

**Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”
Dirección de Investigaciones Aplicadas
Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales**

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN
AL TÍTULO ACADÉMICO DE
MÁSTER EN EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Potenciales de ahorro de electricidad en el sector estatal de la provincia Sancti Spíritus

Aspirante: Ing. Raúl David Zerquera Nápoles

Tutor: Dr. C. Raúl Fernández Álvares

Consultantes: Dr. C. Ernesto Luis Barrera Cardoso
Dr. C. Osvaldo Romero Romero

2015

Pensamiento

..... la energía más racional y económica es la que no se consume y la más costosa la que no se tiene.....

Dedicatoria

A mis padres

Por su comprensión, apoyo y presencia

A otros seres especiales en mi vida

Por lo mismo, aunque físicamente no estén

Agradecimientos

Agradecimientos

A Alexis, Barrameda y Pedro mis compañeros de equipo de Supervisión de la ONURE.

Al colectivo de trabajadores de la Oficina Nacional para el Control del Uso Racional de la Energía tanto de la Oficina Central, las oficinas provinciales como de nuestra Oficina Provincial, que de una forma u otra hicieron su aporte a este trabajo.

Al colectivo de profesores y alumnos de la maestría que hicieron posible el desarrollo de la misma.

A ellos y a todos lo que aportaron alguna idea para que este trabajo se hiciera realidad.

Muchas Gracias.

Resumen

RESUMEN

El presente trabajo se origina a partir de la necesidad de contribuir al mejoramiento de la conservación y eficiencia energética en la provincia Sancti Spíritus, para disminuir su consumo de energía eléctrica. Tiene como objetivo evaluar el impacto de potenciales de ahorro eléctrico, en las entidades mayores consumidoras del sector estatal, sobre la disminución del consumo de electricidad de la provincia.

Para ello se realizó un diagnóstico del estado actual del consumo de electricidad en la provincia, se identificaron los potenciales de ahorro de electricidad en las entidades mayores consumidoras del sector estatal del territorio, para finalmente a partir del estudio realizado proponer soluciones para los potenciales más comunes y evaluar su aporte energético, económico y ambiental a la provincia.

Se obtienen como resultados más importantes la evidencia de la falta de estudios que reflejen los principales potenciales de ahorro de electricidad en la provincia, su influencia en el consumo de la energía eléctrica y en el mejoramiento de la eficiencia y conservación energética del territorio. Además se identificó que los potenciales de ahorro analizados representan 4,25 GWh/año del consumo eléctrico de la provincia y un ahorro económico de 988 361,22 \$/año en moneda total. Esto equivale al consumo promedio mensual de 23 109 núcleos familiares ó de un municipio como Jatibonico; de la misma forma se identificó que la solución de estos potenciales de ahorro representarían 1 020 toneladas de combustible al año que no serían necesarias para la generación de electricidad ó lo que es lo mismo, el consumo de combustible de 2,66 días de las plantas Fuel Oil y Diesel de la provincia, además significarían 2 975 ton CO₂/año dejadas de emitir a la atmósfera. También se demostró con la evaluación económica la factibilidad de las propuestas de solución realizadas.

SUMMARY

This work stems from the need to contribute to the improvement of energy efficiency and conservation in the province of Sancti Spíritus to reduce its consumption of electric energy and aims to assess the impact of potential power savings, consuming larger entities the state sector, the reduction in electricity consumption in the province.

At the same diagnosis of the current state of electricity consumption in the province is done, potential electricity savings are identified in consuming larger entities of the state sector of the province, and finally from the study suggest solutions to potential Common and assess its energy, economic and environmental contribution to the province.

Are obtained most important results evidence the lack of studies that reflect the main potential of saving electricity in the province, its influence on the consumption of electricity and improving energy efficiency and conservation of the territory, further identified potential savings that analyzed represent 4.25 GWh/year of electricity consumption in the province and an economic involvement to the territory of 988 361.22 US dollars / year in total currency, this equates to the average monthly consumption of 23 109 households or of a municipality as Jatibonico; just as it was identified that the solution of these potential savings would represent 1 020 tons of fuel per year would not be necessary to generate electricity, or what is the same, the fuel consumption of 2.66 days of Fuel Oil and Diesel plants of the province, also mean 2 975 ton CO₂/year left to emit into the atmosphere. It was also demonstrated with the economic evaluation the feasibility of the proposed solutions made.

Índice

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	16
CAPITULO I. Marco Teórico Referencial	22
<i>Introducción</i>	22
<i>1.1 Generalidades</i>	23
<i>1.2 Situación de la energía eléctrica en el mundo</i>	25
1.2.1 Consumo de energía eléctrica.....	25
1.2.2 Conservación y Eficiencia Energética	28
<i>1.3 Situación Energética en Cuba</i>	31
1.3.1 Consumo de energía eléctrica.....	33
1.3.2 Conservación y Eficiencia energética.....	34
<i>1.4 Principales sistemas energéticos en cualquier entidad u organización</i>	39
<i>1.5 Potenciales de ahorro que pueden ser detectados en cualquier entidad</i>	40
1.5.1 Oportunidades de ahorro de energía en iluminación.....	40
1.5.2 Oportunidades de ahorro de energía en sistemas de producción de frío (sistemas de refrigeración y climatización).....	41
1.5.3 Oportunidades de ahorro en Factor de Potencia.....	42
1.5.4 Oportunidades de ahorro en motores eléctricos.....	42
1.5.5 Reducción de la demanda máxima de electricidad	44
1.5.6 Generadores de vapor y calderas	45
1.5.7 Sistemas de tuberías de transporte.....	47
<i>1.6 Situación de los Potenciales de Ahorro en la provincia</i>	47
<i>Conclusiones Parciales</i>	49
CAPITULO II. Diseño Metodológico	51
<i>Introducción</i>	51
2.1 Procedimiento general de la investigación realizada.....	51
2.2 Diagnóstico detallado del consumo actual de energía eléctrica de la provincia	52
2.2.1 Técnica de recolección de datos para efectuar el diagnóstico del consumo actual de energía eléctrica de la provincia	52
2.2.2 Estructura del suministro y consumo de electricidad de la provincia.....	52
2.2.3 Comportamiento del consumo de energía eléctrica de la provincia por sectores.....	53
2.2.4 Comportamiento de la cantidad de clientes de la provincia por sectores	53
2.2.5 Estructura de consumo del sector estatal.....	53
2.2.6 Estructura de clientes del sector estatal.....	54
2.2.7 Estructura de Consumo del Sub-Sector Estatal Mayor	54

2.3 Identificación y análisis de los potenciales de ahorro más comunes en las entidades mayores consumidoras de energía eléctrica dentro del estatal mayor de la provincia	54
2.3.1 Técnica de recolección de datos para identificar los potenciales de ahorro más comunes en las entidades mayores consumidoras	55
2.3.2 Técnica de Observación	56
2.3.3 Técnica de Medición.....	56
2.3.4 Tipos de Gráficos y Diagramas empleados.....	56
2.3.4.1 Estructura de los potenciales por cantidad de empresas	57
2.3.4.2 Estructura de los potenciales por el ahorro de energía obtenido	57
2.3.4.3 Estructura de los potenciales por la afectación económica a la provincia que representan	57
2.4 Propuesta de solución y evaluación energética, económica y ambiental de los potenciales de ahorro escogidos.....	57
2.4.1 Propuesta de solución de los potenciales de ahorro	58
2.4.1.1 Cambio de las luminarias de Vapor de Mercurio de 250 W por luminarias LED de 100 W	58
2.4.1.2 Implementación de la TGTEE	59
2.4.1.3 Sustitución de bancos de transformadores subcargados para eliminar pérdidas de transformación	61
2.4.1.4 Cambio de las lámparas fluorescentes de 32 W por lámparas LED de 18 W	62
2.4.1.5 Insulación de las tuberías	63
2.4.1.6 Cambio de motores subcargados por motores de alta eficiencia	63
2.4.2 Evaluación energética	64
2.4.3 Evaluación económica	64
2.4.3.1 Afectación económica	64
2.4.3.2 Factibilidad económica de la solución de los potenciales detectado	65
2.4.4 Evaluación Ambiental	68
2.4.4.1 Combustible que no es necesario quemar por el ahorro obtenido	68
2.4.4.2 Total de CO₂ dejado de emitir debido al ahorro obtenido	68
<i>Conclusiones Parciales</i>	69
CAPITULO III. Análisis, Descripción y Presentación de los resultados obtenidos	71
<i>Introducción</i>	71
3.1 Diagrama actual del Suministro y Utilización de la Energía Eléctrica de la Provincia	71
3.2 Diagnóstico del consumo actual de energía eléctrica de la provincia	72
3.2.1 Comportamiento del consumo de energía eléctrica por sectores	72

3.2.2 Comportamiento de la cantidad de clientes de la provincia por sector	73
3.2.3 Estructura de Consumo dentro del Sector Estatal.....	74
3.2.4 Estructura de Clientes dentro del Sector Estatal	74
3.2.5 Estructura de Consumo del Sub-Sector Estatal Mayor.	75
3.3 Identificación y análisis de los potenciales de ahorro más comunes en las entidades mayores consumidoras de energía eléctrica dentro del sector estatal de la provincia	75
3.3.1 Estructura de los potenciales por cantidad de empresas.	75
3.3.2 Estructura de los potenciales por el ahorro de energía que se obtiene	76
3.3.3 Estructura de los potenciales por la afectación económica que representan para la provincia	77
3.4 Propuestas de solución y evaluación energética, económica y ambiental de los potenciales de ahorro escogidos	78
3.4.1 Propuestas de solución de los potenciales de ahorro.....	79
3.4.1.1 Cambio de las luminarias de Vapor de Mercurio de 250 W por luminarias de tecnología LED de 100 W	79
3.4.1.2 Implementación de la TGTEE	81
3.4.1.3 Sustitución de bancos de transformadores subcargados para eliminar pérdidas de transformación	81
3.4.1.4 Cambio de las lámparas fluorescentes de 32 W por lámparas LED de 18 W	81
3.4.1.5 Insulación de las tuberías.....	84
3.4.1.6 Cambio de motores subcargados por motores de alta eficiencia	84
3.4.2 Evaluación energética.....	84
3.4.3 Evaluación económica.....	85
3.4.3.1 Afectación económica	86
3.4.3.2 Factibilidad económica de la solución de los potenciales detectado	86
3.4.4 Evaluación ambiental.....	88
3.4.4.1 Combustible que no es necesario quemar por el ahorro obtenido	88
3.4.4.2 Total de CO ₂ dejado de emitir a la atmósfera	89
<i>Conclusiones Parciales</i>	90
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	97
ANEXOS	104

Introducción

INTRODUCCIÓN

Es de conocimiento general la importancia de la electricidad para el desarrollo industrial del país, así como para la atención adecuada a aquellas esferas de la sociedad que necesitan de la misma para satisfacer sus necesidades vitales. Es también conocido que los consumos actuales de energía eléctrica han ido en aumento muy rápidamente, haciéndose cada vez más difícil poder satisfacer estas necesidades con los recursos energéticos no renovables con que se disponen, pues aún es incipiente el empleo de las Fuentes Renovables de Energía (FRE). Por esto la conservación y uso eficiente de la energía es una alternativa imprescindible en un corto plazo. [1]

El ahorro de energía eléctrica, sobre todo en el sector estatal, está caracterizado por una serie de particularidades que obligan a los especialistas a realizar análisis detallados cuando se pretende obtener resultados significativos en este campo y así evitar caer en algo que aún se observa con frecuencia, al revisarse un plan de ahorro de este tipo y comprobar que: en muchos casos, se resume en un gran listado de medidas para apagar luces.

No es menos cierto que la iluminación representa un gran potencial de ahorro energético, pero en la industria existen otras fuentes de ahorro y en la propia iluminación se pueden adoptar un conjunto adicional de regulaciones que pudieran, en la práctica, aportar ahorros mayores de los que brinda apagar luces innecesarias. [1]

No se trata de realizar un trabajo que abarque todas las formas posibles de lograr ahorros de energía eléctrica en el sector estatal, pero sí identificar y cuantificar los potenciales de ahorro más comunes y significativos dentro de este sector y proponer soluciones de los mismos.

Situación Problémica:

Debido al incremento de las producciones y las prestaciones de servicios en el sector estatal, unido a la obsolescencia tecnológica acumulada durante años y otras causas, el consumo de electricidad en la provincia ha aumentado, por ello se hace necesario, entre otras medidas, identificar las potencialidades de ahorro de energía eléctrica más comunes que, de solucionarse, ayudarían a este sector a disminuir su consumo, contribuir a mejorar la eficiencia y conservación energética en su gestión y a cuidar el medio ambiente. En el territorio se han realizado trabajos puntuales en varias empresas para conocer estos potenciales, pero no se conoce cuanto aporta su solución, en su conjunto, a la disminución del consumo de energía eléctrica provincial.

Planteamiento del Problema:

La falta de un estudio de los potenciales de ahorro en el uso final de la electricidad en las entidades mayores consumidoras del sector estatal de Sancti Spíritus, limita evaluar la posible contribución de su aprovechamiento para una disminución del consumo de energía eléctrica en la provincia.

Objeto de Estudio:

Los potenciales de ahorro en el uso final de la electricidad en el sector estatal.

Campo de acción:

La contribución de los potenciales de ahorro de energía eléctrica más comunes y representativos en las entidades mayores consumidoras de energía eléctrica del sector estatal de la provincia Sancti Spíritus.

Objetivos de la Investigación:

General

Evaluar el impacto en la disminución del consumo de electricidad de la provincia, de posibles potenciales de ahorro en las entidades mayores consumidoras del sector estatal de Sancti Spíritus.

Específicos

1. Diagnosticar el estado actual del consumo de electricidad en la provincia.
2. Identificar los posibles potenciales de ahorro de electricidad en las entidades mayores consumidoras del sector estatal del territorio.
3. Proponer soluciones para los potenciales más comunes y evaluar su aporte energético, económico y ambiental a la provincia.

Preguntas de Investigación:

1. ¿Cuál es el consumo actual de energía eléctrica de la provincia y qué porcentaje representa el sector estatal en el mismo?
2. ¿Qué porcentaje representa el consumo eléctrico de las entidades mayores consumidoras de energía eléctrica del total del sector estatal?
3. ¿Cuáles son los potenciales de ahorro de electricidad de las entidades mayores consumidoras de energía eléctrica del sector estatal?
4. ¿Qué aporte podrían tener las soluciones de estos potenciales en el desarrollo energético, económico y ambiental del territorio?

Justificación de la Investigación y su Viabilidad:

La investigación se justifica porque responde a la necesidad de conocer en el territorio cuales son los potenciales de ahorro de energía eléctrica, en las entidades mayores consumidoras del sector estatal, que pudieran contribuir a solucionar un problema existente con el aumento del consumo, además de determinar el aporte que podría tener su solución en el desarrollo económico y ambiental del territorio.

Hipótesis:

Si se realiza un estudio técnico-económico y ambiental de los potenciales de ahorro en el uso final de la electricidad en las entidades mayores consumidoras de energía eléctrica del sector estatal de Sancti Spíritus, será posible evaluar la contribución de su aprovechamiento para una disminución del consumo de energía eléctrica en la provincia.

Definición y Operacionalización de las Variables:

Variable dependiente: El consumo de energía eléctrica en la provincia.

Variable independiente: Estudio de los potenciales de ahorro en el uso final de la electricidad en las entidades mayores consumidoras de energía eléctrica del sector estatal de Sancti Spíritus.

Tareas ó Fases de la Investigación:

1. Revisar bibliografía actualizada del tema para profundizar en el mismo, así como recopilar toda la información disponible al respecto.
2. Recopilación de datos estadísticos para realizar un diagnóstico del consumo de electricidad actualizado de la provincia y para la detección, cuantificación y proposición de soluciones de los potenciales de ahorro de energía eléctrica.
3. Análisis comparativo de los datos obtenidos en el proceso de recopilación.
4. Evaluación técnica, económica y ambiental de los resultados derivados del análisis comparativo.

Población, Unidad de Estudio y Decisión Muestral:

La población será el sub-sector estatal mayor de la provincia de Sancti Spíritus, la unidad de estudio serán los consumidores de electricidad del sub-sector estatal mayor de la provincia y la decisión muestral serán las entidades mayores consumidoras de electricidad dentro de este sub-sector.

Resultados Esperados:

Identificar, cuantificar y sugerir soluciones a los potenciales de ahorro más comunes dentro de las entidades mayores consumidoras de energía eléctrica del sector estatal y que puedan repercutir de forma positiva en la disminución del consumo de electricidad, contribuyendo a mejorar la eficiencia y conservación energética y a cuidar el medio ambiente de la provincia.

Capítulo I

Introducción

En este capítulo se enfoca el trabajo en la actual situación del comportamiento del consumo de electricidad a escala mundial y cubana y lo que se realiza para mejorar la conservación y eficiencia energéticas. También se identifican los principales potenciales de ahorro de energía eléctrica que pudieran encontrarse en las empresas provinciales y la situación actual del territorio respecto al conocimiento e influencia en el consumo de electricidad de sus oportunidades de ahorro. Para ello se utilizó una amplia literatura de consulta que permitió satisfacer las necesidades teóricas y metodológicas del trabajo. Todo con el propósito de brindar una panorámica de lo que se realiza en la actualidad para contribuir a mejorar la conservación y eficiencia energéticas mediante potenciales de ahorro detectados en las empresas y la necesidad de disminuir los consumos de electricidad tan elevados hoy en día.

1.1 Generalidades

Una de las direcciones para resolver los problemas medioambientales actuales es aprender a conservar y usar eficientemente la energía, cuestión que involucra a todos. Actualmente hay muchos adelantos tecnológicos orientados a este fin, que han obtenido buenos resultados y otros que avizoran un futuro promisorio. La conservación de la energía y su uso eficiente, constituyen dos de los factores que encaminan a las naciones hacia el crecimiento económico y el desarrollo sostenible. En las empresas se implementan sistemas de gestión energética, que permiten detectar las grandes potencialidades de ahorro existentes y lograr un máximo aprovechamiento de los portadores energéticos, fundamentalmente electricidad. [2]

Se debe recordar que la energía posibilita y facilita toda la actividad humana. No significa nada si no entrega lo que se necesita de ella: luz, frío, calor, fuerza y movimiento, transporte y comunicación. Es en su uso final donde se concreta el beneficio de la energía. Cada día se demuestra más que el empleo de fuentes renovables de energía y el mejoramiento de la conservación y eficiencia energéticas deben estar estrechamente vinculados, ya que por sí solas no aportan los resultados óptimos que se requieren para tener un verdadero desarrollo sostenible. [3]

Para los fines de este trabajo se aplican los conceptos y definiciones siguientes, que ayudan a entender mejor de lo que trata el mismo.

Energía: En la bibliografía consultada existen múltiples definiciones de energía, en este trabajo se utiliza la definición que aparece en la Norma Cubana NC – ISO 50001 la cual expresa que:[4] La Energía es la capacidad de un sistema de producir una actividad externa ó de realizar trabajo. Se refiere a varias formas de energía, que incluye la renovable, la que puede ser comprada, almacenada, tratada, utilizada en equipos, en un proceso o recuperada. Ejemplos: electricidad, combustibles, vapor, calor, aire comprimido entre otros En este caso está referida únicamente a la energía eléctrica.

Ahorro de Energía: Se refiere a utilizar solo la energía necesaria y de forma eficiente, no a evitar ó restringir su uso, ni derrocharla ó malgastarla. Este trabajo está referido únicamente al ahorro de energía eléctrica.

Demanda: Se define como la cantidad de energía eléctrica demandada en una unidad de tiempo, se mide en W y determina la potencia en los generadores.

Consumo de Energía: Se define como la suma de las demandas eléctricas consumidas en un período de tiempo, se mide en Wh y determina la cantidad de combustible que consume un sistema.

Conservación Energética: Se refiere a la reducción de la energía a través de un menor uso de un servicio energético, en mantener o guardar el recurso energético en su estado natural, que conserva su energía para otro momento futuro; es decir, conservar es no usar, usar solo cuando es necesario ó solo lo necesario. En el presente trabajo se emplea esta definición referida a la electricidad.

Ejemplo: Los sensores de presencia en los sistemas de iluminación. [5-6]

Eficiencia Energética: Se utiliza la definición que aparece en la Norma Cubana NC – ISO 50001 la cual expresa que: La Eficiencia Energética es la proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía.

Ejemplos: Eficiencia de conversión; energía requerida/energía utilizada; salida/entrada; valor teórico de la energía utilizada/energía real utilizada. En el presente trabajo se emplea esta definición referida a la electricidad. [4]

Sistema de Gestión Energética (SGEn): Según lo define la NC – ISO 50001, es el conjunto de elementos interrelacionados mutuamente o que interactúan para establecer una política y objetivos energéticos, y los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos. [4]

Potenciales de Ahorro ó de Conservación y Eficiencia Energética: Para este trabajo se definen como el conjunto de oportunidades de ahorro de energía eléctrica que se detectan en equipos, sistemas, áreas, entidades, organizaciones, localidades, etc.; cuya solución redundan en un mejoramiento de la eficiencia y conservación energéticas y obtener así importantes ahorros energéticos.

Desarrollo Sostenible: Este concepto puede tener distinta significación; la definición más frecuente y la que se emplea en este trabajo es: El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. [7]

1.2 Situación de la energía eléctrica en el mundo

La energía eléctrica a nivel mundial tiene un panorama actual que puede resumirse en los siguientes aspectos: [8]

Dependencia casi absoluta de las fuentes tradicionales.

