malas políticas de contratación conducen a penalidades lo que se refleja en el pago de costos elevados ocasionados por cargos adicionales o multas [3, 4], o costos de energía que no son utilizados. Cuando hablamos del aspecto ambiental, está directamente relacionado con la generación de la energía. En el país, el 65% de la energía generada proviene de la quema de combustibles fósiles siendo ésta uno de los métodos de generación más contaminantes [5].

Estas problemáticas se vieron reflejadas tras un estudio realizado en las empresas de un Polo Industrial de la Ciudad de Berisso, Provincia de Buenos Aires. El estudio se realizó sobre 10 empresas pertenecientes al lugar, como por ejemplo PRIXMA, PROSUD, entre otras. Se focalizó en

el relevamiento y el análisis de los consumos de energía eléctrica a partir de las facturas provistas por la empresa distribuidora, EDELAP. Tras el análisis, se detectó principalmente la falta de mecanismos de gestión, viéndose afectadas principalmente en los aspectos económicos por las penalidades recibidas (consumos muy superiores a los valores contratados), o pagos energéticos por energía no consumida (consumos muy inferiores a los valores contratados).

Desde hace varios años se están buscando soluciones para que las organizaciones puedan mejorar su gestión de energía. Es aquí donde hacemos uso, entre otras cosas, de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), ya que aportan un conjunto de herramientas tecnológicas, tanto software como hardware, de soporte al incremento de eficiencia energética a través de controles informáticos.

Recurriendo a las TIC, se propone el uso de tecnologías bien conocidas del campo de computación e informática para lograr una aplicación software llamada EnMaTool (Energy Management Tool) que brinde apoyo al autogerenciamiento energético de PyMEs, para brindar información valiosa que ayude a tomar decisiones correctas y paliar los efectos del consumo energético ineficiente, dando lugar al buen uso de los recursos disponibles [6, 7, 8].

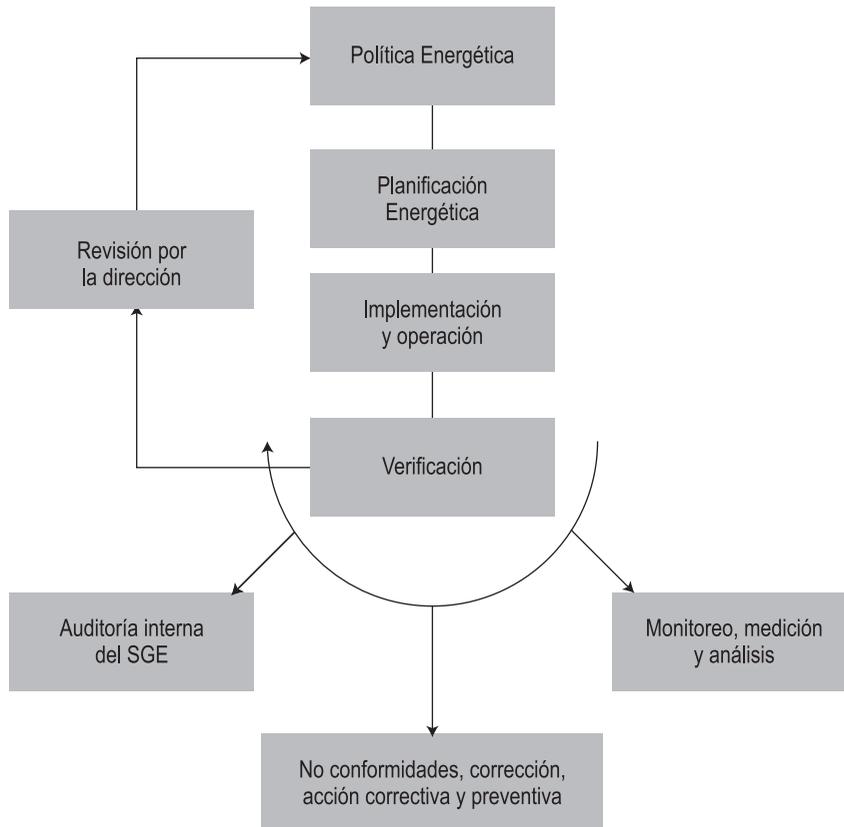
Este trabajo incluyó relevamiento de facturas de distintas empresas para la obtención de la información necesaria a informatizar, que conllevó al desarrollo de los distintos módulos de nuestra herramienta de software EnMa. Esta herramienta intenta contribuir al cumplimiento de ciertos procesos para implementar un SGE en las empresas que lo deseen según el estándar ISO 50001.

