

*República de Cuba*

*Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente*

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO**

**DE**

**MASTER EN EFICIENCIA ENERGÉTICA**

*Título: Caracterización Energética y Propuesta de Implementación de la Norma ISO 50001 a la Empresa Corrugadora "Windward Island Packaging Company Ltd. (WINERA) Sta. Lucia".*

*Autor: Ing. Irvin Lambert*

*Tutor: Ing. Dr. Margarita Lapido Rodríguez  
Ing. Dr. José P. Monteagudo Yanes*

*"Año 53 de la Revolución"*

*Cienfuegos, 2011.*



## DECLARACIÓN DE AUTORIDAD



Hago constar que el presente trabajo de Maestría realizado en la Universidad de Cienfuegos, como parte de la culminación de los estudios en la Maestra de Eficiencia Energética; autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total, y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación de la Universidad de Cienfuegos.

---

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esa envergadura, referido a la temática señalada.

---

Información Científico Técnica

Firma

---

Firma del Tutor

---

Firma del Tutor

---

Sistema de documentación de proyectos.

Firma

*Pensamiento*

*“Si entre la turba das la virtud abrigo, si marchando con los reyes del orgullo has triunfado, si no pueden herirte ni amigo ni enemigo y si puedes llevar los precios minutos con sesenta segundos de combate bravo, tuya es la Tierra y todos sus codiciados frutos y lo más importante, serás hombre, hijo mío”*

*Rudy Kipling*

## *Dedicatoria*

### *Dedicatoria*

*Dedico este trabajo de Maestría en Eficiencia Energética a mi "familia chiquita": mi esposa Lorena, mis hijos Kiernan y Kyvan y mi hijita Karina, solo ellos saben los sacrificios hechos para poder lograrlo.*

## *Agradecimientos*

### *Agradecimientos*

*Fuera imposible concluir esta nueva etapa en mi vida y por consiguiente este trabajo de Maestría, sin mencionar las personas que en una u otra forma participaron en su realización:*

*Primeramente a Dios, por darme la vida y la fuerza para luchar y triunfar.*

*Quiero agradecer especialmente a mi esposa Lorena por su paciencia, ayuda comprensión y amor. A mis hijos Kiernan, Kyvan y Karina.*

*A mis tutores: Ing. Dr. Margarita Lapidó Rodríguez y Ing. Dr. José P. Monteagudo Yanes y sus familias por sus inestimable ayuda durante el desarrollo de este trabajo.*

*A todos los profesores del Centro de Estudios de Energía y el Medio Ambiente (CEEMA).*

## *Agradecimientos*

*Además, Creppin, Josiah, Kurt, Shean y Chris por su ayuda y hospitalidad durante mi estancia.*

## **Resumen**

Con los análisis de las tendencias de consumo energético al nivel mundial se puede apreciar que la misma tiene forma creciente debido al desarrollo económico, industrial y social experimentado en los últimos años.

Este trabajo lleva como objetivo la realización de una caracterización energética, y la elaboración de la propuesta de implementación de la norma ISO 50001 de la empresa WINERA, con el fin de lograr un uso más eficiente de sus desempeños energéticos, reduciendo sus gastos energéticos e impacto ambiental. La caracterización energética de la empresa, ayudó en definir los indicadores energéticos básicos de los procesos de la empresa así como los índices de consumo de energía eléctrica por unidad de cartón producido en kWh/m<sup>2</sup> y de consumo de combustible diesel por unidad de cartón producido en litros/m<sup>2</sup>. También se hizo comparaciones entre el comportamiento energético de los tres años en estudio, 2009, 2010 y 2011. Queda demostrado que el comportamiento energético de los años 2010 y 2011 es inferior en el nivel de eficiencia energética que el año 2009.

En la estructura de la norma ISO 50001 da lugar a la aplicación de la línea de base energética y la línea meta para el control y mejoramiento energético de la empresa WINERA. Fue tomado para su definición el año de mejor comportamiento, 2009.

A partir de los resultados de la caracterización energética se apreciaron oportunidades de ahorros en:

1. Área de generación de vapor.
2. Iluminación y otros sistemas eléctricos

## **Summary**

Analyses show an increasing tendency in the world's energy consumption, due to the economic, industrial and social development experienced in the last years.

This project has as its objective, the realization of an energy characterization, and the elaboration of the proposal for the implementation of the ISO 50001 standard in WINERA, with the purpose of achieving a more efficient use its energy resources, whilst reducing its energy cost and its environmental impact. The company's energy characterization, helped in defining the basic energy indices for its processes, such as the electric power consumption index, in kWh/m<sup>2</sup> and the diesel fuel consumption index in liters/m<sup>2</sup>. Comparisons were also made with the energy consumption behavior of 2009, 2010 and 2011.

The ISO 50001 enables the application of an energy reference line for the control and improvement of WINERA's energy consumption.

From the results of the energy characterization, one can appreciate some energy saving opportunities in:

1. Vapor generation.
2. Illumination and other electric systems

**Índice**

<i>Pensamiento</i> .....	i
<i>Dedicatoria</i> .....	ii
<i>Agradecimientos</i> .....	iii
Resumen .....	v
Introducción.....	vii
1. Marco teórico de la investigación .....	1
1.1 Energía y sociedad .....	1
1.2 ÁMBITO MUNDIAL.....	2
1.2.1 Consumo de energía por tipo de combustible.....	4
1.2.2 Generación de Energía Eléctrica .....	5
1.2.3 Energías Renovables .....	6
1.2.4 Emisiones Gaseosas .....	7
1.3 CONCEPTOS BÁSICOS .....	8
1.3.1 Gestión energética .....	8
1.3.2 Principios y fundamentos de la eficiencia energética .....	9
1.5 Pérdidas energéticas: categorías y causas .....	13
1.6 Cómo promover la eficiencia energética.....	16
1.7 Indicadores energéticos y control de objetivos. ....	21
1.7.1 Índice de energía específico.....	21
1.8 SISTEMA DE GESTION DE LA ENERGIA (SGE).....	22
1.8.1 ASPECTOS GENERALES .....	22
1.8.2 OBJETIVOS SGE .....	22

1.8.3 REQUISITOS GENERALES DEL SGE.....	23
1.8.4 NORMAS DEL SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA.....	23
1.8.5 El desarrollo de la NORMA ISO 50001 .....	25
1.8.6 Términos y definiciones de la Norma ISO 5001: 2011 .....	28
1.9 Estudios de Casos.....	32
Conclusiones parciales.....	33
2. Caracterización energética de la empresa Windward islands Packaging Company LTD (WINERA).....	34
2.1 Cartón Corrugado.....	34
2.2 Descripción del Proceso. ....	35
2.3 Breve descripción de los procesos de La Máquina Corrugadora.....	36
2.4 Tipos de cartón corrugado.....	36
2.5 Diagrama de Flujo energético productivo de WINERA. ....	37
2.6 Análisis del comportamiento energético en La empresa de Corrugadora de Cartón WINERA y sus principales indicadores de eficiencia. ....	38
2.6.1 Gastos energéticos y consumos energéticos.....	40
2.6.2 Indicadores de Consumo .....	40
2.7 Metodología para el establecimiento y seguimiento del indicador de eficiencia energética.....	43
2.7.1 La propuesta de indicador de eficiencia se fundamenta en establecer un modelo lineal o línea base del comportamiento típico del consumo de energía para los niveles de operaciones de WINERA.....	43
2.8 Estructura de Consumo de Portadores Energéticos de la Empresa.....	50
2.8.1 Análisis del consumo de Electricidad .....	51
2.8.2 Gráficos de Consumo de Electricidad– Producción en el Tiempo:.....	52