- Grandes plantas generadoras.
- Peligroso deterioro de la fiabilidad.
- Graves impactos ambientales.
- Mínima explotación de las fuentes alternativas (pequeñas plantas).

Por otra parte está expuesta a un sin número de riesgos dentro de los cuales se pueden señalar como los más notables:

- Gran dependencia de las líneas de transmisión
- Pérdidas en las líneas de transmisión y subtransmisión
- Fallas de gran intensidad.
- Dificultades para obtener financiamiento.

1.2.1 Consumo de energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica, de acuerdo con algunas previsiones [9-10], crecerá fuertemente hacia el 2030 de 16 424 billones de kWh a 30 364 billones de kWh, un 54% aproximadamente. Según estimaciones de la Agencia Internacional de Energía, la demanda aumentará a una tasa de 1,5% promedio anual, que considera una expansión de la economía global de casi 140% y un aumento de 1,7 mil millones de habitantes.

Destaca que la participación de las economías emergentes dentro del consumo mundial de energía primaria, incluida la eléctrica, ha aumentado, al pasar de 35% en 1973 a 55% en 2010, y se estima que esta tendencia creciente continúe, de manera que en una década constituyan más del 60% del total. [10]

En la figura 1.1 se representa el uso final de la energía por tipo de combustible.

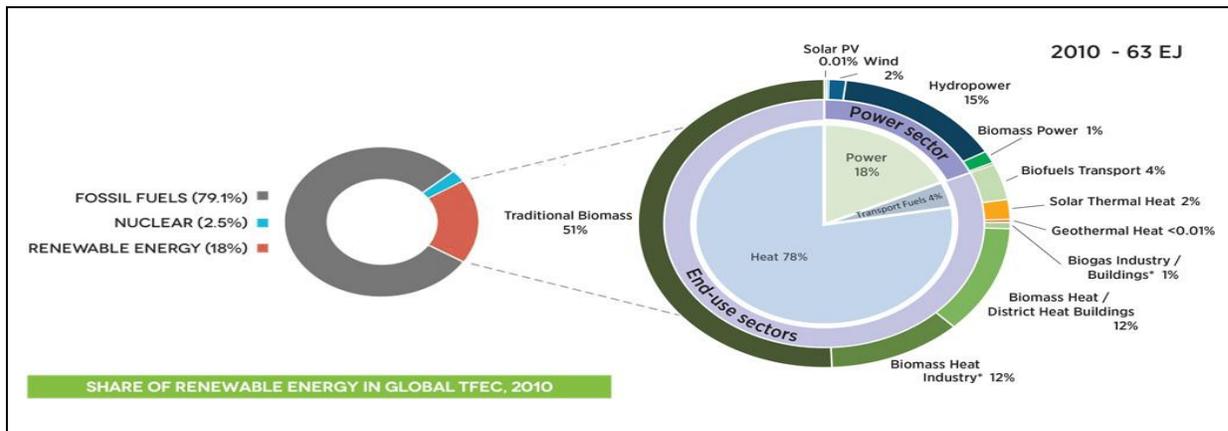


Figura 1.1 Consumo de Energía por fuente de energía primaria

Fuente: IRENA (2014); SE4ALL Global Tracking Framework (2010) [11]

Según [12], en el informe "Internacional Energy Outlook 2005 (IEO 2007)" se plantea que el consumo de energía en el mercado, experimente un incremento medio de un 2,5% por año hasta 2030 en los países ajenos a la OCDE, mientras que en los países miembros será tan solo del 0,6%; así, durante este periodo, los países OCDE incrementarán su demanda energética en un 24%, mientras que el resto de países lo harán al 95%. Las economías emergentes serán, con mucho, las responsables del crecimiento proyectado en el consumo de energía dentro del mercado en las dos próximas décadas.

La Comunidad Europea lleva a cabo un plan de acción para la eficiencia energética cuya finalidad es reducir el consumo de energía en un 20 % para el 2020. Este plan de acción incluye medidas destinadas a mejorar el rendimiento energético de los productos, los edificios y los servicios; mejorar la eficiencia de la producción y la distribución de energía; reducir el impacto de los transportes en el consumo energético; facilitar la financiación y la realización de inversiones. [13]

En el área subdesarrollada, las regiones de mayor desarrollo relativo, como América Latina y el Caribe y el Medio Oriente, muestran un nivel de cobertura de electricidad que supera 89% de sus respectivas poblaciones, mientras que en las regiones más pobres la situación resulta muy preocupante. En África solo 35% de la población (apenas 19% en el área rural) tiene acceso a la electricidad. [14-15]

En América Latina y el Caribe, se observan mejoras en este campo y un aumento en la toma de conciencia, algunos países del área se destacan, como Perú que reporta haber logrado detener el crecimiento de la demanda de electricidad a pesar del incremento del número de consumidores, también reportan resultados similares México, Brasil y El Salvador.

En la figura 1.2 se observa el comportamiento del consumo de energía eléctrica per cápita en los países de América Latina y el Caribe. [16]

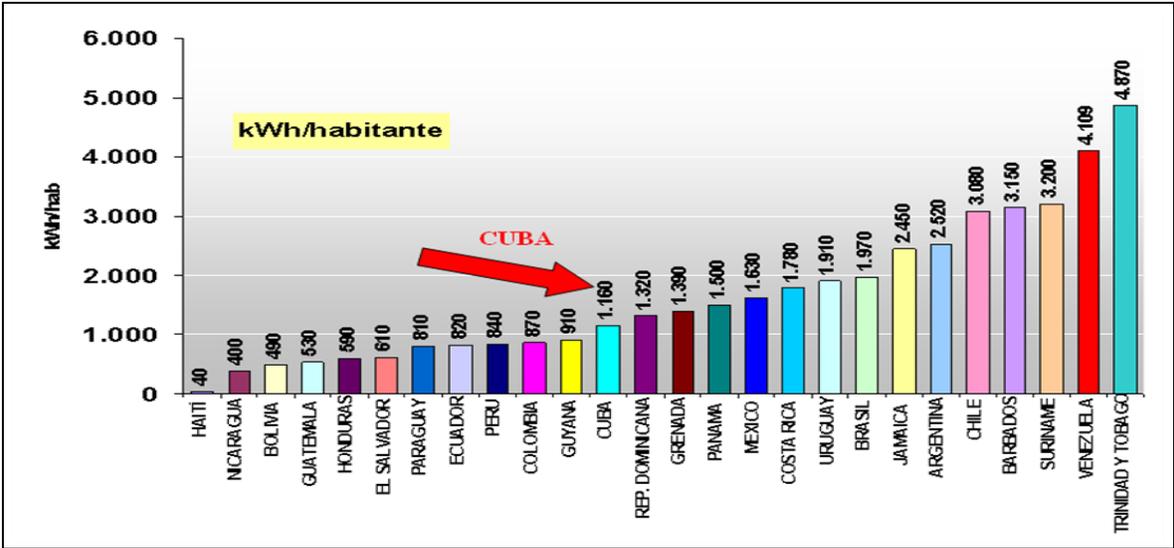


Figura 1.2 Consumo de Energía por habitante de América Latina y el Caribe
Fuente: CORPOELEC, EDC, Venezuela (2010)

En adición, la tendencia al alza en el consumo de energía en los últimos 30 años ha incrementado las emisiones de CO2. Dado a que estas emisiones representan dos terceras parte de los gases efecto invernadero enviados a la atmósfera, esta tendencia debe revertirse para hacer frente a las preocupaciones relacionadas con el cambio climático.

En la figura 1.3 se muestran los mayores países emisores en el mundo de CO₂.

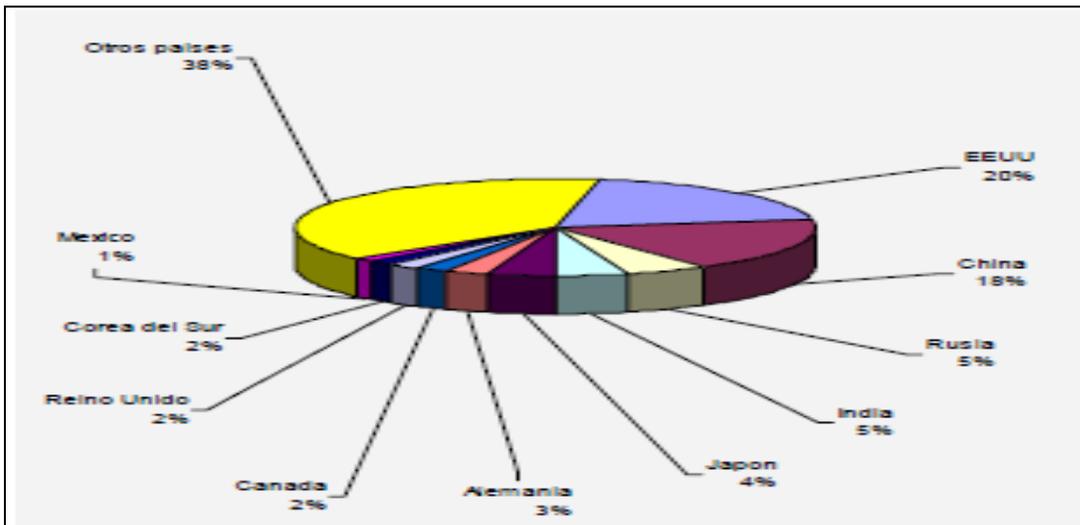


Figura 1.3 Países mayores emisores de CO₂ a escala mundial

Fuente: Internacional Energy Outlook 2005 (IEO 2007)

Como ha podido apreciarse el tema del aumento del consumo de electricidad a escala mundial se ha intensificado, y cada vez es mayor la toma de conciencia sobre la necesidad de frenar un poco este aumento, con políticas más realistas y eficientes. El debate mundial sobre el cambio energético se centra generalmente y de forma casi unilateral, en el aprovechamiento de las energías renovables. En ese sentido, se le presta muy poca atención a un aspecto decisivo: el tema de la conservación y eficiencia energética. [17]

1.2.2 Conservación y Eficiencia Energética

Algunas fuentes afirman que a nivel mundial, en la mayoría de las empresas el derroche es del orden de un 20% ó más de la electricidad, que se adquiere de las entidades distribuidoras de energía eléctrica, debido a una selección y operación inadecuada de los equipos y sistemas de distribución de la electricidad.[18]

Como ya se acotó, a nivel mundial el debate energético suele centrarse en las distintas opciones de generación eléctrica y en el papel preponderante de los combustibles fósiles en la provisión de energía.

En todo caso, se suele obviar la principal cuestión, el incremento del consumo energético, que no objeta el paradigma dominante, en el cual el incremento de este consumo equivale a un mayor bienestar. Sin embargo, debiera ser evidente que toda política energética debe basarse en conseguir los mismos fines con un menor consumo, y que este debe constituir el objetivo más relevante.

La satisfacción de la demanda energética debiera ser un objetivo consecutivo, al de lograr que ésta sea lo menor posible para el máximo rendimiento social, económico y ambiental. [19]

Pese a que en la actualidad la conciencia social respecto a los retos y los problemas ambientales es cada vez mayor, aún no se ha extendido el convencimiento de que, sobre todo, conservación y eficiencia energética son los cambios básicos necesarios. En las empresas, las medidas de conservación y eficiencia energética son un camino muy relevante, en muchas actividades, para la innovación productiva, y constituyen la mejor defensa ante los crecientes costos de la energía, y la mejor garantía de suficiencia.

Por un lado, la implicación de los trabajadores es fundamental para conseguir la eficiencia y conservación energética perseguidas; por otro lado, las empresas que consigan mayor ahorro energético podrán mejorar las remuneraciones de los trabajadores y asegurar la estabilidad laboral. [18]

Existe un enorme potencial para la conservación y el uso eficiente de la energía en el mundo, aunque con significativas diferencias cuantitativas y cualitativas entre los países desarrollados y subdesarrollados.

No cabe dudas que el ahorro de energía, basado en patrones más racionales de consumo y en tecnologías energéticas más eficientes, podría resultar una pieza clave de la reestructuración energética sostenible, que rompa el ciclo vicioso del *enfoque ofertista* que está orientado preferentemente al aumento de la oferta de energía, sin considerar debidamente la administración sostenible de la demanda y el consumo[14]

Se considera que el potencial de ahorro de energía alcanzable en los países latinoamericanos es del 20-50 %, en el caso de mejoras en instalaciones existentes y del 50-70 % en nuevas instalaciones. [20]

Es necesario masificar en todos los países de la región las políticas de Uso Racional de Energía (URE), en cuya implantación hay todavía un cierto retraso con respecto a otras regiones del mundo. La política energética de la mayoría de los países está orientada a satisfacer la demanda por vía del incremento de la oferta de energía, y no por un uso racional de la misma. En América Latina la eficiencia energética no ha tenido la misma integración que en Europa, debido a barreras económicas, financieras y regulaciones que han estado presentes en esta región. No ha habido el respaldo suficiente de los gobiernos, que en ocasiones llega al desconocimiento, el respaldo social así como el poder ejercido sobre el mercado por parte de las empresas de electricidad, gas y petróleo. [21]

Ya en muchos países de América Latina se han desarrollado programas con diferentes intensidades para integrar la conservación y eficiencia energética y el uso de las energías renovables a sus políticas energéticas. Entre los programas más importantes se encuentran: [22]

- CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía) y FIDE (fideicomiso para el ahorro de la energía eléctrica) en México
- PROCEL (Programa para el control de la energía eléctrica) en Brasil

Dentro de los resultados más significativos de programas de ahorro de la energía en la región se encuentra el de Perú, que en apenas tres años de haber iniciado un programa de ahorro de electricidad, logró detener el crecimiento de la demanda de la misma a pesar del incremento del número de consumidores, con mejoras de los hábitos de consumo y la cultura energética en el sector residencial e industrial. En Perú las principales pérdidas eléctricas provienen del uso de motores, transformadores y líneas de distribución. En el sector industrial, alrededor de un 70% del total de consumo eléctrico es realizado por los motores eléctricos. [23] También reportan resultados positivos Colombia y algunos otros países de la región.

Hoy, ante la crisis energética mundial, la región de América Latina y el Caribe busca en la integración energética una vía para enfrentar los efectos adversos de la crisis, se transforman las sociedades latinoamericanas, a la vez que se hacen más justas y participativas. La integración pone énfasis por librar a la región de la dependencia energética, lo cual se convierte en un proyecto novedoso que pudiera tener una amplia repercusión para el mundo.

1.3 Situación Energética en Cuba

La situación actual de la energía en Cuba se caracteriza por:

- Alta dependencia de los combustibles fósiles (95,6%) y por tanto baja independencia energética y principal fuente de contaminación. La figura 1.4 muestra la estructura de la generación eléctrica en Cuba. [24-25]

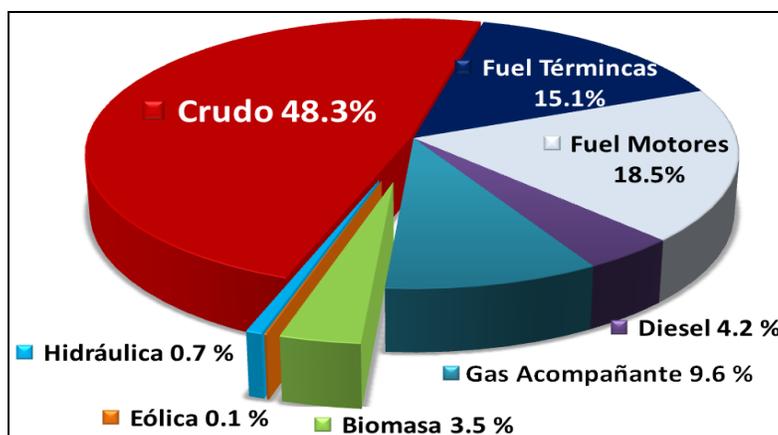


Figura 1.4 Estructura de Generación Eléctrica

Fuente: MINEM; UNE. (2015, Desarrollo de las Fuentes Renovables de Energía

Baja eficiencia en el uso de los portadores energéticos, lo que implica altos costos en la producción y el consumo de energía.

La figura 1.5 muestra el costo de la producción de energía en Cuba y la Tabla 1.1 muestra este mismo costo en diferentes regiones del mundo, puede apreciarse el alto costo de este indicador en el país comparado con otros lugares del planeta. [24]

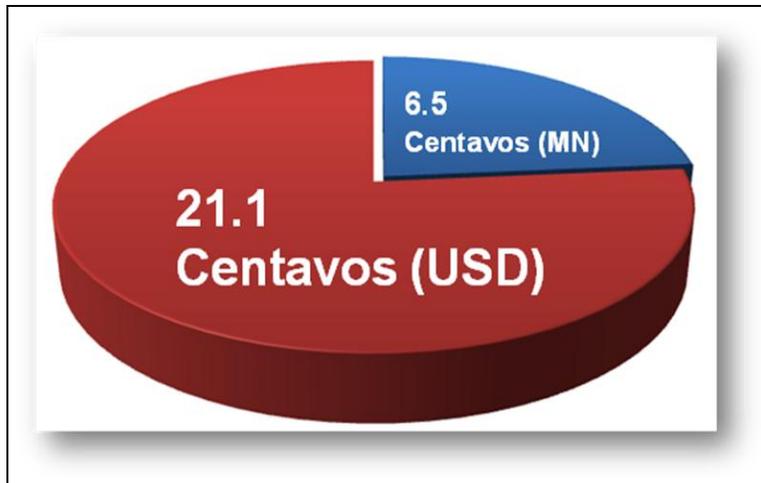


Figura 1.5 Costo de la producción de energía

Fuente: MINEM; UNE. (2015, Desarrollo de las Fuentes Renovables de Energía)

Tabla 1.1 Costo de la energía eléctrica en algunas regiones del mundo

Centavos de USD por kWh entregado	
Brasil	13.8
Chile	13.5
Uruguay	16.2
Argentina	15.7
Venezuela	13.1
México	14.2
Europa	9.2
Asia	11.1

Fuente: MINEM; UNE. (2015, Desarrollo de las Fuentes Renovables de Energía)

- Baja utilización de las fuentes renovables de energía (FRE), 4,3 %.
- Insuficiente número de empresas de servicios energéticos y de capacidades para la realización de estudios de factibilidad. [24]

1.3.1 Consumo de energía eléctrica

Tal como muestra la figura 1.6 el consumo de energía por sector se comporta de la siguiente manera: [25-26]



Figura 1.6 Consumo nacional de energía eléctrica por sector

Fuente: OC ONURE; (2014, Curso a Especialistas de Normalización y Evaluación Energética, USOS VITALES DE LA ENERGÍA EN CUBA

El consumo de energía por provincia se distribuye en el país como muestra la figura 1.7 [25]



Figura 1.7 Consumo nacional de energía eléctrica por provincia

Fuente: OC ONURE; (2014, Curso a Especialistas de Normalización y Evaluación Energética, USOS VITALES DE LA ENERGÍA EN CUBA

La estrategia actual del país para disminuir el consumo y la demanda de energía pasa por un cambio de la matriz energética, cuyo comportamiento en los próximos años se espera que sea como lo muestra la figura 1.8 siguiente. [27]

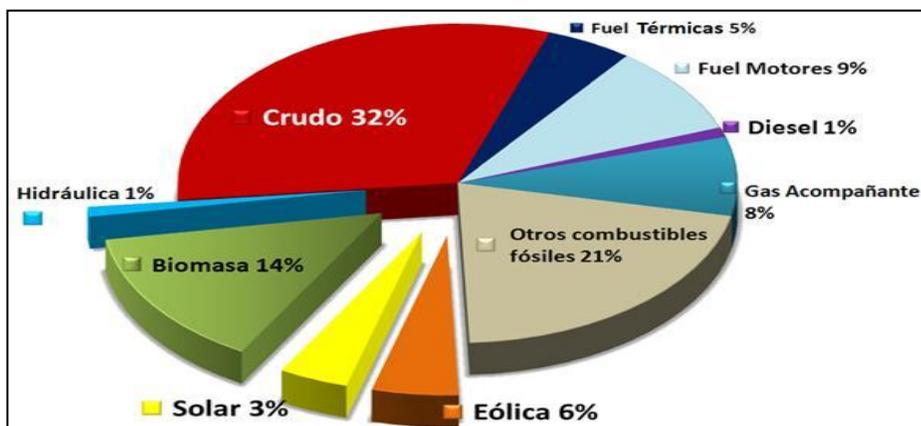


Figura 1.8 Estructura de Generación Eléctrica planificada para el año 2020

Fuente: MINEM; UNE. (2015, Desarrollo de las Fuentes Renovables de Energía

1.3.2 Conservación y Eficiencia energética

A partir del año 2005 se lleva a cabo un amplio programa de acciones con el objetivo fundamental de lograr mejorías en el Sistema Electro-energético Nacional (SEN) y en la calidad de vida de la población. Entre las acciones principales se encuentran: [18]

- La instalación de Grupos Electrógenos de Emergencia (GEE).
- La rehabilitación de redes eléctricas incluyendo cambios de transformadores, cables, interruptores, etc.
- La promoción y desarrollo del uso de las energías renovables.
- Un programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (ONURE).

Dentro del amplio espectro que abarca esta última medida se encuentra la constitución de equipos provinciales de supervisores, pertenecientes a la ONURE, para realizar diagnósticos energéticos en las entidades estatales mayores consumidoras de energía. Uno de los principales objetivos de estos compañeros es identificar, cuantificar y proponer soluciones a potencialidades de ahorro dentro de los centros supervisados. [28-29]

En Cuba la gran mayoría de los estudios, proyectos y trabajos realizados referentes a estos temas están enfocados, casi en su totalidad, a las fuentes renovables de energía y muy pocos se centran en los potenciales de ahorro energéticos dentro del sector estatal en general de un municipio ó provincia, aunque sí existen estudios y proyectos sobre potenciales de ahorro en las grandes empresas, pero son trabajos individuales que impiden a la dirección del territorio tener un visión más exacta de cuáles son las principales deficiencias y oportunidades de ahorro más comunes en el sector estatal de sus localidades y poder así trazar estrategias para ayudar a resolverlas.

