



Auditoría Energética en Edificio Multifuncional: Diagnóstico, Recomendaciones y Resultados.

Ruth Concepción Alvarez Páez¹, Carlos Manuel Cardozo²

Facultad Politécnica UNE

Paraguay

RESUMEN

Una auditoría energética es una inspección, estudio y análisis y recomendaciones de los flujos de energía con el objetivo: primero, de comprender dinámica del consumo de energía del sistema bajo estudio y segundo, proponer recomendaciones para optimización del consumo energético. Las auditorías energéticas inicialmente se hicieron populares en dar respuesta a la crisis energética de 1973 y años posteriores. El interés en las auditorías energéticas ha aumentado recientemente como resultado de la creciente comprensión del impacto humano sobre calentamiento global y el cambio climático.

En nuestro país, a pesar de ser conocido y ampliamente divulgado las pérdidas en el sector energético, especialmente en el eléctrico, no existe ninguna política que busque minimizarlos. Proponer una metodología para su amplia aplicación en el país constituye uno de los principales motivos de este trabajo. Una auditoría energética se lleva a cabo para buscar oportunidades para reducir la cantidad de energía de entrada en el sistema sin afectar negativamente la salida. La limitación de la demanda, la mejora de la eficiencia de los equipos de consumo energético, y la posibilidad del uso de fuentes de energía renovables, nos acercan al objetivo final que no es otro que obtener un ahorro energético, y por tanto económico y medioambiental.

Se debe realizar una auditoría energética siempre que en un determinado lugar se crea que: se emplean aparatos poco eficientes; se lleva a cabo un escaso mantenimiento en los equipos; se producen pérdidas de calor o de frío por un aislamiento deficiente; hay un desconocimiento de los hábitos adecuados de consumo. En ella se debe analizar, con la ayuda de equipos de medición, y realizar un diagnóstico energético de las instalaciones, por lo menos en lo que respecta a: hábitos de consumo; equipos de calefacción y climatización; equipos eléctricos; equipos de iluminación; aislamiento térmico de la instalación.

Por lo tanto, la Auditoría Energética aquí propuesta es un proceso integral para mejorar la eficiencia energética de un edificio ya construido de departamentos, oficinas y salones comerciales, con áreas comunes internas y externas. En el aspecto económico, la eficiencia energética tiene un condicionante, que es la rentabilidad económica. Para esta condicionante, se tiene un procedimiento clásico de cálculo de la rentabilidad de las mejoras energéticas, que requiere conocer la conveniencia de la inversión efectuada y el ahorro económico obtenido. El trabajo propuesto forma parte de una investigación de tesis de maestría y presenta las distintas etapas envueltas en un estudio de auditoría energética de un edificio multifuncional, a mencionar, divisiones de áreas, flujo del proceso, análisis económico, recolección de datos, análisis de mejoras. El objetivo principal de la

propuesta es suministrar una secuencia lógica de los trabajos y orientar a los profesionales en la realización del diagnóstico, las recomendaciones y las mejoras que pueden ser obtenidas.

PALABRAS CLAVES

Auditoría Energética, Flujos, Dinámica, Consumo, Eficiencia Energética.

1. AREAS A AUDITAR

Por tratarse de un edificio Multifuncional, las áreas a auditar serán separadas conforme indicado en la figura 1 a seguir:



Fig.1. Las áreas comunes internas incluyen, básicamente, pasillos, salones multiuso, quincho y estacionamiento. Las áreas externas se refieren a fachadas, piscina y jardines.

2. FLUJO GENERICO DEL PROCESO

La auditoría energética es un proceso sistemático mediante el que:

- a. Se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético del edificio.
- b. Se detectan los factores que afectan al consumo de energía.
- c. Se identifican, evalúan y ordenan las distintas oportunidades de ahorro de energía, en función de su rentabilidad.

