



## Monitoreo energético en los laboratorios de la Universidad de las Ciencias Informáticas

### *Monitoring energy in the laboratory of the University of Computer Science*

**Omar Mar-Cornelio, Nohemi Caedentey-Moreno**

Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.

E-mail: [omarmar@uci.cu](mailto:omarmar@uci.cu), [ncaedentey@uci.cu](mailto:ncaedentey@uci.cu)

Recibido: 20/11/2012

Aprobado: 30/04/2015

#### RESUMEN

En la era de las tecnologías, el consumo energético tiende a ser parte en la gestión de cada organización. Para garantizar el control sobre el consumo energético de la tecnología, se implementan diferentes vías. Sin embargo, el método más usado en la actualidad es la lectura sistemática de los metros contadores, mecanismo que no genera informes en intervalos de tiempos menores sobre determinados comportamientos. El presente trabajo describe una solución a dicha problemática con la automatización del proceso, para lo cual se codificó un sistema informático que utiliza como motor de inferencia la herramienta de monitoreo Nmap *Network Mapper*. El sistema genera además un conjunto de reportes que facilita la toma de decisiones a los directivos de la empresa, en función de cumplir los planes trazados.

**Palabras clave:** consumo eléctrico, control energético, monitoreo tecnológico, monitoreo de red.

#### ABSTRACT

*In the age of technology, energy consumption tends to be part in the management of each organization. To ensure control over energy consumption of technology, different routes are implemented. However, the method most used is the systematic reading of electricity meters, a mechanism that does not generates reports in intervals of shorter times on certain behaviors. The article describes a solution to such problematic, with the automation of the process for which a computer system was encoded that used as engine inference the monitoring tool Nmap Network Mapper. The system also generates a set of reports to aid the decision making of managers of the company, in function to fulfill the plans.*

**Key words:** power consumption, energy control, technological monitoring, network monitoring.

## I. INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de las tecnologías ha sido posible la generación de electricidad por diversas vías como la transformación de la energía solar en eléctrica, la utilización de las fuentes hidráulicas, la generación eólica, la manipulación de la energía atómica, la utilización de la descomposición orgánica para fabricar material inflamable. El método tradicional implementado en casi todos los países del mundo y que representa un 90% de la generación en Cuba, se sustenta en las termoeléctricas, las cuales se nutren de combustibles fósiles no renovables. Ello origina grandes cantidades de gases de efecto invernadero y la generación de lluvia ácida a la atmósfera, junto a partículas volantes que pueden contener metales pesados altamente dañinos al medio ambiente.

Teniendo en cuenta el impacto económico y medio ambiental que representa la generación eléctrica, es necesario crear políticas e implementar técnicas novedosas que garanticen el uso racional del recurso [1]. Pero ninguna política es creíble si se limita a una declaración de intenciones y únicamente depende de la voluntad de directores y empleados. Para que una política de ahorro energético tenga éxito, es imprescindible determinar objetivos concretos [2].

Si bien es cierto que el crecimiento económico y social depende en gran medida de la disponibilidad de este servicio, es necesario una buena planificación y control que posibilite su uso racional en medio de las dificultades económicas.

En la actualidad existen dos tendencias de ahorro donde se aboga por la introducción de energía renovable [3] y, la planificación y control de los recursos energéticos. Para las instituciones que soportan sus procesos sobre las tecnologías representa un reto establecer dicho control y garantizar el cumplimiento de las medidas de ahorro establecidas para el sector estatal [4, 5]. Ejemplo de esto lo representa la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) la cual cuenta con 151 laboratorios de cómputo lo que denota una cifra significativa de computadoras, usadas diariamente por estudiantes y trabajadores.

