

# Una propuesta de Tecnología Informática en apoyo a Políticas de Consumo Energético Responsable avalando el estándar ISO 50001

## Abstract

*En un mundo donde el consumo energético aumenta estrepitosamente, y el derroche es cada vez menos tolerable, la Organización Internacional de Normalización, propuso en 2011 una norma orientada a la eficiencia energética para organizaciones de cualquier tipo: la ISO 50001. Esto deja en claro que los problemas que acarrearán el avance de las sociedades deben ser tratados en todas las ramas de la ingeniería de cara a lograr un desarrollo sustentable. Es en este contexto que destacamos al Ingeniero en Sistemas como un individuo de relevancia en la búsqueda de soluciones para estos problemas. Se expondrán en el presente artículo, las ventajas y resultados del aporte entregado por las tecnologías informáticas para lograr: por un lado, aunar esfuerzos de varias disciplinas en la búsqueda de la eficiencia energética; y por otro, que sirva como apoyo en los procesos demandados por la norma ISO 50001 y así lograr un sistema integral de gestión energética. Estos sistemas y la necesidad de paliar los problemas del consumo deficiente y los derroches de energía se hacen cada vez más obvios y por ende el nuevo profesional de sistemas debe lograr volcar sus conocimientos para lograr solventar estos problemas. Es así que se diseña y construye una herramienta de software llamada EnMa con las técnicas de la ingeniería de software y distintas tecnologías informáticas para dar apoyo a los problemas energéticos de PyMEs, y a la vez soportar parte de los procesos requeridos por la norma mencionada, de manera de facilitar una futura certificación.*

## Palabras Clave

Eficiencia energética, Ingeniería de software, ISO 50001, desarrollo sustentable, Ingeniería en Sistemas, gestión ambiental

## 1. Introducción

La asimetría entre la naturaleza y el avance tecnológico tiene que ser uno de los principales focos de estudio en el ingeniero moderno. Debe alentarse y concientizar al estudiante en estos temas para que el profesional del futuro priorice esta problemática al momento de encomendarse a cualquier proyecto, y logre paliar lo

mejor posible el impacto ambiental inherente a toda actividad humana. Estos contenidos sobre responsabilidad ambiental y eficiencia en el uso de recursos vienen de larga data en las ingenierías clásicas como la Civil. En otras más modernas, y en particular las ingenierías que abarcan la informática y la computación como base teórica, estos aspectos no aparecen como relevantes, y en muchos casos ni se tratan en los planes de estudios.

Lo anterior tiene lógica concibiendo a las ciencias de la computación como un cuerpo de conocimientos sin relación con otras disciplinas, algo completamente erróneo. El profesional especializado en estos temas, casi siempre debe estar en contacto con personas que están por fuera de su ámbito de estudio, y debe interactuar con ellas de manera de llevar adelante un proyecto. Con este razonamiento, es posible vislumbrar un Ingeniero en Sistemas comprometido por el impacto ambiental que trabaje en un grupo interdisciplinario para lograr avances en materia ecológica; disminución de contaminación; optimización de recursos; entre otros.

Las nuevas tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han tenido un desarrollo exponencial en los últimos años. Desde las tecnologías más longevas como lenguajes de programación estructurado, hasta las más nuevas, como modernos entornos de desarrollo y herramientas CASE (Computer Aided Software Engineering) [1], están disponibles para lograr desarrollos software que cubren un abanico de problemáticas muy amplio. Es así, el Ingeniero en Sistemas, quizá, uno de los profesionales más versátiles.

Desde hace algunos años, temas como el desarrollo sustentable, ecología, eficiencia en el uso de recursos, entre otros, han cobrado más relevancia a causa de una creciente preocupación generalizada por el

medio ambiente. Es claro el deterioro del planeta, y por ende el hombre ha comenzado a tomar recaudos al respecto. En este contexto, rescatamos la figura del Ingeniero en Sistemas y hacemos uso de tecnologías informáticas para el soporte a otras disciplinas y así lograr resolver problemas que surgen del avance técnico y el crecimiento de las sociedades modernas.

Varias son las causas que hacen acontecer un problema energético sobre el país desde hace varios años.

En este trabajo abarcaremos la problemática relacionada con la energía eléctrica. Expondremos de manera concisa los problemas derivados de la creciente demanda y analizaremos algunos datos que den un contexto para que el lector tome dimensión del problema.