## **ENMA TOOL: TECNOLOGÍA INFORMÁTICA DE SOPORTE A LA CERTIFICACIÓN ISO 50.001**

La Organización Internacional de Normalización (ISO) [9] definida en 2011, es una norma para el gerenciamiento energético y la concientización del uso eficiente de la energía. Esta norma lleva el nombre de ISO 50.001 Energy Management Systems, y ha sido aceptada y aplicada en diversos sectores en varios países con buenos resultados [10]. El objetivo general de esta normativa es brindarle a las organizaciones los procedimientos para que puedan obtener los sistemas y procesos adecuados para reducir el consumo energético así como para hacer un uso eficiente y mejorar el rendimiento de la energía utilizada.

Si bien la norma establece procedimientos sobre los tres niveles de una organización (táctico, operacional y estratégico), hace hincapié sobre el más alto, es decir sobre la alta gerencia o nivel estratégico. Esto se debe a que las buenas decisiones son claves para mejorar la eficiencia de los recursos, y para lograr buenas estrategias de alto nivel. Para esto, la alta gerencia debe contar con información de calidad. Es en este punto que EnMa se hace relevante. La aplicación propuesta está pensada para dar soporte a la normativa ISO 50.001, de modo que su objetivo principal será brindar información relevante generada a partir de datos sobre el consumo energético de la organización. Esta información servirá como entrada para la toma de decisiones a nivel estratégico y operativo.

**Organización y forma de trabajo de la norma ISO 50.001:** La norma de sistemas de gestión de energía trabaja sobre un proceso PDCA (Plan, Do, Check, Act = planificar, hacer, verificar, actuar), a la vez que propone un ciclo de mejoramiento continuo en el cual se establece una reorientación constante en base a los datos relevados de la verificación (Ver Figura 1).



**Figura1.** Modelo del sistema de gestión energético propuesto para la ISO 50.001

Los pasos del proceso PDCA para el sistema de gestión energética de la ISO 50001 pueden describirse como sigue:

- Planificar: realizar la revisión y establecer la línea base de la energía, indicadores de rendimiento energético, objetivos, metas y planes de acción necesarios para conseguir resultados de acuerdo con las oportunidades para mejorar la eficiencia energética y la política de energía de la organización.
- Hacer: poner en práctica los planes de acción de la gestión de la energía.
- Verificar: monitorear y medir los procesos y las características claves de sus operaciones que determinan el rendimiento de la energía con respecto a la política energética y los objetivos e informar los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente la eficiencia energética y el sistema de gestión energética.

## ASPECTOS METODOLÓGICOS

La investigación llevada a cabo es una investigación aplicada, se busca demostrar que la implementación de Tecnologías de la Información y Comunicación en las PyMES apoya a la gestión energética contribuyendo a la eficiencia energética con los beneficios que esto acarrea. Es necesario conocer los aspectos más importantes con los que debe cumplir una herramienta de gestión

energética. Apoyando estos estudios, es necesario profundizar el análisis y la comprensión de la Norma IRAM/ISO 50001, como así también estudiar y comprender los indicadores de rendimiento y consumo energético.

