

“CLOUD COMPUTING APLICADO A MEJORAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ORGANIZACIONES DE PRODUCCIÓN”

Becarios alumnos ⁽²⁾: Andres Gastón, María García Rodrigo, Ciceri Javier, Rende Augusto, Muzzi Gonzalo

Dirección: MacCarone José ⁽¹⁾, Nahuel Leopoldo ⁽²⁾
Coordinación Técnica: Javier Marchesini. ⁽²⁾

Proyecto de I+D+i de pertenencia: “Desarrollo de instrumentos de relevamiento energético y de algoritmos necesarios para un software de gestión de organizaciones” (miembro PID Integrador UTN).
Código: IAN3530

1. Resumen

En el presente trabajo se expondrán los avances sobre el desarrollo de tecnologías informáticas orientadas al ahorro energético, como parte de las actividades de investigación del PID homologado por SCTyP del Rectorado UTN, denominado “Desarrollo de instrumentos de relevamiento energético y de algoritmos necesarios para un software de gestión energética de organizaciones”.

Se procura como objetivo primordial exponer los avances de la herramienta software EnMa Tool, considerando como principal avance su desarrollo sobre tecnologías basadas en la nube (cloud computing).

2. Fundamentos

La gestión energética es un tema primordial para el desarrollo estratégico de las miPyMES (Micro, Pequeñas y Medianas Empresas), considerando que un uso racional y responsable de la energía implica un ahorro de costos y permite un desarrollo sostenible de estas organizaciones. En la actualidad, una mala gestión energética acarrea dos grandes problemas. Por un lado, el uso ineficiente produce un elevado impacto económico, ya que las empresas deben pagar elevadas multas económicas, y por otro, las actividades relacionadas con la generación de energía provocan una huella cada vez mayor en el medioambiente, afectando la calidad de vida de todos los ciudadanos.

Con base en necesidades de ahorro y autogestión de eficiencia energética de miPyMEs regionales, relevados de parques industriales de la región y alrededores, se busca mejorar la eficiencia energética recurriendo a las tecnologías informáticas. Se persigue como objetivo primordial construir una herramienta software capaz de ayudar a realizar auto gestión energética, que contemple los requisitos para en el futuro poder implementar o certificar la norma ISO^[1] 50.001 sobre Gestión de la Energía.^[2]

3. Marco referencial

La situación energética global ha cambiado en el último siglo. En los últimos 20 años, el crecimiento del consumo se ha duplicado y los estudios realizados muestran una tendencia de crecimiento notable.^[3]

(1) GIESSE: Grupo de Investigación de Energías Sustentables y Eficiencia Energética - Dpto. de Electrotecnia, FRLP - UTN.

(2) GIDAS: Grupo de I&D Aplicado a Sistemas Informáticos, Dpto. de Sistemas, FRLP - UTN.

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 elevados costos 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 casi toda la generación de energía eléctrica tiene un impacto ambiental desfavorable, dado que provoca una huella cada vez mayor en el medioambiente, afectando la calidad de vida de todos los ciudadanos.^[4]

La generación de energía eléctrica más contaminante es la que proviene de la quema de combustibles fósiles. Actualmente en el mundo, cerca de un 60% de la energía eléctrica 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 energía eléctrica más contaminante, y por ende, un consumo responsable y eficiente es particularmente importante.^[5]

Es por estos motivos que inicialmente se ha enfocado el desarrollo de EnMa Tool en las cuestiones relacionadas al consumo de energía eléctrica, y recién en las etapas más recientes se está analizando la incorporación del cómputo de consumos de otras formas de energía, en particular agua y gas.

La norma ISO 50.001 no aplica sobre un tipo de energía específico, lo cual la vuelve 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.

La norma de sistemas de gestión de energía trabaja sobre un proceso PDCA (Plan, Do, Check, Act, es decir: 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.

Bajo éste marco, la herramienta 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.