Se determinó configurar la administración de energía de cada computadora así como hacer recorridos periódicos que permitan llevar el control de la cantidad de medios encendidos y estimar el consumo de energía promedio que se gasta. Los edificios destinados a la docencia cuentan con oficinas, aulas, salones de conferencias y laboratorios de cómputos. Para determinar el consumo se cuenta con un metro-contador que muestra el consumo general por área, supervisado diariamente por los especialistas. Esto imposibilita conocer el comportamiento energético en intervalos de menor tiempo y bajo determinadas circunstancias. Estas medidas fueron tomadas por la Universidad en aras de lograr un mayor ahorro energético, cumpliendo con los lineamientos de la política económica para el país.

Si bien los mecanismos de control de cada organización son autónomos, el factor humano representa hoy el centro de control para garantizar el cumplimiento de las políticas establecidas [7, 8]. Esto en muchas ocasiones introduce un alto grado de incertidumbre, poca objetividad e insuficiente información para tomar decisiones en tiempo real. Gracias a informes publicado se conoce que el 30% del consumo energético de los ordenadores se produce cuando estos se dejan encendidos sin estar usándose [9, 10]. Ello representa una deficiencia por mitigar en muchas instituciones [11].

Las herramientas de administración de energía son una forma de conocer si las computadoras y monitores están apagados cuando no se requiera o cuando estén en estado de inactividad [12, 13, 14]. La literatura científica relaciona un número de herramientas para conocer el consumo de electricidad en Sistemas de Cómputos [15, 16]. La tabla 1 presenta una caracterización de las principales herramientas existentes.

## MONITOREO ENERGÉTICO EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

**Tabla 1.** Caracterización de las herramientas analizadas

No.	Herramientas	Características	Desventajas
1	Herramienta Granola	Aplicación de gestión de energía. No provoca pérdidas de rendimiento. No necesita hardware adicional. Gratuito para uso personal.	Software propietario. No permite personalizaciones. Requiere de la instalación de un cliente en los medios a controlar.
2	PowerTOP	Es una herramienta principalmente destinada al ahorro de energía. Informa de aquellas aplicaciones que impiden el uso óptimo de las características de ahorro de energía del hardware que está instalado.	Requiere de la instalación de un cliente en los medios a controlar. Implementada para sistema operativo Linux.
3	Sistemas de Gestión y Monitoreo de Redes	Se ejecutan en dispositivos de Windows o Linux. Almacena los datos registrados para su posterior consulta.	Requiere de la instalación de un cliente en los medios a controlar.
4	Hping3	Cliente ligero que permite realizar conexiones tipo Ping. Desarrollada para ser utilizada en la terminal de Linux.	Requiere de la instalación de un cliente en los medios a controlar.
5	WhatsUp	Herramienta de monitoreo de redes y aplicaciones. Proporciona información y comprensión sobre el rendimiento y la disponibilidad. Permite visualizar la red en cualquier momento y permite centralizar sitios remotos.	Requiere de la instalación de un cliente en los medios a controlar. Codificada para sistemas Windows.
6	Nagios	Es un sistema de monitoreo. Emplea una arquitectura de servidor/agente.	Requiere de configuraciones previas. Requiere de la instalación de un cliente en los medios a controlar.

Las herramientas caracterizadas requieren de la instalación de agentes o clientes en los medios tecnológicos a chequear y poseen una implementación con tecnologías propietarias impidiendo modificaciones o personalizaciones. Sobre el análisis antes expuesto se evidencia que las herramientas analizadas no son factibles para dar respuesta a la necesidad de controlar energético existente. Por lo que se decide desarrollar una aplicación que permita automatizar el control energético de la tecnología utilizando software libre que no requiera de la utilización de agentes instalados en los medios a controlar.

## II. MÉTODOS

La propuesta para el control energético de la tecnología utilizando herramienta de monitoreo de red Nmap, en su versión 1.0, está orientado a soportar la gestión de reportes sobre el comportamiento del consumo energético de la tecnología a los diferentes especialistas y directivos [17]. El mismo cuenta con un módulo de administración que permite gestionar usuarios, áreas, laboratorios o locales, así como programar o reprogramar las tareas del Cron<sup>1</sup> de Linux. El módulo de reporte, permite la gestión de los datos almacenados en dependencia de los criterios de búsquedas y un módulo escanear que permite la identificación de los sistemas de cómputos encendido y conectado a la red.