Se propone el uso de tecnologías bien conocidas en el mundo de la computación para lograr una aplicación de software llamada EnMa Tool (Energy Management Tool) que brinde un apoyo a la autogestión energética de las pequeñas y medianas empresas, para poder brindar información valiosa que ayude a tomar decisiones correctas y apaliar los efectos del consumo energético ineficiente, dando lugar al buen uso de los recursos naturales. De esta manera se evidencia la utilidad de los contenidos de un profesional informático como complemento o apoyo de otras disciplinas.

## **2. Análisis de la problemática y aspectos coyunturales**

Dado el aumento sostenido de la demanda energética en los últimos años, se han adoptado ciertas medidas que apuntan al manejo de recursos de manera responsable y a concientizar a los usuarios para que hagan un uso eficiente. Para el largo plazo se han realizado inversiones y se diagraman proyectos que apuntan a aumentar la oferta energética. Lamentablemente, estas medidas tendrán un aporte tangible dentro de algunos años, debiendo buscar soluciones que brinden una solución

factible en la actualidad. Consideramos que el Ingeniero en Sistemas tiene muchas herramientas que pueden apoyar a otras disciplinas para crear soluciones a corto plazo que busquen mitigar los problemas energéticos. Nos abocaremos aquí al estudio sobre el problema de la energía eléctrica. Se aclara que las ideas, cifras y demás información presentados en la presente sección son de realización propia en base a datos publicados por el Estado Nacional, así como otros organismos e instituciones competentes [2, 3, 4, 5].

### **2.1 El problema de la generación eléctrica**

Actualmente, el problema energético desde la perspectiva industrial trae consigo dos problemas serios: por un lado se frena el desarrollo industrial (o al menos no crece acorde a su capacidad); y por otro lado, el pago de multas por el uso ineficiente de la energía eléctrica, supone serios desembolsos de dinero que pueden evitarse manteniendo una gestión responsable de este recurso. Desde una perspectiva ambiental, el problema del consumo acarrea contaminación que se origina en las etapas de generación de la energía eléctrica. Dependiendo de la fuente de donde provenga la energía, la contaminación será más o menos grave, pero con excepción de algunas pocas (y de todas las que generan rendimientos grandes) casi toda la generación de energía eléctrica tiene un impacto ambiental desfavorable. La generación de energía eléctrica (de ahora en más EE) más contaminante es la que proviene de la quema de combustibles fósiles. Actualmente en el mundo, cerca de un 60% de la EE proviene de plantas que usan carbón, gas natural y petróleo. En nuestro país, alrededor de un 65% de la energía generada proviene de centrales térmicas. De esto se desprende que aún somos dependientes del método de generación de EE más contaminante, y por

ende, un consumo responsable y eficiente es particularmente importante.

## **2.2. Crecimiento económico y demanda energética**

En general, en un proceso de industrialización, y crecimiento económico, también se evidencia un aumento en el consumo energético. En nuestro país, en los últimos años ha venido aumentando año a año el consumo de EE tanto en el sector industrial como en el residencial. Ambos consumos, si bien están relacionados, obedecen a situaciones distintas: el aumento del consumo residencial se desprende del crecimiento vegetativo de las poblaciones y el acceso a la EE de sectores donde antes no se podía acceder o el aumento de electrodomésticos por un aumento en el consumo; por otro lado, el aumento industrial y/o comercial variará acorde al ciclo económico. Según datos del Ministerio de Economía de la Nación, el coeficiente de correlación entre el crecimiento de la demanda eléctrica y el nivel de actividad económica (es decir, cuantitativamente que tan ligado está el aumento del consumo de energía al nivel de actividad económica) para el período 1992-2009 fue del 72% y calculado para el período 2004-2009, crece al 92%.

En el año 2005, el país consumió 94,3 TWh de electricidad. En 2009 la demanda de EE fue de 104,6 TWh. Al finalizar el 2012, la demanda acumulada trepó hasta los 109,7 TWh. En total, el consumo creció un 16.33% en el período 2005-2012.

Cabe aclarar que si bien el mercado energético alcanza a cubrir la demanda, la evolución del consumo ha crecido a un ritmo acelerado y los márgenes de reserva han ido decreciendo en los últimos años.