El diseño metodológico de la presente investigación, para dar respuesta al problema y comprobar la hipótesis, es de carácter cuantitativo. El proyecto presenta diferentes tipos de estudios, algunos exploratorios, otros descriptivos y también explicativos:

- Exploratorio: dada la necesidad de examinar e indagar sobre ciertos temas correspondientes al proyecto. Es necesario familiarizarse con fenómenos desconocidos y obtener la información necesaria que ayude a conocer y comprender los diversos temas en el campo energético.
- Descriptivo: en la investigación inicialmente es importante describir aquellos fenómenos que nos ayudarán a especificar las propiedades con las que debe contar una herramienta de Gestión Energética. Estas especificaciones deben estar sustentadas por los lineamientos que establece la Norma IRAM/ISO 50001.
- Explicativo: en la investigación debemos explicar cuál es el impacto de las TIC en la gestión energética en las organizaciones y la importancia que estas tienen para contribuir a la eficiencia energética en la PyMES.

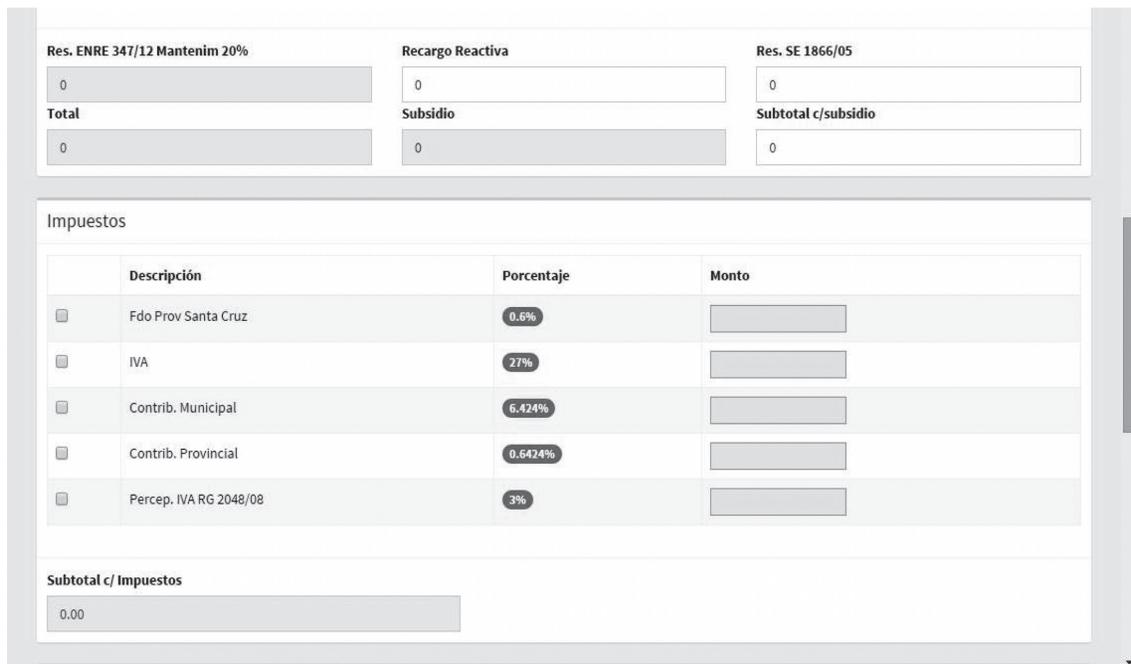
## RESULTADOS OBTENIDOS

Como se mencionó anteriormente, la herramienta software en construcción EnMa consta de tres grandes módulos desarrollados según las fuentes de energía facturable: electricidad, agua potable y gas natural.

**EnMa - Módulo de Gestión de Energía Eléctrica:** Este módulo funciona básicamente computando los datos de consumo eléctrico. A medida que se vayan cargando las facturas del servicio se irán almacenando en una base de datos y estarán disponibles cada vez que se los requiera. En base a estos datos, la herramienta proporcionará informes y reportes estadísticos que asistirán al personal idóneo a tomar decisiones relevantes para el gerenciamiento energético. El uso básico implica cargar los datos que identifican a la empresa u organización sobre la cual se va a trabajar (nombre, dirección, rubro, etc.)