Para garantizar el correcto funcionamiento, intervienen entidades que se relacionan entre sí formando en su conjunto un sistema como son:

Cron Linux: Entidad encargada de iniciar la herramienta de escaneo de forma automática.

Nmap: Subsistema que ejecuta las peticiones previamente definidas en el cron o por solicitud del usuario [18].

Reporte: Contiene la información de los resultados obtenidos.

Portal: Es la entidad que recibe las peticiones del usuario y se encarga de procesar y devolver la solución.

WSDL: Servicios Web que pueden ser consumidos.

Usuario: Representa la persona que interactúa con el portal solicitando una respuesta.

Se definieron tres actores fundamentales. El usuario, encargado de interactuar con el sistema para beneficiarse de las funcionalidades, el Administrador, encargado de la gestión de usuarios, áreas, laboratorios, y el administración del Cron. Nmap, encargado de escanear la red.

La figura 1, muestra una representación visual estática del entorno real de los objetos del sistema. Permite comprender los conceptos que utilizan los usuarios con los que deberá trabajar la aplicación.

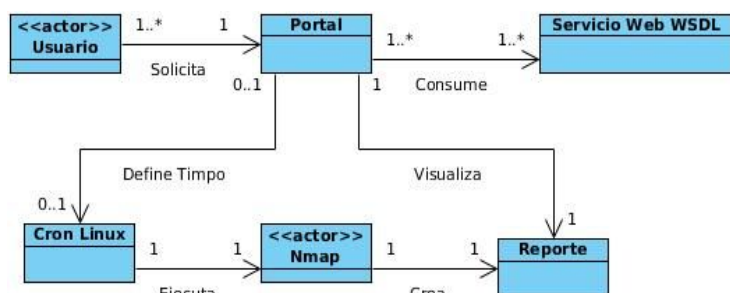


Figura 1. Diagrama del Modelo de Dominio

El módulo escanear, permite realizar el monitoreo en tiempo real utilizando Nmap en su versión 5.0 para el sistema operativo Linux en modo consola, para la exploración de red. Posee alto grado de reconocimiento entre los administradores de red por ser software libre. Permite realizar diferentes tipos de escaneo para intentar minimizar la detección por parte del sistema encuestado, estar diseñado para analizar rápidamente redes de gran tamaño, entre otras características. Además de la

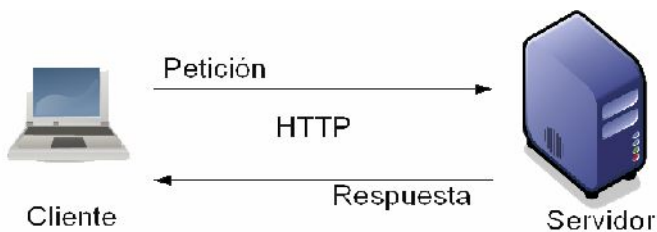
<sup>1</sup>Cron: Programa informático que realiza tareas a intervalos regulares en sistemas tipo UNIX.

## MONITOREO ENERGÉTICO EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

utilidad que brinda para ofrecer información adicional sobre las PC, incluyendo los nombres DNS, sistemas operativos posibles, los tipos de dispositivos, y las direcciones MAC [19].

Dentro de los patrones y estilos arquitectónicos utilizados como plantillas para describir la estructuración y organización de los casos de uso se encuentra Cliente-Servidor.