## **3. EnMa Tool: una propuesta tecnológica de soporte a la certificación ISO 50001**

La Organización Internacional de Normalización (ISO) [6], escribió en 2011, una norma para el gerenciamiento

energético y la concientización del uso eficiente de la energía. Esta norma lleva el nombre de ISO 50001 Energy Management Systems [7] y ha sido aceptada y aplicada en diversos sectores en varios países con buenos resultados. Esta propuesta de la ISO, destaca por no fijar ningún objetivo para lograr la eficiencia energética, sino que estos dependerán de la actividad de la organización, de manera que cualquier organización, independientemente de su actividad, puede aplicar la norma ISO 50001 para establecer una línea de base y luego mejorarla a un ritmo adecuado a su contexto y capacidades. El objetivo general de esta normativa es brindar 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 a nivel general de una organización (táctico, operacional y estratégico), hace hincapié sobre el más alto, es decir sobre la alta gerencia o nivel estratégico. De alguna manera esto da lugar a comprender que buenas decisiones son claves para mejorar la eficiencia de los recursos, y para lograr buenas estrategias de alto nivel, la alta gerencia debe contar con información de calidad. Es en este punto que EnMa se hace relevante. La aplicación propuesta está diseñada para dar soporte a la normativa ISO 50001 en etapas concretas de los procesos que propone, 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 con entrada para la toma de decisiones a nivel estratégico y operativo.

### **3.1. Organización y forma de trabajo de la norma ISO 50001**

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 realimentación constante en base a los datos relevados de la verificación (Figura 1).

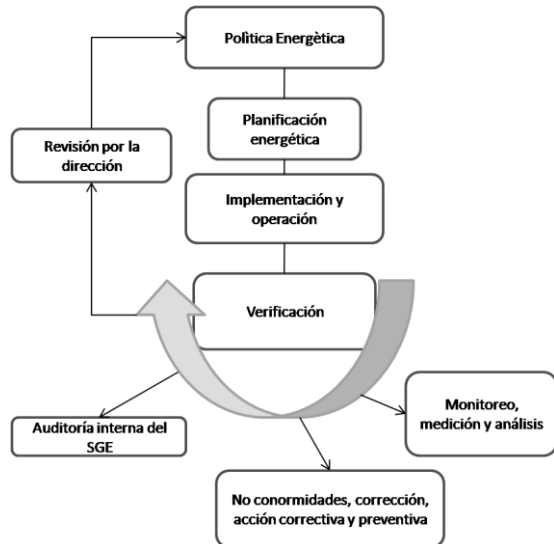


Figura 1: Modelo del sistema de gestión energético propuesto por la ISO 50001

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.

### 3.2. EnMa Tool en el marco de los Sistemas de Gestión Energética

La norma ISO 50001 no aplica sobre un tipo de energía específico. Esta propiedad la hace versátil y permite que sea aplicada sobre cualquier tipo de energía. Como se sugirió oportunamente, el aplicativo software propuesto en este trabajo, funcionará como apoyo a algunos procesos para la implementación de un sistema integral que cumpla con la norma. Igualmente, EnMa podría ser utilizado en una organización que no tenga planes de certificar o que no piense en llevar adelante un proceso de gestión según la norma, sin ningún problema y del mismo modo, poder hacer uso de la herramienta para tomar decisiones estratégicas sobre el uso de la energía.

EnMa funciona básicamente computando los datos de consumo eléctrico. A medida que se vayan cargando 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 que asistirán al personal idóneo a tomar decisiones relevantes para la gestión energética. En sintonía con los requerimientos de la ISO 50001, EnMa podría dar soporte total o parcial en las siguientes actividades detalladas en la norma (se sigue la misma numeración de la norma para una rápida referencia al documento oficial):

#### 4. Requisitos del sistema de gestión de la energía

##### 4.1 Requisitos generales

##### 4.3 Política energética

##### 4.4 Planificación energética

###### 4.4.3 Revisión de la energía

###### 4.4.4 Línea de base de la energía

###### 4.4.5 Indicadores de eficiencia energética

###### 4.4.6 Objetivos de la energía, metas energéticas y planes de acción de gestión de la energía

##### 4.5 Aplicación y funcionamiento

###### 4.5.4 Documentación

###### 4.5.5 Control operacional

###### 4.5.6 Diseño

###### 4.5.7 Contratación de servicios energéticos, productos, equipos y energía

##### 4.6 Verificación

###### 4.6.1 Monitoreo, medición y análisis

###### 4.6.3 Auditoría interna del SGen

## 4. Aplicando Ingeniería de software en EnMa

Para el desarrollo de la herramienta se optó por el enfoque de la Ingeniería de Software Basada en Modelos (ISBM) [8]. Este paradigma de diseño y desarrollo funciona de manera análoga a cualquier otro proyecto de ingeniería en otras disciplinas. Esto es: se comienza con la diagramación de un modelo que se nutre de los aspectos principales del dominio y nos abstrae de detalles irrelevantes en un principio, lo cual nos permite lograr un mejor entendimiento del problema. Luego, en base a los modelos, se procede mediante un proceso de desarrollo determinado hasta lograr la aplicación. Para esto hacemos uso de distintas técnicas y procesos de la Ingeniería de Software.