2.8.3 Gráficos de Correlación-Dispersión de Consumo de Electricidad vs Producción: .....	54
2.8.4 Gráficos de Índice de Consumo de Electricidad (IC) vs Producción. ....	56
2.8.5 Gráficos de Control de Consumo de Electricidad y Producción .....	58
2.8.6 Determinación del CUSUM. Gráficos de Tendencias de Consumo de Electricidad.....	61
2.9 Comportamiento Histórico del Consumo de Combustible en la Producción de Cartón Corrugado durante el periodo 2009 a 2011. ....	62
2.9.2 Análisis del comportamiento de los gráficos de correlación – dispersión.....	64
2.9.3 Gráficos de Índice de Consumo de Combustible (I.C) vs Producción. ....	66
2.9.4 Gráficos de Control de Consumo de Combustible y Producción.....	68
2.9.5 Determinación del CUSUM. Gráficos de Tendencias de Consumo de Combustible .....	69
2.10 Oportunidades de Ahorro .....	70
Conclusiones parciales.....	70
3. Elementos de integración del sistema de gestión energética al sistema de gestión en la empresa corrugadora de WINERA. ....	74
3.1 Objeto y campo de aplicación.....	74
3.2 Referencias normativas .....	74
3.3 Ciclo de la Norma de Gestión Energética. ....	75
3.4 Requisitos del sistema de gestión de la energía.....	76
3.4.1 Requisitos generales.....	76
3.4.2 Responsabilidad de la dirección.....	78
3.4.3 Política energética.....	80
3.5 Planificación energética.....	81
3.5.1 Generalidades.....	81

3.5.2	Requisitos legales y otros requisitos .....	82
3.5.3	Revisión energética.....	83
3.5.4	Línea de base energética.....	84
3.5.5	Indicadores de desempeño energético .....	85
3.5.6	Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía .....	87
3.6	Implementación y Operación .....	88
3.6.1	Generalidades.....	88
3.6.2.	Competencia, formación y toma de conciencia.....	88
3.6.3	Comunicación .....	89
3.6.4	Documentación .....	90
3.6.5.	Control operacional .....	93
3.6.6.	Diseño.....	93
3.6.7.	Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía.....	94
3.7.	Verificación .....	95
3.7.1	Seguimiento, medición y análisis .....	95
3.7.2	Plan de medición y análisis.....	96
3.7.3.	Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y de otros requisitos	97
3.7.4	Auditoría interna del sistema de gestión de la energía .....	97
3.7.5.	No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva .....	98
3.7.6.	Control de los registros .....	99
3.8	Revisión por la dirección.....	100
3.8.1.	Generalidades.....	100
3.8.2.	Información de entrada para la revisión por la dirección.....	100
3.8.3.	Resultados de la revisión por la dirección .....	100

## *Índice*

Conclusiones parciales.....	101
Conclusiones Generales: .....	102
Recomendaciones:.....	104
<b>Bibliografía</b> .....	105
ANEXO 1.....	107

### **Introducción.**

El incremento de los costos de la energía y los impactos del cambio climático, son manifestaciones de la grave crisis política y económica en que está sumido el mundo de hoy. Como forma de hacer frente a los graves problemas hoy existente se crea la CELAC el martes 23 de febrero de 2010 en sesión de la Cumbre de la unidad de América Latina y el Caribe, en la ciudad de Playa del Carmen, Quintana Roo, México y se celebra la Cumbre con el objetivo de su constitución definitiva y de integración frente a la crisis económica, los días 2 y 3 de diciembre de 2011 en Caracas, Venezuela.

En WINERA una empresa que desarrolla su actividad en el marco de la cooperación de cuatro país caribeños y un país latino americano que integran esta comunidad de estados.

WINERA es de la empresa que considera que los costos energéticos pueden ser controlados y reducidos a menudo, implantando medidas que no requieren una inversión significativa. En muchos casos las mejoras se pueden llevar a cabo con un costo bajo o sin costo alguno, mediante la introducción de pequeños cambios en el funcionamiento de un proceso o un equipo para optimizar su desempeño.

En el caso de la empresa WINERA existen oportunidades de ahorro, por lo que se están tomando medidas dirigidas al mejoramiento de los índices de consumo y a la eliminación de pérdidas en el equipamiento, sobre la base de la aplicación de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

La existencia de una estructura organizativa, un comité o comisión de ahorro de energía, así como de un administrador de energía capacitado y certificado, sin dudas contribuirá significativamente a la mejor gestión energética, pero la ausencia de un proceso formalizado para la administración de la energía impide la evolución y el mejoramiento continuo de la misma, sobre la base de un programa estable y de largo plazo.

## *Introducción*

Un sistema de gestión constituye una estructura documentada que define la política, los objetivos y las responsabilidades de la organización, y establece los procedimientos y procesos de planificación, control, aseguramiento y mejoramiento. Un sistema de gestión establece claramente las responsabilidades, los procedimientos, el entrenamiento, la verificación interna, las acciones correctivas y preventivas, y el mejoramiento continuo.

Los sistemas de gestión para conducir los programas de calidad y medio ambiente de las empresas, establecidos por las Normas ISO 9000 y 14000, han demostrado su efectividad y tienen una amplia y creciente difusión a nivel internacional.

La aplicación de un sistema de gestión energética, al igual que de otros sistemas como el de gestión de calidad, requiere de una guía, una norma que estandarice lo que hay que hacer para implementarlo, mantenerlo y mejorarlo continuamente, con la menor inversión de recursos, en el menor tiempo y la mayor efectividad. Constituye la norma ISO 50001 una aspiración a implementar en dicha empresa.

Por tanto, constituye un **problema de investigación**.

### **Problema de Investigación**

La empresa WINERA a pesar de ser una empresa consolidada no posee un sistema de gestión energética que garantice la explotación con la máxima eficiencia energética los menores consumos energéticos y menor impacto ambiental.

### **Hipótesis**

La caracterización energética de la empresa y la adecuación de la norma ISO 50001 de reciente creación debe contribuir al proceso de implementación del sistema de gestión energético para un uso eficiente de los recursos energéticos y un menor impacto ambiental.

## **Objetivo General**

Realizar la caracterización energética de la empresa WINERA y elaborar la propuesta de implementación de la norma ISO 50001 a la misma.

## **Objetivos Específicos**

1. Valorar las tendencias actuales en el uso de la energía a nivel mundial, y los principales problemas que en ellos influyen.
2. Desarrollar el proceso de caracterización energética de la empresa WINERA.
3. Elaborar la propuesta de implementación de la norma ISO 50001 a la empresa en estudio.

# CAPÍTULO 1

## **1. Marco teórico de la investigación**

### **1.1 Energía y sociedad**

En la civilización moderna, la disponibilidad de energía está fuertemente ligada al nivel de bienestar, a la salud y a la duración de vida del ser humano. En realidad vivimos en una sociedad que se podía denominar como "energívora". En esta sociedad, los países más pobres muestran los consumos más bajos de energía, mientras que los países más ricos utilizan grandes cantidades de la misma. Sin embargo este escenario está cambiando de forma drástica, cambio que se acentuará en los próximos años, donde serán precisamente los países en vías de desarrollo quienes experimenten con mayor rapidez un aumento en su consumo de energía debido al incremento que tendrán tanto en sus poblaciones como en sus economías.

El desarrollo económico, industrial y social experimentado en los últimos años ha generado un incremento en el consumo de combustibles fósiles, combustibles que no son renovables y que son contaminantes en alto grado, lo que ha provocado el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, trayendo consigo el cambio climático global. Las empresas actuales deben reducir el deterioro provocado por el hombre al medio ambiente, estando conscientes de todas sus fortalezas y debilidades. Por otra parte, el incremento continuo del precio de los combustibles y de la electricidad, ha provocado que los costos energéticos tengan cada vez un mayor peso dentro de los costos totales de operación de las empresas, en particular de aquellas llamadas energo-intensivas.

La experiencia demuestra que para lograr en una empresa una mejora continua de la eficiencia energética, que contribuya a la reducción de los consumos, costos energéticos y del impacto ambiental asociado al uso de la energía se requiere contar con un sistema coherente e integral de gestión energética.

