

ALTERNATIVAS PARA CALCULOS ECONOMICO-FINANCIEROS DE UN PROYECTO DE AUDITORIA ENERGETICA

Carlos Manuel Cardozo Florentín^a

Clara Isabel Arévalos Silvero^b

^a *Departamento de investigaciones - Facultad Politécnica, Ciudad del Este, Paraguay.*

^b *Departamento de investigaciones - Facultad Politécnica, Ciudad del Este, Paraguay, arevalosclara@gmail.com.*

Resumen

Como toda actividad empresarial, la Eficiencia Energética tiene un condicionante, que es la rentabilidad económica. Si bien cada empresa tiene su sistema, sus criterios para medir la rentabilidad y establecer sus prioridades, en este trabajo se evalúan opciones para tratar los aspectos económicos y financieros de un estudio de Auditoría Energética. Entre los métodos para la evaluación financiera de proyectos de inversión se incluyen aquí los cálculos de: Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Período de Recuperación de la Inversión, y Relación Costo – Beneficio, todos aplicados a los resultados de un trabajo de auditoría energética realizado a una residencia de familia de clase media alta. Además, se presentan conceptos de aplicabilidad de otros métodos de evaluación de proyectos de inversión, tales como: Costo Nivelado (costo unitario promedio de producción de la energía), Análisis Diferencial de Inversiones y Métodos Multicriteriales.

Palabras claves: Eficiencia Energética; Auditoría Energética; Ahorro de energía.

Introducción

Uno de los problemas difíciles que se presentan en la actualidad a los consultores y gerentes de energía es justificar ante la dirección de las empresas, industrias y al público en general, porqué se debe invertir en mejorar la Eficiencia Energética (EE), especialmente si hay otras prioridades reales o aparentes que compiten para usar el capital disponible. Es importante señalar que adicionalmente a los beneficios directos y visibles de las medidas de EE (reducción del consumo de energía), existen otros beneficios potenciales, tales como aumento de productividad, mejor calidad de productos, etc., lo cual también tiene un valor y aunque sea difícil de cuantificar, no debe ser ignorado. Estos beneficios mencionados se pueden alcanzar utilizando una herramienta que es la Auditoría Energética (AE).

La AE es un análisis que refleja cómo y dónde se emplea la energía de una instalación con el objetivo de utilizarla racional y eficientemente. Ayuda a comprender mejor cómo se emplea la energía y a controlar sus consumos, identificando las áreas en las que se presentan posibles despilfarros y en dónde es probable hacer mejoras. Es una evaluación técnica y económica de las posibilidades de reducir el consumo de la energía sin afectar el confort de los usuarios. Consta de una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía, con el objetivo de: primero, comprender la dinámica del consumo de energía del sistema bajo estudio y segundo, proponer recomendaciones para la optimización del consumo energético.

El resultado inicial de una AE es la determinación de una relación de ajustes y modificaciones, que se deben efectuar en las instalaciones auditadas de forma a alcanzar el objetivo, que es la optimización de la EE.

En el proceso de AE se determina el monto global de las inversiones que se deben efectuar. Existe un abanico de alternativas para su aplicación, estas pueden ir desde la

realización de la totalidad de las modificaciones en una única vez, hasta realizarlas en forma parcial en el tiempo. Entonces, se vuelve necesario un estudio económico - financiero para definir la mejor alternativa de inversión para el propietario de la instalación.

Métodos para la Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión

Existen varios métodos para la evaluación de proyectos. Los más difundidos y confiables en la actualidad son aquellos que toman en consideración la variación del valor del dinero en el tiempo al analizar los beneficios y costos esperados durante la vida útil del equipamiento. El valor del dinero en el tiempo toma en consideración que un determinado capital que se tiene en la actualidad en forma de inversión va incrementando su valor monetario en el futuro a la tasa de interés fijada. Dicho de otra forma, el dinero sufre depreciación: una cantidad de dinero tiene más valor en la actualidad que en el futuro, entonces, si el capital es invertido, ganará cierto interés o rendimiento en el tiempo. El interés es compuesto, es decir que para calcular el valor incrementado en un año, el interés no es solo sobre el capital inicial, sino también sobre los intereses generados hasta el año anterior, es decir, se percibe una cantidad adicional debido a la capitalización de los intereses [1].