### 4.1. Proceso de desarrollo utilizado

Todo desarrollo informático que revista de cierta complejidad debe ser abordado haciendo uso de una metodología. En la ingeniería de software moderna, estos procesos son cuantiosos y tienen características que los hacen particularmente buenos para trabajar en determinados dominios. Por las propiedades del proyecto EnMa, se decidió adoptar un proceso de desarrollo que incluyera conceptos de las metodologías ágiles [9]. En contraste con una metodología tradicional, los procesos ágiles son más flexibles; alientan la participación activa de los usuarios (o expertos del dominio) durante todo el proceso de desarrollo, no solo al principio como en una metodología tradicional; brindan una mejor respuesta ante el cambio, lo cual permite que los requisitos se modifiquen incluso en etapas avanzadas del desarrollo; entrega temprana y continua de software operativo; disminución en el intercambio engorroso de documentación a partir de la comunicación cara a cara entre los miembros y centrado en los individuos que forman parte del proyecto y su interacción. Específicamente

se eligió la metodología OpenUP [10], por dos motivos: pertenece a la categoría ágil, con todas las características mencionadas y además cuenta con definiciones de una metodología muy robusta y sólida (aunque no es ágil) como lo es RUP (Rational Unified Process) [11]. En la Figura 2 podemos observar las etapas de un proceso de desarrollo de OpenUP. Son de especial importancia las características de iteración y orientado a entregables cada vez más funcionales. Esto es especialmente útil debido a una constante retroalimentación con los expertos del dominio, con los que sometemos a EnMa a una validación constante adecuando detalles en cada iteración.

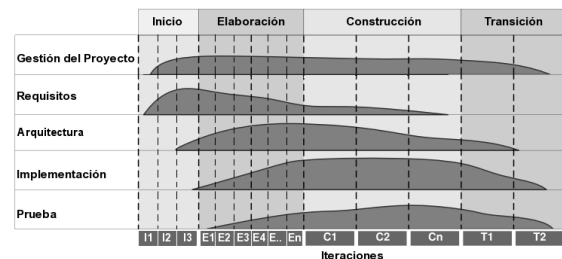


Figura 2: Ciclo de vida de OpenUP

### 4.2. Uso de lenguajes de modelado

EnMa está modelado con UML [12, 13]. Este lenguaje pertenece a una categoría llamada Lenguajes de Modelado de Propósito General (LMPG). Estos lenguajes pueden ser usados para modelar sistemas de características y naturalezas muy disímiles con relativa facilidad. Son lenguajes versátiles que nos proveen de los artefactos suficientes para obtener modelos los suficientemente claros para las primeras fases de un desarrollo basado en modelos. En etapas avanzadas, los lenguajes de propósito general carecen de mecanismos para asegurar una mejor consistencia y nivel de detalle. Para esto utilizamos Lenguajes de Propósito Específico. Lo que estos lenguajes nos brindan es la posibilidad de aclarar aspectos de modelado que tienen cierta ambigüedad semántica. Particularmente se utiliza OCL [14, 15] para dotar a los modelos UML de las

restricciones necesarias para darle mayor precisión. Aspecto fundamental en las etapas de codificación de la aplicación. A su vez, también se utiliza parte de los artefactos de modelado propuestos por SysML [16, 17, 18], mayormente para la representación gráfica de requerimientos software, dado que esta característica no está presente en UML.

#### 4.3. Uso de Herramientas CASE para administrar cambios y entregables

El seguimiento sobre los modelos y la documentación que subyacen en un proyecto de desarrollo de software complejo, se hace mucho más dinámico, fructífero y simple gracias a la Ingeniería de Software Asistida por Computadora. Son las denominadas herramientas CASE. Estas aplicaciones nos brindan capacidades para modelar sobre los lenguajes más comunes, a la vez que posibilitan un rastreo y seguimiento sobre los artefactos UML utilizados en los modelos. También nos permiten realizar análisis de impactos frente a cambios, estimación de costos, versionado, navegación de un modelo a otro, entre otras.