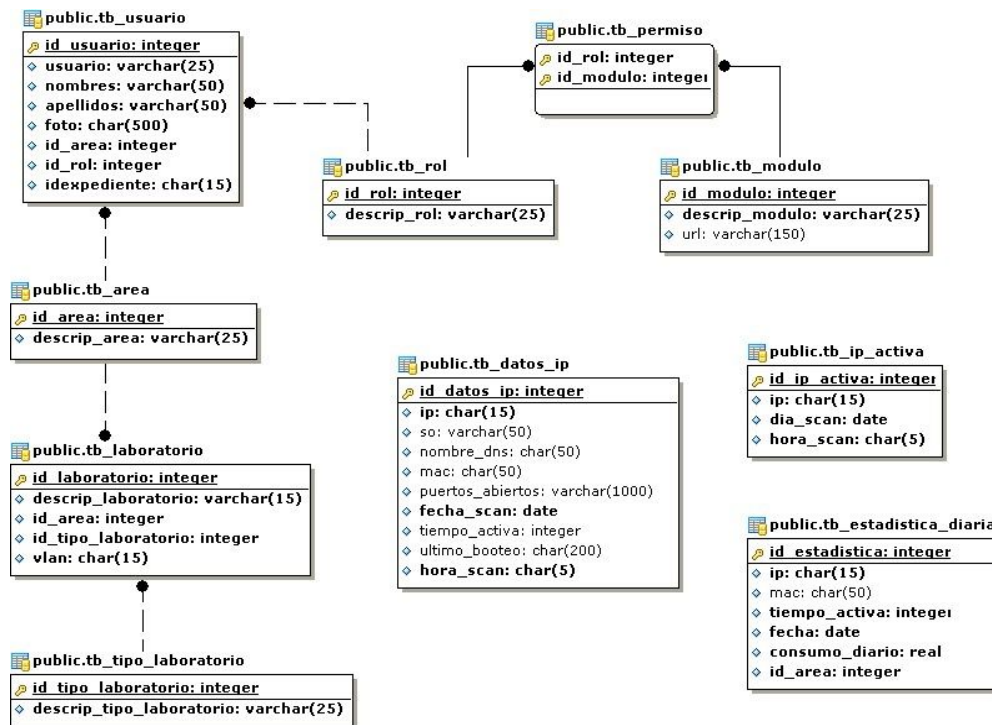
Esta arquitectura se divide en dos partes claramente diferenciadas: servidor y clientes. La figura 2, muestra los elementos que intervienen sobre la arquitectura utilizada, el servidor será un procesador potente que actúa de depósito de datos funcionando como Sistema de Gestión de Bases de Datos SGBD y Servidor Web. Los clientes serán estaciones de trabajo que solicitan los servicios al servidor. Ambas partes deben estar conectadas entre sí mediante una red. Esta tecnología le proporciona al usuario final el acceso transparente a la aplicación y datos desde múltiples plataformas.



**Figura 2.** Cliente-Servidor

Es el estilo de arquitectura de software utilizado fue el Modelo Vista Controlador (MVC) dado que permite separar el código fuente de la aplicación en tres grupos: Modelo, Vista y Controlador. El modelo será el encargado de la comunicación con el SGBD y la lógica de negocio y el controlador será el responsable de recibir los eventos de entrada desde la vista [20].

Para garantizar el proceso de recuperación de las informaciones procesadas por el sistema, se implementa una base de datos. La figura 3, muestra una vista de la estructura y relación de sus tablas.



**Figura 3.** Representación gráfica de la base de datos

Dentro de los requerimientos para el correcto funcionamiento del sistema, es necesario que estén en buen estado técnico las conexiones de red permitiéndose la recogida de la información que será almacenada en el servidor para su posterior uso mediante las peticiones de los usuarios. Las estaciones remotas de la aplicación que son objeto de monitoreo deben poseer tarjeta de red de 10 Megabytes (Mb) o superior y estar conectadas a la LAN universitaria. El servidor por su parte como requisitos mínimos debe tener un microprocesador Pentium IV, una memoria operativa de 1.0 Gigabytes (Gb), una capacidad de almacenamiento de disco de 80 Gb y una tarjeta de red de 100 Megabytes (Mb).