Valor Presente Neto (VPN)

Es el modelo o método de mayor aceptación, y consiste en la actualización de los flujos netos de fondos a una tasa conocida y que no es más que el costo medio ponderado de capital, determinado sobre la base de los recursos financieros programados con antelación [2]. Se lo define como:

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1+D)^i}$$

Donde: K_0 es la inversión o capital inicial;

Fc_i es el flujo de caja en el año i , $i = 1, 2, \dots, n$; y

D es la tasa de descuento real utilizada.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el Valor Actual Neto (VAN) o valor presente neto (VPN) de una inversión sea igual a cero ($VAN = 0$). El VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente (valor actual), aplicando una tasa de descuento. Este método considera que una inversión es aconsejable si la TIR resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor (tasa de descuento), y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una TIR mayor. Si la TIR es igual a la tasa de descuento, el inversionista es indiferente entre realizar o no la inversión. Si la TIR es menor a la tasa de descuento, el proyecto debe rechazarse [3]. Analíticamente la TIR se obtiene a partir de:

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1+TIR)^i}$$

Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

Es el tiempo en que se recupera la inversión inicial para una tasa de descuento D considerada. Se calcula como el momento para el cual el VPN se hace cero.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^{PRI} \frac{Fc_i}{(1+D)^i}$$

Esta ecuación no puede resolverse directamente, por lo que para obtener el valor del *PRI* se le van adicionando gradualmente a la inversión inicial los flujos de caja anuales hasta que el resultado sea cero, en ese momento se ha recuperado la inversión.

Tradicionalmente el período de recuperación se calcula como la inversión inicial y los ingresos esperados por año, sin tener en cuenta el valor del dinero en el tiempo, o costo del uso del capital inicial, por lo que por esta vía el periodo que se obtiene es inferior al real, y generalmente se denomina Período Simple de Recuperación de la Inversión [1].

Relación Costo - Beneficio (RCB)

Se define como la relación entre el Valor Presente Neto de los Costos (*VPNC*) y el Valor Presente Neto de los Beneficios (*VPNB*).

$$RCB = \frac{VPNC}{VPNB}$$

Para calcular el *VPNC* hay que sumar al valor de los costos anuales descontados, el valor de la inversión inicial sin descontar [1].

Hasta aquí se han tratado cuatro técnicas de análisis de inversiones, que originan sus indicadores particulares. En la tabla 1 se brinda el análisis cuantitativo de estos indicadores para considerar si el proyecto es viable económicamente. A continuación se muestra el rango de valores límites para que el proyecto sea económicamente viable.

Técnica de Evaluación	Rango adecuado
<i>VPN</i> , \$	$VPN > 0$
<i>TIR</i> , %	$TIR > D$
<i>PRI</i> , años	$PRI < n$
<i>RCB</i>	$RCB < 1$

Tabla 1: Valores de referencia del estudio económico para decidir si la inversión es rentable.

Aunque los rangos en la tabla 1 incluyen los valores límites, generalmente en el análisis se fijan determinados valores límites de acuerdo con las políticas de la empresa.

En la práctica puede darse el caso de que se tiene que seleccionar una alternativa o proyecto de inversión para satisfacer determinado servicio dentro de un grupo que aportan similares ingresos, los cuales no se pueden cuantificar o son nulos. Estos casos se pueden resolver por tres vías: determinando los Costos del Ciclo de Vida (*CCV*), el Costo Nivelado, o realizando un Análisis Diferencial.