### 5. Arquitectura tecnológica de EnMa

El aplicativo está basado en un grupo de tecnologías convenientemente elegidas que dan soporte a toda la estructura y funcionalidad de EnMa. Principalmente destacamos el entorno de desarrollo Eclipse [19]. Este IDE (Integrated Software Development) es una plataforma para el desarrollo de aplicaciones muy completa y libre. Tiene una comunidad muy activa que brinda soluciones de todo tipo. El componente de la licencia nos libera de cuestiones tediosas y caras inherentes al software licenciado, pero sin dejar de lado la robustez necesaria que debe tener un IDE para esta clase de proyectos. Eclipse puede aumentar su funcionalidad a través de múltiples librerías y plugins que están constantemente en desarrollo y

mantenimiento. En la Figura 3 se observa un diagrama que representa la arquitectura completa de EnMa.

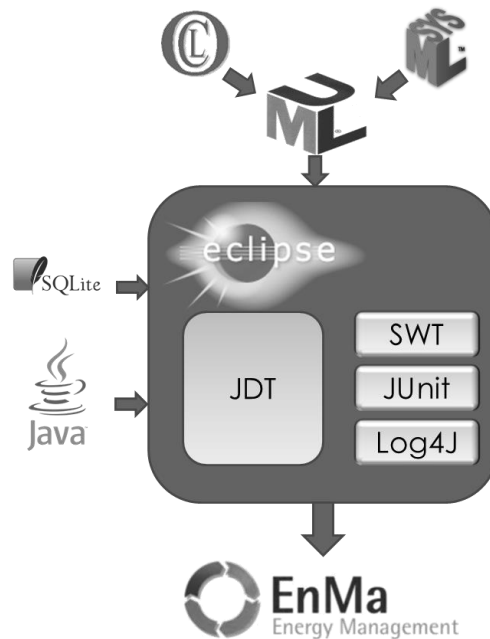


Figura 3: Componentes de la arquitectura de EnMa

#### 5.1. Lenguajes, bibliotecas y plugins usados

El lenguaje que se eligió para codificar EnMa es Java. Principalmente porque es un lenguaje interpretado que corre en cualquier sistema que pueda correr la última versión de la JVM (Java Virtual Machine) [20]. También debemos mencionar que es un lenguaje muy potente con una gran cantidad de librerías que pueden descargarse y utilizarse. Para empezar un proyecto Java en Eclipse usamos el JDT (Java Development Toolkit) [21], el cual es un plugin que nos brinda herramientas necesarias y muy útiles para la programación en Java. La interfaz gráfica está soportada sobre SWT (The Standard Widget Toolkit) [22]. Este componente está compuesto por múltiples herramientas gráficas y una librería que implementa artefactos nativos del sistema operativo donde corre, lo que hace que la aplicación se vea con el estilo de la plataforma donde se ejecuta y por ende, más consistente.

Para los “logs” del programa se usa la biblioteca Log4j [23]. Esta biblioteca esta íntegramente programada en Java, y al contrario de otras, permite realizar la configuración del los logs en tiempo de ejecución y no en tiempo de compilación. Esta funcionalidad es posible con archivos de configuración que pueden modificarse una vez compilada la aplicación y así obtener mensajes distintos o con otros niveles de granularidad sin tener que recompilar.

Por último, se emplean un conjunto de bibliotecas que se agrupan en un framework llamado JUnit que permite escribir tests para las clases de la aplicación. JUnit nos provee una serie de clases que permiten testear cada uno de los métodos de alguna clase particular y comprobar su salida para múltiples entradas.

## 5.2. Motor de base de datos utilizado

Por la naturaleza de los datos que EnMa toma como entrada para realizar los reportes, el almacenamiento utilizado para conservar esta información no es excesivo y el esquema de la base de datos no reviste tanta complejidad como aplicaciones orientadas a consultas masivas. Esto nos sugería encontrar una tecnología que nos brindara las capacidades de un motor relacional pero que a la vez sea ligero y no limite la portabilidad conseguida con Java y Eclipse. Se optó por utilizar SQLite [24] por las razones ya mencionadas. Este Sistema de Gestión de Base de Datos (SGBD) tiene la particularidad de no funcionar en un proceso aparte de la aplicación (como cualquier otro SGBD), sino que se enlaza a la aplicación y pasa a formar parte de la misma. La comunicación entre el SGBD y la aplicación se realiza con llamadas a subrutinas codificadas en el código de la aplicación. Esta característica hace que el tiempo de acceso a la base sea notoriamente más chico que en otros motores debido a que la comunicación entre procesos es más lenta que una llamada a subrutinas dentro de la misma aplicación.