Para el correcto funcionamiento del sistema propuesto, es necesario garantizar como requisitos de Software para el servidor un Sistema Operativo Linux. Servidor Web Apache 2.2.4 o superior, Servidor de Bases de Datos PostgreSQL 9.1 o superior, PHP 5.2.3 o superior. Para la correcta visualización del sistema por las estaciones clientes se requiere Sistema operativo Linux, navegadores Mozilla (versión 20 o superior).

## II. RESULTADOS

A través del diagrama de despliegue mostrado en la figura 4 se muestra la configuración de los nodos que participan en la ejecución de los componentes que residen en ellos. Describen la arquitectura física de la aplicación durante la ejecución, en términos de: procesadores, dispositivos, componentes de software. La vista de despliegue representa la disposición de las instancias de componentes de ejecución en instancias de nodos conectados por enlaces de comunicación.



Figura 4. Diagrama de Despliegue de la Aplicación

El nodo Pc Cliente correspondiente a la computadora cliente representa todas aquellas PC que se empleen por los usuarios para acceder a la aplicación. El servidor App representa el servidor donde está alojada la aplicación destinada al control energético y su correspondiente base de datos. El servicio WSDL (*Web Services Description Language*) representa gráficamente los servicios Web que brinda la UCI a la comunidad universitaria.

A través de la figura 5, se muestra un reporte general del comportamiento energético dada la cantidad de estaciones de trabajo que se encontraban consumiendo energía en un horario de tiempo dado. La misma podrá ser generada por usuarios autorizados y posibilita la búsqueda bajo los parámetros de fecha, hora, área o laboratorios. La gestión está soportada de modo que la interfaz de entrada requiera los valores de fecha y hora, siendo el resto opcionales.

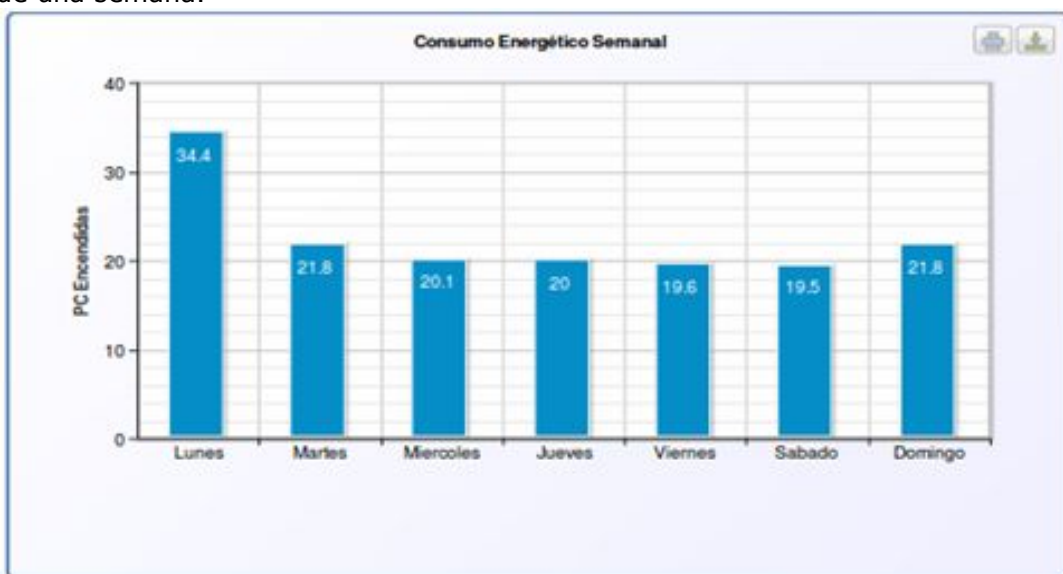


## MONITOREO ENERGÉTICO EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS



**Figura 5.** Vista rápida del comportamiento energético

En la figura 6 se visualiza una gráfica de consumo energético dado el promedio de ordenadores encendidos en el periodo de una semana desglosada por días. La misma realiza estudios comparativos del comportamiento energético por los días de una semana. La vista, si existe desviaciones de los planes energéticos, permite conocer el comportamiento diario durante el período de una semana.