La gestión energética es un tema primordial para el desarrollo estratégico de las miPyMES (Micro, Pequeñas y Medianas Empresas), considerando que un uso racional y responsable de la energía implica un ahorro de costos y permite un desarrollo sostenible de las organizaciones. Desde hace varios años se están buscando soluciones para que las organizaciones puedan hacer un uso racional de la energía, buscando un ahorro de la misma.

Recurriendo a las tecnologías informáticas se puede mejorar la eficiencia energética, y debido a su importancia este trabajo intenta difundir los avances sobre el desarrollo de tecnologías aplicadas llamado EnMa Tool (Energy Management Tool), el cual surge como parte de las actividades de investigación del Proyecto de I&D (PID homologado por SCTyP del Rectorado UTN) denominado "Desarrollo de

instrumentos de relevamiento energético y de algoritmos necesarios para un software de gestión de organizaciones”.

EnMa Tool es una herramienta software diseñada para dar soporte a la normativa ISO 50.001 en etapas concretas de los procesos considerados en la misma, de modo que su objetivo principal será brindar información relevante generada a partir de datos sobre el consumo energético propio de la organización. EnMa funciona básicamente computando los datos de consumo eléctrico, y en base a estos datos, la herramienta proporcionará informes que asistirán al personal idóneo a tomar decisiones. Además, recientemente se iniciaron las tareas necesarias para incluir en el alcance de ésta herramienta el cómputo de datos de consumo de otros recursos no renovables: agua y gas.

Se procura como objetivo primordial exponer los avances de la herramienta software en cuestión, considerando como principal avance su desarrollo sobre tecnologías basadas en la nube (cloud computing), lo que permite mejorar su acceso ubicuo (desde cualquier lugar y en cualquier momento), flexibilidad, actualización, seguridad y reducir el impacto ambiental por ser una solución más sustentable. Se describirán las tecnologías utilizadas en esta nueva plataforma y la potencialidad de desarrollar bajo éste paradigma.

4. Desarrollo experimental

En cuanto a los aspectos técnicos, podemos mencionar cuestiones de diseño, de implementación y el paradigma o plataforma de sustento. Como concepto general, se eligieron todas tecnologías open source (de código abierto, es decir no propietarias), debido a su gratuidad, gran potencial, y amplio soporte de la comunidad mundial de desarrolladores.

Para el diseño de la herramienta se optó por el enfoque de la Ingeniería de Software Basada en Modelos (ISBM)^[6], 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 del campo de la Ingeniería de Software.

Para la implementación de la solución, se utilizó el patrón de diseño MVC^[7] (Modelo-Vista-Controlador), un estándar en lo que respecta a desarrollo web, con una gran comunidad de colaboración, ampliamente documentado y validado por su propio éxito en todo tipo de implementaciones.

Todo el desarrollo opera bajo el paradigma cloud computing (computación en la nube), es decir como un servicio que se brinda a través de servidores en Internet, lo cual permite a EnMa atender peticiones en cualquier momento y desde cualquier dispositivo (móvil o fijo) ubicado en cualquier lugar, mientras que tenga acceso a Internet y un navegador web.

Esto genera muchos beneficios tanto para el usuario que puede acceder al servicio de manera ubicua, como para la provisión del servicio, flexible y adaptable, que permite una mejor respuesta ante picos de uso del servicio.

Para el desarrollo y la implementación de EnMa Tool se eligieron las siguientes Tecnologías:

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

Como producto de una segunda iteración de éste proyecto se consiguió una aplicación con funcionalidades acotadas al estudio de la eficiencia en Energía Eléctrica. Este primer prototipo cuenta con las funciones principales más relevantes para una primera validación de la interfaz de usuario y manejo basado en la nube, como así también la salida y presentación de algunos reportes básicos.