## 1.2 ÁMBITO MUNDIAL

El consumo de energía en el mundo se incrementará en un 57% entre 2004 y 2030, a pesar de que se espera que el aumento de precios tanto del petróleo como del gas natural siga en aumento. Gran parte de este incremento será producido por el experimentado en los países con economías emergentes. En el informe "Internacional Energy Outlook 2005 (IEO 2007)" se prevé 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%. En cifras, el uso total de energía en el mundo crecerá:

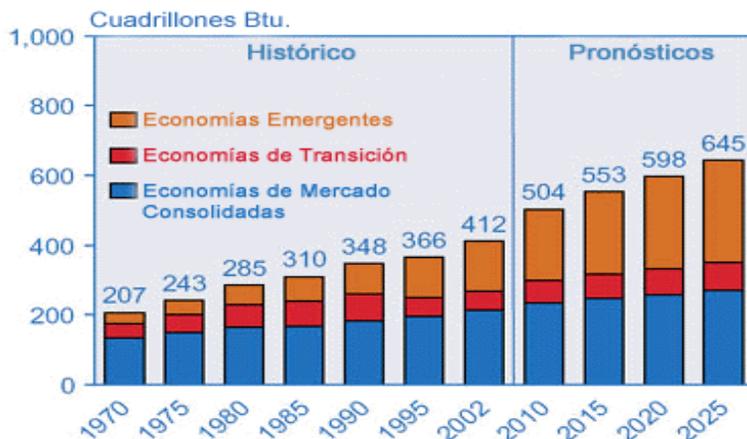
**Tabla 1.1 Consumo total de energía. Unidades: cuatrillones unidades térmicas inglesas.**

Años	2004	2010	2015	2020	2025	2030
Consumo	447	511	559	607	654	702

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 actividad económica medida por el producto interior bruto como medida del poder adquisitivo, se espera que se incremente en un 5,3% por año en los mercados de los países fuera de la OCDE, frente al 2,5% de los países miembros.

Como ya se ha apuntado, y en contraste con las economías emergentes, el incremento del consumo de energía de los países consolidados y de los mercados de transición se espera que sea bastante menor en todos los sectores: transporte, industria, residencial y comercial. (Administración, 2005 y 2007)

Mercado Mundial del consumo de energía por región, 1970-2025



FUENTES: **Historia:** Energy Information Administration (EIA), *International Energy Annual 2002*, DOE/EIA-0219(2002) (Washington, DC, March 2004), web site [www.eia.doe.gov/iea/](http://www.eia.doe.gov/iea/). **Pronósticos:** EIA, *System for the Analysis of Global Energy Markets* (2005).

Figura 1.1. Mercado Mundial del consumo de energía por región 1970' 2025.

Fuente: IEO 2005

Las tendencias indican que el consumo de energía por sector puede estar sometido al ritmo de desarrollo económico por región. A nivel mundial, los sectores industrial y de transporte son los que experimentarán un crecimiento más rápido, del 2,1% por año, en ambos sectores. Crecimientos más lentos se producirán en el ámbito residencial y comercial, con un promedio anual de 1,5 y 1,9% entre 2002 y 2025. En los mercados consolidados, donde el crecimiento de la población se espera que sea muy pequeño o negativo, el sector comercial crece a un ritmo más rápido que en el resto de los sectores, y este incremento se basa en el desarrollo de las telecomunicaciones y equipamientos para oficinas, situación que pone en evidencia el desplazamiento de una sociedad industrial a una sociedad de servicios.

En los países de la OCDE, el incremento de consumo de energía en el sector transporte será del 0.9% entre 2004 y 2030, frente al 2,9% del resto de economías. Cifras similares se obtienen al comparar los consumos en otros sectores: industrial y residencial (0,6% frente a 2,4%) y comercial (1,2% frente a 3,7%). La explicación a esta gran diferencia es que se espera que las economías más avanzadas experimenten

crecimientos de población lentos o incluso negativos, a la vez que se mejoran las instalaciones ya existentes para mejorar su eficiencia.

## 1.2.1 Consumo de energía por tipo de combustible

De acuerdo con el caso de referencia de IEO2007, el uso de todas las fuentes de energía aumentará durante el periodo 2004-2030. Ver Figura

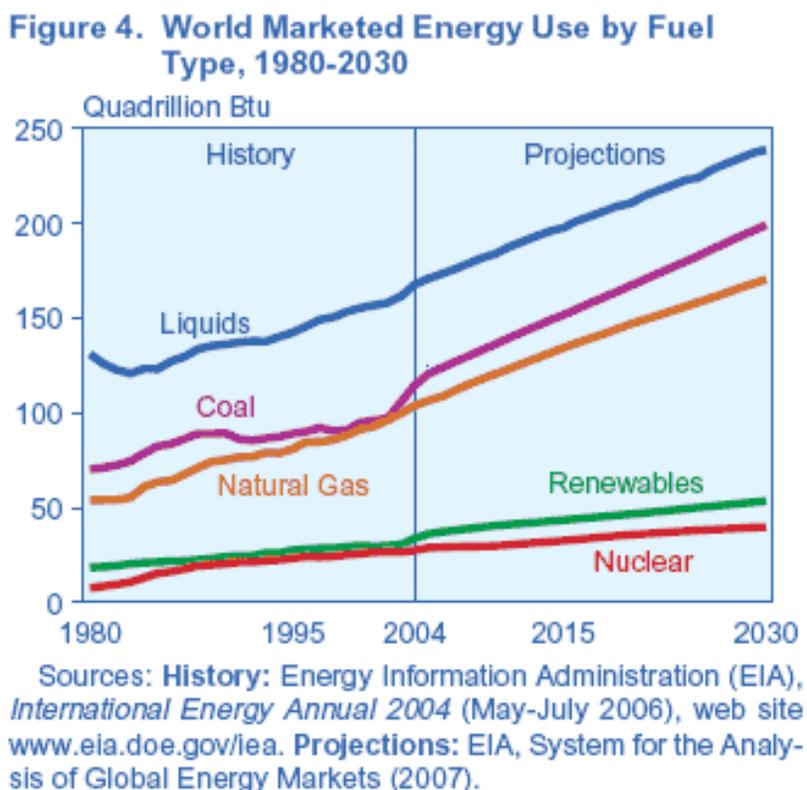


Figura 1.2. Mercado Mundial del consumo de energía por tipo de combustible.

Fuente: IEO 2007

La figura 1.2 indica que los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), seguirán siendo los más utilizados en todo el mundo, básicamente por su importancia en el transporte y en el sector industrial. Para el resto, energía nuclear y energías renovables, también se espera que experimenten un aumento durante el mismo periodo, aunque mucho más suave. El empleo de estos dos recursos energéticos puede verse alterado por cambios en las políticas o leyes que limiten la producción de

gases de combustión que, de acuerdo con los trabajos de muchos científicos, están siendo los responsables directos del cambio climático.

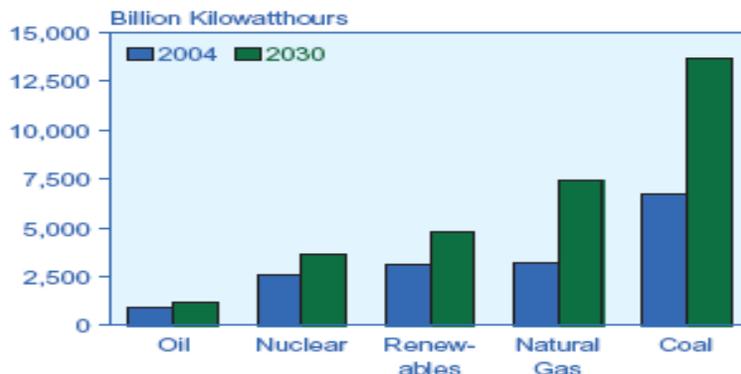
### **1.2.2 Generación de Energía Eléctrica**

La demanda de electricidad, de acuerdo con las últimas previsiones realizadas en 2007, crecerá fuertemente entre 2004 y 2030. La producción a escala mundial crecerá un 2,4% anual en este periodo, de los 16.424 billones de kWh a los 30.364 billones. La mayor parte de este crecimiento, como en el caso del carbón, se debe a las necesidades de las economías emergentes fuera de la OCDE. De hecho, para el año 2030 se prevé que las economías en desarrollo ya generen más electricidad que los países OCDE, mientras que la demanda crecerá a una tasa tres veces mayor en las primeras que en los segundos.