**Figura 6.** Gráfica que muestra el consumo energético semanal de un docente

La figura 7 permite visualizar una gráfica con el comportamiento de la energía utilizada por los medios tecnológicos durante el periodo de un año en los edificios docentes, el reporte muestra barras de diferentes colores las que representan el comportamiento de cada docente dividido por meses. Facilita un panorama histórico sobre la tendencia energética de las áreas.



Figura 7. Gráfica que muestra el comportamiento anual de los docentes

La figura 8 visualiza una gráfica en forma de pastel, con el promedio de los sistemas de cómputos que permanecen encendidos diariamente en cada área. Se puede obtener el acumulado mensual separados por áreas. Dicha vista nos permite un panorama rápido para determinar las áreas que más inciden sobre el consumo energético.

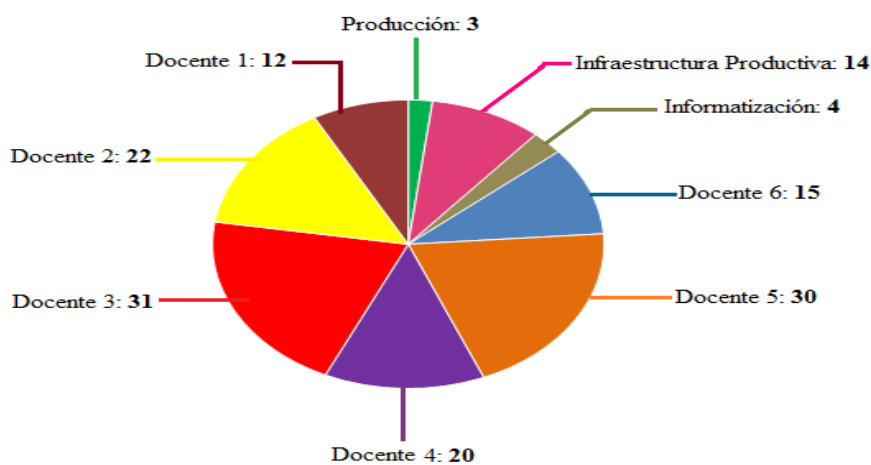


Figura 8. Promedio de PC encendidas por área

En la figura 9 la curva representa la variación del consumo energético correspondiente al total de ordenadores que se encontraban encendidos a una determinada hora, con lo que es posible determinar el comportamiento de las áreas implicadas en horarios críticos como es la madrugada, donde el acceso de estudiantes y profesores baja significativamente