SQLite almacena la base de datos completa en un solo archivos que se bloquea al comienzo de cada transacción, con lo cual el trabajo concurrente no es posible usando este motor, pero como contraparte se obtiene un diseño sustancialmente más simple que con otras tecnologías.

## 6. Prototipo y funcionalidad actual

Como producto de una primera iteración de OpenUP se consiguió un prototipo con una funcionalidad básica. Este primer prototipo cuenta con las funciones principales relevantes para una primera validación de la interfaz de usuario y la carga de datos, como así también la salida y presentación de algunos reportes. En la Figura 5 se observa la pantalla principal de fondo, con una proyección 3D de las ventanas principales que componen la interfaz gráfica de la aplicación. Sobre la pantalla principal de EnMa, tenemos la opción de crear un proyecto. Un nuevo proyecto significa cargar los datos que identifican a la empresa u organización sobre la cual se va a trabajar (nombre, dirección, rubro, etc.). Una vez creado el proyecto, SQLite crea el archivo donde se creara la base de datos completa para esta organización. Este archivo puede ser exportado a otras computadoras que corran EnMa y de esta manera lograr seguir trabajando con un mismo proyecto sin más necesidad que importar este archivo.



Figura 4: Pantallas que conforman la GUI de EnMa

## 6.1. Carga de datos

La fuente de información para el posterior procesamiento y armado de reportes de EnMa, son las facturas de consumo eléctrico de la organización. Esta carga se hace a través de dos pantallas: una sirve para la carga de los datos de identificación de la factura, como la fecha o el número. Además se ingresan los datos netos de consumo, subsidios, y otros (Figura 5).

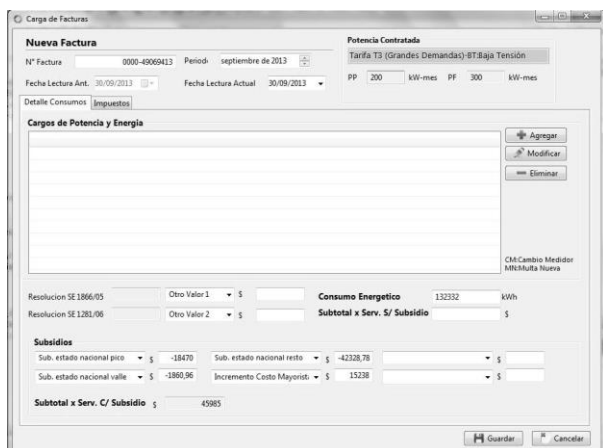


Figura 5: Ventana para ingreso de datos principales de factura

La otra pantalla es específica para la carga de datos impositivos correspondientes al usuario y su tipo de contratación de servicio (Figura 6). Además de los impuestos fijos (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.

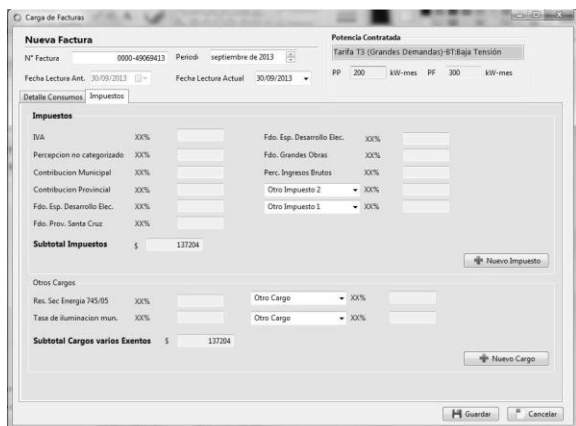


Figura 6: Ventana para ingresar información impositiva relevada de la factura

## 6.2. Reportes para la toma de decisiones

Como ya se mencionó, 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 50001 y servirán como información relevante para empleados de alto rango. En este primer prototipo se realiza la carga de facturas de consumo energético, las cuales se almacenan en la base de datos. El esquema de la base de datos es tal que 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 usar la potencia de un motor relacional para lograr obtener consultas tan complejas como sean necesarias según el reporte solicitado. En una primera versión del aplicativo, se diagramaran reportes estáticos que sean considerados como los más importantes. En versiones posteriores se agregará la posibilidad de que el usuario pueda armar los reportes mediante la interacción con la interfaz gráfica a través de consultas QBE (Query By Example) [25].