Estas diferencias se establecen teniendo en cuenta la mayor madurez de las infraestructuras eléctricas en los países OCDE, así como las previsiones de un nulo -o incluso negativo- crecimiento demográfico en los mismos durante los próximos 25 años. Por otro lado, las progresivas mejoras en las condiciones de vida en muchos países en desarrollo conllevarán mayores demandas de electricidad.

En cuanto a las fuentes de producción de electricidad, se espera que el carbón siga siendo la principal materia prima utilizada, incluso en 2030, a pesar del crecimiento del gas natural. La generación de electricidad a partir del petróleo crecerá a un ritmo menor en los países de la OCDE debido al incremento de precios del crudo, mientras que en las economías menos desarrolladas llegará incluso a descender a un ritmo del 0,3% anual. Tan solo en Oriente Medio, donde las reservas son muy abundantes, se continuará usando el petróleo como fuente fundamental de provisión de electricidad.

Figure 63. World Electricity Generation by Fuel, 2004 and 2030



Sources: 2004: Derived from Energy Information Administration (EIA), *International Energy Annual 2004* (May-July 2006), web site [www.eia.doe.gov/iea](http://www.eia.doe.gov/iea). 2030: EIA, *System for the Analysis of Global Energy Markets* (2007).

/ International Energy Outlook 2007

Figura 1.3. Generación de Electricidad Mundial por tipo de Combustible. Fuente IEO 2007

### 1.2.3 Energías Renovables

La previsión para el periodo 2004-2030 es que continúen creciendo a razón de 1,7% anual. Las renovables se beneficiarán, en principio, del mantenimiento de los altos precios de los combustibles fósiles, y de su atractivo como fuentes de energías poco contaminantes. De hecho, son muchos los gobiernos que están llevando a cabo políticas de fomento de las energías renovables, incluso en situaciones en las que no podrían competir con los combustibles fósiles debido a su rentabilidad.

No obstante, y a pesar de este crecimiento, las energías renovables perderán importancia relativa en la generación de electricidad a escala mundial: del 19% de 2004 al 16% de 2030, debido al mayor aumento en el uso del carbón y del gas natural. No obstante, el informe IEO 2007 solo recoge las renovables controladas comercialmente, y no otros usos no comerciales (por ejemplo, el bio-fuel usado en las economías más primitivas) que proporcionan energía a 2.500 millones de personas en todo el mundo.

## 1.2.4 Emisiones Gaseosas

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es uno de los gases invernadero que permanecen durante más tiempo en la atmósfera. Las emisiones de CO<sub>2</sub> causadas por el hombre provienen principalmente de la combustión de combustibles fósiles para la producción de energía, siendo el centro del debate del cambio climático. De acuerdo con el IEO2007, la emisión de CO<sub>2</sub> que están previstas para el periodo estudiado es que aumenten de 26,9 billones de toneladas en 2004 a 33,9 en 2015 y 42,9 en 2030. (Ver figura).

**Figure 78. World Energy-Related Carbon Dioxide Emissions by Fuel Type, 1990-2030**

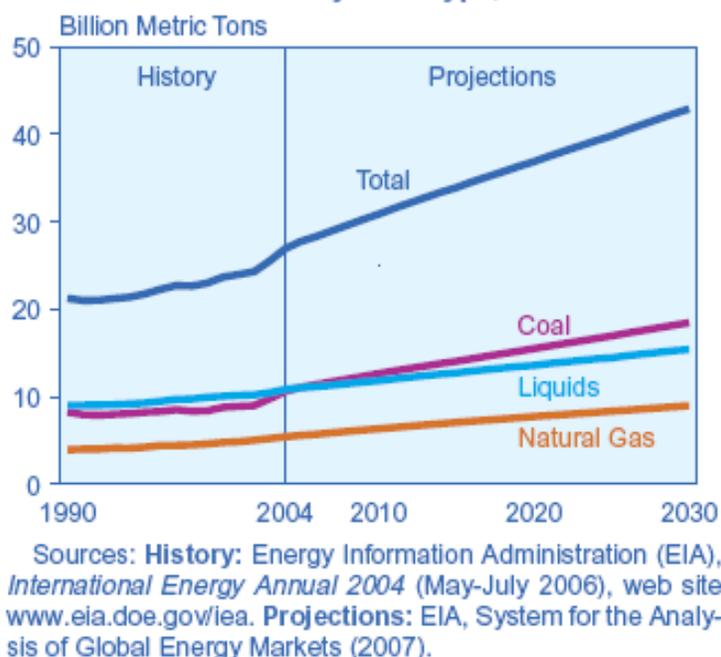


Figura 1.4. Emisiones de CO<sub>2</sub> Mundial por tipo de Combustible. Fuente IEO 2007

Las previsiones del informe IEO 2007 marcan un promedio de crecimiento del 1,8% entre 2004 y 2030. El incremento será menor en los países de la OCDE (0,8%) que en los no pertenecientes (2,6%). Entre los primeros, será México el que experimente un crecimiento mayor (2,3%), mientras que el mayor crecimiento a escala mundial lo ostentará China, cuyas emisiones crecerán un 3,4% debido a su fuerte dependencia de los combustibles fósiles, especialmente el carbón. De hecho, en 2010 ya superará a

Estados Unidos como principal emisor, y para el año 2030 ya superará el volumen emitido por los norteamericanos en un 41%.

En el estudio del año 2005 también se analizó un estudio de caso teniendo en cuenta el Protocolo de Kyoto. En este caso, el pronóstico indicó que en los países que lo han ratificado, se reduciría un total de 593 millones de toneladas respecto a no considerar los acuerdos de Kyoto.

Una vez alcanzados los compromisos, se piden costes marginales para la reducción de emisiones procedentes de fuentes domésticas, en el rango de 36 dólares por tonelada de dióxido de carbón a 64 para el caso de Europa occidental. Debido a la dependencia de los mercados emergentes con el carbón y el petróleo, incluso si estos países estuviesen comprometidos con el tratado y por tanto redujeran sus emisiones de CO<sub>2</sub>, el incremento de los gases procedentes de la producción de energía sería importante. De acuerdo con el estudio y asumiendo que los objetivos del tratado permaneciesen constantes durante el periodo pronosticado, las emisiones de dióxido de carbono en el mundo aumentarían de 29,8 millones de toneladas en 2010 a 38,2 millones de toneladas en 2005.

### **1.3 CONCEPTOS BÁSICOS**

En este primer capítulo se detallan algunos conceptos e ideas básicas necesarias que se deben tener en cuenta para poder desarrollar la propuesta de ahorro de energía.

#### **1.3.1 Gestión energética**

El concepto de gestión energética se puede agrupar en dos visiones desde el punto de vista macro. La primera supone que es el mercado el instrumento mediante el cual se logra la gestión óptima y la segunda supone que es el estado como ente planificador que garantiza la optimización de los recursos energéticos.

Desde el punto de vista micro (empresa) la gestión energética se traduce en un programa de optimización de energía, con el cual se definen estrategias y se toman acciones para disminuir los consumos de energía, sin sacrificar calidad, buscando los niveles de máxima productividad.

### **1.3.2 Principios y fundamentos de la eficiencia energética**

Los sistemas energéticos modernos constituyen complejas redes de explotación de las fuentes primarias de energía (flujos energéticos naturales), mediante sucesivos procesos de conversión, almacenamiento y transporte de energía, siempre con un elevado nivel de pérdidas, hasta llegar a ser finalmente convertidos en calor útil, trabajo mecánico, iluminación, para mencionar algunos usos finales relevantes. A modo de ejemplo, en las lámparas convencionales alimentadas con electricidad generada en plantas termoeléctricas, alrededor del 2% de la energía contenida en los combustibles quemados es efectivamente convertida en luz visible, mientras en vehículos automotores, la parte realmente utilizada de la energía disponible en el combustible es del orden del 20%. De hecho, en la gran mayoría de los casos, solo una fracción del recurso energético primario tomado de la naturaleza realiza algún efecto útil en el punto de consumo. Sin embargo, de acuerdo con las tecnologías disponibles y con la adecuada concepción y empleo de los equipos y sistemas energéticos, las pérdidas de energía pueden y deben ser mantenidas en un nivel aceptable.