## MONITOREO ENERGÉTICO EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

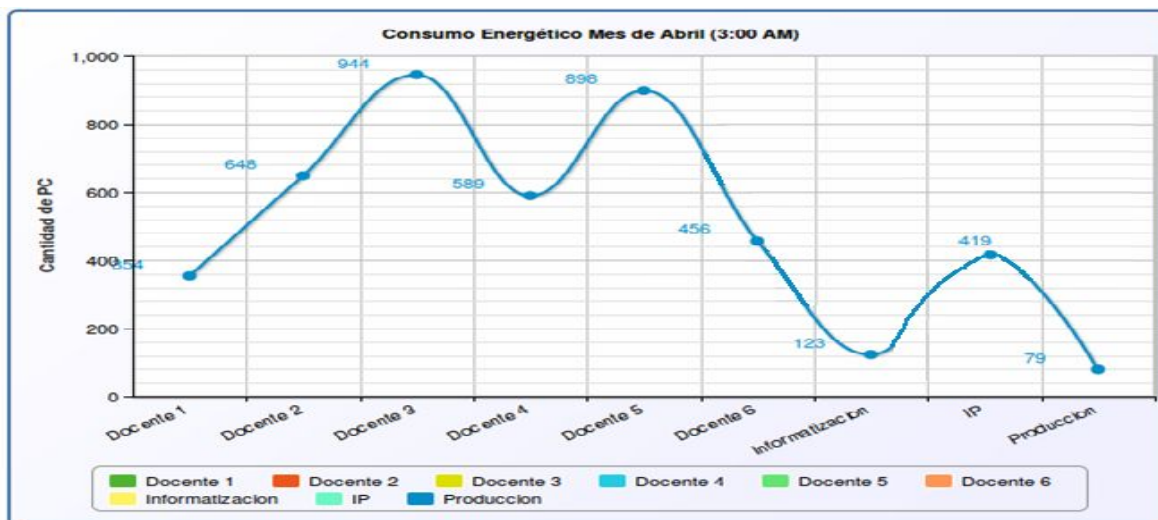


Figura 9. Consumo energético mensual por área dado un horario

### IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos con la aplicación del monitoreo energético de la tecnología en los laboratorios de la UCI, logran satisfacer el objetivo planteado sobre la base de la problemática existente. Con la utilización de la herramienta de monitoreo de red Nmap se obtienen reportes sobre la explotación energética de la tecnología en tiempo real.

Los datos almacenados en la base de datos sobre los eventos detectados, posibilitan investigar tendencias y comportamientos históricos.

Después de analizar los reportes dinámicos que son generados, se obtiene la información presentada a los directivos y especialistas para la toma de decisiones en las actividades administrativas.

Para futuras investigaciones, se debe considerar la integración de un módulo que funcione como agente en los ordenadores clientes que permita la auto programación de apagado, representando ésta la principal desventaja de la propuesta presentada por los autores.

A pesar de los numerosos esfuerzos realizados por especialistas y directivos en su labor educativa diaria existe incumplimiento de las reglamentaciones, identificándose un conjunto de tendencias negativas sobre el comportamiento energético. La gestión de los directivos y especialistas con las informaciones obtenida permitió enfocando las principales acciones de control sobre las áreas incumplidoras.

Con la herramienta propuesta, es posible relacionar comportamientos energéticos para cualquier empresa que sustente sus procesos sobre las tecnologías y se encuentren interconectados sus ordenadores.

El monitoreo de la red telemática, posee una visión futurista ya que la tendencia del mundo y Cuba se centra en la interconexión de los ordenadores en grandes redes de datos. Partiendo del principio mencionado utilizar herramientas para el monitoreo de red implementa un mecanismo que permite inferir el consumo energético y la existencias de tendencias de derroche.

### V. CONCLUSIONES

1. El sistema diseñado permite, a organizaciones con gran número de ordenadores en su modelo de gestión, la implementación de mecanismos que emitan información sobre el consumo energético de la tecnología, sin crear programas clientes de instalación en los medios a controlar.
2. Con el monitoreo energético de la tecnología para los laboratorios de la UCI, se pudo obtener una base de datos con informaciones relevantes para que los principales especialistas y directivos tomen decisiones sobre las áreas que posean una tendencia inadecuada en el consumo energético.
3. Mediante los informes generados fue visualizado el comportamiento que poseen las áreas analizadas en diferentes períodos siendo posible la identificación las áreas de mayor consumo energético.