Los reportes integrados en la primera versión del prototipo son básicos, para lograr un entendimiento claro de la funcionalidad de la aplicación. Algunos son:

- Consumo de potencia histórico: muestra un gráfico con los consumos de potencia eléctrica usada en los meses anteriores. La cantidad de meses es ingresada por el usuario.

- Consumo energético histórico: grafica los consumos de energía eléctrica por período, un número de meses ingresado por el usuario.

- Consumo comparativo de un mismo período: mediante el ingreso de dos períodos distintos, realiza un grafico para cada uno en un mismo eje de coordenadas.



En la Figura 7 se observa un gráfico de consumo energético desarrollado sobre varios períodos y separados por el momento de consumo (resto, valle y punta), a modo de ejemplo.

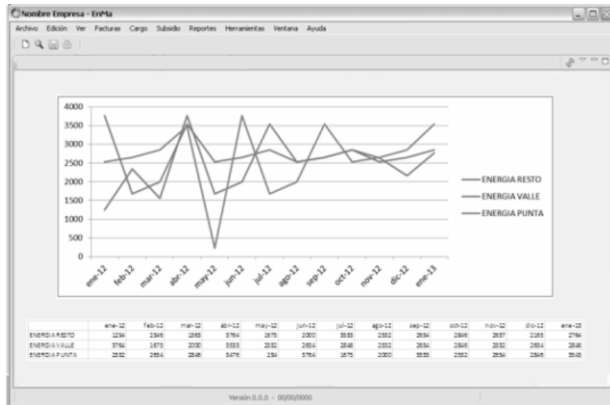


Figura 7: Ejemplo de salida (reporte gráfico)

## 7. Resultados

Se constató la utilidad de la aplicación para la toma de decisiones sobre las contrataciones del suministro eléctrico y la concientización del consumo energético, todo esto acotado a la funcionalidad limitada que aún presenta el prototipo. La facilidad de uso y la posibilidad de visualización más intuitiva de la información presentan ventajas sustanciales sobre métodos de gestión no especializados (como el registro de consumos en planillas de cálculo o a mano). La herramienta se puede adaptar a múltiples tareas y procesos detallados en la norma ISO 50001, pudiendo de esta manera servir como una ayuda a una futura certificación si la organización lo desea. También se destacan buenos resultados en el aporte de la Ingeniería en Sistemas sobre proyectos multidisciplinarios que apuntan sobre gestión ambiental y optimización en el uso de recursos energéticos.

## 8. Discusión y trabajos futuros

Los resultados positivos del trabajo llevado a cabo hasta el momento, sumado a la rica experiencia de sumergirnos en contenidos

específicos de otras disciplinas, trabajando en un ambiente multidisciplinario para realizar trabajos que apuntan a la concientización del consumo energético y el impacto ambiental que este genera, nos permite afirmar de forma positiva lo que sugerido en el principio del trabajo. Es decir, la capacidad del Ingeniero en Sistemas (o profesional relacionado con las ciencias de la computación) para involucrarse en proyectos que estén abocados a resolver problemas de contaminación, ecología y optimización de recursos, es una rama que puede explotarse mucho más y que puede dar muy buenos resultados si en un futuro se incluyeran contenidos curriculares concernientes a estos temas en las carreras afines. El profesional de sistemas debe inmiscuirse más en estos temas, y se debe fomentar la articulación con otras áreas del conocimiento para lograr obtener más y mejores alternativas de resolución a problemas ambientales.

En esta primera etapa de desarrollo, EnMa provee una funcionalidad limitada pero que ha alcanzado para verificar resultados y validar los métodos y el diseño empleado. En próximas iteraciones del proceso de desarrollo, se prevé que EnMa podrá refinar los datos en base a un consumo “instantáneo” de cada sector de la organización. Para que esta funcionalidad refleje un consumo instantáneo de cada sector, se debería comprar máquinas que puedan medir constantemente el consumo energético, algo que, dado el precio elevado de estos equipos, para empresas pequeñas puede resultar imposible de concretar. Para suplir esto, se propone relevar cada componente relevante para el dominio que tenga un consumo eléctrico dentro del aplicativo, ingresando los datos de consumo de cada uno. Estos datos técnicos están disponibles en la misma máquina o deberán consultarse con su fabricante. De esta manera, sabiendo la cantidad de horas de trabajo diario de una máquina podría aproximarse el consumo instantáneo de la organización. Por último, en etapas más

avanzadas del proyecto, se analizará la posibilidad de extender las funcionalidades de EnMa para la gestión de otros tipos de energía y/o recursos (gas, agua, etc.).