#### **1.3.2.1 Eficiencia Energética**

Eficiencia Energética implica lograr un nivel de producción o servicios, con los requisitos establecidos por el cliente, con el menor consumo y gasto energético posible, y la menor contaminación ambiental por este concepto.

## 1.3.2.1 Eficiencia energética y competitividad empresarial

La eficiencia energética, entendida como la eficiencia en la producción, distribución y uso de la energía, necesaria para garantizar calidad total, es parte del conjunto de problemas que afectan la competitividad de las empresas o instituciones.

## 1.3.3 Bases termodinámicas de la eficiencia energética

Las pérdidas energéticas, considerando que la energía no se crea ni se destruye, pueden ser sencillamente definidas como la diferencia entre los flujos energéticos consumidos y los flujos energéticos producidos como resultados deseables en un sistema energético cualquiera, sea una refinería, una línea de transmisión, un motor o una lámpara, en la forma de bienes o servicios. También de una manera general, se puede definir eficiencia energética de un equipo o sistema energético como el cociente entre los flujos energéticos útiles y deseables producidos y los flujos consumidos, como se indica genéricamente en la expresión siguiente.

$$\text{Eficiencia energética} = \left( \frac{\text{Efecto energético útil deseado}}{\text{Consumo energético}} \right) \text{Equipo o proceso}$$

Obsérvese que en esta definición sólo se consideran los efectos simultáneamente útiles y deseables, ya que hay sistemas que producen flujos energéticos útiles que no son utilizados, como por ejemplo en sistemas termoeléctricos convencionales en que se pierde una significativa cantidad de calor, porción que podría ser utilizada mediante los sistemas de cogeneración. Así, una definición equivalente podría relacionar los flujos energéticos aprovechados y consumidos, como en la expresión abajo.

$$\text{Eficiencia energética} = \left( \frac{\text{Energía aprovechada}}{\text{Energía consumida}} \right) \text{Equipo o proceso}$$

En la medida en que se evalúan sistemas más complejos, con fronteras no exactamente definidas y generalmente sometidos a regímenes variables de operación, con procesos simultáneos de acumulación, transferencia/transporte y conversión de energía, determinar la eficiencia puede ser una tarea algo más difícil, pero siempre esencial en la tecnología energética para el correcto diseño, operación y mantenimiento de esos sistemas.

Desde el punto de vista de la Termodinámica, ciencia fundamental para entender el mundo físico de la energía, los procesos energéticos naturales o artificiales, adonde se observan cambios de propiedades de sustancias y sistemas, se deben analizar de acuerdo a su reversibilidad, o sea, la posibilidad de recuperar la situación inicial luego de esos cambios. Así, son definidos los procesos reversibles, en los cuales es posible restablecer perfectamente las condiciones iniciales del sistema y de su entorno y luego no hay pérdidas, representando la situación ideal, pero teórica, inalcanzable. Un péndulo perfecto, sin fricción, oscilando permanentemente en el vacío, podría ser un ejemplo de un sistema energético reversible.

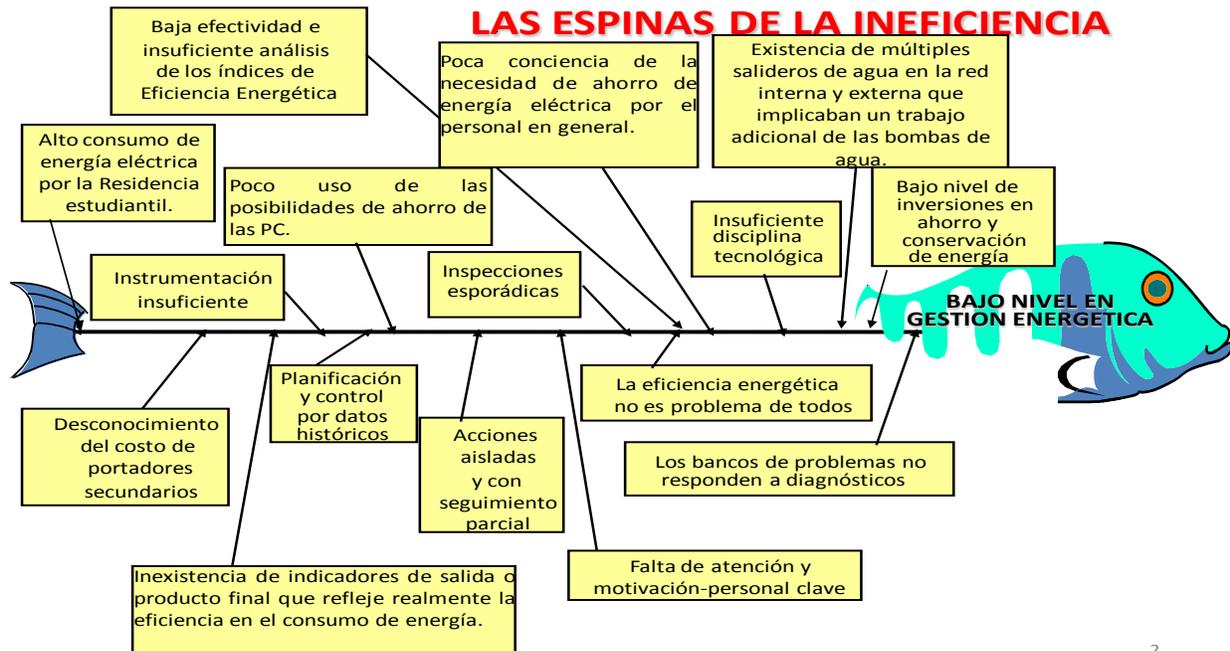
Por el contrario, los procesos reales son irreversibles e implican pérdidas permanentes, con disipaciones de energía irrecuperables, haciendo imposible al sistema y al entorno volver al estado inicial. Como ejemplos de procesos irreversibles tenemos la combustión y la transferencia de calor, en los cuales la situación posterior no permite reproducir la configuración inicial. Si bien la reversibilidad no es posible en los procesos reales, los procesos reversibles pueden servir como referencia para su evaluación, o sea, mientras más alejado de un proceso reversible se está operando, peor será el proceso.

Este aspecto es interesante para el estudio de la eficiencia energética, pues permite esclarecer por qué aunque aparentemente no tenga sentido preocuparse con la conservación de energía, ya que ella no se puede destruir, en verdad tiene mucho

sentido buscar el uso racional de energía y la mitigación de las pérdidas debe ser una meta permanente. En este contexto, las pérdidas energéticas pueden ser clasificadas en dos grandes grupos: a) pérdidas reversibles (o inevitables), como parte del calor liberado en los condensadores de una central termoeléctrica, y b) pérdidas irreversibles (o evitables, frente a los procesos ideales), por ejemplo las pérdidas térmicas observadas en motores eléctricos o en bombas centrífugas. Bajo este concepto, el único indicador correcto para pérdidas energéticas sería la entropía generada en los procesos energéticos, pero dificultades de orden práctico en la aplicación más amplia de este concepto todavía restringen la implementación de metodologías utilizando balances de entropía o balances exergéticos.

No obstante, cabe observar el notable desarrollo de esas metodologías avanzadas para el estudio de la eficiencia energética en los últimos años, lo que permitirá mediante su efectiva difusión reducir la comprensión aún limitada de situaciones tales como la engañosa “elevada eficiencia” de equipos eléctricos para generación de calor utilizando resistencias o la ilusoria “baja eficiencia” de motores térmicos. La percepción equivocada de la real magnitud de las pérdidas de energía en un balance energético, puede llevar a imaginar que en el sector de transporte (adonde predomina la conversión del calor de los combustibles en trabajo a través de motores térmicos) la eficiencia es más baja de lo que efectivamente es, o que en el sector residencial podría ser conveniente emplear energía eléctrica para fines térmicos en bajas temperaturas.