En función a estos puntos, se puede definir un flujo genérico de implementación de una auditoría energética sobre la base de niveles de complejidad dado por:

NIVEL 1

- a. Evaluación del estado general de las instalaciones mediante inspección técnica, revisión de facturas y principales consumos.



X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

- b. Elaboración de informe del estado general de las instalaciones.
- c. Propuesta de medidas y recomendaciones.

NIVEL 2

- a. Análisis de sistema e instalaciones con mayor profundidad.
- b. Toma de datos con mediciones a través de instrumentos eléctricos, térmicos, hidráulicos, etc.
- c. Elaboración de estimaciones económicas de inversión, ahorro e amortización.

NIVEL 3

- a. Estudio completo de todos los servicios, instalaciones y sistemas.
- b. Inventario completo de sistemas, analizando el uso, mantenimiento, régimen de funcionamiento y condiciones de operación de todos los equipos.
- c. Simulación informática del sistema.
- d. Calculo detallado del ahorro energético y reducción de costos.
- e. Cálculo económico detallado.
- f. Propuesta de ejecución o asesoría en la contratación.
- g. Acompañamiento por tiempo definido de los trabajos realizados.

3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Como toda actividad empresarial, la eficiencia energética tiene un condicionante, que es la rentabilidad económica. Aunque cada empresa tiene su sistema y sus criterios para medir la rentabilidad y establecer sus prioridades, aquí se incluye un procedimiento clásico de cálculo de la rentabilidad de las mejoras energéticas, que requiere conocer la conveniencia de la inversión efectuada y el ahorro económico obtenido.

3.1 Datos de partida

Antes de efectuar los cálculos se han de tener conceptos claros del proceso económico y reunir los datos de base que se relacionan y explican a continuación:

Inversión: Valoración de los equipos que hay que adquirir y los trabajos que hay que realizar, a los precios vigentes en el mercado, todo ello de acuerdo con una especificación funcional.

DCE Disminución Anual de Costos Energéticos (\$/año): Valoración del ahorro en costos energéticos, consecuencia de la implantación de la mejora energética.

ACMO Aumento Costos de Mantenimiento/Operación (\$/año): Valoración del incremento anual de los costos de mantenimiento y de operación asociados a la mejora energética introducida.



X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

AEA Ahorro Económico Anual (\$/año): Valoración del ahorro económico anual resultante, que se obtiene aplicando la expresión siguiente:

$$\text{AEA} = \text{DCE} - \text{ACMO} \quad (1)$$

BNA: es el valor actual del flujo de caja o beneficio neto proyectado, el cual ha sido actualizado a través de una tasa de descuento.

TD: Tasa de descuento con la que se descuenta el flujo neto proyectado, es el la tasa de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima, que se espera ganar.

3.2 – Conceptos de VAN Y TIR

El VAN y el TIR son dos herramientas procedentes de las matemáticas financieras que suministran indicadores que permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión. Ambos indicadores serán aquí aplicados.

La fórmula del VAN es:

$$\text{VAN} = \text{BNA} - \text{Inversión} \quad (2)$$

$\text{VAN} > 0 \rightarrow$ el proyecto es rentable.

$\text{VAN} = 0 \rightarrow$ el proyecto es rentable también, porque ya está incorporado ganancia de la TD.

$\text{VAN} < 0 \rightarrow$ el proyecto no es rentable.

La TIR es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el BNA sea igual a la inversión (VAN igual a 0). La TIR es la máxima TD que puede tener un proyecto para que sea rentable, pues una mayor tasa ocasionaría que el BNA sea menor que la inversión (VAN menor que 0).

4. COLECTA DE DATOS

Se colecta con auxilio de fichas de campo que deberán servir como soporte o modelos de referencia en la ejecución de la auditoria en el edificio. Estas fichas siguen el flujo genérico del ítem 3, es decir, colectan las informaciones de forma adecuada para su posterior tratamiento.