El sistema EnMaTool incluye un módulo de gestión de cuadros tarifarios, en el cual se modelaron todos los datos y valores que influyen en los cálculos de la tarifa, que se realiza en base al cuadro tarifario vigente cargado. Cada organización puede de esta manera conocer los cálculos de su tarifa según el cuadro tarifario vigente que le corresponde, según la empresa proveedora que contrató. Esto permite además poder alertar al usuario de manera instantánea, al momento de cargar una factura, si su consumo en el período superó la capacidad contratada y por ende tendrá una multa por un determinado período de tiempo, y hacer seguimiento de dicha multa.

Las cuestiones impositivas se pueden manejar dinámicamente gracias al paradigma elegido para el desarrollo, y es modificable por el usuario, para dar soporte a la carga de datos impositivos correspondientes al usuario y su tipo de contratación de servicio (Ver Figura 2). Además de los impuestos fijos (que pueden ser configurados a nivel global en la aplicación) también se permite la carga de otros de carácter temporal o específicos de la situación fiscal de la empresa.



**Figura2.** Pantalla de detalle impositivo – GUI web de EnMa

La posibilidad de procesar la información de entrada para obtener reportes a medida es la función principal de EnMa. Estos reportes serán la entrada de otros procesos contemplados en la norma ISO 50.001 y servirán como información relevante para la toma de decisiones en aspectos de eficiencia energética (Ver Figura 3).



**Figura 3.** Pantalla de reporte cuantitativo sobre el consumo – GUI web de EnMa

En este primer prototipo se realiza la carga de facturas de consumo energético, las cuales se almacenan y procesan en los servidores en la nube. El esquema de la base de datos diseñado permite el almacenamiento de toda la información de una factura de consumo energético a la vez que se mantienen los datos de otras facturas históricas, de manera de poder aprovechar la potencia de un motor relacional para lograr obtener consultas tan complejas como sean necesarias según el reporte solicitado. Esto permite poder agregar reportes a medida en versiones posteriores.

Además, EnMaTool posee la funcionalidad de poder establecer un tablero de control de las empresas, el cual permite visualizar la información correspondiente a los consumos de energía eléctrica.

Dependiendo de los diferentes cuadros tarifarios, los datos a mostrar en el tablero serán los siguientes:

- Potencia pico contratada a la fecha.
- Potencia fuera de pico.
- Potencia contratada.
- Máximo valor de potencia pico registrado.
- Máximo valor de potencia fuera de pico registrado.

A continuación, se muestra un boceto del tablero de control (Ver Figura 4). Dependiendo del tipo de tarifa, se mostrarán distintos conceptos. En la siguiente imagen se observa el caso para una empresa que contrata la tarifa T3.