Costo del ciclo de vida

El *CCV* constituye un método que permite evaluar opciones de conservación de la energía a lo largo de la vida de un equipo o sistema, desde la adquisición, instalación, operación y mantenimiento hasta el desmontaje y disposición final del mismo. La esencia del método del Costo del Ciclo de Vida radica en llevar a valor presente todos los costos a lo largo de la vida del sistema y sumarlos:

$$VPN_{COSTOS} = K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1+D)^i}$$

En este caso, Fc_i , incluye solo costos, que se considerarán positivos, al igual que el costo de la inversión inicial. En la determinación del VPN_{costos} hay que sumar al valor de los

costos anuales descontados, el valor de la inversión inicial sin descontar. La alternativa mejor será aquella que tenga el menor Costo del Ciclo de Vida [1].

Costo nivelado (costo unitario promedio de producción de la energía).

Es una variante del método de la anualidad equivalente para el caso en que se conozcan solo los costos del proyecto. Con el método del costo nivelado se pretende obtener un costo promedio de la unidad de producción del proyecto (\$/kWh, \$/tonelada de cemento, etc.) considerando el valor del dinero a través del tiempo. Para determinarlo es necesario conocer el programa de producción (en unidades físicas) del bien o servicio que tendría el proyecto. [4]. El costo unitario promedio de la energía en los años de vida útil o periodo de evaluación del sistema, se puede calcular como:

$$C = \frac{VPN}{8760 \cdot F_c \cdot V_L \cdot P_{inst}}, \text{ \$/kWh}$$

Donde: F_c es el factor de carga del sistema (fracción); P_{inst} es la Potencia instalada (kW); L es la vida útil o período de evaluación del sistema (años).

Análisis diferencial de inversiones.

Este tipo de análisis se basa en restar los flujos de caja anuales de un proyecto a otro que se quiera evaluar, de forma tal de poder estimar el ingreso del proyecto que se analiza por la diferencia de gastos entre ellos.

Hasta aquí se han analizado tres métodos para la solución de problemas de selección o evaluación de proyectos de inversión, cuando no se dispone de datos para la estimación de los ingresos anuales, pero se conoce que estos son semejantes para todas las alternativas.

En ocasiones los diferentes indicadores (VPN, TIR, PRI, RCB, etc.) pueden tener diferentes prioridades o pesos a la hora de seleccionar una determinada alternativa o proyecto, en función del estado financiero de la empresa, o de las condiciones impuestas por sus ejecutivos. Por otra parte, puede surgir la necesidad de incluir en el análisis otros factores no económicos como pudieran ser los casos de factores o criterios sociales o ambientales. En estos casos es necesario recurrir a métodos multicriteriales.

Métodos multicriteriales para la selección y/o evaluación de proyectos de inversión

Estos métodos surgen por la necesidad de realizar análisis más integradores, donde se tome en cuenta la influencia de varios criterios. Los criterios pueden ser económicos o de otro tipo, tal es el caso, por ejemplo, de criterios ambientales y sociales.

Incorporación de los costos externos al proceso de selección.

Estos costos reflejan un conjunto de externalidades del proceso de producción de energía, que no se incluyen en los costos internos o directos, como los costos de los impactos negativos de las tecnologías sobre el medio ambiente. En este sentido, algunos autores han realizado cálculos y estimaciones de dichos costos, en función del tipo de fuente y tecnología energética. Si en los análisis tradicionales, se le suma a los costos internos los externos y se habla en términos de costos totales, se estarían incorporando, de cierta forma, otros criterios en la selección de alternativas energéticas, específicamente criterios sociales y ambientales [1].

Decisión Multi-criterio Discreta (DMD).

La esencia del método consiste en evaluar las alternativas para diferentes criterios de forma cualitativa o cuantitativa, y posteriormente procesar dichas evaluaciones con el objetivo de seleccionar la "mejor" variante, o establecer un orden de prioridad.

Decisión Multiobjetivo (DMO).

Este método, también conocido como optimización multiobjetivo, consiste en desarrollar un modelo con varias funciones objetivos a optimizar, donde cada una refleje un criterio a tener en cuenta en la selección

La Decisión Multiobjetivo tiene como desventaja que no resulta factible la incorporación de criterios que no se pueden expresar de forma matemática (cualitativos); sin embargo, constituye una herramienta muy fuerte y confiable en los análisis de selección, pues limita la manipulación de los resultados con factores subjetivos, además que brinda en muchos casos resultados numéricos útiles y de gran valor para el analista. Por otra parte, permite incorporar a la selección un conjunto de factores externos o restricciones que reflejan elementos tales como: disponibilidad de recursos, capital disponible, requerimientos específicos del sistema, entre otros [1].