1.5 Pérdidas energéticas: categorías y causas



2

Figura 1.5. Diagrama de causa- efectos de la pérdidas energéticas.

Más allá del abordaje teórico, en cualquier sistema energético real se observan pérdidas de origen técnico, impuestas por limitantes tecnológicos y consecuencia de las características de los materiales utilizados, imposiciones de escala y limitaciones de los procesos de fabricación, siendo así prácticamente inevitables, dentro de los límites de un determinado contexto de costos de equipos, energía y condiciones de operación.

A su vez y de modo similar, las pérdidas de origen económico son aceptables en la medida que su reducción implicaría costos elevados, superiores al beneficio de su recuperación, condicionando las dimensiones, las tasas de intercambio energético y la duración de los procesos reales. Como un ejemplo clásico, el espesor ideal del aislante en una tubería de vapor debe ser determinado en función del costo de la energía perdida en el transporte del vapor (causando la reducción de su temperatura, presión, condensación parcial, etc.), o sea, en el espesor recomendado como correcto existe siempre un nivel de pérdida. Como otro ejemplo de situación en que las pérdidas

energéticas son aceptables y eventualmente impuestas por la legislación, en hornos y calderas la temperatura de salida de los gases de chimenea, en función del contenido de azufre de los combustibles utilizados, puede ser impuesta a valores elevados para evitar la condensación (punto de rocío) de dichos gases, imponiendo pérdidas de energía. De esa forma, alejándose de las concepciones energéticamente ideales y perfectas, sujetas solamente a las pérdidas reversibles, los sistemas energéticos reales presentan pérdidas irreversibles tolerables, por imposiciones de orden técnico, económico y ambiental, que naturalmente pueden y deben ser mantenidas en niveles mínimos.

Puesto que las pérdidas son intrínsecas a los sistemas energéticos, interesa clasificar las causas de las ineficiencias económicamente evitables, que se asocian esencialmente a tres grupos de causas:

- **Proyecto y construcción deficientes**: deficiencias en términos de concepción, diseño, materiales y procesos de fabricación, instalación o implementación de los equipos y/o sistemas ocasionan pérdidas de energía. Por ejemplo, las lámparas, independientemente de su eficiencia, promueven pérdidas energéticas innecesarias cuando son dispuestas incorrectamente en el ambiente a ser iluminado. Es importante observar que la evolución tecnológica y las alteraciones de los valores relativos de los insumos energéticos han determinado cambios importantes en las técnicas y procedimientos utilizados, haciendo que un sistema o proceso a lo largo del tiempo pase a ser más o menos factible. Así, los procesos de producción de clinker para fabricación de cemento por vía húmeda, ampliamente adoptados en el pasado, progresivamente pasaron a ser sustituidos por procesos por vía seca, que imponen mayores inversiones en equipos pero son más eficientes económica y energéticamente. Sin embargo, es oportuno observar que, en general, la decisión sobre el desempeño energético de un sistema es tomada en el momento de su adquisición y que frecuentemente los equipos presentan vidas

útiles de varios años, periodo de tiempo en que sus eventuales deficiencias energéticas se mantendrán, pues muchas veces no es posible o factible introducir cambios más profundos en los equipos existentes.

- **Operación ineficiente:** aun cuando los sistemas de energía estén bien diseñados y fabricados, pueden ser manejados de manera incorrecta. Por ejemplo, en el contexto de una vivienda, mantener encendidos sistemas de aire acondicionado eficientes y adecuadamente instalados en una habitación sin actividades es una evidente fuente de pérdida energética, de la misma manera que la gestión inadecuada de los insumos energéticos en plantas industriales bien diseñadas conduce a pérdidas eventualmente elevadas. Buenos ejemplos podrían ser los sistemas de control de combustión en calderas o control de carga en frigoríficos, de gran importancia en los niveles de desempeño energético de las unidades adonde están instalados.
- **Mantenimiento inadecuado:** una parte de las pérdidas de energía puede ser minimizada mediante procedimientos de mantenimiento correctivo y preventivo, incluyendo limpieza de las superficies de intercambio térmico y el ajuste de los sistemas de control, para que los sistemas energéticos mantengan, en la mayor extensión posible su mejor desempeño frente a variaciones de carga u otras condiciones operacionales.

En resumen, las pérdidas energéticas pueden ocurrir, de forma independiente, en el diseño, producción e instalación de los sistemas energéticos, asimismo en su operación y mantenimiento. Reducir las pérdidas energéticas a niveles aceptables implica necesariamente actuar en todos esos frentes, considerando naturalmente los limitantes económicos, a su vez determinados por los beneficios en los costos de operación (y eventualmente de mantenimiento), pudiendo incorporar beneficios ambientales y otras externalidades, frente a las inversiones requeridas en cada caso.

Por supuesto que la eficiencia no es un objetivo auto-justificable y su factibilidad económica es siempre un requisito necesario, al mismo tiempo que costos crecientes de energía inducen al crecimiento monetario de las pérdidas de energía. Como se representa en la figura 1.6, las pérdidas energéticas evitables bajo restricciones técnicas y económicas son una parte de las pérdidas energéticas totales.

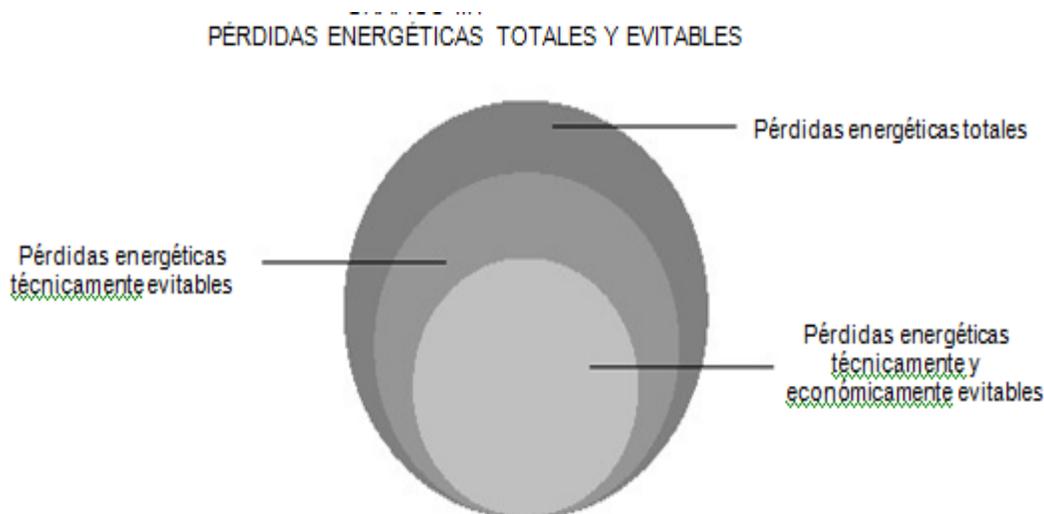


Figura 1.6. Pérdidas Energéticas Totales y Evitables

## 1.6 Cómo promover la eficiencia energética

Muchas veces las posibilidades de mejorar el desempeño de los sistemas energéticos no son percibidas o adecuadamente valorizadas por los usuarios, correspondiendo de forma especial al Estado, pero no exclusivamente, su promoción, por sus ventajas de índole estratégica, económica y ambiental. Las medidas para incrementar la eficiencia de los sistemas energéticos deben tomar en cuenta diferentes niveles de intervención, particularmente con referencia a las causas mencionadas anteriormente y, preservando la consistencia económica, articular acciones de forma sinérgica y convergente para ampliar los resultados hacia la efectiva reducción de las pérdidas energéticas. Así, la difusión de equipos más eficientes no excluye recomendar su utilización de forma más eficiente, o sea, reducir su uso indebido. Bajo tales conceptos, es posible clasificar los mecanismos de fomento a la eficiencia energética en dos grandes familias:

1. Mecanismos de base tecnológica: apuntan a promover el uso de equipos más eficientes e implementar procesos innovadores que permitan reducir las pérdidas de energía básicamente mediante inversiones en capital;
2. Mecanismos de base conductual: se fundamentan en cambios de hábitos, patrones de utilización y sistemas de gestión, reduciendo el consumo energético sin alterar el parque de equipos convertidores de energía ni el nivel de satisfacción en el uso de la energía.