En la Figura 1 se observa la pantalla principal de facturas cargadas que tendrá cada usuario:

Figura 1

Id	Numero	Fecha Lectura Anterior	Fecha Lectura Actual	Total Factura	Acciones
2041	0000010157	01-12-2015	01-01-2016	\$ 34765	[View] [Edit] [Delete]
2042	0000010805	01-01-2016	01-02-2016	\$ 32065	[View] [Edit] [Delete]
2043	0000011211	01-02-2016	01-03-2016	\$ 30142	[View] [Edit] [Delete]
2044	0000015552	01-03-2016	01-04-2016	\$ 25045	[View] [Edit] [Delete]
2045	0000020291	01-04-2016	01-05-2016	\$ 37894	[View] [Edit] [Delete]
2046	0000032559	01-05-2016	01-06-2016	\$ 36123	[View] [Edit] [Delete]
2047	0000034562	01-06-2016	01-07-2016	\$ 32525	[View] [Edit] [Delete]
2048	0000036318	01-07-2016	01-08-2016	\$ 23646	[View] [Edit] [Delete]

Pantalla de facturas cargadas - GUI web de EnMa

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.). Esto se puede ver en la Figura 2, donde se podrá ver la vista de empresas cargadas en el sistema:

Figura 2

Seleccionar	NIR	Nombre	CUIT	Dirección	Provincia	Localidad	Pot. Pico	Pot. F. Pico	Acciones
Seleccionar >	1-11111111-11	EMPRESA I	20-11111111-2	124 N° 111	Buenos Aires	LA PLATA	250	450	[Edit] [Delete]
Seleccionar >	2-22222222-22	EMPRESA II	20-22222222-3	124 N° 222	Buenos Aires	LA PLATA	100	123	[Edit] [Delete]
Seleccionar >	3-33333333-33	EMPRESA III	20-33333333-4	124 N° 333	Buenos Aires	LA PLATA	120	240	[Edit] [Delete]
Seleccionar >	1-2312312-31	EMPRESA 4	20-11111111-2	R4343543	Buenos Aires	LA PLATA	123	234	[Edit] [Delete]

Page [lopage] of 1, showing 4 records out of 4 total, starting on record 1, ending on 4

< Anterior Siguiete >

Pantalla de empresas registradas - GUI web de EnMa

Para cada empresa a registrar, el usuario podrá cargar y ver todos los datos referentes a la misma en la vista de Detalle de Empresa:

Figura 3

The screenshot shows a web interface for adding invoices. On the left is a navigation menu with 'Empresas', 'Datos Generales', and 'Usuarios'. The main area is titled 'Facturas Agregar' and 'EMPRESA I'. It contains two columns of input fields: 'Fecha Lectura Anterior' and 'Potencia Pico Contratada' (value: 60) on the left; 'Fecha Lectura Actual' and 'Potencia Fpico Contratada' (value: 100) on the right. Below these is a 'Consumos' table with the following data:

Descripción	Estado Anterior	Estado Actual	Consumo	Constante	Precio	Monto	Precio Sub.	Monto Sub.
Capacidad contratada - Hora Pico	123	0	0	0	15.910	0	15.920	0
Capacidad contratada - Hora fuera de pico	120	0	0	0	11.170	0	11.170	0
Consumo Energía Activa - Pico	80	0	0	0	0.376	0	0.096	0
Consumo Energía Activa - Resto	156	0	0	0	0.365	0	0.083	0
Consumo Energía Activa - Valle	122	0	0	0	0.352	0	0.073	0

Pantalla de detalle de empresa - GUI web de EnMa

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 4). 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.

Figura 4

The screenshot shows the 'Impuestos' section of the web interface. It features three columns of input fields for tax amounts: 'Res. ENRE 347/12 Mantenim 20%' (value: 0), 'Recargo Reactiva' (value: 0), and 'Res. SE 1866/05' (value: 0). Below these are 'Total' (value: 0) and 'Subsidio' (value: 0) fields. The 'Subtotal c/subsidio' field also shows 0. Below this is a table of taxes with the following data:

Descripción	Porcentaje	Monto
Fdo Prov Santa Cruz	0.6%	
IVA	27%	
Contrib. Municipal	6.424%	
Contrib. Provincial	0.6424%	
Percep. IVA RG 2048/08	3%	

At the bottom, the 'Subtotal c/ Impuestos' field shows a value of 0.00.