## VI. REFERENCIAS

1. Sousa JMD, et al. Comunicação da responsabilidade social nos websites de distribuidoras de energia: um estudo comparado Brasil e França. Administrativa de Araçatuba. 2008;7( 4):p. 107-19. ISSN 1517-8900.
2. Duart V. Eficiencia y ahorro energético: contribución del sector de las tecnologías de la información. Universia business review-actualidad económica. 2007 (1). ISSN 1698-5117.
3. Arturo GC, al. e. Bondades de la eficiencia energética y las energías renovables en el sector habitacional: caso cd. Juárez Chihuahua, México. GCBF. 2012;7( 2 ). ISSN 1941-9589.
4. Bornacki L. Uma estimativa da demanda industrial de energia elétrica. Organizações Rurais & Agroindustriais; 2008. [Citado:05/08/2014]. Disponible en: [http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=8781713001]
5. Barros H, Chaddad F. Políticas para a inovação no Brasil: efeitos sobre os setores de energia elétrica e de bens de informática. Administrativa de Araçatuba. 2009; 43(6):1459-86. ISSN 0034-7612.
6. PCC. Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución aprobados en el VI Congreso: Partido Comunista de Cuba; 2011. ISBN 953-025-152-6. DOI [Citado Disponible en: www.granma.co.cu/Dossiers/LineamientosVICongresoPCC.pdf.
7. Mezquita E, Monfort E, Vaquer S, et al. Optimización energética en la fabricación de baldosas cerámicas mediante el uso de aceite térmico. . Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. 2012 51(4):183-90. ISSN 0366-3175. DOI
8. Clovis A, Kronbauer M. Evidenciação e análise de carga tributária: um estudo em empresas brasileiras do setor de energia elétrica. Revista de Contabilidade e Organizações. 2009;3(7):3-24. ISSN 1982-6486. DOI
9. Morales R. La industria informática fracasa en el ahorro energético 2011. [Citado 2012-08-25]. Disponible en: http://www.tendencias21.net/La-industria-informatica-fracasa-en-el-ahorro-energetico\_a2284.html
10. Pilar M. Por un mundo más sostenible. Quadernsanimacio. 2015 (21). ISSN 1698-4404.
11. Cárcel F, Grau C. Supervisión energética para monitorización y control de consumo eléctrico. Un caso práctico. Tecnología. 2015;4(1). ISSN 2254-4143.
12. Bertrand R, Morales M. Análise e avaliação do mercado reprimido de energía no contexto do desenvolvimento limpo na Região Administrativa de Araçatuba. 2009;43(4):p. 875-96. ISSN 0034-7612. DOI
13. Castagnino P. PowerTOP Ahorra energía con Linux en procesadores Intel. 2011. [Citado 2012-08-25]. Disponible en: <http://usemoslinux.blogspot.com/2010/06/powertop-ahorra-energia-con-linux-en.html>
14. Carolins S, Edson D. La eficiencia energética como herramienta de gestión de costos: una aplicación para la identificación de inversiones de en eficiencia energética, su evaluación económica y de riesgo. Revista del Instituto Internacional de Costos. 2012; (Edición Especial). ISSN 1646-6896.
15. Leyat F, Aballe L, Carbonell T. Aplicación de Gestión Total Eficiente de Energía en el Centro Internacional de Salud "La Pradera". Ingeniería Energética. 2014; XXXV(2):112 - 21. ISSN 1815 - 5901.
16. Pilar R, al. E, Dyna. Mejoramiento de la eficiencia energética en la industria del cemento por proceso húmedo a través de la implementación del sistema de gestión integral de la energía. 2013;80(177): 115-23. ISSN 0012-7353.
17. Gnometips G. Gestor del consumo de energía 2010. [Citado 2012-09-2]. Disponible en: [www.cliensol.es/medicion-energia-hogar-empresas.htm](http://www.cliensol.es/medicion-energia-hogar-empresas.htm).
18. Nmap O. Guía de referencia de Nmap. 2011. [Citado 2012-09-2]. Disponible en: http://nmap.org/man/es/index.html]
19. Schmid P. The Truth About PC Power Consumptio. 2010. [Citado 2012-09-2]. Disponible en: [www.cliensol.es/control-de-energia-profesional.html](http://www.cliensol.es/control-de-energia-profesional.html)
20. LARMAN C. UML y patrones: Introducción al análisis y programación orientada a objetos. 1999. [Citado 2012-09-2]. Disponible en: [www.scribd.com/doc/46203833/UML-y-Patrones-Craig-Larman](http://www.scribd.com/doc/46203833/UML-y-Patrones-Craig-Larman).