Una visión simplificada de esas dos vertientes independientes y complementarias de la racionalización del consumo energético se presenta en la Gráfico 1.2, en que la reducción del área determinada por la potencia (mecanismo de base tecnológica) y el tiempo de uso (mecanismo de base conductual), correspondiente a la energía consumida, se puede alcanzar mediante reducciones de la potencia requerida o del tiempo de operación. En la realidad, en muchos sistemas puede haber alguna simultaneidad o efectos más complejos, por ejemplo, un usuario puede actuar sobre la potencia de un equipo, reduciéndola, o equipos automáticos pueden ajustar el tiempo de uso de sistemas energéticos, igualmente disminuyendo el consumo de energía. En verdad, es generalmente interesante promover la complementariedad de esos mecanismos, potencializando sus ventajas y logrando sinergias, como puede ser en la promoción de la gestión eficiente en asociación a la adopción de nuevas tecnologías.

MECANISMOS DE FOMENTO A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

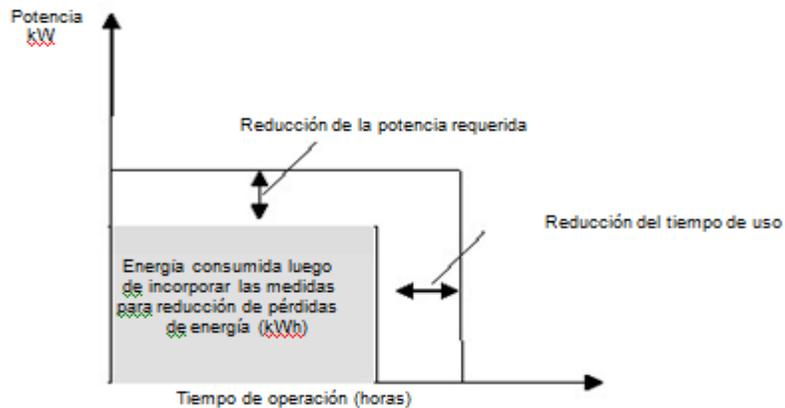


Figura 1.7. Mecanismos de Fomento a la Eficiencia Energética. Fuente: IEA 2007

La clasificación de las acciones de fomento a la eficiencia energética es importante en la medida que los costos asociados a los mecanismos de base tecnológica son generalmente más elevados, pero usualmente permiten una evaluación de resultados más objetiva. Sin embargo ambos mecanismos son igualmente relevantes y no excluyentes. En un estudio de los potenciales de reducción de consumo de energía en los más importantes sub-sectores industriales o comerciales de un grupo representativo de países, básicamente considerando las mejores prácticas disponibles en el mercado y sin grandes cambios de proceso, se estimó que el ahorro de energía podría alcanzar entre 18% a 26%, respecto de la situación actual<sup>1</sup> (IEA 2007). De hecho, la ejecución de programas de gestión energética, con auditoria de los usos de energía y monitoreo de los indicadores de consumo y productividad energética, sin necesariamente sustituir equipos y modificar procesos, ha permitido alcanzar economías entre 5 y 15% de los <sup>2</sup>gastos energéticos, mediante acciones de implementación relativamente sencilla en los primeros años, con altas tasas de retorno económico, alcanzando cerca de 30% de ahorro en los programas mejor diseñados y de mediano plazo, de acuerdo a casos reales en diversas empresas comerciales e industriales (Turner 2006)<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Turner, W.C., Doty, S., Energy Management Handbook, Fairmont Press, 6<sup>th</sup> ed., Lilburn, 2006

<sup>2</sup> Turner, W.C., Doty, S., Energy Management Handbook, Fairmont Press, 6<sup>th</sup> ed., Lilburn, 2006

En otra dirección, suponiendo esencialmente cambios de comportamiento de los consumidores, en particular en el sector residencial, se observan reducciones de consumo energético típicamente entre 15% y 30%, por alteraciones de hábitos de impacto energético, tales como frecuencia de uso de planchas eléctricas y lavadoras, ajuste de termostatos en refrigeradores y acondicionadores de aire, atención al uso innecesario de iluminación, etc. En la Figura 1.8 se resume cómo operan estos mecanismos, actuando sobre el consumo directo de energía de la sociedad (como electricidad y combustibles) y reduciendo el consumo de energía primaria mediante la reducción de las pérdidas de energía en los sistemas energéticos de uso final, que pueden incluir transporte, almacenamiento y conversión de energía.



Figura 1.8. Acciones para promoción de la Eficiencia Energética.

De manera transversal a los mecanismos de base tecnológica y conductual, deben ser considerados los procesos de entrenamiento y capacitación de recursos humanos, esenciales para el efectivo cumplimiento de esos mecanismos. Tales procesos pueden ser conducidos en diferentes niveles de especialización y grados de madurez de las personas entrenadas, desde la enseñanza elemental hasta la universitaria, incluyendo programas de reciclaje y formación para profesionales activos en temas energéticos o relacionados. De manera similar, las actividades de desarrollo tecnológico e investigación contemplan frecuentemente ambos mecanismos. Cabría observar que el desarrollo tecnológico y los procesos de entrenamiento y capacitación de personal, como también los programas de financiamiento y cambios regulatorios, al fin y al cabo, actúan siempre en vertientes tecnológicas y/o conductuales en búsqueda de

incrementos en la eficiencia energética y reducir las pérdidas de energía en los sistemas energéticos.

Es importante remarcar que, como condición necesaria, las medidas recomendadas para reducir las pérdidas de energía no deben afectar los beneficios asociados al uso de los sistemas energéticos, pues la economía se consigue por la disminución de las pérdidas, no por reducción de la energía útil disponible efectivamente utilizada. Este punto debe ser resaltado en las campañas informativas de las actividades de promoción de la eficiencia energética, que necesitan casi siempre del apoyo y del compromiso de los usuarios de energía, pero que muchas veces consideran tales acciones como capaces de afectar negativamente su calidad de vida o las condiciones de productividad en las empresas. Además, considerando que los usos finales de energía representan el punto final de sucesivas etapas en las cadenas energéticas, siempre con pérdidas, en ahorro energético en las etapas finales, junto al consumidor, representa un ahorro aún más significativo en nivel de energía primaria.

Como se ha mencionado, la reducción de las pérdidas de energía no es un objetivo en sí mismo, pues está siempre subordinada a condicionantes de orden económico, que hacen de la factibilidad económica-financiera una exigencia de racionalidad para las medidas de promoción de la eficiencia energética. Por supuesto que la adopción de mejores prácticas energéticas puede requerir inversiones en capital físico y recursos humanos, que deben tomarse en cuenta en el análisis de factibilidad. En este sentido hay diversas alternativas a considerar, que van desde la contratación de especialistas y utilización de contratos de desempeño, cuyo costo está básicamente asociado a los resultados energéticos obtenidos, hasta la formación de grupos propios en las empresas y promoción de soluciones en el ámbito de las mismas empresas interesadas en reducir sus consumos de energía.

Es deseable que el cuadro de precios a ser considerado en la evaluación de factibilidad sea un reflejo de las efectivas disponibilidades y costos reales para el sistema socio-económico y el medio ambiente, que implica eventualmente la consideración de las

externalidades, sea en la definición del marco impositivo, sea en los mecanismos de apoyo y financiamiento que podrán ser adoptados para promover la eficiencia energética. Esta última consideración es especialmente relevante frente a las perspectivas de que la eficiencia energética sea una forma activa de combatir las emisiones de gases de efecto invernadero y el consecuente cambio climático, y reducir los impactos locales de los sistemas energéticos sobre la calidad del aire, agua y suelo.