Según [30], en el documento Ahorro y Eficiencia energética, elaborado por el Departamento de Industria Básica del Comité Central del Partido en noviembre de 2001, se señalan varias insuficiencias en la gestión energética empresarial como los principales problemas que afectan la eficiencia energética y el ahorro en el país.

Dentro de los señalamientos se destacan el insuficiente análisis de los índices de eficiencia energética, el desconocimiento de la incidencia de cada portador energético en el consumo total, la falta de identificación de índices físicos y su ordenamiento por prioridad, la falta de identificación de los trabajadores que más inciden en el ahorro y la eficiencia energética, la insuficiente divulgación de las mejores experiencias, las insuficiencias en los sistemas de información estadística y la falta de apreciación de la eficiencia energética como una fuente de energía importante. [18, 30]

Aunque una alternativa importante para un desarrollo sostenible es la sustitución de fuentes convencionales por fuentes renovables, la conservación y eficiencia energética son alternativas esenciales, tanto por sus efectos directos, como por lo que las mismas pueden contribuir al relevo, en algunos casos, de las fuentes de energías renovables ó visto desde una óptica más integradora, la conservación y eficiencia energética pueden contribuir a una mayor penetración de las fuentes renovables de energía en la matriz energética de cualquier territorio.

El ahorro de energía, si bien no representa una fuente de energía en sí, se acostumbra a considerarla como tal, ya que ofrece la posibilidad de satisfacer más servicios energéticos, lo que es equivalente a disponer de más energía.

El incremento de la eficiencia y conservación energética tiene un beneficio ambiental inmediato y directo, ya que implica una reducción en el uso de recursos naturales y en la emisión de contaminantes, incluido el CO₂. Sin lugar a dudas, la energía más limpia es la energía ahorrada.

Hasta ahora todo es posible en materia de ahorro; no obstante, para conservar el recurso energético no siempre se es más eficiente aunque al final se obtiene un resultado neto favorable y que denotará un menor consumo de energía. Algunas tecnologías de conservación energética pueden disminuir la eficiencia del equipo; no obstante, actúan directamente sobre la potencia que demandan por lo que disminuyen el consumo energético y los ahorros de energía pueden ser muy significativos; este es el caso de los variadores de frecuencia-tensión, que son conocidos comúnmente como variadores de velocidad, que sacan los equipos de su régimen de diseño nominal en que disminuye su eficiencia, pero aprovechan relaciones de semejanza que implican una drástica disminución de la potencia del equipo.

En este caso se conserva el recurso energético electricidad a pesar de haber empeorado la eficiencia del equipo. [5-6]

Para explicar este hecho es necesario saber diferenciar entre conservación energética y eficiencia energética, dos conceptos que aunque parecidos no significan lo mismo.

La conservación energética difiere del uso eficiente de la energía, el cual consiste en un menor uso de energía para un servicio constante. Por ejemplo, manejar menos es un ejemplo de conservación energética. Manejar lo mismo con un vehículo que recorra un mayor kilometraje es un ejemplo de eficiencia energética.

Conservación y eficiencia energética son dos técnicas para la reducción del consumo energético.

De este modo se puede hacer una diferenciación entre eficiencia y conservación energética, pues por medio del empleo de estas dos técnicas se consigue maximizar el ahorro energético y para comprender de una manera más asequible en que consiste la conservación energética, veáse a través de algunos ejemplos para diferentes tipos de tecnologías: [6]

1. Para la cocción

- El uso de temporizadores para programar el tiempo de utilización.
- Controles térmicos para su paralización por períodos determinados.
- Selección del nivel de potencia en función de la necesidad de cocción.
- Control de encendido y apagado por medio de toques directo a teclas, pulsos o señales por control a distancia.
- Encendido o apagado de las cocinas en función de la presencia o no del recipiente de cocción encima de la zona de calefacción.

2. En el transporte:

- Manejar menos es un ejemplo de conservación energética.
- Reprogramar las vías para el traslado de trabajadores con reducción de las trayectorias y el tiempo de viaje.

3. En la refrigeración y climatización

- Utilizar cierres mecánicos o de otro tipo para puertas
- Empleo de cortinas para locales refrigerados o climatizados.
- Utilización de controladores automáticos, sistemas SCADA, etc.
- Variadores de velocidad
- Programas de apertura y cierres de cámaras frías, recepción, distribución o venta de productos refrigerados en las horas de menor carga térmica.

4. En los sectores industriales comerciales y domésticos

- Los estudios de acomodo de carga y reorganización de la producción.
- Sustitución de energía eléctrica o fósil por fuentes renovables de energía, por ejemplo: la sustitución de calentadores eléctricos por calentadores solares, lo cual permite conservar la electricidad, el gas u otro portador para tales fines, y emplear para calentar el agua la energía del sol.

5. Los acumuladores de energía:

- Baterías
- Tanques elevados para agua
- Acumuladores de frío para la climatización, etc.

6. En la iluminación con la instalación de:

- Temporizadores (timers)
- Seccionalización del alumbrado
- Sensores de presencia,
- Atenuadores de la iluminación o dimmerizadores
- Sistemas híbridos y/o con regulación de la tensión (voltaje), etc.

Como se aprecia, ninguna de las técnicas influye sobre la eficiencia del equipo, pero sí contribuyen a maximizar el ahorro de energía. Estas son técnicas que en muchas ocasiones son olvidadas o simplemente no son tenidas en cuenta, pues se piensa únicamente con el concepto de eficiencia.

En Cuba el potencial en el corto y mediano plazo en relación con la conservación y el uso eficiente de la energía en el sector industrial va a estar en dependencia de la introducción de las siguientes medidas:

1. Las dirigidas a lograr cambios en los hábitos y patrones de consumo.
2. Las relacionadas con la recapitalización de las industrias, el rescate de sus mejores parámetros tecnológicos de funcionamiento y la normalización de los mantenimientos.
3. Las dirigidas a la racionalización, redimensionamiento y modernización de la gestión económico-energética, y a la elevación de la eficiencia económica general; se incluyen allí donde pudieron fundamentarse adecuadamente, las posibilidades de recuperación a mediano plazo, así como también el efecto del incremento del aprovechamiento de las capacidades.
4. Las que se enfocan al reemplazo de equipos y a la modernización de procesos tecnológicos, a partir de inversiones con períodos de recuperación no superiores, como regla, a 2,5 años (sólo en casos excepcionales se consideró un plazo algo superior, pero siempre menor que tres años). [31]

La conservación y eficiencia energéticas hay que lograrlas en todos los eslabones de la cadena que comienza en las fuentes de energía primaria, y termina en los equipos de uso final.

1.4 Principales sistemas energéticos en cualquier entidad u organización

- Administración de la energía: Se evalúa el empleo y control de la energía eléctrica y la gestión administrativa.
- Sistemas eléctricos: Se evalúa el estado técnico del sistema de suministro y de distribución de la energía eléctrica (componentes y consumidores).

Se evalúa el estado técnico y la eficiencia de su empleo en:

- Sistemas de refrigeración ó climatización
- Sistemas de generación y distribución de vapor
- Sistemas de impulsión, distribución, almacenamiento de fluidos y creación de vacío
- Instrumentos para mediciones eléctricas en instalaciones y equipos

- Sistemas de distribución de la energía e instalaciones eléctricas del centro
- Sistema de transporte vertical
- Sistema de izaje
- Sistema de iluminación
- Sistema de aire comprimido
- Motores eléctricos
- Fuentes Renovables de Energía (FRE) y nuevas tecnologías

1.5 Potenciales de ahorro que pueden ser detectados en cualquier entidad

En todo centro, empresa, organización u otra estructura empresarial existen potencialidades de ahorro de energía eléctrica, cuya solución puede repercutir en mayor ó menor grado en la disminución del consumo de electricidad de esa entidad. Algunos de esos potenciales se relacionan a continuación.

1.5.1 Oportunidades de ahorro de energía en iluminación

- Comprobación de niveles de iluminación existentes respecto a las normativas.
- Uso de lámparas de bajo consumo.
- Seccionalizar los circuitos de iluminación para compartimentar su uso.
- Desconexión completa de lámparas o focos fundidos o quemados.
- Mantener en buen estado la pintura de la luminaria.
- Pintar paredes, techos, y columnas de colores claros.
- Disminución de altura de las lámparas.
- Utilización de reflectores ópticos para aumentar el nivel de iluminación.
- Instalar sistemas automáticos de desconexión de circuitos (sensores de presencia, temporizadores).
- Uso de fotoceldas para el control luminoso, especialmente donde puede aprovecharse la luz natural.
- Instalación de láminas o tejas traslúcidas.
- Reducción de niveles de iluminación en áreas comunes.
- Implementación de programas de encendido y apagado del alumbrado.

1.5.2 Oportunidades de ahorro de energía en sistemas de producción de frío (sistemas de refrigeración y climatización)

Los objetivos y aplicaciones de la refrigeración son muy variados, abarcando desde la climatización de espacios a temperaturas de 20 ó 25 °C, hasta la producción de frío a bajas temperaturas para la conservación de alimentos en cámaras frigoríficas a menos 30 °C. Se acostumbra a llamar climatización a aquellas aplicaciones que trabajan a temperaturas algo inferiores a las ambientales, y refrigeración a las que trabajan a temperaturas mucho más bajas, normalmente desde + 10 °C hasta - 25 °C, o más bajas.

- Comprobación de la temperatura de condensación real respecto a la de diseño de la instalación.
- Verificar el estado técnico del espesor óptimo de aislamiento en los recintos frigoríficos y conductos.
- Diseño de recintos en forma cúbica (menos superficie envolvente).
- Mayor superficie común entre cámaras (si son más de una).
- Uso de antecámaras acondicionadas (reducir entrada de calor y humedad exterior).
- Comprobación de parámetros del sistema de frío respecto a parámetros de diseño (temperatura de refrigeración, consumo de potencia, velocidad de refrigeración, temperatura de evaporación, temperatura de condensación).
- Limpieza del condensador
- Limpieza del evaporador (ausencia de escorias, comprobación del sistema de descarche).
- Eliminación de fuentes adicionales de calor a la cámara frigorífica (focos incandescentes, infiltraciones de aire).
- Verificación del factor de utilización de las cámaras de frío.

- Posibilidad de desconexión de cámaras incrementando capacidades en otras.
- Evitar la introducción de materiales adicionales innecesarios como envases metálicos y otros que elevan el consumo.
- Instalación de sistemas de control automático para ciclos de deshielo secuenciados.

1.5.3 Oportunidades de ahorro en Factor de Potencia

- Prevenir el bajo factor de potencia mediante la selección y operación correcta de equipos.
- Corregir el bajo factor de potencia con adecuación de la capacidad de motores y transformadores a sus cargas reales.
- Compensar la potencia reactiva y corregir el factor de potencia con el empleo de: motores sincrónicos y banco de capacitores.
- Conectar los capacitores de carga cerca de la carga que van a compensar.
- Sustitución de motores sobredimensionados.
- Establecer mantenimientos periódicos a los sistemas de compensación de potencia reactiva.

1.5.4 Oportunidades de ahorro en motores eléctricos

- Selección apropiada de los motores eléctricos.
- Lograr los mayores períodos de operación del motor y su carga a la máxima eficiencia (75 - 95 % de su potencia nominal).
- Verificar las reparaciones de los motores rebobinados.
- Empleo de motores trifásicos en lugar de monofásicos (3 - 5 % mayor de eficiencia).
- Evitar el trabajo en vacío prolongado de motores.

- Instalación de capacitores en los circuitos con mayor número de motores o en los motores de mayor capacidad.
- Seleccionar el motor de acuerdo a su ciclo de trabajo (continuo o intermitente).
- Seleccionar la armazón del motor de acuerdo al medio de trabajo (abiertos, cerrados, semicerrados).
- Seleccionar correctamente la velocidad del motor (los motores de alta velocidad son más eficientes).
- Valorar la sustitución de motores antiguos o de uso intensivo por normalizados de alta eficiencia.
- Utilizar motores sincrónicos en lugar de motores de inducción cuando se requieren motores de gran potencia y baja velocidad.
- Revisar la conexión a tierra de los motores para evitar accidentes y fugas.
- Evitar concentración de motores en lugares poco ventilados.
- Verificar la tensión en los alimentadores de los motores.
- Instalar arrancadores electrónicos en lugar de reóstatos convencionales para el arranque de motores de corriente directa.
- Balancear la tensión de alimentación en motores trifásicos de corriente alterna (el desequilibrio no debe exceder el 5 %).
- Sustituir motores con reductores de velocidad por motores de velocidad ajustable con reguladores electrónicos. Ej. en sistemas de bombeo o compresión con caudales variables, ventiladores que usen deflectores para regular flujo.
- Preferir acoplamiento individual en accionamientos con grupos de motores.
- Acoplar, siempre que se pueda, directamente el motor a la carga.

- Controlar la temperatura del aceite de lubricación.
- Revisar conexiones del motor periódicamente.
- Verificar periódicamente la alineación del motor con la carga impulsada.
- Mantener en buen estado los medios de transmisión motor - carga, así como los cojinetes del motor.

1.5.5 Reducción de la demanda máxima de electricidad

- Determinar las áreas que son factibles de controlar para reducir las cargas por demanda máxima.
- Desconectar transformadores con cargas ociosas.
- Valorar alternativas o estudios de costo-beneficio para implantar la autogeneración y cogeneración.
- Eliminar las pérdidas por conexiones falsas a tierra.
- Efectuar acomodados de cargas con almacenamiento de productos de los altos consumidores de energía en horario no pico para poder disponerlos en horario pico. Ej. bombas, hornos, compresores, etc.
- Reducción del uso de equipos en el horario pico sin afectar el servicio.
- Revisión de la selección de las bombas en función de la carga, flujo y tiempo de operación necesaria.
- Establecer horarios de bombeos que no afecten el pico.
- Eliminar simultaneidad en el uso de equipos altos consumidores, por ejemplo elevadores de hoteles, etc.
- Programación especial de elevadores para disminuir su uso.
- Sustitución de calentadores eléctricos por fluidos térmicos donde existan condiciones.

1.5.6 Generadores de vapor y calderas

- Ajuste de la combustión (relación aire - combustible).
- Mantenimiento de los quemadores (limpieza de boquillas).
- Uso de quemadores eficientes.
- Uso de turbulizadores intensificadores de la transferencia de calor (en calderas de tubos de fuego).
- Revisar y mantener en buen estado las trampas de vapor.
- Revisar y mantener en buen estado el aislamiento térmico de la caldera y tuberías de vapor.
- Realizar y mantener en norma el régimen químico del agua de alimentación.
- Realizar y mantener en norma el régimen de purgas.
- Mantener en buen estado válvulas automáticas de regulación de temperatura de agua caliente en calentadores de agua.
- Eliminar salideros de vapor y combustibles.
- Recuperar todo el condensado posible de vapor producido.
- Revisar y mantener el aislamiento de las tuberías de retorno del condensado.
- Mantener en buen estado el aislamiento del tanque de retorno del condensado.
- Mantener calibrados y en buen estado los instrumentos de medición.
- Realizar pruebas periódicas de combustión y eficiencia de la caldera.
- Disminuir valores de temperaturas de agua caliente en horarios de menos uso.

- Trabajar siempre con las calderas a máxima capacidad y no con varias a media capacidad.
- Siempre que sea posible calentar el agua de alimentar con calor de desecho (de gases de combustión, etc.).
- Selección adecuada de los parámetros del vapor producido en función del consumidor. Evitar reducciones de presiones en válvulas reductoras.
- Evitar y eliminar periódicamente las incrustaciones en los tubos de intercambio calórico.
- Utilizar los combustibles precalentados.
- Eliminar visión desde el exterior de zonas rojas para evitar pérdidas por radiación.
- Eliminar posibilidad de infiltraciones de aire (hermeticidad).
- Garantizar atomización eficiente del combustible (pruebas de quemadores).
- Evitar formación de escoria en el hogar o puntos brillantes al final de la llama.
- Garantizar la temperatura de la llama cercana a la máxima teórica (color amarillo de la llama si es petróleo, azul si es gas).
- Precalentar el aire de combustión siempre que sea posible con calor de desecho.
- Mantener temperatura de chimenea por debajo de los 50° C por encima de la temperatura del vapor saturado producido.
- Controlar la presión del combustible en los parámetros establecidos para lograr buena atomización y buen mezclado.
- En calderas de demandas variables de vapor debe lograrse su ajuste capaz de suministrar el vapor requerido y al mismo tiempo minimizar los ciclos de arranque y parada.

- Evitar presencia de humos en las cajas del horno (combustión incompleta).
- Recuperación del sensible de las purgas si sus fugas son significativas.

1.5.7 Sistemas de tuberías de transporte

- Comprobación de la capacidad de paso de la tubería.
- Determinación de pérdidas hidráulicas y medidas para su reducción.
- Valoración del aislamiento, su estado técnico y espesor óptimo.
- Determinación de las pérdidas de calor y medidas para su reducción.
- Existencia y funcionamiento de drenajes en tuberías principales de vapor a turbinas.
- Existencia de golpes hidráulicos, formas de eliminación.
- Comprobación de parámetros de diseño y reales en las tuberías (velocidad de paso del fluido, diámetro requerido, espesor, presión y temperatura del fluido).

1.6 Situación del consumo eléctrico y de los Potenciales de Ahorro de electricidad en la provincia

El comportamiento del consumo de energía eléctrica en la provincia ha tenido una tendencia al aumento, aunque en los últimos 10 años han habido dos períodos un tanto diferentes. Según estadísticas del departamento comercial de la Organización Básica Eléctrica Provincial de Sancti Spíritus OBEP SS, hubo un primer período desde el año 2005 al 2008 donde el crecimiento del consumo fue muy alto, en el orden del 9% anual y un segundo período desde 2009 hasta la fecha donde el crecimiento ha disminuido en el orden del 1% anual. [32]

El sector que mayor crecimiento del consumo experimenta es el sector residencial al contrario del estatal que es el de menor crecimiento experimentado en los últimos años. Dos de las causas principales de esta disminución del crecimiento del consumo de energía eléctrica en el sector estatal de la provincia, son los controles de los cumplimientos de los planes de consumo de electricidad por cada servicio y las acciones que realizan los compañeros de la ONURE SS.

Respecto a los potenciales de ahorro de electricidad en el análisis de toda la bibliografía encontrada y consultada, se evidenció que al nivel de empresas y organizaciones se le da algún tratamiento a este tema.

Se comprobó que en algunas entidades se emplea el Manual Instructivo para el uso y control de portadores, fuentes renovables y nuevas tecnologías energéticas de los supervisores de la ONURE, y se aplicaron herramientas de la Tecnología de Gestión Total de Eficiencia Energética (TGTEE), para identificar entre otras cosas, los potenciales de ahorro más importantes y herramientas del Tutorial de Métodos de Cálculo Rápido para el cálculo de los mismos.

También se verificó la existencia de estudios como tesis [33-34] y los diagnósticos energéticos realizados a los mayores consumidores del sector estatal de Sancti Spiritus, por los supervisores de la Oficina Nacional para el control del Uso Racional y Eficiente de la Energía de esta provincia (ONURE SS) en el período 2010–2014 [35], que identifican, analizan y cuantifican potenciales de ahorro de energía en las entidades altas consumidoras de electricidad de la provincia, para contribuir al mejoramiento de la eficiencia y conservación energética de las mismas; pero no se encontró ninguna bibliografía que reflejara cuanto representan todos estos potenciales de ahorro para el territorio, cuáles son los más importantes, los más coincidentes, cuánto representan económica y ambientalmente, que influencia pudieran tener en la disminución del consumo de energía eléctrica y en el mejoramiento de la eficiencia y conservación energética.

Conclusiones Parciales

1. La bibliografía consultada y los conocimientos adquiridos por el autor en la maestría, le permiten dar al trabajo una sólida base teórica para lograr los objetivos propuestos.
2. El tema de la investigación se considera importante por la actualidad que tiene la eficiencia y conservación de la energía en el mundo empresarial, al considerarse el ahorro energético decisivo para el desarrollo sostenible de la especie humana y su propia existencia y la del planeta.
3. No se encontró evidencia de ningún estudio que reflejara los principales potenciales de ahorro de electricidad en la provincia, su influencia en el consumo de energía eléctrica y en el mejoramiento de la eficiencia y conservación energética del territorio.

Capítulo II

CAPITULO II. Diseño Metodológico

Introducción

A partir del problema científico planteado y para dar continuidad al capítulo anterior, donde se elaboró el marco teórico referencial de la investigación, en este capítulo se realiza un análisis de las herramientas, métodos y técnicas empleadas en el trabajo. Se aplican algunas herramientas de la Tecnología de Gestión Total de Eficiencia Energética (TGTEE) [20, 36-38] y del Manual Instructivo para el Uso y Control de Portadores, Fuentes Renovables y Nuevas Tecnologías Energéticas de los inspectores de la ONURE [2]. El objetivo de este capítulo es ofrecer una visión de la metodología utilizada y las bases científicas que la sustentan.