Pantalla de detalle impositivo - GUI web de EnMa

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 50.001 y servirán como información relevante para la toma de decisiones en aspectos de eficiencia energética.

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 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 versiones posteriores se agregará la posibilidad de que el usuario pueda armar los reportes mediante la interacción con la interfaz web.

Figura 5



Pantalla de reporte cuantitativo sobre el consumo - GUI web de EnMa

5. Análisis de Resultados

En cuanto al aspecto de ahorro energético, se pudo comprobar que la registración y monitoreo mediante la herramienta EnMa permitió detectar las ineficiencias energéticas en las que las organizaciones incurrieran, sobre todo en lo referente a la contratación errónea y la falta de seguimiento de la duración de las multas aplicadas.

En cuanto a aspectos de eficiencia energética de la red y reducción de la contaminación, se observó que estas cuestiones repercuten directamente en la toma de decisiones al momento de elegir la contratación de energía adecuada, evitando un desperdicio de energía no aprovechada, reduciendo los costos operativos y contribuyendo a la reducción de contaminación producida por la generación eléctrica, liberando infraestructura y potencia para el aprovechamiento de las mismas por otras organizaciones locales.

En cuanto a lo técnico, el uso de un paradigma basado en cloud computing permitió un mejor acceso y mayor adaptabilidad a nuevos requerimientos, permitiendo una mayor escalabilidad e independencia del dispositivo elegido para

utilizar el servicio (sólo se necesita un navegador web actualizado). Estos cambios implican una enorme mejoría en comparación con el prototipo desarrollado inicialmente en la primera iteración de desarrollo de éste PID, basado en otras tecnologías.^[8]

En sintonía con los requerimientos de la ISO 50.001, EnMa puede 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 Sistema de Gestión Energética

Con estos aspectos quedan cubiertas las necesidades básicas para implementar un Sistema de Gestión de la Energía, y en futuros avances de la herramienta seguir incorporando funcionalidades que asistan a ésta finalidad.

6. Conclusiones

La reducción del consumo de recursos energéticos puede cambiar el futuro del estado medioambiental, y esto se puede lograr rápidamente si cada organización analiza su propio desempeño energético, y redefine el uso de sus recursos.

Se constató la utilidad de la aplicación para la toma de decisiones sobre las contrataciones del suministro eléctrico y la concientización del consumo energético, y los beneficios del uso de tecnologías basadas en la nube en cuánto a acceso ubicuo y disponibilidad, entre otros.

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 50.001, 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 orientados a la gestión ambiental y optimización en el uso de recursos energéticos.

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 sugerido en el principio del trabajo.

En esta primera etapa de desarrollo, EnMa provee funcionalidades limitadas a la gestión de energía eléctrica pero ha sido suficiente para verificar resultados y validar los métodos y el diseño empleado. En próximas iteraciones del proceso de desarrollo, se prevé que EnMa podrá incorporar datos de consumo de otras fuentes de energía como agua y gas.

7. Bibliografía

[1] ISO - International Organization for Standardization - www.iso.org

[2] ISO 50001 Energy Management Systems
<http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso50001.htm>

[3] 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%20%20inf%2070.pdf

[4] Energía Eléctrica y medio ambiente, Endesa Educa:
http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxv.-la-energia-electrica-y-el-medio-ambiente#energia%20electronica

[5] 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>

[6] Pressman Roger S. “Ingeniería del Software, Un enfoque práctico”. Séptima edición. McGraw-Hill. ISBN: 9786071503145

[7] Jason E. Sweat - PHP Architect's Guide to PHP Design Patterns
https://books.google.com.ar/books?id=hV_LyQwG0zAC&lpg=PA2&dq=patron%20PHP%20MVC&hl=es&pg=PA2#v=onepage&q&f=false

[8] Un marco tecnológico para desarrollo de herramientas software aplicado a Gestión Eficiente de Energía Eléctrica - IV SEMINARIO NACIONAL DE ENERGÍA Y SU USO EFICIENTE