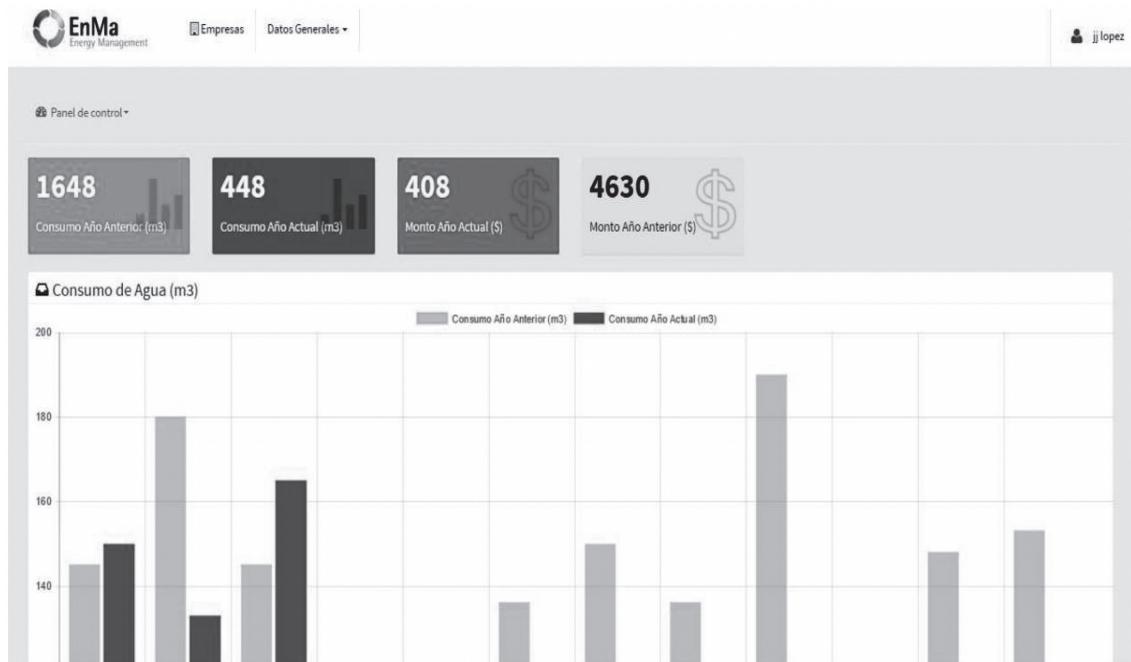


Figura 4. Tablero de Control de EnMaTool

**EnMa - Módulo de Gestión de Agua:** El módulo de agua ofrece la posibilidad a estas organizaciones de visualizar, en forma gráfica y clara, lo consumido a lo largo de los meses, para poder regular aquellos períodos en los que tuvieron mayores costos de consumo y reducir el mismo para que se adecúe a su presupuesto. También se les permite comparar el consumo y los costos del año

actual con los de años anteriores (ver Figura 5). Esto último es llevado a cabo tomando los datos que ingresa el usuario, correspondientes al costo de lo consumido, los metros cúbicos y el período.

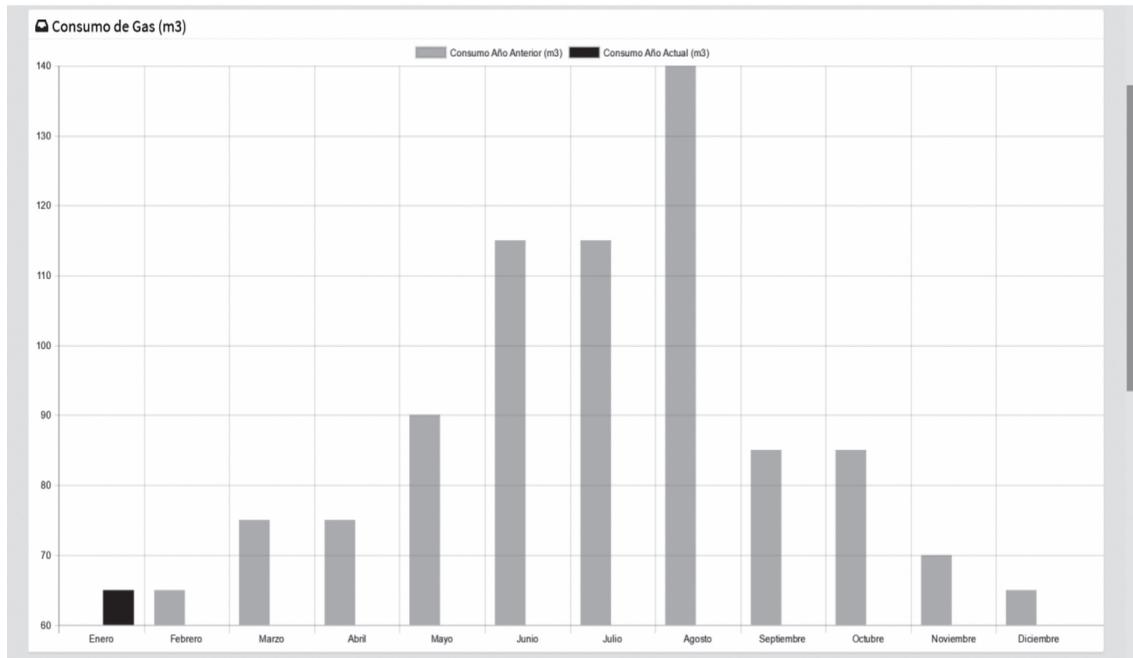
Esto les permite a las PyMes poder administrar el uso del agua, tomar conciencia de la importancia que tiene el buen uso de este recurso y así posibilitar la determinación de estrategias para lograr un consumo racional del mismo.