Por lo expuesto, se establecen tres bloques diferenciados de tipos de fichas:

4.1.- Datos del Nivel 1

Relativo a los datos generales, donde se contempla la descripción de parámetros relativos a:

- a. Localización del edificio y su diagrama unifilar básico.
- b. Acometida eléctrica y los transformadores de alimentación.
- c. Equipos de medida.
- d. Tablero general y seccionales, con diagramas unificables y valores de los disyuntores de protección.
- e. Datos generales de facturación eléctrica.

En este bloque se confeccionaran tantas fichas como transformadores y cuadros eléctricos seccionales sean objeto de la auditoria.



X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

4.2 Datos del Nivel 2

Relativo a las características propias de las instalaciones del edificio. Por el detalle exigido en este bloque, donde se contempla la descripción de las áreas componentes, tales como: área común, departamentos, oficinas y salones comerciales, se propone un conjunto de fichas individuales por aéreas o por sub áreas. En este bloque se confeccionaran tantas fichas adicionales como indicadas, con objeto de la auditoria.

Las fichas propuestas (F) son las siguientes:

F.1. DATOS GENERALES DEL EDIFICIO.

F.2. DATOS DE OCUPACIÓN Y CONSUMO DEL EDIFICIO.

F.3. CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DEL EDIFICIO.

F.4. ASCENSORES, MONTACARGAS.

F.5. AREAS COMUNES

F.6. DEPARTAMENTOS: cada una de las fichas arriba contienen varias otras sub fichas. Como ejemplo la ficha F.6 incluye:

F6.1 General.

F6.2 Tablero General.

F6.3 Circuitos de toma corriente.

F6.4 Circuitos de Iluminación.

F6.5 Equipos consumidores de Energía.

F6.6 Consumo de gas.

F.7. OFICINAS

F.8. SALONES COMERCIALES

4.3.- Datos del Nivel 3

Este bloque trata de un conjunto de informaciones, por un lado, indican las características optimizables y segundo, propone dichas mejoras. También está compuesta por una serie de fichas, de las mismas áreas de datos del Nivel 2, y agrega tres situaciones específicas:

- a. Situación actual.
- b. Situación propuesta.
- c. Situación futura.

Estas informaciones permiten la evaluación de las mejoras, así como su costo correspondiente.

5. INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

En esta auditoría será utilizado un Analizador de redes, un Luxómetro y un Termo higrómetro.

El analizador de redes es un aparato utilizado para medir, consignar y conservar, registros de los parámetros eléctricos más significativos de una instalación. Para el correcto funcionamiento del equipo y para obtener un conjunto global de mediciones de la instalación se dispone con el



X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

analizador de pinzas voltimétricas y amperimétricas. El Luxómetro es para la medición de niveles de iluminación y el Termohigrómetro para obtención de valores de temperatura y humedad relativa.

6. ANÁLISIS DE LAS MEJORAS ENERGÉTICAS

A partir de los datos del bloque 4.3 que incluye diagnóstico obtenido de las instalaciones existentes y de las mediciones efectuadas se puede analizar y efectuar, mediante simulación, las diferentes opciones de mejora, por separado, o combinadas. Dicha simulación permitirá obtener los efectos energéticos de las mejoras. También permitirá traducirlos en términos económicos, calcular la rentabilidad/viabilidad de las inversiones asociadas, medidas estas en parámetros económicos habituales como retorno simple, la TIR o el VAN, que serán fundamentales para la toma de decisiones de inversión.

Para efectuar todas las correcciones o mejoras necesarias, se sugiere presentar los resultados en una última planilla que incluye por un lado, las mejoras propuestas y por otro, el periodo estimado del retorno de la inversión en años. Esta etapa será efectuada a través de un programa computacional descrito a seguir.