Materiales y Métodos

El presente trabajo se basa en la utilización de los cuatros primeros métodos descriptos arriba en un proyecto de Auditoría Energética Residencial con la finalidad de hacer comparaciones y recomendaciones sobre ellos. Los trabajos realizados por el equipo auditor pueden ser agrupados dentro de las siguientes etapas de ejecución:

- Trabajos Preparatorios.
- Análisis previo y toma de datos de la instalación.
- Pre-Diagnóstico y posibles soluciones.
- Toma de Datos Finales.
- Análisis de datos recogidos y estudios de soluciones.
- Planilla de Cálculo AERI para el análisis de las inversiones.
- Informe al propietario.

Alternativas de análisis

Los resultados obtenidos permiten la realización de por lo menos cuatro alternativas de análisis, todas ellas asociadas a diferentes propuestas para la realización de los trabajos de mejoras. En todas las alternativas solo se incluyeron los ahorros provenientes de la mejor utilización de la luz natural, luego de concluidos todos los trabajos de mejoras en las instalaciones.

Alternativa 1: los análisis se realizaron utilizando la inversión total requerida en materiales y el ahorro total obtenido, excepto la mano de obra de ejecución, esto para el caso en que el propietario desee ejecutar por cuenta propia. Los trabajos concluirían en menos de un año.

Alternativa 2: se utilizaron los mismos datos de la anterior alternativa, más la inclusión de un 40% sobre el total de costos de materiales, en concepto de mano de obra de ejecución y dirección a cargo del auditor.

Alternativa 3: la realización de los trabajos se divide en dos etapas, por lo cual esta alternativa posee dos variantes. En ambas variantes, no se incluye la mano de obra de ejecución y dirección a cargo del auditor.

a) *Alternativa 3.1:* en la primera etapa se ejecutan las mejoras externas y en la segunda etapa, las mejoras internas; con una duración de seis meses;

b) *Alternativa 3.2:* viceversa, en la primera etapa se ejecutan las mejoras internas y en la segunda etapa, las mejoras externas; con una duración de seis meses.

Alternativa 4: esta alternativa posee tres variantes. Los datos de inversión y ahorro fueron tomados de forma independiente para cada rubro: 1) iluminación, 2) cableado y cambio de disyuntores y 3) acondicionadores de aire. Las mejoras fueron realizadas en secuencias trimestrales. En las tres variantes, no se incluye la mano de obra de ejecución y dirección a cargo del auditor.

a) *Alternativa 4.1:* las mejoras inician con iluminación, luego cableado y cambio de disyuntores y finalmente cambio de acondicionadores de aire.

b) *Alternativa 4.2:* las mejoras inician con cableado y cambio de disyuntores, cambio de acondicionadores de aire y finalmente iluminación.

c) *Alternativa 4.3:* las mejoras inician con cambio de acondicionadores de aire, iluminación y finalmente cableado y cambio de disyuntores.

Resultados y Discusión.

La tabla 2 presenta el resumen de los resultados obtenidos sobre el trabajo de AE [5].

Mejora	Equipo propuesto	Cant.	Ahorro mensual (Gs.)	Costo Inversión (Gs.)
Área externa de la residencia				
Cambio AA ventana	AA Split de 9000 btu	2 U.	178.924	2.800.000
Cambio lámpara incandescente	Lámpara compacta de bajo consumo de 25 W	4 U.	19.896	74.800
Reducción de la cantidad de fluorescentes	Luminaria fluorescente de 2 x 40 W con regilla	2 U.	17.542	230.000
Cambio disyuntores termomagnéticos	Disyuntores diferenciales	4 U.	-----	121.000
Cambio de conductores	Conductores nuevos 4mm ²	20 m	-----	40.400
Cambio de conductores	Conductores nuevos 2mm ²	40 m	-----	43.560
Utilización de luz natural	-----	----	27.015	-----