**Figura5.** Pantalla de reporte comparativo de consumos del año anterior y del actual – GUI web de EnMa

El módulo de gestión de consumo de Agua permite gestionar empresas, medidores, facturas y consumos. De ésta manera se logra tener una información completa sobre el consumo de éste bien y se puede procesar de manera de definir indicadores como el consumo anual, de manera de generar un tablero de mando para controlar dicha variable.

**EnMa - Módulo de Gestión de Gas:** El módulo de gas de EnMa permite a las PyMEs analizar, controlar y evaluar sus consumos, llevando un control de los mismos que le permita identificar posibles mejoras en el uso. EnMa Gas permite realizar un seguimiento y gestión del consumo de gas. La aplicación se basa en las facturas emitidas por las prestadoras, las cuales se utilizan como punto de partida para generar reportes de consumo anual, comparativo entre periodos similares, identificación de picos de consumo, entre otros. (Ver Figura 6)



**Figura6.** Consumo en m<sup>3</sup> de gas por mes, año a año – GUI web de EnMa

Para el desarrollo de este módulo hubo una dificultad extra ya que fue necesario analizar la industria del gas natural en la Argentina, la cual está organizada en tres segmentos: producción, transporte y distribución.

Además, fue necesario interiorizarse sobre los distintos organismos reguladores de la industria a nivel nacional:

- El ENARGAS, Ente Nacional Regulador de Gas.
- La Secretaría de Energía.
- La ADIGAS, Asociación de Distribuidoras de Gas de la Argentina.

Como así también con las empresas prestadores del servicio:

- Camuzzi
- Gas Natural Fenosa
- Metrogas
- Gas nea
- Litoral Gas
- Gasnor
- EcoGas

La herramienta EnmaTool ha sido validada por el equipo de especialistas del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica Nacional, con resultados positivos en cuanto a sus posibilidades para dar soporte a las pequeñas y medianas organizaciones que buscan mejorar su gestión energética, y como punto de partida para diseñar nuevos módulos o funcionalidades que permitan implementar procesos de la norma ISO 50.001.

## DESARROLLO EXPERIMENTAL

En cuanto a los aspectos técnicos, podemos mencionar cuestiones de diseño, de implementación y la arquitectura de sustento. Como decisión general del equipo de desarrollo de este proyecto, se eligieron todas tecnologías open source, debido a su gratuidad, gran potencial, y amplio soporte de la comunidad mundial de desarrolladores. En lo que respecta al diseño de la herramienta, se trabajó sobre el enfoque de Ingeniería de Software Basada en Modelos (ISBM) [11], construyendo modelos y prototipos de mayor a menor nivel de abstracción hasta llegar a las definiciones requeridas para su implementación. Se utilizó el modelo arquitectónico de solución MVC (Modelo-Vista-Controlador) [12]. Por otro lado, todo el desarrollo se diseñó considerando su implementación sobre un paradigma de Cloud Computing (computación en la nube), en un modelo de Software como Servicio (SaaS), buscando desarrollar una aplicación que pueda ser ejecutada sobre una infraestructura de la cual se desconoce su conformación, pero que puede brindar la posibilidad de escalar dinámicamente en función de la demanda, corriendo sobre servicios como el de Amazon Web Services (AWS) sin tener que tocar el código ni la configuración de la misma.

Finalmente, para el desarrollo y la implementación de EnMaTool se eligieron las siguientes Tecnologías:

- Backend: CakePHP v2.7 (framework basado en MVC), MySQL (motor de base de datos).
- Frontend: HTML5, CSS3 (estilos), JavaScript, JQuery, Bootstrap.