2.1 Procedimiento general de la investigación realizada

La Tabla 2.1 que se muestra a continuación, resume de forma sintetizada el procedimiento general realizado en este estudio. Después se describen los materiales y métodos que en cada etapa fue pertinente realizar para dar respuestas a los propósitos del trabajo de investigación.

Tabla 2.1 Procedimiento general de la investigación

Etapa	Fuente de Información	Técnicas de Tratamiento de Información	Resultados Esperados
Diagnóstico detallado del consumo de energía eléctrica de la provincia	<ul style="list-style-type: none">• Empresa Eléctrica	<ul style="list-style-type: none">• Tablas, gráficos estadísticos, diagramas, informes y otros documentos relacionados con el tema	<ul style="list-style-type: none">• Estado actual del consumo detallado de energía eléctrica de la provincia.
Identificar y analizar las oportunidades de ahorro	<ul style="list-style-type: none">• Empresa Eléctrica• Entidades visitadas	<ul style="list-style-type: none">• Tablas, gráficos estadísticos, observación en el terreno, mediciones, informes y otros documentos relacionados con el tema	<ul style="list-style-type: none">• Identificación de los principales potenciales de ahorro.
Proposición de soluciones y evaluación energética, económica y ambiental	<ul style="list-style-type: none">• Observación de las oportunidades identificadas y recopilación de variables económicas y ambientales	<ul style="list-style-type: none">• Tablas, gráficos estadísticos, Diagramas, VAN, TIR, PRI, métodos de cálculos	<ul style="list-style-type: none">• Propuesta de acciones a tomar en cuenta

2.2 Diagnóstico detallado del consumo actual de energía eléctrica de la provincia

Para la realización del diagnóstico detallado de la situación actual del consumo de energía eléctrica de la provincia, se tuvieron en cuenta los aspectos fundamentales que a continuación se relacionan:

2.2.1 Recolección de datos

2.2.2 Estructura del suministro y consumo de electricidad de la provincia.

2.2.3 Comportamiento del consumo de energía eléctrica de la provincia por sectores.

2.2.4 Comportamiento de la cantidad de clientes de la provincia por sectores.

2.2.5 Estructura de consumo del sector estatal.

2.2.6 Estructura de clientes del sector estatal.

2.2.7 Estructura de Consumo del Sub-Sector Estatal Mayor

2.2.1 Técnica de recolección de datos para efectuar el diagnóstico del consumo actual de energía eléctrica de la provincia

Se realizó la recopilación de todos los datos necesarios para el diagnóstico detallado del consumo de energía eléctrica de la provincia, que tomó como bases los Reportes de Operaciones Mensuales de la Organización Básica Eléctrica Provincial de Sancti Spíritus (OBEP SS) y Tablas Excel del Departamento Comercial de la OBEP SS, así como información estadística del Despacho Provincial de Carga de SS. Esto tuvo como propósito dar una panorámica del comportamiento de los consumos eléctricos actuales de la provincia.

2.2.2 Estructura del suministro y consumo de electricidad de la provincia

Se estudiaron los datos recopilados para conocer la estructura del suministro y consumo eléctrico de la provincia, y se graficaron con un diagrama donde se visualiza de forma general la situación actual del territorio respecto a las entradas de energía eléctrica y su uso final.

2.2.3 Comportamiento del consumo de energía eléctrica de la provincia por sectores

Se realizó el análisis de los datos recopilados para conocer el comportamiento del consumo eléctrico por sectores y se graficaron con un diagrama de Pareto en el que se determinaron los sectores que mayor peso presentan dentro del consumo total de la provincia.

Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en por ciento. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total. El diagrama de Pareto es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80 – 20, que identifica el 20% de las causas que provoca el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado. La utilidad de este diagrama consiste en identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser: los mayores consumidores de energía de la fábrica, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos, en predecir la efectividad de una mejora al conocer la influencia de la disminución de un efecto al reducir la barra de la causa principal que lo produce y determinar la efectividad de una mejora al comparar los diagramas anterior y posterior a la mejora. [39]

2.2.4 Comportamiento de la cantidad de clientes de la provincia por sectores

Al igual que en el acápite anterior se realizó el análisis de los datos recopilados para conocer, en este caso, el comportamiento de los clientes de la provincia por sectores, se utilizó un gráfico de tipo circular en el que se observan los porcentos de los clientes por sectores dentro de la provincia.

2.2.5 Estructura de consumo del sector estatal

Se realizó el análisis de los datos recopilados para conocer el comportamiento del consumo eléctrico por sub-sectores y se graficaron con un diagrama de Pareto, en el que se determinó qué sub-sector tiene el mayor peso dentro del consumo total del sector estatal.

2.2.6 Estructura de clientes del sector estatal

En este caso se determinó el comportamiento de los clientes del sector estatal por sub-sectores, se utilizó un gráfico de tipo circular en el que se observa cual sub-sector presenta la mayor cantidad de clientes dentro del sector estatal y que porcentaje representa.

2.2.7 Estructura de Consumo del Sub-Sector Estatal Mayor

Fueron analizados los datos recopilados y se pudo conocer el comportamiento del consumo eléctrico por servicios. Dada la cantidad tan grande de los mismos se determinó agruparlos en grupos de 150, en orden descendente según su consumo de energía, se graficaron en un diagrama de Pareto donde se determinó el grupo de servicios que mayor peso presenta, dentro del consumo total del estatal mayor y se identificaron las 33 empresas a las cuales pertenecen.

2.3 Identificación y análisis de los potenciales de ahorro más comunes en las entidades mayores consumidoras de energía eléctrica dentro del estatal mayor de la provincia

Las técnicas y herramientas utilizadas para determinar los potenciales de ahorro fueron:

2.3.1 Recolección de datos

2.3.2 Observación

2.3.3 Medición

2.3.4 Herramientas utilizadas para representar los potenciales de ahorro.

2.3.4.1 Gráfico de barras (Estructura de los potenciales por cantidad de empresas)

2.3.4.2 Diagrama de Pareto (Estructura de los potenciales por ahorro de energía)

2.3.4.3 Diagrama de Pareto (Estructura de los potenciales por afectación económica)

2.3.4.4 Tabla de datos (Cantidad de equipos por cada potencial escogido)

2.3.1 Técnica de recolección de datos para identificar los potenciales de ahorro más comunes en las entidades mayores consumidoras

Se realizó recopilación de todos los datos necesarios, de los primeros 150 centros mayores consumidores de energía eléctrica dentro del sector estatal de la provincia agrupados en 33 empresas.

Para ello se analizaron todos los Diagnósticos energéticos realizados en más de 50 empresas del territorio, por los supervisores de la Oficina Nacional para el Control y Uso Racional de la Energía en Sancti Spíritus (ONURE SS), en el período de Enero 2010 – Abril 2015. [35]

Se utilizó como guía el Manual Instructivo para el Uso y Control de Portadores, Fuentes Renovables y Nuevas Tecnologías Energéticas, ofrecido por la ONURE [2], en él se refleja en detalles los contenidos de la Guía de Supervisión empleada por los supervisores de la ONURE, y a “grosso modo”, los niveles de calificación de resultados, aunque sin entrar en especificidades propias de la acción de calificación por los Supervisores.

Al Manual se le han incorporado recomendaciones para el mejor uso de la energía y formas de realizar diferentes comprobaciones del funcionamiento de diferentes equipos. Se han añadido diversas formas de cálculos para determinar la eficiencia del funcionamiento de algunos sistemas y sus componentes.

El Manual está dirigido no sólo a los supervisores y reguladores de la ONURE, sino también, a los directivos involucrados en el control de portadores energéticos y a los especialistas energéticos de todos los niveles de dirección de cualquier entidad, para ampliar sus conocimientos en la materia, que puedan emplearlo como herramienta en la noble tarea de suprimir el derroche o uso innecesario de energía, y con ello logren alcanzar niveles superiores de eficiencia energética, lo cual repercute favorablemente en la economía del país y en el cuidado del medio ambiente. El Manual sirve de instrumento para mejorar en el autocontrol del empleo de la energía en las organizaciones, que logra reducir las facturas de gastos y mejorar en los resultados de las supervisiones energéticas que se les realicen a las mismas.

2.3.2 Técnica de Observación

Se realizaron visitas al terreno de algunos servicios de las 33 entidades mayores consumidoras de energía eléctrica para confirmar que aún no se habían resuelto varios de los potenciales diagnosticados en los informes consultados y esto se hizo mediante la técnica de inspección visual.

2.3.3 Técnica de Medición

Mediante equipos de medición (Analizador de Redes Eléctricas Trifásico) marca Chauvin Arnoux, Qualistar, Modelo C.A. 8334, colocado en algunos servicios de las 33 entidades visitadas se pudieron verificar y analizar varios potenciales de ahorro que no estaban claros en los informes consultados.

2.3.4 Tipos de Gráficos y Diagramas empleados

De los Diagnósticos Energéticos realizados por los supervisores de la ONURE SS en el período de Enero 2010 – Abril 2015 a 53 empresas del territorio, con más de 500 potenciales de ahorro que representan 7,6 GWh/año y 1 775,56 MP/año, se escogieron para el estudio, las 33 empresas mayores consumidoras de energía, como se indicó anteriormente, con más de 350 potenciales de ahorro. El criterio utilizado para la selección de los potenciales a analizar, fue la coincidencia de los mismos en la mayor cantidad de entidades posibles. De este monto total se descartaron oportunidades de ahorro por varias causas, algunas de las cuales se relacionan a continuación:

- Potenciales de Ahorro únicos de cada servicio.
- Potenciales de Ahorro para el centro pero no significativos para la provincia.
- Potenciales de Ahorro resueltos ó en vías de solución inmediata detectados en posteriores visitas de los supervisores.
- Potenciales de ahorro por Factor de Potencia y Demanda que no generan gran ahorro por consumo de energía.

Luego de estos análisis detallados se identificaron 11 potenciales que coinciden en tres ó más de las 33 empresas escogidas.

2.3.4.1 Estructura de los potenciales por cantidad de empresas

Esta herramienta se aplica a la estructura de los 11 potenciales de ahorro de energía eléctrica, y en el gráfico de barras se muestra la coincidencia que tiene cada uno dentro de las entidades mayores consumidoras de energía eléctrica del sector estatal. Este criterio permite escoger los potenciales más representativos y coincidentes para su evaluación posterior.

2.3.4.2 Estructura de los potenciales por el ahorro de energía obtenido

Luego de analizados los datos recopilados se grafican en un diagrama de Pareto que muestra la estructura de los potenciales, ordenados según el ahorro de electricidad que representa su solución, y permite que se observe la composición de los potenciales de mayor peso en el ahorro total.

2.3.4.3 Estructura de los potenciales por el ahorro económico a la provincia que representan

A través de un diagrama de Pareto se muestra la estructura de los potenciales ordenados según el ahorro económico que representan para la provincia. Se tabularon los datos y se calcularon los números acumulativos, se utilizó para los cálculos el costo de la energía puesta al cliente al cierre de Abril 2015. El diagrama permite visualizar los resultados de forma que se observe la composición de los potenciales de mayor peso en el ahorro económico.

2.4 Propuesta de solución y evaluación energética, económica y ambiental de los potenciales de ahorro escogidos

En esta etapa del trabajo se exponen los aspectos fundamentales de los potenciales más comunes en las empresas mayores consumidoras de energía del territorio, estos aspectos se relacionan a continuación y se explican más adelante.

2.4.1 Propuesta de solución

2.4.2 Evaluación energética

2.4.3 Evaluación económica

2.4.4 Evaluación ambiental

2.4.1 Propuesta de solución de los potenciales de ahorro

Se propuso una solución a cada uno de los potenciales escogidos para su análisis por ser los más comunes en las empresas y los que tienen mayor peso en el ahorro energético y financiero.

2.4.1.1 Cambio de las luminarias de Vapor de Mercurio de 250 W por luminarias LED de 100 W

Con esta propuesta se pretende demostrar la viabilidad técnica de la sustitución de luminarias de Vapor de Mercurio por las del tipo LED, que proponen obtener una mejor visibilidad, una mayor eficiencia energética y una mayor durabilidad de los componentes empleados. Como se conoce la iluminación es un potencial de ahorro importante en el uso final de energía eléctrica en las empresas. Existen actualmente tecnologías LED en el mercado que permiten mejorar la eficiencia energética, incluso, permiten lograr una mayor prestación en las condiciones de iluminación y seguridad. [40]

Las empresas en la provincia cuentan aún con un sistema de alumbrado, donde la mayoría de las lámparas son ineficientes (Mercurio y Sodio de Alta Presión y Halógenos Metálicos), amén de presentar una geometría óptica y condiciones de automatización poco eficientes. Por tal motivo la rehabilitación del sistema a partir de la estandarización con luminarias y accesorios de alta calidad, ha de permitir lograr que los costos de mantenimiento y operación se vean reducidos a un nivel mucho más bajo.

En este sentido los principales objetivos a cumplir son:

- Lograr un ahorro de energía a partir del cambio de iluminación ineficiente por luminarias eficientes.
- Disminuir la demanda nocturna producto de la sustitución de luminarias ineficientes.
- Implementar tecnologías que permitan un uso óptimo y eficiente del alumbrado.
- Mejorar el nivel de visibilidad de trabajadores y custodios en las empresas.

Breve descripción inicial de la tecnología propuesta.

- Tecnología de luminarias LEDs, con mayor eficiencia energética.
- Tecnología de luminarias con un nivel de distribución luminoso más eficiente.

En comparación con la gran mayoría de las tecnologías convencionales existentes actualmente en el mercado, la última evolución de la tecnología LED garantiza una mejor calidad de la iluminación, ya que presenta un alto “Índice de Reproducción Cromática” (parámetro que caracteriza la posibilidad de una fuente de luz, de reproducir el color verdadero de los cuerpos y que se expresa en por ciento), lo que equivale a una mejor percepción de los colores reales de los objetos, que se traduce en una mejor calidad de iluminación y mayor seguridad en la vía. [40]

Adicionalmente la tecnología propuesta en el trabajo disminuye la contaminación medioambiental, no solo por consumir menos energía, y por tanto emitir menos CO₂ al medio ambiente; sino porque los sistemas a LEDs no utilizan componentes tóxicos, al contrario de lo que pasa con las tecnologías actualmente utilizadas, como el mercurio y el sodio alta presión. La propuesta se basa en la tecnología china ZT-L103C LED empleada actualmente en el alumbrado público de Sancti Spíritus y se hace una comparación entre ambas tecnologías.

2.4.1.2 Implementación de la TGTEE

La Gestión Empresarial incluye todas las actividades de la función gerencial que determinan la política, los objetivos y las responsabilidades de la organización; actividades que se ponen en práctica a través de: la planificación, el control, el aseguramiento y el mejoramiento del sistema de la organización.

La Gestión Energética o Administración de Energía, como subsistema de la gestión empresarial abarca, en particular, las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial que le confieren a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas.

Para establecer un sistema de gestión energética, un primer paso es llevar a cabo un análisis de los consumos energéticos, caracterizar energéticamente la empresa y establecer una estrategia de arranque.

Esta etapa tiene como objetivo esencial conocer si la empresa efectivamente se verá beneficiada de forma significativa, al implantar un sistema integral de gestión energética que le permita abatir costos por sus consumos de energía, alcanzar una mayor protección ante los problemas de suministro de la energía, reducir el impacto ambiental, mejorar la calidad de sus productos o servicios y elevar su competitividad.

Contar con un buen sistema de gestión energética resulta particularmente importante para las industrias energointensivas, y en general, para las empresas en las cuales la facturación por energéticos puede llegar a representar una elevada fracción de los gastos totales de operación.

No obstante, la gestión energética para reducir los costos puede ser importante aun en empresas donde éstos representan porcentajes relativamente bajos de los costos totales, ya que la energía es el apartado cuyos costos crecen más rápidamente y uno de los pocos costos que pueden ser realmente controlados.

La TGTEE consiste en un compendio de procedimientos, herramientas técnico-organizativas y software especializado, que aplicado de forma continua y con la filosofía de la gestión total de la calidad; permite establecer nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de los costos energéticos en cualquier empresa. Tiene como propósito no sólo diagnosticar y dejar un plan de medidas; sino esencialmente elevar las capacidades técnico-organizativas de la empresa, de forma tal que esta sea capaz de desarrollar un proceso de mejora continua de la eficiencia energética.

Es particularmente novedoso el sistema de control energético, que incorpora todos los elementos necesarios para que exista verdaderamente control de la eficiencia energética. [38]

La TGTEE permite, a diferencia de las medidas aisladas, abordar el problema en su máxima profundidad, con concepto de sistema, de forma ininterrumpida y creando una cultura técnica que permite el autodesarrollo de la competencia alcanzada por la empresa y sus recursos humanos. Los compañeros supervisores de la ONURE estiman que la no implementación de la TGTEE representa un potencial de ahorro entre 1-5% de la facturación anual de una empresa.[2]

2.4.1.3 Sustitución de bancos de transformadores subcargados para eliminar pérdidas de transformación

La capacidad de un equipo eléctrico (Motor Eléctrico, Transformador, etc) delimita fundamentalmente el valor máximo que puede alcanzar sin ocasionarle daños, ya sean de consideración ó moderado, aunque no perceptible. Esto limita su vida útil, por lo que en línea general los mismos operan con valores que están por debajo de su capacidad nominal de chapa; sin embargo aunque todos controlan no operar un transformador por encima de su capacidad nominal y en los casos en que se realiza; se hace bajo un estricto control. Por el contrario, sí existe de forma generalizada que la capacidad de un equipo duplique ó triplique la carga real necesaria, ello provoca un gasto de energía innecesario aunque el transformador ó banco de transformadores opere bajo un régimen de máxima eficiencia. Este criterio no se aplica a casi ninguna empresa del territorio, pues que un banco esté ó no subcargado casi siempre lo determina la sustitución ó eliminación de las cargas y no se piensa en que régimen opera.

Los bancos de transformadores al igual que los motores eléctricos consumen de la red, una cantidad de electricidad que es la suma de la que entregan más la que necesitan como consumo propio. La que entregan solo depende de la carga secundaria, por lo que será la misma independientemente que el equipo tenga una mayor ó menor capacidad; sin embargo el consumo propio, que no es más que las pérdidas eléctricas del equipo, sí varían en función de la carga. [1]

La relación de pérdidas de un transformador determina el estado de carga óptimo. Los de baja relación de pérdidas tienen su máxima eficiencia más próxima a plena carga. Aquellos de alta relación tienen su máxima eficiencia a cargas parciales más alejadas de la nominal.

Como lo indica la propuesta de solución, se sugiere sustituir los bancos de transformadores subcargados identificados por otros de menor capacidad, sin afectar demasiado la eficiencia de los mismos y que generarán un ahorro en pérdidas de transformación que justificará la propuesta.

Para ello se consultaron los Diagnósticos Energéticos realizados por los supervisores de la ONURE y se eligieron aquellos bancos de transformadores que cumplieran con estos criterios de selección. Para la obtención del costo de los transformadores se analizó la base de datos del Departamento de Inversiones de la OBE Provincial a través del software SIGERE. [41]

2.4.1.4 Cambio de las lámparas fluorescentes de 32 W por lámparas de tecnología LED de 18 W

En este caso se propone la sustitución de las lámparas fluorescentes por lámparas LED, que tiene en cuenta la viabilidad técnica expresada en la propuesta de cambio de las luminarias de mercurio. Nótese que en este caso solo se propone la sustitución de la lámpara no de la luminaria. Se considera además, que la política del país va encaminada a en un futuro cercano, a la sustitución de todas estas lámparas por tecnología LED. También se hace una comparación entre ambas tecnologías. La tecnología escogida se determinó a partir de la consulta de documentos del Departamento de Normalización de la Oficina Central de la ONURE y del Proyecto de sustitución de luminarias del Túnel de La Habana.

2.4.1.5 Insulación de las tuberías

La propuesta de solución en este caso se sustenta en las pérdidas de energía tan grandes que existen en muchas empresas por la falta de Insulación de las tuberías, sobre todo de vapor y amoniaco, que repercuten de forma directa en la baja eficiencia de estos sistemas y en el sobreconsumo de energía.

En este trabajo no se consideró el potencial de ahorro en combustibles, en los casos de ninguna o mala insulación de las tuberías de vapor, pero se conoce que es aquí donde está el mayor ahorro en este tipo de potencial. [34]

2.4.1.6 Cambio de motores subcargados por motores de alta eficiencia

La propuesta de sustitución de motores eléctricos subcargados por motores de alta eficiencia, se realiza debido a que uno de los mayores consumos de energía eléctrica de una empresa se concentra en estos. En la actualidad existe un creciente empleo de motores y accionamientos eléctricos de alta eficiencia, debido al ahorro de energía que introducen, aunque presentan ligera disminución en el factor de potencia y alto costo de adquisición.

Aún la cantidad de motores y accionamientos de alta eficiencia que se venden es muy baja. Esto se debe en parte a que en las prácticas tradicionales de compra no se evalúa el costo real de la energía. Generalmente los compradores se concentran en el bajo costo inicial de la inversión, no se comprende que estos equipos de mayor eficiencia aunque más costosos inicialmente, compensan la diferencia en un plazo normalmente reducido de tiempo gracias a los costos de operación más bajos. Otra razón es la falta de comprensión por parte de compradores y usuarios de la relación entre la eficiencia y los costos totales durante el plazo de servicio ó vida útil del equipo.

Para la selección de los motores de alta eficiencia que se proponen se emplea la herramienta computacional Software Motor-Máster + Internacional (MMInt14Setup.exe) y se consideran las mismas características de los motores estándar identificados en los diagnósticos energéticos realizados.