## 9. Conclusión

Se ha podido experimentar la utilidad de los conceptos de la ingeniería del software y las tecnologías informáticas aplicadas en un ambiente multidisciplinario para la realización de un proyecto volcado a la gestión energética como soporte a la norma ISO 50001. De esta manera quedaron expuestos los beneficios y aportes que pueden otorgar los profesionales informáticos en desarrollos orientados a preservación del medio ambiente y consumo sustentable, a medida que se ha avanzado concretamente sobre el desarrollo de una aplicación que asiste a la gestión de la energía eléctrica de una organización.

## 10. Referencias

- [1] Ian Sommerville. “Ingeniería del Software”. Séptima edición. Pearson Education S.A., pp. 11, 79-83 (2005). ISBN-10: 8478290745
- [2] Informes estadísticos del sector energético 2011. Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios  
<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3728>
- [3] Informe quinquenal 2006-2010. Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios  
[http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion\\_del\\_mercado/publicaciones/mercado\\_electrico/informeselectrica/quinquenal2006\\_2010.pdf](http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/mercado_electrico/informeselectrica/quinquenal2006_2010.pdf)
- [4] Nota Técnica N°22 “El Mercado Eléctrico Argentino”. Ministerio de Economía de la Nación.  
[http://www.mecon.gov.ar/peconomica/informe/notas\\_tecnicas/22%20NOTA%20TECNICA%20Nivel%20de%20Actividad%20inf%2070.pdf](http://www.mecon.gov.ar/peconomica/informe/notas_tecnicas/22%20NOTA%20TECNICA%20Nivel%20de%20Actividad%20inf%2070.pdf)
- [5] Asociación de Distribuidores de Energía Eléctrica de la República Argentina – Informe mensual, Agosto 2013.  
<http://www.adeera.com.ar/archivos/ADEERA-Informe-%20Ago%2013.pdf>
- [6] ISO - International Organization for Standardization  
[www.iso.org](http://www.iso.org)
- [7] ISO 50001 Energy Management Systems  
<http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso50001.htm>
- [8] Pressman Roger S. “Ingeniería del Software, Un enfoque práctico”. Séptima edición. McGraw-Hill. ISBN: 9786071503145
- [9] Craig Larman. “Agile and Iterative Development: a manager's guide”. Pearson Education, Inc. Addison-Wesley Professional, pp. 9-20, 25-35 (2004). Agile software development series. ISBN-10: 0131111558
- [10] OpenUP - <http://epf.eclipse.org/wikis/openup/>
- [11] RUP - Per Kroll. “Rational Unified Process Made Easy: A Practitioners Guide to the RUP”. Pearson Addison Wesley Profesional (2003) ISBN-10: 0321166094
- [12] J. Rumbaugh, I. Jacobson, Grady Booch. “*El Lenguaje Unificado de Modelado, Manual de Referencia*”. Addison Wesley, Primera Edición, 2000.
- [13] UML: [www.omg.org/spec/UML/](http://www.omg.org/spec/UML/)
- [14] Jos Warmer and Anneke Kleppe. The Object Constraint Language. Getting Your Models Ready for MDA. 2nd Edition. Addison-Wesley Professional. (2003). ISBN-13: 978-032-11-7936-4
- [15] OCL: <http://www.omg.org/spec/OCL/>
- [16] Tim Weilkiens, Systems engineering with SysML/UML: modeling, analysis, design.
- [17] Friedenthal & Moore & Steiner A practical Guide to SysML: The Modeling Language, Morgan Kaufmann, Second Edition, 2011, ISBN: 9780123852069
- [18] SysML: <http://www.sysml.org/docs>
- [19] Eclipse - <http://www.eclipse.org/>
- [20] JVM - The Java® Virtual Machine Specification  
<http://docs.oracle.com/javase/specs/jvms/se7/html>
- [21] Java development tools (JDT)  
<http://www.eclipse.org/jdt/>
- [22] SWT: The Standard Widget Toolkit  
<http://www.eclipse.org/swt/>
- [23] Apache log4j™ 1.2  
<http://logging.apache.org/log4j/1.2/>
- [24] SQLite. <http://www.sqlite.org/>
- [25] QBE - UCLM-ESI El Lenguaje QBE, Olaya Alcañiz Ramos.  
[http://alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/bda/doc/trab/T9900\\_OAlcaniz.pdf](http://alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/bda/doc/trab/T9900_OAlcaniz.pdf)