## CONCLUSIÓN

Los resultados positivos, validados por el equipo de especialistas del Departamento de Ingeniería Eléctrica mencionado, sumado a la rica experiencia de sumergirnos en contenidos específicos de otras disciplinas, nos permite demostrar de forma positiva el gran impacto favorable que tienen las Tecnologías Informáticas para generar soluciones frente a los problemas que tienen las organizaciones, debido a una ineficiente gestión de la energía, y nos permiten definir así un punto de partida sobre el cual seguir iterando para abordar dicha problemática.

Desde lo desarrollado con recursos de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina, se destaca el valioso desafío en I&D y potencial de EnMaTool para fortalecer la adopción del estándar ISO 50.001 en PyMEs, la cual ha sido desarrollada buscando cubrir las funcionalidades básicas que atañen al gerenciamiento energético, pero que a su vez son las más reveladoras del desempeño energético de una organización, permitiendo un apoyo a la toma de decisiones que puede llegar a ser clave para la optimización del consumo energético y para la reducción de los costos asociados.

Como trabajo futuro, se espera continuar profundizando en la concepción de tableros de gestión energética heterogéneos (tomando como entrada el procesamiento de distintos tipos de energías facturables) y extender la herramienta de software actual con nuevos módulos configurables dependiendo el uso energético de las PyMEs, buscando completar las posibilidades de implementar los procesos definidos por la norma ISO 50.001 y aportar al usuario herramientas para comprender el peso de cada sector productivo en el consumo de energía de la organización.

## REFERENCIAS

- [1] E.A. Abdelaziz, R. Saidur, S. Mekhilef, A review on energy saving strategies in industrial sector, 2010. Disponible: [https://www.researchgate.net/publication/233927870\\_A\\_review\\_on\\_energy\\_saving\\_strategies\\_in\\_industrial\\_sector](https://www.researchgate.net/publication/233927870_A_review_on_energy_saving_strategies_in_industrial_sector)
- [2] Series Históricas de Energía Eléctrica, 2012. Disponible: <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3140>
- [3] Resolución SE 1281/06, Ente Nacional Regulador de la Electricidad, 2006. Disponible: <http://www.enre.gov.ar/web/web.nsf/EnergiaPlus?OpenPage>.
- [4] Metodología de Cálculo para los Cargos por Excedentes de Energía sobre la Demanda Base, EDESUR; Programa De Uso Racional De La Energía Eléctrica, 2005.
- [5] Síntesis Del Mercado Eléctrico Mayorista de la República Argentina - Abril 2016. Disponible: <http://www.melectrico.com.ar/web/pdfs/CNEA/cnea-abril2016.pdf>
- [6] Nota Técnica N° 22 “El Mercado Eléctrico Argentino”. Ministerio de Economía de la Nación. Disponible: [http://www.mecon.gov.ar/peconomica/informe/notas\\_tecnicas/22%20NOTA%20TECNICA%20Nivel%20de%20Actividad%20%20inf%2070.pdf](http://www.mecon.gov.ar/peconomica/informe/notas_tecnicas/22%20NOTA%20TECNICA%20Nivel%20de%20Actividad%20%20inf%2070.pdf).
- [7] Energía Eléctrica y medio ambiente, Endesa Educa. Disponible: [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxv.-la-energia-electrica-y-el-medio-ambiente#energia%20electronica](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxv.-la-energia-electrica-y-el-medio-ambiente#energia%20electronica).
- [8] Informes estadísticos del sector energético 2011. Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Disponible: <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3728>.
- [9] International Organization for Standardization (ISO). Disponible: [www.iso.org](http://www.iso.org)
- [10] Norma ISO 50001 – Energy Management Systems. Disponible en: <http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso50001.htm>
- [11] Pressman Roger S. “Ingeniería del Software, Un enfoque práctico”. Séptima edición. McGraw-Hill. ISBN: 9786071503145.
- [12] Jason E. Sweat - PHP Architect’s Guide to PHP Design Patterns