2.4.2 Evaluación energética

Para la evaluación energética de la contribución de la solución de los potenciales identificados en la disminución del consumo de energía eléctrica del territorio, se realizó una comparación entre el consumo de energía de la provincia con y sin esta contribución.

Para visualizar la comparación realizada, se utilizó un gráfico de barras y además se hacen algunas reflexiones al respecto.

2.4.3 Evaluación económica

La evaluación económica parte de la base de dos criterios, el ahorro económico a la provincia que representaría la solución de los potenciales analizados y la factibilidad económica de las propuestas de solución de los potenciales identificados. En este segundo criterio se utilizan las herramientas del VAN, TIR, PSI y PRI. [38] Ambos criterios se explican más adelante.

En el caso de la factibilidad económica el orden de prioridad para la selección de los proyectos es: [38]

1. PSI: Período Simple de Recuperación
2. VAN: Valor Actual Neto
3. TIR: Tasa Interna de Retorno
4. PRI: Período de Recuperación de la Inversión

2.4.3.1 Ahorro económico

Para el cálculo del valor monetario de los potenciales, cuya solución representaría un ahorro económico a la provincia, se utilizó un costo de la energía puesta al cliente promedio de 0,2325 \$/kWh en Moneda Total. [42]

El método de cálculo utilizado es el siguiente:

$$AEcon. (\$) = PAT \text{ (kWh/año)} * CkWh (\$/kWh)$$

Donde:

AEcon: Ahorro Económico a la provincia (\$)

PAT: Valor de los Potenciales de Ahorro Totales (kWh/año).

CkWh: Costo de la energía puesta al cliente (\$/kWh)

2.4.3.2 Factibilidad económica de la solución de los potenciales detectados

Con el objetivo de demostrar la factibilidad de invertir en la solución de los potenciales de ahorro evaluados se emplearon las técnicas del (VAN), (TIR), (PRI) y (PSI).

La técnica del VAN se basa en calcular el valor actual neto de los flujos de caja proyectados para todos los años durante el período de evaluación del proyecto.

Es una medida de las ganancias que puede reportar el proyecto, positivo si el saldo entre beneficios y gastos es favorable, y negativo en caso contrario. Se determina como:

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

Donde:

K_0 - Inversión o capital inicial.

Fc_i - Flujo de caja en el año i .

D - Tasa de descuento real utilizada.

De forma general, el flujo de caja se puede calcular como:

$$Fc_i = (I_i - G_i - Dep) \cdot (1 - t/100) + Dep$$

Donde:

I - Ingresos en el año i , \$

G - Gastos en el año i , \$.

t - Tasa de impuestos sobre ganancia, %.

Dep - Depreciación del equipamiento o amortización de la inversión, \$.

La depreciación es el proceso de asignar o repartir la inversión inicial en activos fijos, en los períodos donde el uso de dichos activos reporta beneficios a la empresa. Esto permite dividir la inversión inicial en anualidades de forma tal que se realice un balance adecuado de costos y beneficios durante todo el período de evaluación, facilita además, deducir pagos adecuados por concepto de impuestos fiscales. En el concepto depreciación deben tenerse en cuenta dos elementos, uno es la pérdida de valor del activo fijo por el uso del mismo y la obsolescencia tecnológica; el otro es el tratamiento de la depreciación en el mecanismo contable de la empresa. La depreciación se toma en cuenta como un costo anual que debe deducirse anualmente de las utilidades generadas, y que influye en los pagos anuales por impuestos. [20]

Algunos de los parámetros económicos utilizados en este trabajo son:

Tasa de interés ----- 15%

Tasa de inflación ----- 5%

Margen de riesgo ----- 2%

Tasa de impuestos ----- 35%

Vida útil estimada ----- 10%

En el caso de la evaluación típica de los cinco motores escogidos como muestra de la factibilidad económica de estos proyectos, se utilizaron otros parámetros económicos además de los definidos anteriormente, algunos de ellos son:

Costo del kWh ----- 0,2325 \$/kWh

Costo del kW de Demanda Máxima ----- 7 \$/kW

Factor de carga ----- 75 %

La TIR se define como aquella tasa de descuento que reduce a cero el Valor Presente Neto. En términos económicos, la TIR representa el porcentaje o tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, de forma tal que al finalizar el período de evaluación o vida útil, el saldo no recuperado sea igual a cero. El saldo no recuperado de la inversión en cualquier punto del tiempo de la vida del proyecto es la fracción de la inversión original que aún permanece sin recuperar en ese momento.

Analíticamente la TIR se determina como:

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

Como se puede observar, esta ecuación no se puede resolver directamente, sino que se requiere de un análisis iterativo para obtener el valor de la TIR.

El 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 adiciona gradualmente a la inversión inicial los flujos de caja anuales hasta que el resultado sea cero, en ese momento se ha recuperado la inversión.
[20]

La medida de conveniencia económica más básica es el Período Simple de Recuperación (PSI).

En aquellos casos en que los ahorros anuales son constantes, el PSI en años será:

$$PSI = [Inversión en Capital] / [Ahorros anuales netos]$$

Un período de recuperación corto supone una conveniencia económica.

Muchas empresas requieren que sus inversiones tengan períodos de recuperación simple de dos años o menos, independientemente de la vida esperada del proyecto. En el caso del departamento de Normalización de la ONURE se exige que los proyectos tengan un PSI de tres años ó menos.

2.4.4 Evaluación Ambiental

Tal como se explicó en el Capítulo 1, se calculó el impacto ambiental de las propuestas identificadas, los cálculos para las emisiones contaminantes se realizaron exclusivamente a partir de las reducciones de CO₂. Los métodos de cálculo empleados para la evaluación ambiental son los siguientes:

2.4.4.1 Combustible que no es necesario combustionar por el ahorro obtenido:

$$A_{\text{comb.}} \text{ (kg/año)} = \text{PAT (kWh/año)} * I_{\text{cc}} \text{ (g/kWh)} \text{ [40]}$$

Donde:

A_{comb}: Ahorro de combustible dejado de combustionar por los potenciales obtenidos (kg/año)

PAT: Valor de los Potenciales de Ahorro Totales (kWh/año).

I_{cc}: Índice de consumo de combustible (240 g/kWh) [40]

2.4.4.2 Total de CO₂ dejado de emitir debido al ahorro obtenido:

$$A_{\text{CO}_2} \text{ (kg/año)} = \text{PAT (kWh/año)} * I_{\text{eCO}_2} \text{ (g CO}_2\text{/kWh)} \text{ [40]}$$

Donde:

A_{CO₂}: Emisiones de CO₂ dejados de emitir a la atmósfera por los potenciales obtenidos (kg/año)

PAT: Valor de los Potenciales de Ahorro Totales (kWh/año).

I_{eCO₂}: Índice de emisiones de CO₂ (700 g CO₂/kWh) [40]

Conclusiones Parciales

1. Los métodos, técnicas y herramientas existentes en la literatura consultada para realizar diagnósticos energéticos e identificar potenciales de ahorro, facilitaron dar cumplimiento a los objetivos propuestos.

- Diagnóstico detallado del consumo de electricidad de la provincia.
- Identificación y análisis de los potenciales de ahorro más comunes y significativos de las entidades mayores consumidoras del sector estatal de la provincia.

2. Las herramientas existentes en la literatura para los análisis económicos, energéticos y ambientales permitieron evaluar los objetivos propuestos.

- Económico: Para determinar el VPN, TIR, PRI y los costos de los potenciales de ahorro para el país y las empresas
- Ambiental: Para determinar las emisiones de CO₂ dejadas de emitir a la atmósfera
- Energético: Para determinar los consumos y los potenciales de ahorro en las empresas.

Capítulo III

CAPITULO III. *Análisis, Descripción y Presentación de los resultados obtenidos.*

Introducción

En este capítulo se exponen los resultados del estado actual del consumo de energía eléctrica en la provincia, se analizan y cuantifican los potenciales de ahorro más significativos y coincidentes dentro del sector estatal de la provincia, se proponen soluciones para los mismos y se realiza una evaluación energética, económica y ambiental de las propuestas de solución sugeridas. Para ello se siguió el orden lógico propuesto en el capítulo anterior, con el propósito de demostrar la importancia de la solución de los potenciales de ahorro en el uso final de la energía eléctrica, para una disminución del consumo de electricidad en la provincia.

3.1 Diagrama actual del Suministro y Utilización de la Energía Eléctrica de la Provincia.

El siguiente diagrama (Figura 3.1) detalla, de forma general, la estructura actual del sistema de suministro y utilización de la energía eléctrica de la provincia.



Figura 3.1 Estructura actual del sistema de suministro y utilización de la energía eléctrica de Sancti Spíritus

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Diagnóstico del consumo actual de energía eléctrica de la provincia

En los gráficos que a continuación se relacionan se puede apreciar de forma detallada y estratificada la distribución del consumo de energía en la provincia.

3.2.1 Comportamiento del consumo de energía eléctrica por sectores

Con el Diagrama de Pareto (Figura 3.2 (a)) se determinó el comportamiento del consumo de energía eléctrica por sectores en un determinado período, y que los sectores Residencial y Estatal representan el 85% del consumo de la provincia con 577,88 GWh/año de un total provincial de 678,78 GWh/año.

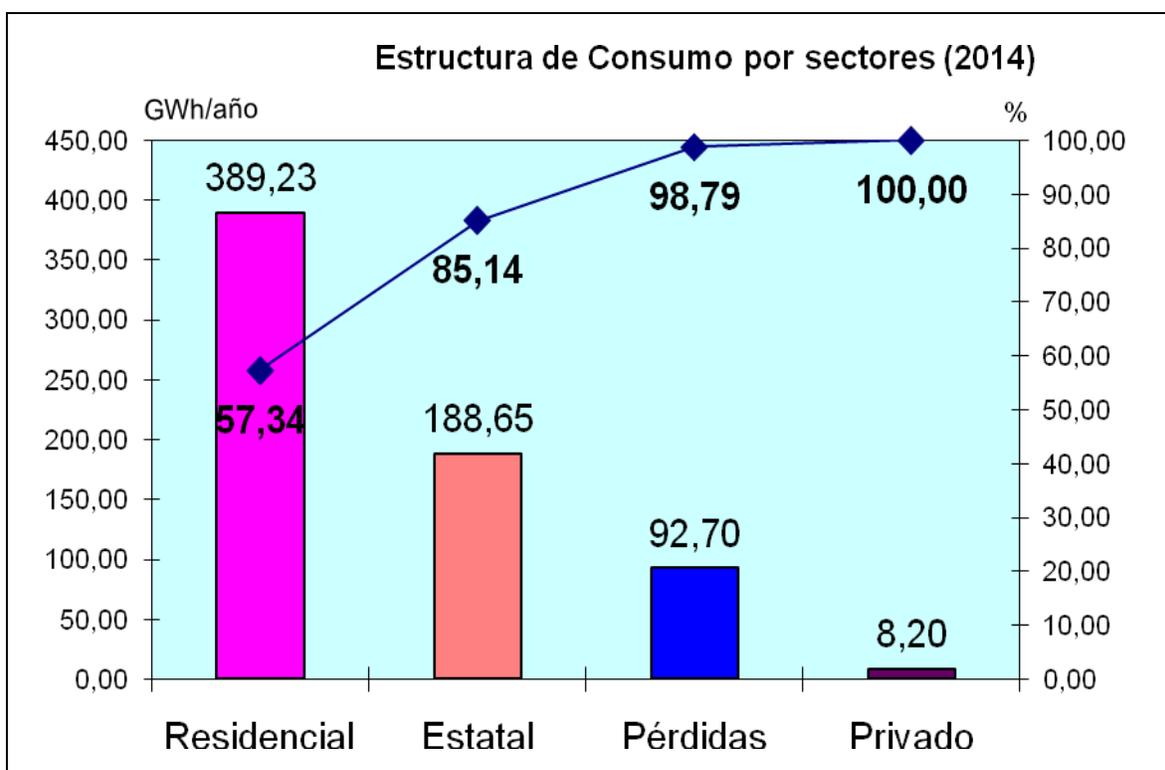


Figura 3.2 (a) Estructura de consumo por sectores

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico (Figura 3.2 (b)) se apreció de forma más detallada, el porcentaje que representa cada sector en el consumo de electricidad de la provincia.

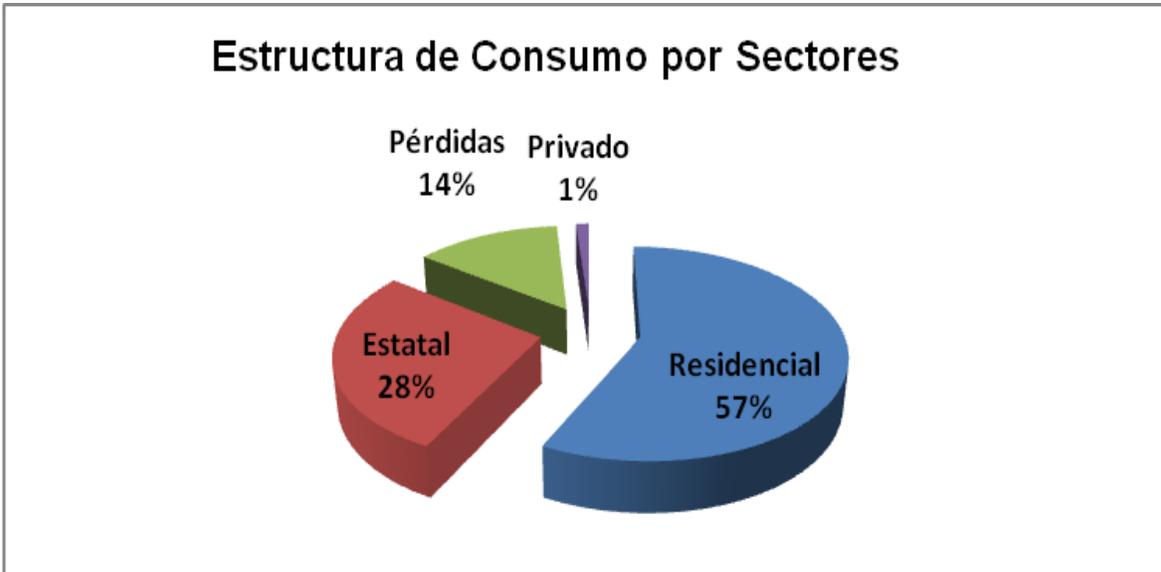


Figura 3.2 (b) Estructura de consumo por sectores
Fuente: Elaboración Propia

3.2.2 Comportamiento de la cantidad de clientes de la provincia por sectores

Con la información que brinda este gráfico (Figura 3.3) se apreció que la cantidad de clientes del sector Residencial es el 95% del total de clientes de la provincia, ó sea 174 720 clientes de un total de 183 566 clientes. El sector Estatal, con apenas el 4% cuenta con 7 451 clientes.



Figura 3.3 Estructura de clientes por sectores
Fuente: Elaboración Propia

3.2.3 Estructura de Consumo dentro del Sector Estatal.

Con el Diagrama de Pareto mostrado en la Figura 3.4 se identificó el comportamiento del consumo de energía eléctrica por subsectores dentro del sector Estatal, en un determinado período; donde el Estatal Mayor con el 71,12% consume 134,16 GWh/año de un total de 188,65 GWh/año.

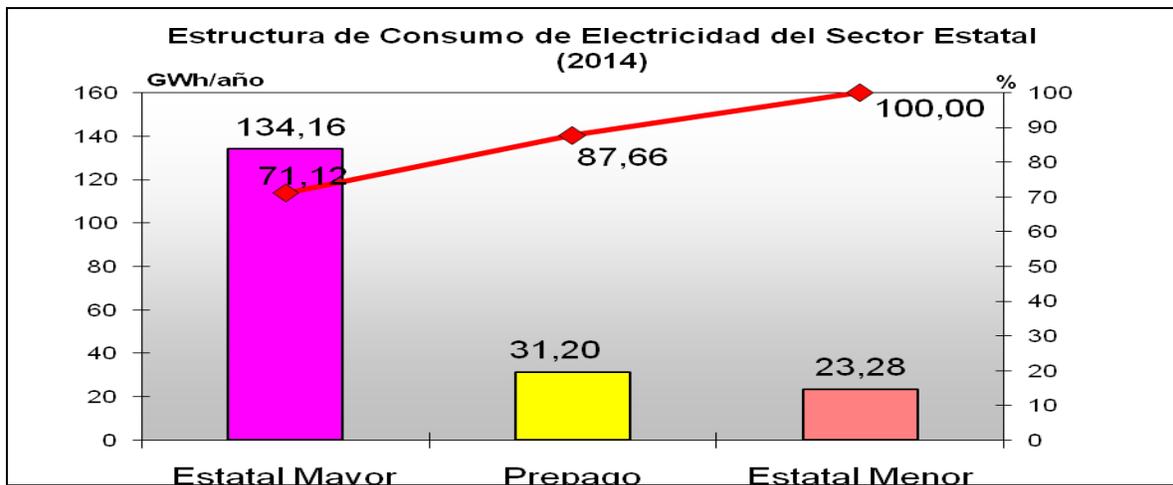


Figura 3.4 Estructura de consumo del sector Estatal

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4 Estructura de Clientes dentro del Sector Estatal

En la Figura 3.5 se pudo apreciar el comportamiento de la cantidad de clientes por subsectores dentro de este sector en un determinado período, donde el Estatal Mayor es apenas el 9% del total de 7 451 clientes.



Figura 3.5 Estructura de clientes del sector Estatal

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5 Estructura de Consumo del Sub-Sector Estatal Mayor

Con el Diagrama de Pareto de la Figura 3.6 se determinó el comportamiento del consumo de energía eléctrica de los servicios dentro del subsector Estatal Mayor. Estos servicios se separaron en grupos de 150 dada la cantidad de los mismos, se observa que los primeros 150 son los servicios mayores consumidores y están agrupados en 33 empresas. Estos centros fueron los considerados en el trabajo.

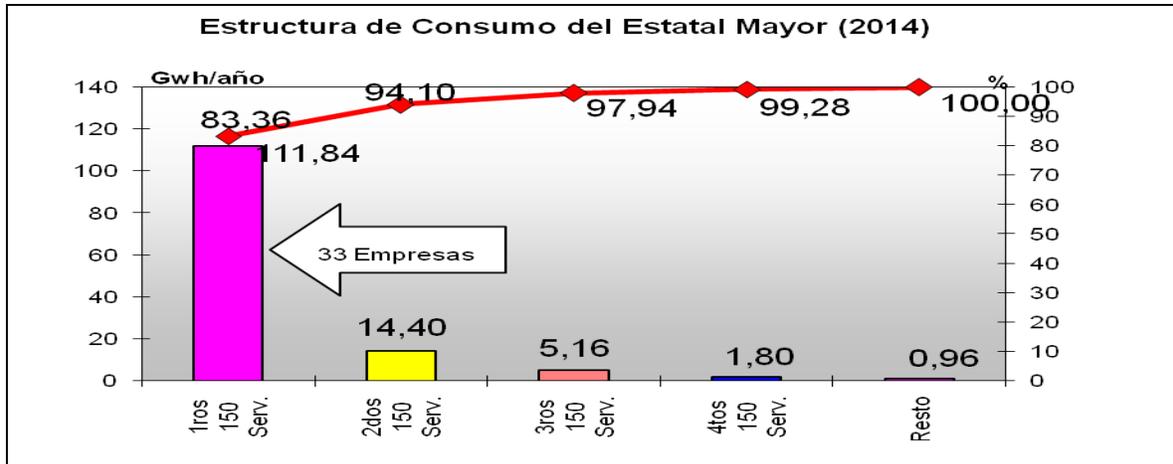


Figura 3.6 Estructura de consumo del sub-sector Estatal Mayor

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Identificación y análisis de los potenciales de ahorro más comunes en las entidades mayores consumidoras de energía eléctrica dentro del sector estatal de la provincia

Luego de los análisis realizados y explicados en el capítulo anterior se identificaron 11 potenciales que coinciden en 3 ó más de las 33 empresas escogidas, a continuación se muestra el comportamiento de estos potenciales.

3.3.1 Estructura de los potenciales por cantidad de empresas

La Figura 3.7 muestra la coincidencia que tiene cada uno de los 11 potenciales seleccionados dentro de las 33 entidades mayores consumidoras de energía eléctrica del sub-sector Estatal Mayor. Este criterio permitió escoger los potenciales más representativos y coincidentes para su evaluación posterior.