7. TRATAMIENTO COMPUTACIONAL

Realizado a través de un programa elaborado exclusivamente para la evaluación económica del resultado de la auditoria energética del objeto de análisis, en este caso un edificio multifuncional. Utiliza como dato de entrada la planilla mencionada en el Item 5, describe y cuantifica las variaciones del consumo de energía para todas las instalaciones antes y después de la auditoria.

A seguir, cuantifica las inversiones necesarias, por áreas analizadas y finalmente calcula tiempos posibles de retorno de las inversiones.

El programa está escrito en MATLAB y se utiliza todos los recursos “amigables” posible para facilitar al usuario interesado.

8. EJEMPLO DE UNA APLICACIÓN PRÁCTICA

Presentamos a seguir resumidamente los pasos para la realización de la auditoria en los departamentos, es decir vamos entrar directamente al Nivel III del ítem III:

El primer paso será el levantamiento y estudio de toda la instalación de cada departamento. Con esta finalidad se utiliza una serie de fichas con las siguientes informaciones:

- a. *Ficha 1 – GENERAL*: que contiene detalles del departamento, como ser, numero de dormitorios, de baños, tipo de sala, comedor, cocina, área de servicio, lavandería y balcones.
- b. *Ficha 2 – TABLERO GENERAL*: incluye la elaboración de un diagrama unificar detallado y la descripción de sus componentes, como ser; datos completo del interruptor asociado a cada circuito, la finalidad de los circuitos y donde corresponda, la medición de la intensidad de la corriente, esto especialmente para equipos de aire acondicionado, calefacción, ducha, termo calefón, etc.
- c. *Ficha 3 – CIRCUITOS DE TOMA CORRIENTE*: equipos de protección (termo magnético, diferencial), intensidad, sensibilidad, finalidad y conductor. Caso sean circuitos trifásicos, también será evaluada el equilibrio o balance de cargas.
- d. *Ficha 4 – CIRCUITOS DE ILUMINACION*: equipos de protección, intensidad, sensibilidad, finalidad y conductor. Caso sean circuitos trifásicos, también será evaluada el equilibrio o



X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

balance de cargas. Para cada área del departamento, se levantara el tipo de luminaria y lámparas utilizada.

- e. *Ficha 5 – EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGIA*: incluirá todo tipo de equipo utilizado o que podrá venir a utilizarse en el departamento, incluyendo su descripción, consumo de energía y régimen de utilización.
- f. *Ficha 6 – CONSUMO DE GAS*: incluirá la descripción, el consumo y régimen de utilización.

Concluido la fase del levantamiento detallado de los datos, los mismos son cargados al computador, donde se tiene establecido los valores, tipos de equipos y regímenes considerados óptimos para el tipo de instalación analizado, a partir del cual se genera fichas con recomendaciones de las mejoras detectadas. En cada una de estas fichas se describe claramente la situación actual, la propuesta y situación futura.

Las fichas asociadas a las mejoras detectadas pueden ser:

Ficha 1 – CONSTRUCCIÓN: necesidad de adecuar ventanas, clarear áreas, cambiar colores de pared, techo, cortinado, etc.

Ficha 2 – TABLERO Y CIRCUITOS: adecuación del tablero, del sistema de protección y de conductores.

Ficha 3 – ILUMINACION: cambios de luminarias (si necesarias) por área o dependencia, automatizar encendido y apagado, etc.

Ficha 4 – REFRIGERACION: cambio de equipos o sistemas.

Ficha 5 – CALEFACCION: ídem refrigeración.

Ficha 6 – PADRONES DE UTILIZACION: incluye sugerencias de modificación de padrones de utilización de los distintos equipos y componentes del departamento.

Definido todas las mejoras detectadas, se determina los costos de adecuación de las instalaciones y se calcula el ahorro anual y el tiempo de retorno de la inversión. Esta información se le entrega a cada propietario de departamentos del edificio bajo auditoria energética.