Total del área externa			243.377	3.309.760
Área interna de la residencia				
Cambio AA ventana	AA Split de 9000 btu	4 U	357.848	5.600.000
Cambio lámpara incandescente	Lámpara compacta de bajo consumo de 25 W	9 U	46.869	168.300
Reducir cantidad de fluorescente	Luminaria fluorescente de 2 x 40 W con regilla	2 U	17.542	230.000
Cambio disyuntores termomagnéticos	Disyuntores diferenciales	23 U	-----	695.750
Cambio de conductores	Conductores nuevos 6mm ²	80 m	-----	260.800
Cambio de conductores	Conductores nuevos 4mm ²	270 m	-----	405.750
Utilización de luz natural	-----	----	78.970	-----
Total área interna			501.229	7.360.600
Inversión Total sin mano de obra			744.606	10.670.360
Inversión total con mano de obra del Auditor (40%)				14.938.504
Inversión total con mano de obra del propietario (30%)				13.871.468
Ahorro total anual			8.935.212	

Tabla 2: Ahorro mensual y costo de inversión de la AE.

La tabla 3 presenta los resultados económicos obtenidos en cada alternativa de análisis. En ella se muestran los resultados obtenidos con los métodos VPN, TIR, PRI y RCB.

Análisis	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3		Alternativa 4		
			Alt. 3.1	Alt. 3.2	Alt. 4.1	Alt. 4.2	Alt. 4.3
VPN (Gs)	2.357.550	1,376,379	-4.687.753	-3.566.635	162.892	1.031.781	2.687.748
TIR (%)	19,4 %	17,4 %	7,68 %	9,29 %	15,27 %	16,83 %	19,96%
PRI (año)	5	5	6	6	5	5	5

RCB	0,68	0,68	0,75	0,72	0,79	0,76	0,73
------------	------	------	------	------	------	------	------

Tabla 3: Resultados del Análisis económico

Según el análisis económico realizado utilizando los cuatros métodos se considera rentable ejecutar las mejoras propuestas en la residencia auditada para las alternativas 1,2 y 4.

Las alternativas 3.1 y 3.2 son las menos ventajosas, de acuerdo con los valores de referencia para VPN, TIR y PRI, de la tabla 1.

De la misma forma, los resultados alcanzados muestran que las alternativas 4 son las más ventajosas; en ellas las mejoras se realizan en forma secuencial.

Comparando las alternativas 1 y 2, la inversión inicial no constituye una gran ventaja debido a que los valores son relativamente bajos, sin embargo, para grandes inversiones, esta diferencia puede ser significativa.

Conclusiones

El trabajo de investigación muestra claramente la importancia de realizar Auditoría Energética, según los resultados de los cuatro métodos utilizados.

Diferentes formas de aplicación de recursos para la realización de las mejoras tienen importancia para el cliente, por esa razón no se debe solamente analizar una alternativa, ni aplicar solo un método de análisis.

El estudio también muestra la dinámica del trabajo. Otras auditorías realizadas aplicadas a instalaciones diferentes arrojarán resultados diferentes, de ahí la importancia de que todo el trabajo de campo y su posterior análisis sean realizados por equipos de especialistas.

Referencias

- 1) HERNANDEZ R, G., MONTERO L, R (2011). Diagnóstico y auditoría energética.
- 2) ALTUVE, J G (2014). El uso del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la valoración de las decisiones de inversión. Mérida. Venezuela. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/17341/1/articulo1.pdf>
- 3) PUGNA N, M (?). VAN y TIR. Universidad Arturo Prat. Chile. Disponible en: <http://www.mpuga.com/docencia/Fundamentos%20de%20Finanzas/Van%20y%20Tir%202011.pdf>
- 4) ORIZABA (2002). Primera Feria Internacional sobre Energía Minihidráulica. Disponible en: <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/1685/1/images/textodelcurso.pdf>
- 5) AREVALOS S, C I., GALEANO A, L R (2013). Modelo de Auditoría Energética Residencial Integral. Paraguay.