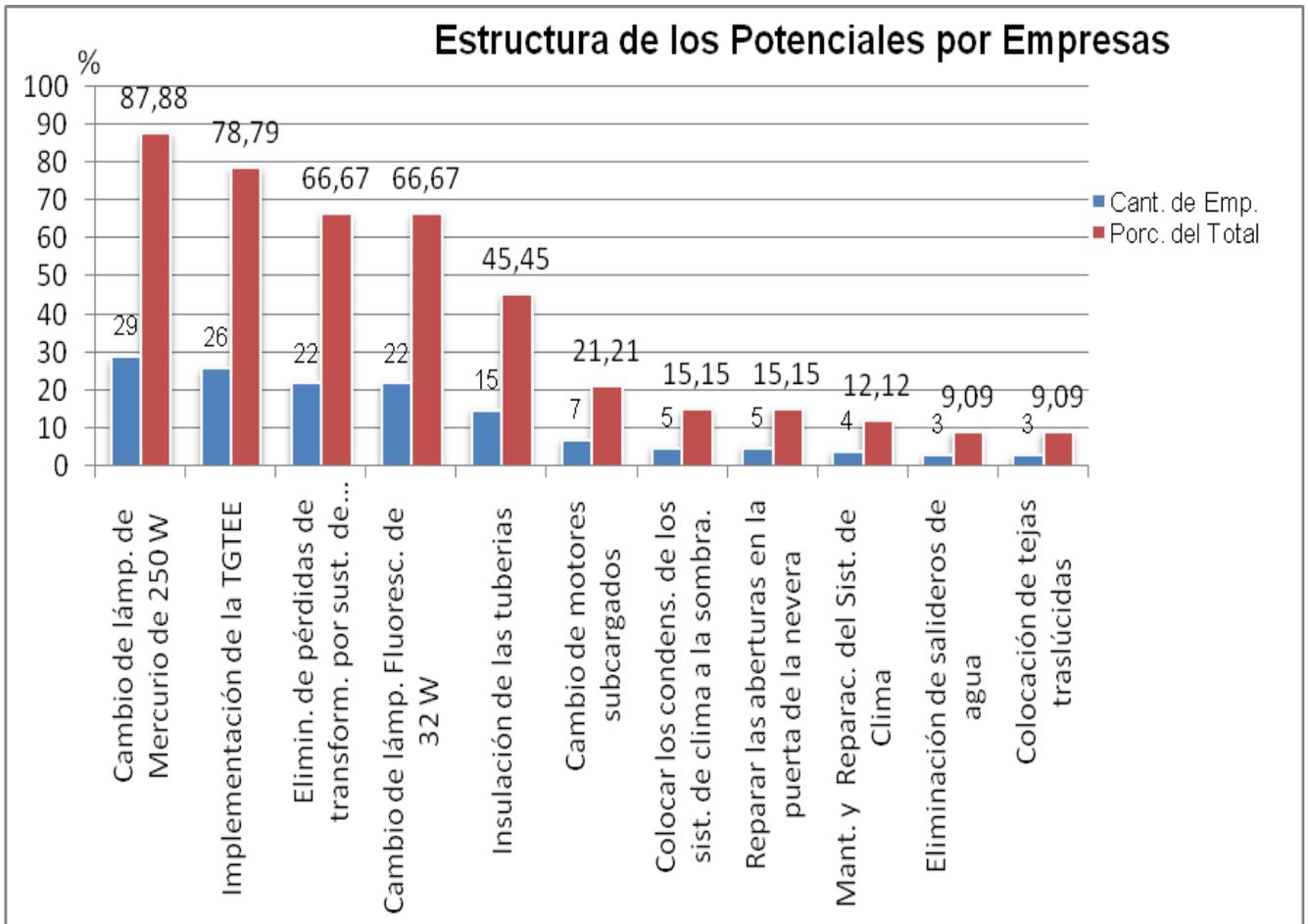


Figura 3.7 Estructura de los potenciales de ahorro por cantidad de empresas

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2 Estructura de los potenciales por el ahorro de energía que se obtiene

Por otra parte el Diagrama de Pareto de la Figura 3.8 mostró la estructura de los potenciales ordenados según el ahorro de electricidad que representa su solución. Se observa que el cambio de motores subcargados es el potencial de ahorro mayor a pesar de ser el 6to. más coincidente. Igualmente se aprecia que los potenciales: Mantenimiento y reparación de sistemas de clima y Eliminación de salideros de agua, a pesar de ser 3ro. y 6to. en el ahorro de energía, son 9no. y 10mo. respectivamente; en la coincidencia en las empresas.



Figura 3.8 Estructura de los potenciales por el ahorro de energía obtenido

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3 Estructura de los potenciales por el ahorro económico que representan para la provincia

La Figura 3.9 muestra la estructura de los potenciales ordenados según el ahorro económico que representan para la provincia. Se utilizaron para los cálculos el costo de la energía puesta al cliente al cierre de Abril 2015. Se aprecia la misma situación que en el gráfico anterior respecto a los potenciales.

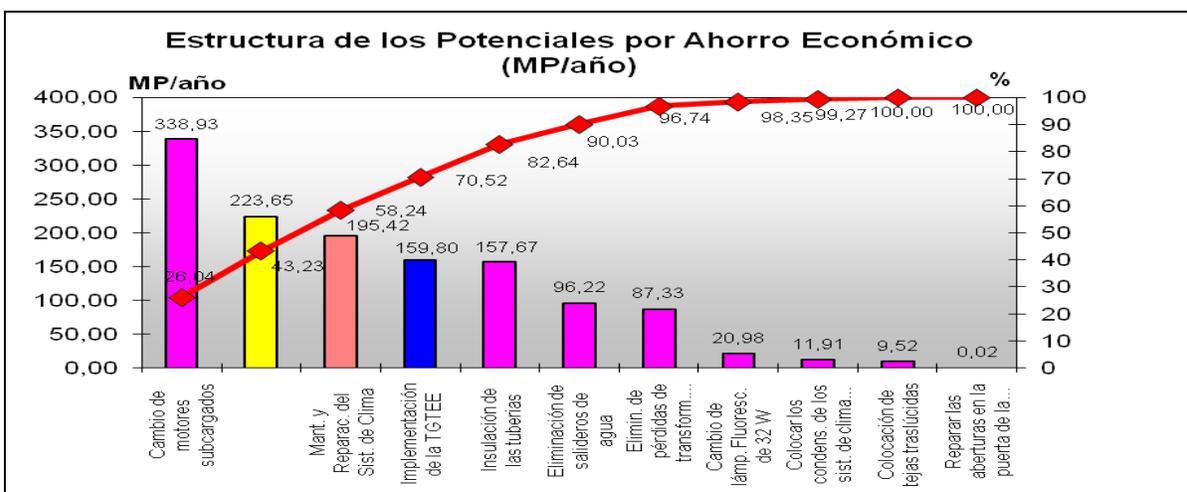


Figura 3.9 Estructura de los potenciales por ahorro económico

Fuente: Elaboración Propia

Analizados los gráficos anteriores, argumentado en el criterio de la coincidencia de los potenciales en las entidades mayores consumidoras, se escogieron los siguientes potenciales para los análisis posteriores:

- Cambio de luminarias de Vapor de mercurio de 250 W
- Implementación de la TGTEE
- Eliminación de pérdidas de transformación en transformadores subcargados.
- Cambio de lámparas fluorescentes de 32 W
- Insulación de las tuberías
- Cambio de motores subcargados

Estos seis potenciales suman 4,25 GWh/año de un total de 5,61 GWh/año de los 11 seleccionados al inicio y representan el 75,75%.

La cantidad de equipos por cada potencial se muestran en la **Tabla 3.1**:

Tabla 3.1 Cantidad de Equipos por cada potencial de ahorro

Potenciales	Cantidad de Equipos
Lámparas de Vapor de Mercurio de 250 W	1 757
Motores subcargados	17
Bancos de transformadores subcargados	39 (67 transformadores)
Lámparas Fluorescentes de 32 W	3 357
Implementación de la TGTEE	0
Insulación de tuberías	0

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Propuestas de solución y evaluación energética, económica y ambiental de los potenciales de ahorro escogidos

En esta etapa del trabajo de investigación se presentan las propuestas de solución de los seis potenciales de ahorro identificados, escogidos y analizados así como la evaluación energética, económica y ambiental de las mismas.

3.4.1 Propuestas de solución de los potenciales de ahorro

A continuación se analizan y se muestran los resultados de cada una de las propuestas de solución escogidas.

3.4.1.1 Cambio de las luminarias de Vapor de Mercurio de 250 W por luminarias de tecnología LED de 100 W

En la siguiente **Tabla 3.2** se comparan algunas características de ambas luminarias.

Tabla 3.2 Algunas características de las luminarias de Vapor de mercurio empleadas y de tecnología LED propuesta.

INDICADOR	VAPOR DE MERCURIO	LED
Lámparas		LED ZT-L103C (AC)
Cantidad	1 757	1 757
Potencia (W)	250	100
Consumo (kWh/año)	1 603 262	641 305
Costo Luminaria (\$)	50	120
Eficiencia (lm/W)	48	≥ 90
Flujo Luminoso (lm)	12 000	≥ 9 000
Vida útil (h)	10 000	50 000
CRI	50	≥ 65
Tiempo de uso diario (h/día)	10	10
Días al año (días/año)	365	365

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo real de los ingresos hay que agregar al gasto de las lámparas de Vapor de Mercurio el gasto de reposición de las mismas, pues su vida útil es cinco veces menor que la de las LED, ó sea en el período de vida de una LED hay que utilizar cinco lámparas de Mercurio, por lo que hay que reponer cuatro veces la cantidad inicial de lámparas.

$$\text{Ahorro (kWh)} = \text{Cons Lvm} - \text{Cons LED}$$

$$\text{Ingresos (\$)} = \text{Gasto Lvm (\$)} - \text{Gasto LED (\$)}$$

$$\text{Gasto LED (\$)} = (\text{Cons LED} * \text{CostoEn})$$

$$\text{Gasto Lvm (\$)} = (\text{Cons Lvm} * \text{CostoEn}) + \text{Gasto Rep}$$

Donde:

Gasto LED: Gasto de las lámparas LED (\$/año)

Cons LED: Consumo Total de Electricidad de las lámparas LED (kWh/año)

Gasto Lvm: Gasto de las lámparas de Vapor de Mercurio (\$/año)

Cons Lvm: Consumo Total de Electricidad de las lámparas de Mercurio (kWh/año)

CostoEn: Costo de la Energía puesta al Cliente (0,2325 \$/kWh)

Gasto Rep: Gasto de Reposición de las lámparas de Mercurio (\$/año)

$$\text{Gasto Rep} = \text{Crep} * \text{Cif} * \text{Costo Lf} / \text{VLED}$$

Donde:

Crep: Cantidad de Reposiciones (4)

Cvm: Cantidad de lámparas de Mercurio a reponer (1 757)

Costo vm: Costo de las lámparas de Mercurio (10 \$)

VLED: Vida Útil de las LED (13 años)

$$\text{Gasto Rep} = 4 * 1\,757 * 10 \$ / 13 \text{ años}$$

$$\text{Gasto Rep} = 5\,406,15 \$/\text{año}$$

$$\text{Gasto vm} = (1\,603\,262 \text{ kWh/año} * 0,2325 \$/\text{kWh}) + 5\,406,15 \$/\text{año}$$

$$\text{Gasto vm} = 378\,164,57 \$/\text{año}$$

$$\text{Gasto LED} = (641\,305 \text{ kWh/año} * 0,2325 \$/\text{kWh})$$

$$\text{Gasto LED} = 149\,103,41 \$/\text{año}$$

$$\text{Ingresos} = \text{Gasto vm} - \text{Gasto LED}$$

$$\text{Ingresos} = 378\,164,57 - 149\,103,41$$

$$\text{Ingresos} = 229\,061,16 \$/\text{año}$$

$$\text{Ahorro} = 1\,603\,262 \text{ kWh/año} - 641\,305 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Ahorro} = 961\,957 \text{ kWh/año}$$

Esta propuesta de solución solo tuvo en cuenta el potencial de ahorro por concepto de eficiencia energética y no se incluyó el potencial de ahorro por conservación de la energía, por ejemplo la utilización de sensores de presencia, temporizadores (timers) ó atenuadores de iluminación, que habría aumentado aún más el ahorro obtenido.

3.4.1.2 Implementación de la TGTEE

Como fue explicado en el capítulo anterior para el cálculo de este potencial se estimó que la no implementación de la TGTEE representa un potencial de ahorro entre 1-5% de la facturación anual de una empresa.

En el análisis de las 26 empresas donde fue identificado este potencial se obtuvo que la solución del mismo puede representar un ahorro de 687 273 kWh/año y de 159 790,97 \$/año.

3.4.1.3 Sustitución de bancos de transformadores subcargados para eliminar pérdidas de transformación

Se propone sustituir 67 transformadores que forman parte de los 39 bancos de transformadores subcargados identificados, por otros de menor capacidad sin afectar demasiado la eficiencia de los mismos y que generan un ahorro total, por concepto de pérdidas de transformación, de 375 624 GWh/año y 87 332,58 \$/año. De los 67 transformadores 22 son trifásicos y 45 monofásicos.

En el **Anexo 1** se muestra una tabla con la propuesta de sustitución por cada banco de transformadores.

3.4.1.4 Cambio de las lámparas fluorescentes de 32 W por lámparas LED de 18 W

En la siguiente **Tabla 3.3** se comparan algunas características de ambas lámparas.

Tabla 3.3 Algunas características de las lámparas fluorescentes empleadas y de tecnología LED propuesta

INDICADOR	Fluorescentes	LED
Lámparas	FLF T8 E32 W850	T8-120-328W
Cantidad	3357	3357
Potencia (W)	32	18
Consumo (kWh/año)	206 254	116 018
Costo Luminaria (\$)	1,35	10
Eficiencia (lm/W)	89	80
Flujo Luminoso (lm)	2 850	2 000
Vida útil (h)	10 000	50 000
Temperatura del color (°K)	5 000	6 000 – 6 500
Tiempo de uso diario (h/día)	8	8
Días al año (días/año)	240	240

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo real de los ingresos hay que agregar al gasto de las lámparas fluorescentes el gasto de reposición de las mismas pues su vida útil es cinco veces menor que la de las LED, ó sea en el período de vida de una LED hay que utilizar cinco Fluorescentes, por lo que hay que reponer cuatro veces la cantidad inicial.

$$\text{Ahorro (kWh)} = \text{Cons Lf} - \text{Cons LED}$$

$$\text{Ingresos (\$)} = \text{Gasto Lf (\$)} - \text{Gasto LED (\$)}$$

$$\text{Gasto LED (\$)} = (\text{Cons LED} * \text{CostoEn})$$

$$\text{Gasto Lf (\$)} = (\text{Cons Lf} * \text{CostoEn}) + \text{Gasto Rep}$$

Donde:

Gasto LED: Gasto de las lámparas LED (\$/año)

Cons LED: Consumo Total de Electricidad de las lámparas LED (kWh/año)

Gasto Lf: Gasto de las lámparas Fluorescentes (\$/año)

Cons Lf: Consumo Total de Electricidad de las lámparas Fluorescentes (kWh/año)

CostoEn: Costo de la Energía puesta al Cliente (0,2325 \$/kWh)
Gasto Rep: Gasto de Reposición de las lámparas Fluorescentes (\$)

$$\text{Gasto Rep} = \text{Crep} * \text{Clf} * \text{Costo Lf} / \text{VLED}$$

Donde:

Crep: Cantidad de Reposiciones (4)

Clf: Cantidad de lámparas fluorescentes a reponer (3 357)

Costo Lf: Costo de las lámparas fluorescentes (1,35 \$)

VLED: Vida Útil de las LED (15 años)

$$\text{Gasto Rep} = 4 * 3\,357 * 1,35 \$ / 15$$

$$\text{Gasto Rep} = 18\,127,8 \$/\text{año}$$

$$\text{Gasto Lf} = (206\,254 \text{ kWh/año} * 0,2325 \$/\text{kWh}) + 18\,127,8 \$$$

$$\text{Gasto Lf} = 66\,081,85 \$/\text{año}$$

$$\text{Gasto LED} = (116\,018 \text{ kWh/año} * 0,2325 \$/\text{kWh})$$

$$\text{Gasto LED} = 26\,974,18 \$/\text{año}$$

$$\text{Ingresos} = \text{Gasto Lf} - \text{Gasto LED}$$

$$\text{Ingresos} = 66\,081,85 - 26\,974,18$$

$$\text{Ingresos} = 39\,107,66 \$/\text{año}$$

$$\text{Ahorro} = 206\,254 \text{ kWh/año} - 116\,018 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Ahorro} = 90\,236 \text{ kWh/año}$$

Esta propuesta de solución solo tuvo en cuenta el potencial de ahorro por concepto de eficiencia energética y no se incluyó el potencial de ahorro por conservación de la energía, por ejemplo la utilización de sensores de presencia, temporizadores (timers) ó atenuadores de iluminación, que habría aumentado aún más el ahorro obtenido.

3.4.1.5 Insulación de las tuberías.

Como se explicó en el capítulo anterior, la propuesta de solución en este caso se sustenta en las grandes pérdidas de energía que existen en muchas empresas por la mala ó ninguna insulación de las tuberías, sobre todo de vapor y amoniaco. En el análisis de las 15 empresas donde se identificó este potencial, se obtuvo que la solución del mismo puede representar un ahorro de 678 150 kWh/año y de 157 669,87 \$/año. En el trabajo no se consideró el potencial de ahorro en combustibles, en los casos de ninguna o mala Insulación de las tuberías de vapor, pero se conoce que es aquí donde está el mayor ahorro en este tipo de potencial. [34]

3.4.1.6 Cambio de motores subcargados por motores de alta eficiencia

El mayor consumo de energía eléctrica de una empresa se concentra en los motores eléctricos, esta verdad se demuestra en el trabajo pues a pesar de ser el potencial de menos coincidencia de los seis seleccionados, en las 33 empresas mayores consumidoras de energía, es el de mayores ahorros de electricidad y económico, con 1 457 776 kWh/año y 338 932,92 \$/año. Esta propuesta de solución solo tuvo en cuenta el potencial de ahorro por concepto de eficiencia energética y no se incluyó el potencial por conservación de la energía, por ejemplo la utilización de variadores de velocidad, que habría aumentado aún más el ahorro obtenido.

En el **Anexo 2** se muestra una tabla con la propuesta de sustitución por cada motor subcargado.

3.4.2 Evaluación energética

El gráfico de la Figura 3.10 mostró la disminución del consumo de electricidad que tendría la provincia, con la solución de los seis potenciales identificados y analizados.

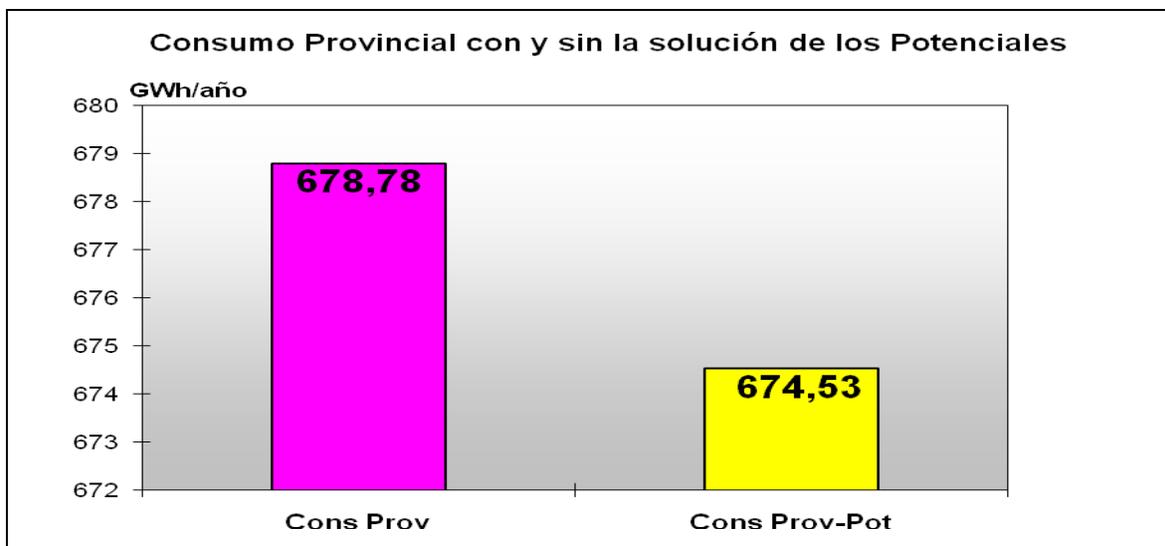


Figura 3.10 Consumo provincial con y sin la solución de los potenciales

Fuente: Elaboración Propia

Para que se tenga una mejor idea de la magnitud de este ahorro de 4,25 GWh/año, se relacionan a continuación algunas reflexiones:

- El consumo promedio por vivienda en la provincia es de 185,64 kWh/mes, estos seis potenciales representan el consumo de 23 109 viviendas.
- Esta cantidad de clientes residenciales es mayor que la del municipio Yaguajay, que es el 4to en densidad poblacional en la provincia, después de Sancti Spíritus, Trinidad y Cabaiguán.
- Estos seis potenciales representan más de la mitad del consumo del sector privado que cuenta con 1 395 clientes.
- Los mismos significan más de la mitad de la entrega al SEN de la Generación con Biomasa Cañera (UEB Centrales Azucareros Melanio Hernández y Uruguay) y los Biodigestores en el año 2014.
- Estos seis potenciales representan la mitad de la generación eléctrica de la PCHE de la provincia.

3.4.3 Evaluación económica.

Tal como se indicó en el capítulo anterior para la evaluación económica se analizaron dos criterios, los resultados se muestran a continuación.

3.4.3.1 Ahorro económico

En la **Tabla 3.4** se puede apreciar el ahorro económico que tendría la provincia de solucionarse estos potenciales.

Tabla 3.4 Ahorro económico de los potenciales

Potenciales	AHORRO TOTAL (kWh/año)	Ahorro Económico a la provincia en Moneda Total (\$/año)
Cambio de las luminarias de Vapor de Mercurio de 250 W x LED de 100 W	961 957	223 655,00
Implementación de la TGTEE	687 273	159 790,97
Eliminación de pérdidas de transformación por sustitución de transformadores subcargados	375 624	87 332,58
Cambio de las lámparas fluorescentes de 32 W por LED de 18 W.	90 236	20 979,87
Insulación de las tuberías	678 150	157 669,88
Cambio de motores subcargados por motores de alta eficiencia	1 457 776	338 932,92
Total	4 251 016	988 361,22

Fuente: Elaboración Propia

3.4.3.2 Factibilidad económica de la solución de los potenciales detectados

En la **Tabla 3.5** se puede apreciar la factibilidad económica de solucionar estos potenciales, en el caso de los motores se hicieron 2 variantes de evaluación económica, en la 1ra se consideró solamente la inversión inicial y en la 2da se consideró la venta de los motores sustituidos que ayudarían a disminuir el costo inicial de la inversión. La **Tabla 3.6** muestra la factibilidad económica del Proyecto Total.