9. CONCLUSIONES

Como conclusión se presenta los principales logros y beneficios resultantes de la auditoria propuesta, entretanto, la relación sin ninguna dificultad puede ser ampliada para atender otras necesidades de los usuarios:

- a. Medición y registro de consumos y cargas eléctricas en la alimentación principal durante periodos típicos de consumo.
- b. Selección del plan Tarifario eléctrico más conveniente, según costumbres de consumos actuales y/o plan futuro de consumos.
- c. Confección del diagrama unifilar de distribución de cargas eléctricas al interior de la edificación.
- d. Medición de los principales parámetros de la red eléctrica incluyendo Armónicos y Flickers.
- e. Evaluación y/o selección del sistema de compensación de energía reactiva.



X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

-
- f. Descubrir potenciales de ahorro mediante la identificación de proyectos de mejora de eficiencia.
 - g. Determinación de los indicadores energéticos de eficiencia (Intensidad energética) en función a la producción, al área, al número de empleados o de algún sector de la empresa, lo que le permitirá en algunos casos estandarizar sus consumos para sectores de producción o áreas similares.
 - h. Determinación y evaluación del Factor de carga.
 - i. Evaluación y análisis de los circuitos energéticos existentes, conclusiones y recomendaciones.
 - j. Presentación del proyecto de automatización de consumos energéticos:

Los beneficios visualizados incluyen:

- a. Amplio conocimiento del estado actual en que se encuentra el edificio en cuanto a consumos de energía eléctrica,
- b. Comportamiento de la demanda máxima durante todos los intervalos de 15 minutos del periodo en estudio,
- c. Potenciales de ahorro de energía eléctrica, con la respectiva evaluación Costo-Beneficio para sus implementaciones.
- d. Establecimiento de un plan eficaz de ahorro energético eléctrico
- e. Verificación de facturaciones anteriores del consumo eléctrico en búsqueda de errores que conlleven a recuperar facturaciones erradas, si hubiere.
- f. Verificación del sistema de medición y suministro adecuado de energía.
- g. Elaboración de diagramas unifilares de distribución de la potencia o demanda máxima, que permitirá conocer como se distribuye los kW entre los diferentes consumidores de la edificación en estudio.
- h. Finalmente con toda la información disponible se podrá elaborar un proyecto de monitoreo y control automatizados de consumos energéticos.

10. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] Clark, William. (1998) Análisis y gestión energética de edificios. Métodos, proyectos y sistemas de ahorro Energético. Edit Mc Graw Hill. ISBN: 0-07-011920- 1.
- [2] <http://www.fenercom.com>. Fundación de la energía de la Comunidad de Madrid.
- [3] <http://geyca.com>. Auditorias Energéticas en Edificios.
- [4] <http://idae.es/index.php/idpag.17/reلمenu.329/mod.pags/menu.detalle>. Ahorro y Eficiencia energética en Edificios Públicos.
- [5] http://es.wikipedia.org/wiki/Auditoria_energetica. Auditoria Energética.
- [6] <http://www.solarizate.org/>. La Auditoria Energética del Centro.
- [7] <http://www.camaramadrid.es/asp/pub/descargass/aedie.pdef>. Manual de Auditorias Energéticas.



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

-
- [8] <http://www.waterymex.org/contenidos/pdf/>. Auditoria Energética.
- [9] http://www.corpoema.com/CDenergia/E_01.audito.PDF. Auditoria E.
- [10] http://www.calsi.com/doc_tec/2.pdf. Ejemplo de Auditoria Energética.
- [11] <http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/AomCli.pdf>. Eficiencia Energética en viviendas.
- [12] http://www.asociatio3e.org/img/11a3e_1283332676_a.pdf. Manual de Procedimientos para la realización de Auditorias Energéticas en Edificios.
- [13] http://www.acee.cl/576/article_58544.html. Programa de Eficiencia Energética en edificios Públicos. APRENDA MATLAB 7.0 como si estuviera en primero; Javier García de Jalón, José Ignacio Rodríguez, Jesús Vidal.