A la oportunidad de ahorro “Implementación de la TGTEE” no se le realizó estudio de factibilidad económica por los métodos del VAN, TIR, PSI y PRI porque es un potencial netamente organizativo y que no requiere grandes financiamientos para su implementación pero como se mostró anteriormente, su solución sí tiene un peso significativo en el ahorro de energía y financiero, al punto de ser el 3er. potencial en importancia de los seis analizados.

Tabla 3.5 Factibilidad económica de las propuestas

Potenciales	Ingresos (\$/año)	Gastos (\$/año)	Inversión Inicial (\$)	VAN (\$)	TIR (%)	PSI (años)	VAN 1 (\$)	TIR 1 (%)	PSI 1 (años)
Cambio de motores subcargados por motores de alta eficiencia	338932,92	263400,00	261119	72806,56	18,06	0,7	193815	47,24	0,3
Cambio de las luminarias de Vapor de Mercurio de 250 W x LED 100 W	229061,16	149103,41	210840	119722,81	24,22	0,9			
Eliminación de pérdidas de transformación por sustitución de transformadores subcargados	87332,58	14538,23	298065	33070,40	14,27	3,4			
Insulación de las tuberías	157669,88	93376,55	112500	149707	39,15	0,7			
Cambio de lámparas Fluorescentes de 32 W por LED de 18 W.	39107,67	26974,18	33570	16146,5	22,40	0,8			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.6 Factibilidad económica del proyecto total

Proyecto	Ingresos (\$/año)	Gastos (\$/año)	Inversión Inicial (\$)	VAN (\$)	TIR (%)	PSI (años)
Solución de Potenciales	852 104	547 392	916 094	403 459,06	21,55	1,08

Fuente: Elaboración Propia

En el **Anexo 3** se representa una tabla con una muestra de cinco motores de diferentes potencias a los que se les realizó una evaluación económica individual para evidenciar aún más la factibilidad de la propuesta y demostrar la ventaja de utilizar la segunda variante en caso que sea necesario.

En el **Anexo 4** se representa una tabla con una muestra de cuatro bancos de transformadores, dos trifásicos y dos monofásicos a los que se les realizó una evaluación económica individual para evidenciar aún más la factibilidad de la propuesta y en el **Anexo 5** se muestran todas las evaluaciones económicas realizadas.

Amén de la demostrada factibilidad económica de las propuestas de solución de los potenciales de ahorro identificados y a partir de los precios presentados, el Período de Recuperación Simple, salvo en la propuesta de “eliminación de pérdidas de transformación por sustitución de transformadores subcargados”, es inferior a los valores establecidos por la ONURE (menos de tres años), para su aplicación inmediata.

3.4.4 Evaluación ambiental

A continuación se muestra cuanto de beneficioso sería para el ambiente la ejecución de las propuestas realizadas para solucionar los potenciales de ahorro analizados.

3.4.4.1 Combustible que no es necesario combustionar por el ahorro obtenido

Como se aprecia en la **Tabla 3.6** que a continuación se muestra, la solución de estos seis potenciales de ahorro significaría que 1 020 ton/año de combustible no tendrían que combustionarse en las unidades generadoras de electricidad. Además esta cantidad representa el consumo de combustible de 2,66 días para la generación de electricidad de las plantas Fuel Oil y Diesel de la provincia, trabajando los 365 días del año.

Tabla 3.6 Cantidad de combustible dejado de combustionar por cada propuesta de solución de los potenciales de ahorro

Potenciales	Combustible dejado de combustionar (kg/año)
Cambio de las luminarias de Vapor de Mercurio de 250 W x LED de 100 W	230 869,68
Implementación de la TGTEE	164 945,52
Eliminación de pérdidas de transformación por sustitución de transformadores subcargados	90 149,76
Cambio de las lámparas fluorescentes de 32 W por LED de 18 W.	21 656,64
Insulación de las tuberías	162 756,00
Cambio de motores subcargados por motores de alta eficiencia	349 866,24
Total	1 020 243,84

Fuente: Elaboración Propia

3.4.4.2 Total de CO₂ dejado de emitir a la atmósfera

En la **Tabla 3.7** se observa que, la solución de estos seis potenciales de ahorro significaría que casi 3 000 toneladas de CO₂ no tendrían que emitirse a la atmósfera cada año.

Tabla 3.7 Cantidad de CO₂ dejado de emitir a la atmósfera por cada propuesta de solución de los potenciales de ahorro

Potenciales	CO₂ dejado de emitir (kg CO₂/año)
Cambio de las luminarias de Vapor de Mercurio de 250 W x LED de 100 W	673 369,9
Implementación de la TGTEE	481 091,1
Eliminación de pérdidas de transformación por sustitución de transformadores subcargados	262 936,8
Cambio de las lámparas fluorescentes de 32 W por LED de 18 W.	63 165,2
Insulación de las tuberías	474 705,0
Cambio de motores subcargados por motores de alta eficiencia	1 020 443,2
Total	2 975 711,2

Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones Parciales

1. Quedó definida la situación actual del consumo de energía eléctrica del territorio.
2. Con la utilización de diferentes métodos, técnicas y herramientas se determinaron los seis potenciales de ahorro más comunes y significativos en las 33 empresas mayores consumidoras del sector estatal de la provincia.
3. Los mismos representan 4,25 GWh/año del consumo eléctrico del territorio con un ahorro económico de 988 361,22 \$/año en moneda total, esto equivale al consumo promedio mensual de 23 109 núcleos familiares ó de un municipio como Jatibonico.
4. Estos 6 potenciales de ahorro representan; la mitad de la generación eléctrica de la PCHE ó más de la mitad de la entrega al SEN de la Generación con Biomasa Cañera (UEB Centrales Azucareros Melanio Hernández y Uruguay) y los Biodigestores, de la provincia en el 2014.
5. Se propusieron seis soluciones para estos potenciales, las cuales fueron:
 - Cambio de las luminarias de Vapor de Mercurio de 250 W por luminarias de tecnología LED de 100 W.
 - Implementación de la TGTEE
 - Sustitución de bancos de transformadores subcargados para eliminar pérdidas de transformación.
 - Cambio de las lámparas fluorescentes de 32 W por lámparas LED de 18 W.
 - Insulación de las tuberías
 - Cambio de motores subcargados por motores de alta eficiencia.

6. Estas seis soluciones representarían 1 020 toneladas de combustible al año que no serían necesarias para la generación de electricidad ó lo que es lo mismo, el consumo de combustible de 2,66 días de las plantas Fuel Oil y Diesel de la provincia.
7. La solución de estos seis potenciales de ahorro representarían 2 975 ton CO₂/año dejadas de emitir a la atmósfera.
8. Quedó demostrada la factibilidad económica, mediante el empleo del VAN, de la TIR, del PRI y del PSI, de las propuestas de soluciones para estos potenciales.

Conclusiones

CONCLUSIONES

1. En el diagnóstico energético realizado del estado actual del consumo de electricidad de Sancti Spíritus, se demostró que el sector estatal representa el 27,80 % de este consumo, por tanto la principal atención se centró en el ahorro de energía eléctrica de este sector.
2. Con la utilización de diferentes métodos, técnicas y herramientas se identificaron los seis potenciales de ahorro más comunes y significativos dentro del sector estatal cuyo aprovechamiento puede contribuir significativamente al mejoramiento de la conservación y eficiencia energética del territorio.
3. Para el aprovechamiento de estos potenciales se proponen seis soluciones las cuales permitirán disminuir el consumo de electricidad del territorio en 4,25 GWh/año y mejorar el medio ambiente con 2 975 ton CO₂/año dejadas de emitir a la atmósfera.
4. Al realizárseles la evaluación económica a estas seis propuestas de solución se demuestra que todas se recuperan en menos de tres años.

Recomendaciones

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la ONURE, UNISS, gobierno y otras entidades del territorio involucradas en el tema, profundizar en el estudio de los potenciales de ahorro de energía eléctrica en la provincia.
2. Se recomienda utilizar los medios disponibles por las entidades y el gobierno en el territorio, para implementar todos los proyectos disponibles para la solución de los potenciales de ahorro, y que tomen como referencia el proyecto de instalación de bancos de capacitores en las empresas, realizado por la ONURE y OBEP SS.
3. Se recomienda incluir los potenciales de conservación energética en futuros estudios relacionados con este tema.

Bibliografía

[1-10, 12-40, 43-74]

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ing. Raúl D. Zerquera Nápoles, "Acciones sobre la demanda en la Papelera "Pulpa Cuba"," Tesis para optar por el título de Ingeniero Eléctrico Facultad de Eléctrica, Universidad Central de Las Villas "Martha Abreu" UCLV, Santa Clara, 1998.
- [2] Msc. Carlos Mtnez Collado, "MANUAL INSTRUCTIVO PARA EL USO Y CONTROL DE PORTADORES, FUENTES RENOVABLES Y NUEVAS TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS," ed: Documento Interno, 2011.
- [3] Ing. Reinaldo Álvarez Ruiz, "GESTIÓN TOTAL EFICIENTE DE LA ENERGÍA," Maestría, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, 2009.
- [4] Oficina Nacional de Normalización (NC); Colectivo de Autores, "NC - ISO 50001:2011," O. N. d. Normalización, Ed., ed. La Habana, 2011.
- [5] Msc. Carlos Martínez Collado. (2015, El concepto de conservación energética. [Documento Interno].
- [6] Msc. Carlos Martínez Collado. (2015, Una misión aleccionadora. [Documento Interno].
- [7] Dr. José P. Monteagudo Yanes. (2015, Eficiencia Energética y medio ambiente. [Presentación Power Point Maestría en Eficiencia Energética]. Disponible en: pmyanes@ucf.edu.cu
- [8] Dr. C. Leonardo Casas Fernández, "Generación Distribuida," en *Generación Distribuida, UCLV "Martha Abreu"*, 2008.
- [9] IEO. (2007, Energía y Sociedad, IEO 2007. Disponible en: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ied/pdf/0484>
- [10] IEO. (2009, Situación Energética Mundial, Octubre 2009. IEO 2007. Disponible en: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ied/pdf/0484>
- [11] IRENA. (2014, SE4ALL Global Tracking Framework (2010).
- [12] Internacional Energy Outlook 2005 (IEO 2007). (2010, Situación de la energía en el Mundo, Europa y España.htm.
- [13] Ing. Rolando Ruiz Perdomo, "Aplicación del sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía en la Tenería "Patricio Lumumba," Maestría, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, 2009.

- [14] Ramón Pichs Madruga; Subdirector del Centro de Investigaciones de la Economía Mundial (CIEM); La Habana; Cuba. Tendencias energéticas mundiales: implicaciones sociales y ambientales. Disponible en: rpichs@ciem.cu
- [15] (2004, Alliance for Rural Electrification.
- [16] CORPOELEC, "Consumo de Energía en América Latina y el Caribe, EDC, Venezuela," 2010.
- [17] Light-building. (2014, 03-2014) light-building-2014-feria-líder-mundial-de-eficiencia-energética. *Entre Rayas*. Disponible en: entrerayas.com/2014/03/light-building-2014.../comment-page-1/
- [18] DURE; Colectivo de Autores, "La Energía y mi País," DURE, Ed., ed. La Habana: UNE, 2008.
- [19] María-Tomé Gil Begoña. (2010). *Ahorro y gestión eficiente de la energía (Paralelo Edición, SA ed.)*.
- [20] Aníbal E. Borroto Nordelo; Colectivo de Autores. (2002). *Gestión Energética Empresarial*.
- [21] Ing. Iván Fernández Suri, "DIAGNOSTICO ENERGETICO APLICADO A "HOTEL MELIA CAYO SANTA MARIA," Maestría, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, anta Clara, 2009.
- [22] Ing. ROBERTO GUSTABELLO SÁNCHEZ, "Mejoramiento de la eficiencia energética en el Instituto de Biotecnología de las Plantas," Maestría, FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS, Santa Clara, 2009.
- [23] Procobre. uso_eficiente_energia_electrica. Disponible en: http://procobre.org/archivos/peru/uso_eficiente_energia_electrica.pdf
- [24] MINEM; UNE. (2015, Desarrollo de las Fuentes Renovables de Energía. [Presentación en Power Point, Documento Interno].
- [25] OC ONURE; Colectivo de Autores. (2014, Curso a Especialistas de Normalización y Evaluación Energética, USOS VITALES DE LA ENERGÍA EN CUBA. [Presentación en Power Point].
- [26] OC ONURE; Colectivo de Autores, "PROCEDIMIENTO PARA LA CONFECCIÓN DEL PROGRAMA DE EFICIENCIA Y CONSERVACIÓN DE ENERGÍA," O. ONURE, Ed., ed. La Habana, 2014.

- [27] OC ONURE; Colectivo de Autores. (2015, Presentación MINEM a empresas Holandesas. *Desarrollo de las Fuentes Renovables de Energía* [Presentación en Power Point].
- [28] Dirección técnica provincial OBEP SS; Colectivo de Autores. (2010, Presentación de la Dirección técnica provincial de la UNE Sancti Spíritus. Caracterización del Sistema Eléctrico. Enero 2010.
- [29] Invasor. La revolución energética en cuba conquistas alcanzadas. . Disponible en: <http://www.invasor.cu>
- [30] Margarita Lapidó Rodríguez; José P. Monteagudo Yanes y Aníbal E. Borroto Nordelo. La gestión energética y la competitividad empresarial. *La Tecnología de Gestión Total Eficiente de Energía facilita el mejoramiento continuo del sector empresarial y de los servicios.*
- [31] Santiago Rodríguez Castellón. "Consideraciones sobre el sector energético Cubano".
- [32] OBEP SS; Colectivo de Autores, "Reporte de Operaciones, Diciembre 2014," OBE Prov. SS, Sancti Spíritus, Reporte2015.
- [33] Roberto Francisco Fernández Collado, "Implementación de un Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía en la Empresa de Recuperación de Materias Primas de Sancti-Spíritus," CEEPI, Universidad "José Martí Pérez", Sancti Spíritus, 2009.
- [34] Msc. Alberto Muñoz Gutiérrez, "Implementación parcial de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en la Empresa Cárnica Sancti Spíritus," Facultad de Ingeniería, CEEPI, Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez", Sancti Spíritus, 2010.
- [35] Grupo de Supervisión, "Cartera de Diagnósticos Energéticos," ONURE, Ed., ed. Sancti Spíritus, 2010-2015.
- [36] Cenytec. (2009, Gestión energética en la industria. Disponible en: <http://fieee.uni.edu.pe/wdoc/978712F/cenytec/biblioteca/gestion%20energetic-a-PRINT> pdf
- [37] Dr. Aníbal Borroto Nordelo; Colectivo de autores. (2006). *Gestión energética en el sector productivo y los servicios, CEEMA, Cienfuegos*
- [38] Dr. Aníbal E. Borroto Nordelo; Colectivo de Autores. (2006). *Gestión y Economía de Empresas.* .

- [39] Msc. Lourdes Guerra Mayea, "ESTUDIO DEL POTENCIAL DE ENERGÍAS RENOVABLES HIDRÁULICA Y EÓLICA DE LA PROVINCIA DE SANCTI SPIRITUS," TRABAJO FINAL DIPLOMADO FORMACIÓN BÁSICA, Facultad de Ingeniería, Universidad "José Martí Pérez" Sancti Spíritus, Sancti Spíritus, 2008.
- [40] DURE UNE. (2012, SUSTITUCIÓN, EN LA ENTRADA DEL TÚNEL DE LÍNEA, DE LAS LUMINARIAS CON LÁMPARAS DE SODIO POR LUMINARIAS A LEDS DE ALTA EFICIENCIA. [Folleto DURE; Documento Interno].
- [41] C. d. A. OBE SS, "Software SIGERE, Base de Datos del Departamento de Inversiones," O. SS, Ed., ed, 2015.
- [42] OC ONURE; Colectivo de Autores, "Costo de la Energía puesta al cliente," OC ONURE; MINEM, Ed., ed. La Habana, 2015.

Anexos

ANEXOS

Anexo 1. Propuesta de sustitución de Bancos de transformadores

Propuesta de Sustitución de Transformadores												
Empresa	Cantidad de Transf.	Capacidad actual (kVA)			Capacidad propuesta (kVA)				Ahorro (kWh/año)	Ingresos (\$/año)	Gastos (\$/año)	Inversión Inicial (\$)
		1	2	3	1	2	3	Consumo (kWh/año)				
EMPRESA DE CEMENTO SIGUANAY	2	10 MVA 3Ø	10 MVA 3Ø		2,5 MVA 3Ø	2,5 MVA 3Ø		12164	114540	26630,55	2828,13	59000
Empresa Refinería de Petróleo "Sergio Soto"	1	150 kVA 3Ø			75 kVA 3Ø			354	2952	686,34	82,31	2000
	1	630 kVA 3Ø			150 kVA 3Ø			652	5556	1291,77	151,59	2200
Empresa Provincial de Acueductos y Alcantarillado Sancti Spíritus	1	100 kVA 3Ø			50 kVA 3Ø			258	792	184,14	59,99	1200
	1	40 kVA 3Ø			25 kVA 3Ø			94	1056	245,52	21,86	715
	1	125 kVA 3Ø			50 kVA 3Ø			212	1668	387,81	49,29	1200
	1	630 kVA 3Ø			200 kVA 3Ø			1054	1368	318,06	245,06	3000
	1	750 kVA 3Ø			500 kVA 3Ø			1688	1980	460,35	392,46	10000
Empresa de telecomunicaciones de Cuba SA	1	150 kVA 3Ø			75 kVA 3Ø			248	2244	521,73	57,66	2000
Empresa de Conservas y Vegetales Sancti Spíritus	1	2000 kVA 3Ø			1600 kVA 3Ø			2527	16992	3950,64	587,53	20000

EMPRESA PRODUCTOS LÁCTEOS RIO ZAZA	1	2000 kVA 3Ø			1600 kVA 3Ø			3507	15312	3560,04	815,38	20000
EMPRESA CARNICA SANCTI SPIRITUS	1	150 kVA 3Ø			75 kVA 3Ø			252	2148	499,41	58,59	2000
Complejo Brisas Trinidad del Mar	1	1000 kVA 3Ø			500 kVA 3Ø			1502	6132	1425,69	349,22	10000
IBEROSTAR GRAND HOTEL TRINIDAD	1	400 kVA 3Ø			300 kVA 3Ø			1969	3252	756,09	457,79	6000
ISLAZUL DIVISION SANCTI SPIRITUS	2	200 kVA 3Ø	87,5 kVA 3Ø		200 kVA 3Ø			678	2532	588,69	157,64	3000
SECTORIAL PROVINCIAL DE SALUD	3	50 kVA 1Ø	50 kVA 1Ø	50 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	5760	3456	803,52	1339,20	4650
	3	50 kVA 1Ø	50 kVA 1Ø	50 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	4752	1860	432,45	1104,84	4650
	3	50 kVA 1Ø	50 kVA 1Ø	50 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	5244	2640	613,8	1219,23	4650
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS PEDAGOGICAS "CAPITAN SILVERIO BLANCO NUÑEZ" DE SANCTI SPIRITUS	2	50 kVA 1Ø	167 kVA 1Ø		50 kVA 1Ø	100 kVA 1Ø		193	2316	538,47	44,87	4500
FRIGORIFICO ENRIQUE VILLEGAS	3	100 kVA 1Ø	167 kVA 1Ø	100 kVA 1Ø	100 kVA 1Ø	100 kVA 1Ø	100 kVA 1Ø	1072	456	106,02	249,24	8700
PAPELERA PULPA CUBA	3	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	25 kVA 1Ø	25 kVA 1Ø	25 kVA 1Ø	471	516	119,97	109,51	2640
	1	300 kVA 3Ø			200 kVA 3Ø			808	216	50,22	187,86	3000
	1	6300 kVA 3Ø			3200 kVA 3Ø			6843	8712	2025,54	1591,00	30000
	3	50 kVA 1Ø	50 kVA 1Ø	50 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	271	2652	616,59	63,01	4650

EMPRESA DE CIGARROS "JUAN D' MATA REYES"	3	100 kVA 1Ø	167 kVA 1Ø	100 kVA 1Ø	75 kVA 1Ø	75 kVA 1Ø	75 kVA 1Ø	645	1368	318,06	149,96	9120
Universidad de Sancti Spíritus	3	50 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	25 kVA 1Ø	25 kVA 1Ø	25 kVA 1Ø	258	1476	343,17	59,99	2640
EMPRESA DE RADIOCOMUNICACION Y DIFUSION DE CUBA	3	50 kVA 1Ø	50 kVA 1Ø	25 kVA 1Ø	25 kVA 1Ø	25 kVA 1Ø	15 kVA 1Ø	386	624	145,08	89,75	1620
	3	37,5 kVA 1Ø	25 kVA 1Ø	15 kVA 1Ø	15 kVA 1Ø	25 kVA 1Ø	15 kVA 1Ø	299	264	61,38	69,52	2360
	3	25 kVA 1Ø	25 kVA 1Ø	25 kVA 1Ø	15 kVA 1Ø	15 kVA 1Ø	15 kVA 1Ø	276	300	69,75	64,17	2220
EMPRESA AGROINDUSTRIAL DE GRANOS "SUR DEL JIBARO"	3	75 kVA 1Ø	75 kVA 1Ø	75 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	404	2532	588,69	93,93	4650
	3	75 kVA 1Ø	75 kVA 1Ø	75 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	635	1548	359,91	147,64	4650
	3	250 kVA 1Ø	250 kVA 1Ø	250 kVA 1Ø	50 kVA 1Ø	50 kVA 1Ø	50 kVA 1Ø	213	6732	1565,19	49,52	4800
	1	630 kVA 3Ø			400 kVA 3Ø			1225	2220	516,15	284,81	9000
	1	630 kVA 3Ø			300 kVA 3Ø			1042	1080	251,1	242,27	6000
	1	630 kVA 3Ø			400 kVA 3Ø			1124	720	167,4	261,33	9000
ALMACENES UNIVERSALES	2	100 kVA 1Ø	167 kVA 1Ø		37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	37,5 kVA 1Ø	436	3132	728,19	101,37	4650
Empresa del Papel UEB Jatibonico	1	14000 kVA 3Ø			500 kVA 3Ø			1184	135108	31412,61	275,28	12000
Empresa Electromecánica Escambray	3	333 kVA 1Ø	333 kVA 1Ø	333 kVA 1Ø	100 kVA 1Ø	100 kVA 1Ø	100 kVA 1Ø	729	12804	2976,93	169,49	8700
Mármoles del Centro	3	250 kVA 1Ø	250 kVA 1Ø	250 kVA 1Ø	167 kVA 1Ø	167 kVA 1Ø	167 kVA 1Ø	1101	4368	1015,56	255,98	6900
TOTAL									375624	87333	14538	298065

Anexo 2. Propuesta de sustitución de Motores Sub-cargados

Propuesta de Sustitución de Motores

Empresa	Motor	Motor actual (kVA)						Motor propuesto (kVA)					Ahorro (kWh/año)	Ingreso por Motor Vendido (\$)	Ingresos (\$/año)	Gastos (\$/año)	Inversión (\$)	Costo Inicial (\$)
		P (kW)	V (V)	FP	Vel (rpm)	Ef (%)	Carga (%)	P (kW)	V (V)	FP	Ef (%)	Consumo (kWh/año)						
EMPRESA DE CEMENTO SIGUANÉY	Exhaustor de la chimenea	185	440	0,9	1800	86	65	90	440	0,93	95	172800	182400	7864	42408,00	40176,00	4570	12434
	Ventilador del enfriadero	151	440	0,9	1800	86	76,1	90	440	0,93	95	172800	117120	7000	27230,40	40176,00	5434	12434
	Molinillo	41	440	0,89	3600	88	33	11	440	0,82	97	17664	61056	1500	14195,52	4106,88	174	1674
Combinado Asbesto Cemento	B.Turbo Tejas	30	440		3600	86	62	15	440		92,4	1729	3600	1000	837,00	401,99	1076	2076
	B. Vacío Moldeo	52,2	440		1800	83		37	440		95,4	2417	3600	2700	837,00	561,95	1964	4664
	B. Decantador	37	440		1800	87	65	22	440		92,4	2099	3200	2000	744,00	488,02	741	2741
	B. Elev. Tejas	37	440		1200	86	63	30	440			2163	2600	2000	604,50	502,90	2051	4051
	Máq. Moldeo	30	440		1200	85	66	22	440			1716	2500	1000	581,25	398,97	1741	2741
	B. Vacío 2	37	440		1200	85	61	30	440			2009	2300	2000	534,75	467,09	2051	4051
Empresa Azucarera Melanio Hdez	B. Auxiliar de Vacío	125	440				62,5	90	440			144000	81000	6500	18832,5	33480	5934	12434
	Tándem 1	800	440		900	86	75	630	440		95,4	108000	360000	50000	83700	25110	35071	85071
	Tándem 2	800	440		900	86	75	630	440			108000	360000	50000	83700	25110	35071	85071

FRIGORIFICO ENRIQUE VILLEGAS	Compresor de amoniaco	95	440			86	63,1	75	440		95,4	54000	14400	5000	3348	12555	4651	9651
PAPELERA PULPA CUBA	Compresor	150	440		1800	84	36,6	55	440		94,1	105600	182400	7000	42408	24552	617	7617
	Compresor	75	440		1800	88	73,3	55	440		94,1	105600	38400	4000	8928	24552	3617	7617
EMPRESA DE CIGARROS "JUAN D' MATA REYES"	Compresor	37	440				73,3	30	440			86400	20160	2000	4687,2	20088	2051	4051
EMPRESA AGROINDUSTRIAL DE GRANOS "SUR DEL JIBARO"	Aereador	30	440					25	440			46080	23040	1000	5356,8	10713,6	1741	2741
TOTAL													1457776	152564	338933	263440	108555	261119

Anexo 3. Resumen de la evaluación económica de 5 motores

FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO MOTORES											
Motor	Pot. M. Actual (kW)	Pot. M. Prop. (kW)	Ingresos (\$/año)	Gastos (\$/año)	Inversión Inicial (\$)	VAN (\$)	TIR (%)	PSI (años)	VAN 1 (\$)	TIR 1 (%)	PSI 1 (años)
Exhaustor de la chimenea de la Fábrica de Cemento Siguaney	185	90	42408	40176	12434	-2001,2			4340,3	33,2	1,1
Bomba del Decantador del Combinado de Asbesto Cemento	37	22	744	488	2741	-1289,8			322,95	22,5	5,2
Tándem 1 Empresa Azucarera Melanio Hdez	800	630	83700	25110	85071	142068	47,3	3,07	182388	95,0	1,27
Molinillo de la Fábrica de Cemento Siguaney	41	11	14195	4107	1674	34922,9	96,00	4,12			
Compresor Grande de la Papelera Pulpa Cuba	150	55	42408	24552	7617	58061	98,00	1,55			
Total	1213	808	183455	94433	109537						

Anexo 4. Resumen de la evaluación económica de 4 Bancos de transformadores

FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO DE TRANSFORMADORES								
Banco de Transformadores	Pot. Actual (kVA)	Pot. Prop. (kVA)	Ingresos (\$/año)	Gastos (\$/año)	Inversión Inicial (\$)	VAN (\$)	TIR (%)	PSI (años)
Planta de Aceites Básicos (1 transformador 3f)	630	150	1292	151	2200	2494,17	35,5	1,7
Acueducto Tres Atejes (1 transformador 3f)	125	50	388	49	1200	304,33	17,5	3,1
Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez" (3 transformadores 1f)	125	75	343	60	2640	-1055,4	1	7,7
Empresa Electromecánica Escambray (3 transformadores 1f)	999	300	2977	169	8700	3511,79	20,80	2,9
Total	1879	575	5000	429	14740			

Anexo 5.Evaluaciones económicas realizadas

PROYECTO TOTAL											
Datos iniciales											
Ingresos (I), USD		852104	852104	852104	852104	852104	852104	852104	852104	852104	852104
Gastos (G), USD		547392	547392	547392	547392	547392	547392	547392	547392	547392	547392
Costo inversión (Ko), USD	916094										
Tasa de interés (r) , %		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Tasa de inflación (f), %		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Margen de riesgo, %		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tasa de impuestos (t), %		35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Vida útil estimada, años		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Resultados											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depreciación (Dep), USD		91609,40	91609,40	91609,40	91609,40	91609,40	91609,40	91609,40	91609,40	91609,40	91609,40
Flujo de caja (Fc), USD		230126,09	230126,09	230126,09	230126,09	230126,09	230126,09	230126,09	230126,09	230126,09	230126,09
Tasa de interés real (R)		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Tasa de descuento real (D)		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
Factor de descuento		0,90	0,80	0,72	0,65	0,58	0,52	0,47	0,42	0,37	0,31
Flujo de caja descontado (Fd), USD		206347,05	185025,11	165906,37	148763,19	133391,41	119608,01	107248,86	96166,78	86229,82	70866,44
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-916094	-709746,95	-524721,84	-358815,47	-210052,28	-76660,87	42947,15	150196,01	246362,79	332592,61	403459,06
VPN, USD											403459,06
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)											
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de caja (Fc), USD		230126,09	230126,09	230126,09	230126,09	230126,09	230126,09	230126,09	230126,09	230126,09	230126,09
Tasa de descuento real (D)		0,2155									
Factor de descuento		0,82	0,68	0,56	0,46	0,38	0,31	0,26	0,21	0,17	0,14
Flujo de caja descontado (Fd), USD		189326,28	155760,00	128144,79	105425,58	86734,33	71356,92	58705,81	48297,67	39734,81	32690,10
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-916094	-726767,72	-571007,73	-442862,93	-337437,35	-250703,02	-179346,10	-120640,28	-72342,62	-32607,80	82,30
PERIODO SIMPLE DE RECUPERACION											
(PSI)(Años)		1,08									
PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA											
INV.(PRI)(Años)		8,10									

PROYECTO LUMINARIA LED 100 W

Datos iniciales

Ingresos (I), USD		229061	229061	229061	229061	229061	229061	229061	229061	229061	229061
Gastos (G), USD		149103	149103	149103	149103	149103	149103	149103	149103	149103	149103
Costo inversión (Ko), USD	210840										
Tasa de interés (r) , %		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Tasa de inflación (f), %		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Margen de riesgo, %		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tasa de impuestos (t), %		35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Vida útil estimada, años		13	13	13	13	13	13	13	13	13	13

Resultados

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depreciación (Dep), USD		16218,46	16218,46	16218,46	16218,46	16218,46	16218,46	16218,46	16218,46	16218,46	16218,46
Flujo de caja (Fc), USD		57649,16	57649,16	57649,16	57649,16	57649,16	57649,16	57649,16	57649,16	57649,16	57649,16
Tasa de interés real (R)		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Tasa de descuento real (D)		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
Factor de descuento		0,90	0,80	0,72	0,65	0,58	0,52	0,47	0,42	0,37	0,31
Flujo de caja descontado (Fd), USD		51692,25	46350,86	41561,40	37266,84	33416,04	29963,15	26867,04	24090,86	21601,54	17752,84
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-210840	-159147,75	-112796,89	-71235,49	-33968,65	-552,60	29410,54	56277,58	80368,44	101969,97	119722,81
VPN, USD											119722,81

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de caja (Fc), USD		57649,16	57649,16	57649,16	57649,16	57649,16	57649,16	57649,16	57649,16	57649,16	57649,16
Tasa de descuento real (D)		0,2422									
Factor de descuento		0,81	0,65	0,52	0,42	0,34	0,27	0,22	0,18	0,14	0,11
Flujo de caja descontado (Fd), USD		46408,92	37360,26	30075,89	24211,79	19491,06	15690,76	12631,42	10168,59	8185,95	6589,88
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-210840	-164431,08	-127070,81	-96994,93	-72783,14	-53292,08	-37601,33	-24969,90	-14801,31	-6615,36	-25,48

PERIODO SIMPLE DE RECUPERACION

(PSI)(Años)

0,92

PERIODO DE RECUPERACION DE LA

INV.(PRI)(Años)

5,10

PROYECTO CON LÁMPARA LED 18W

Datos iniciales

Ingresos (I), USD		39108	39108	39108	39108	39108	39108	39108	39108	39108	39108
Gastos (G), USD		26974	26974	26974	26974	26974	26974	26974	26974	26974	26974
Costo inversión (Ko), USD	33570										
Tasa de interés (r) , %		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Tasa de inflación (f), %		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Margen de riesgo, %		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tasa de impuestos (t), %		35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Vida útil estimada, años		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Resultados

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depreciación (Dep), USD		2238,00	2238,00	2238,00	2238,00	2238,00	2238,00	2238,00	2238,00	2238,00	2238,00
Flujo de caja (Fc), USD		8670,40	8670,40	8670,40	8670,40	8670,40	8670,40	8670,40	8670,40	8670,40	8670,40
Tasa de interés real (R)		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Tasa de descuento real (D)		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
Factor de descuento		0,90	0,80	0,72	0,65	0,58	0,52	0,47	0,42	0,37	0,31
Flujo de caja descontado (Fd), USD		7774,48	6971,14	6250,81	5604,91	5025,75	4506,44	4040,79	3623,25	3248,86	2670,02
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-33570	-25795,52	-18824,37	-12573,56	-6968,65	-1942,90	2563,54	6604,33	10227,58	13476,44	16146,45
VPN, USD											16146,45

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de caja (Fc), USD		8670,40	8670,40	8670,40	8670,40	8670,40	8670,40	8670,40	8670,40	8670,40	8670,40
Tasa de descuento real (D)		0,224									
Factor de descuento		0,82	0,67	0,55	0,45	0,36	0,30	0,24	0,20	0,16	0,13
Flujo de caja descontado (Fd), USD		7083,66	5787,30	4728,19	3862,90	3155,96	2578,40	2106,54	1721,03	1406,07	1148,75
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-33570	-26486,34	-20699,04	-15970,85	-12107,95	-8951,98	-6373,58	-4267,04	-2546,02	-1139,95	8,80

PERIODO SIMPLE DE RECUPERACION

(PSI)(Años)

0,86

PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA

INV.(PRI)(Años)

5,50

PROYECTO INSULACIÓN DE TUBERIAS

Datos iniciales

Ingresos (I), USD		157669,88	157669,88	157669,88	157669,88	157669,88	157669,88	157669,88	157669,88	157669,88	157669,88
Gastos (G), USD		93376,55	93376,55	93376,55	93376,55	93376,55	93376,55	93376,55	93376,55	93376,55	93376,55
Costo inversión (Ko), USD	112500										
Tasa de interés (r) , %		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Tasa de inflación (f), %		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Margen de riesgo, %		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tasa de impuestos (t), %		35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Vida útil estimada, años		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Resultados

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depreciación (Dep), USD		11250,00	11250,00	11250,00	11250,00	11250,00	11250,00	11250,00	11250,00	11250,00	11250,00
Flujo de caja (Fc), USD		45728,16	45728,16	45728,16	45728,16	45728,16	45728,16	45728,16	45728,16	45728,16	45728,16
Tasa de interés real (R)		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Tasa de descuento real (D)		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
Factor de descuento		0,90	0,80	0,72	0,65	0,58	0,52	0,47	0,42	0,37	0,31
Flujo de caja descontado (Fd), USD		41003,05	36766,19	32967,12	29560,61	26506,10	23767,21	21311,33	19109,22	17134,66	14081,81
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-112500	-71496,95	-34730,76	-1763,65	27796,96	54303,06	78070,27	99381,60	118490,83	135625,48	149707,29
VPN, USD											149707,29

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de caja (Fc), USD		45728,16	45728,16	45728,16	45728,16	45728,16	45728,16	45728,16	45728,16	45728,16	45728,16
Tasa de descuento real (D)		0,3915									
Factor de descuento		0,72	0,52	0,37	0,27	0,19	0,14	0,10	0,07	0,05	0,04
Flujo de caja descontado (Fd), USD		32862,50	23616,60	16972,04	12196,94	8765,32	6299,19	4526,90	3253,25	2337,95	1680,16
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-112500	-79637,50	-56020,90	-39048,86	-26851,92	-18086,60	-11787,41	-7260,51	-4007,26	-1669,31	10,86

PERIODO SIMPLE DE RECUPERACION (PSI)(Años)

0,71

PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INV.(PRI)(Años)

3,10

PROYECTO SUST. TRANSFORMADORES

Datos iniciales

Ingresos (I), USD		87333	87333	87333	87333	87333	87333	87333	87333	87333	87333
Gastos (G), USD		14538	14538	14538	14538	14538	14538	14538	14538	14538	14538
Costo inversión (Ko), USD	298065										
Tasa de interés (r), %		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Tasa de inflación (f), %		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Margen de riesgo, %		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tasa de impuestos (t), %		35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Vida útil estimada, años		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Resultados

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depreciación (Dep), USD		29806,50	29806,50	29806,50	29806,50	29806,50	29806,50	29806,50	29806,50	29806,50	29806,50
Flujo de caja (Fc), USD		57749,03	57749,03	57749,03	57749,03	57749,03	57749,03	57749,03	57749,03	57749,03	57749,03
Tasa de interés real (R)		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Tasa de descuento real (D)		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
Factor de descuento		0,90	0,80	0,72	0,65	0,58	0,52	0,47	0,42	0,37	0,31
Flujo de caja descontado (Fd), USD		51781,79	46431,15	41633,40	37331,40	33473,93	30015,05	26913,58	24132,59	21638,96	17783,59
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-298065	-246283,21	-199852,06	-158218,66	-120887,26	-87413,33	-57398,28	-30484,70	-6352,11	15286,84	33070,43
VPN, USD											33070,43

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de caja (Fc), USD		57749,03	57749,03	57749,03	57749,03	57749,03	57749,03	57749,03	57749,03	57749,03	57749,03
Tasa de descuento real (D)		0,1427									
Factor de descuento		0,88	0,77	0,67	0,59	0,51	0,45	0,39	0,34	0,30	0,26
Flujo de caja descontado (Fd), USD		50537,35	44226,26	38703,30	33870,04	29640,36	25938,88	22699,64	19864,92	17384,20	15213,26
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-298065	-247527,65	-203301,40	-164598,10	-130728,05	-101087,69	-75148,81	-52449,16	-32584,24	-15200,05	13,22

PERIODO SIMPLE DE RECUPERACION

(PSI)(Años)

3,41

PERIODO DE RECUPERACION DE LA

INV.(PRI)(Años)

8,10

PROYECTO CON MOTORES DE ALTA EFICIENCIA

Datos iniciales

Ingresos (I), USD		338933	338933	338933	338933	338933	338933	338933	338933	338933	338933
Gastos (G), USD		263400	263400	263400	263400	263400	263400	263400	263400	263400	263400
Costo inversión (Ko), USD	261119										
Tasa de interés (r) , %		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Tasa de inflación (f), %		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Margen de riesgo, %		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tasa de impuestos (t), %		35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Vida útil estimada, años		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Resultados

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depreciación (Dep), USD		26111,90	26111,90	26111,90	26111,90	26111,90	26111,90	26111,90	26111,90	26111,90	26111,90
Flujo de caja (Fc), USD		58235,62	58235,62	58235,62	58235,62	58235,62	58235,62	58235,62	58235,62	58235,62	58235,62
Tasa de interés real (R)		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Tasa de descuento real (D)		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
Factor de descuento		0,90	0,80	0,72	0,65	0,58	0,52	0,47	0,42	0,37	0,31
Flujo de caja descontado (Fd), USD		52218,10	46822,38	41984,20	37645,95	33755,98	30267,96	27140,35	24335,93	21821,28	17933,43
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-261119	-208900,90	-162078,52	-120094,32	-82448,37	-48692,39	-18424,44	8715,92	33051,84	54873,13	72806,56
VPN, USD											72806,56

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de caja (Fc), USD		58235,62	58235,62	58235,62	58235,62	58235,62	58235,62	58235,62	58235,62	58235,62	58235,62
Tasa de descuento real (D)		0,1806									
Factor de descuento		0,85	0,72	0,61	0,51	0,44	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19
Flujo de caja descontado (Fd), USD		49327,13	41781,41	35389,98	29976,27	25390,71	21506,61	18216,68	15430,02	13069,64	11070,34
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-261119	-211791,87	-170010,45	-134620,47	-104644,21	-79253,50	-57746,89	-39530,21	-24100,19	-11030,55	39,79

PERIODO SIMPLE DE RECUPERACION (PSI)(Años)

0,77

PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INV.(PRI)(Años)

6,70

PROYECTO CON MOTORES DE ALTA EFICIENCIA (Costo de Inversión = Costo Inicial - Ingresos por venta de motores sustituidos)

Datos iniciales

Ingresos (I), USD		338933	338933	338933	338933	338933	338933	338933	338933	338933	338933
Gastos (G), USD		263400	263400	263400	263400	263400	263400	263400	263400	263400	263400
Costo inversión (Ko), USD	109727										
Tasa de interés (r) , %		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Tasa de inflación (f), %		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Margen de riesgo, %		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tasa de impuestos (t), %		35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Vida útil estimada, años		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Resultados

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depreciación (Dep), USD		10972,70	10972,70	10972,70	10972,70	10972,70	10972,70	10972,70	10972,70	10972,70	10972,70
Flujo de caja (Fc), USD		52936,90	52936,90	52936,90	52936,90	52936,90	52936,90	52936,90	52936,90	52936,90	52936,90
Tasa de interés real (R)		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Tasa de descuento real (D)		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
Factor de descuento		0,90	0,80	0,72	0,65	0,58	0,52	0,47	0,42	0,37	0,31
Flujo de caja descontado (Fd), USD		47466,90	42562,12	38164,16	34220,64	30684,60	27513,95	24670,92	22121,66	19835,82	16301,71
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-109727	-62260,10	-19697,98	18466,18	52686,82	83371,42	110885,36	135556,28	157677,94	177513,76	193815,47
VPN, USD											193815,47

TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de caja (Fc), USD		52936,90	52936,90	52936,90	52936,90	52936,90	52936,90	52936,90	52936,90	52936,90	52936,90
Tasa de descuento real (D)		0,4724									
Factor de descuento		0,68	0,46	0,31	0,21	0,14	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02
Flujo de caja descontado (Fd), USD		35952,79	24417,82	16583,68	11263,03	7649,44	5195,22	3528,40	2396,36	1627,52	1105,35
Flujo descontado acumulado (Fda), USD	-109727	-73774,21	-49356,39	-32772,70	-21509,67	-13860,24	-8665,02	-5136,62	-2740,26	-1112,74	-7,39

PERIODO SIMPLE DE RECUPERACION

(PSI)(Años)

0,32

PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA

INV.(PRI)(Años)

2,50