### **1.7 Indicadores energéticos y control de objetivos.**

Los indicadores energéticos son elementos que permiten hacer una evaluación regular de los consumos históricos para encontrar la eficiencia energética de los procesos. Con ellos se pueden establecer las prioridades en el ahorro y observar cambios en los consumos de acuerdo con las mejoras que se hagan. Existen varios tipos de indicadores energéticos, pero en este caso se ha escogido como indicador el índice de energía específico.

#### **1.7.1 Índice de energía específico.**

El índice de energía específico se define como el consumo de energía sobre unidades producidas y es utilizado para referenciar los consumos globales en un proceso productivo. Las comparaciones que se hagan con este indicador deben corresponder a procesos del mismo sector productivo que utilicen una técnica de fabricación similar. La Eficiencia Energética es la medida más efectiva, a corto y mediano plazo para lograr una reducción significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Factores Claves en la estrategia propuesta por la Agencia Internacional de Energía para la Reducción de la Emisiones de CO<sub>2</sub> hasta el año 2030

1. Incremento de la Energía Nuclear: 10 %
2. Incremento de Energías Renovables: 12 %

3. Incremento de Eficiencia Energética: 78 %
  - en las Plantas Generadoras: 13 %
  - en el uso final de la electricidad: 29 %
  - en el uso final de los combustibles fósiles: 36 %

El incremento de la Eficiencia Energética podría contribuir a la reducción de más de las tres cuartas partes de las emisiones de CO<sub>2</sub> hasta el año 2030.

La experiencia indica que solo se podrán alcanzar resultados significativos y perdurables en la elevación de la eficiencia energética de una organización, cuando estos se obtienen como resultado de la implementación y el mejoramiento continuo de un sistema de gestión energética.

## **1.8 SISTEMA DE GESTION DE LA ENERGIA (SGE)**

### **1.8.1 ASPECTOS GENERALES**

Es la administración eficiente de la adquisición, transformación, transporte y uso final de la energía en la empresa, bajo la supervisión de la gerencia, con el objetivo de reducir los costos de producción, sin que la empresa desvíe la atención y los recursos de su actividad principal productiva.

Se realiza mediante un proceso de reingeniería de la gestión energética, que instala en la empresa procedimientos, herramientas y capacidades para su uso continuo y se compromete con su consolidación elevando las posibilidades técnico-organizativas de la empresa en la gestión por la reducción de sus costos energéticos.

### **1.8.2 OBJETIVOS SGE**

- Formular una política energética empresarial y tomar decisiones estratégicas con relación a la energía.

- Formular metas viables con respecto al empleo y consumo de energía en la empresa y sus diferentes áreas.
- Planear y presupuestar la demanda energética.
- Diseñar, elaborar y desarrollar programas de ahorro de energéticos.
- Concebir e implementar programas de mantenimiento centrado en eficiencia.
- Desarrollar programas de capacitación y motivación del personal.
- Implementar y mantener un control energético continuo en la empresa.
- Desarrollar e institucionalizar una asesoría energética interna dentro de la empresa.
- Documentar el manejo de la energía en la empresa para garantizar permanencia de la eficiencia.

### **1.8.3 REQUISITOS GENERALES DEL SGE**

- Responsabilidad de la alta dirección de la organización.
- Política Energética
- Planeación Energética
- Implementación y Operación
- Verificación de Desempeño
- Revisión de la alta Dirección

Los sistemas de gestión de calidad, ambiental, seguridad, etc. Se basan en estos mismos requisitos generales, lo que permitirá integrar los Sistemas de Gestión de Energía a los restantes.

### **1.8.4 NORMAS DEL SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA.**

Las normas de gestión de gestión de calidad, ambiental, energía comienzan a implementarse a finales de la década del 70 y no logran su total consolidación hasta el 90. En la década el 80 comienzan en los países desarrollados la aplicación de normas

del sistema de gestión energética. En la tabla 1.1., se presentan las principales normas. (Colectivos de Autores, Normalización en el Ámbito de la Gestión Energética, 2008).

Tabla 1.2. Diferentes tipos de Normas del sistema de gestión energética

No	Título de la norma	País	Año
1	JIS Z 9211	Japón	1982
2	JIS Z 9212	Japón	1983
3	B 0071	Corea del Sur	1985
4	DS 2403	Dinamarca	2001
5	IS 393	Irlanda	2005
6	SS 627750	Suecia	2003
7	ANSI/IEEE 739	Estados Unidos	1995
8	ANSI/MSE 2000	Estados Unidos	2005
9	BIP 2011	Reino Unido	2003
10	HB 10190 2001 739	Reino Unido	1995
11	PREN 16001	España	2007
12	UNE 216301	España	2008
13	AS3595	Australia	1990
14	AS 3596	Australia	1992
15	PLUS 1140	Canadá	1995
16	GB/T 5587	China	2003
17	-VDI 4602	Alemania	2008

En los últimos años ha existido una tendencia a elaborar normas internacionales de gestión por la Organización Internacional de Normas (sigla en inglés ISO) y los comités nacionales adoptarlas con las siglas nacionales e internacionales, así en Cuba se tiene la norma NC ISO 9000:2005 para el Sistema de Gestión de Calidad. Términos y Definiciones.

Desde el año pasado comenzó a gestarse la norma del Sistema de Gestión de Energía, que por la repercusión que tiene para los países, no solo desde el punto de vista implementación, sino de formación por los proyectos de investigaciones y de formación académica en los países de Latino Americanos y el Caribe; se debe la mayor atención posible al desarrollo de esta norma en el ámbito nacional e internacional.

### **1.8.5 El desarrollo de la NORMA ISO 50001**

Al darse cuenta de la importancia de la gestión de la energía, la International Standardization Organization (ISO) desarrolló en 2008 la ISO 50001 como la futura norma internacional de la gestión de la energía. Publicándose su primera edición el 15 de junio de 2011, se espera que afecte a más del 60% del consumo energético mundial y tiene el potencial de llegar a ser un catalizador global para la eficiencia energética industrial, del mismo modo que la ISO 9001 lo ha sido para la calidad. Según la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), el consumo específico de energía en la región podría ser reducido entre 10% y 25% en el corto y mediano plazo a través de la implementación de planes de eficiencia energética.

El propósito de la ISO 50001 es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético, incluyendo eficiencia energética, uso, consumo e intensidad. La implementación de este estándar debería conducir a una reducción en el costo de la energía, la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y otros impactos positivos en temas medioambientales, a través de una gestión sistemática de la energía.

La aplicación global de este estándar internacional contribuye al uso más eficiente de las fuentes energéticas disponibles, aumentando la competitividad e impactando positivamente en el cambio climático. La ISO 50001 considera todos los tipos de energía, incluyendo energía renovable, no renovable y alternativa. Requiere la identificación, priorización y registro de oportunidades para mejorar el desempeño energético, incluyendo, donde sea posible, fuentes energéticas potenciales, uso de energías renovables o alternativas.

Sin embargo, la ISO 50001 no establece requisitos absolutos para el desempeño energético más allá del compromiso en la política energética de la organización y su obligación de cumplir con los requisitos legales y de otra índole que sean aplicables. Así, dos organizaciones llevando a cabo similares operaciones, pero teniendo diferente desempeño energético, pueden ambas cumplir con sus requisitos.

La clave para un Sistema de Gestión de la Energía exitoso es que éste sea asumido como propio y sea integrado completamente a los procesos de gestión dentro de la organización, es decir, que las implicaciones de la administración de la energía sean consideradas en todas las etapas del proceso de desarrollo de nuevos proyectos, y que esas implicaciones formen parte de cualquier cambio en el control de procesos.

Es una Norma Internacional que proviene de la ANSI/MSE 2000:2005 y ANSI/IEEE 739:1995 citada anteriormente, la cual comparte principios comunes del sistema de gestión con la serie de Normas ISO 9000 (conceptos y definiciones), ISO 14000 (medio ambiente) y compatible a su vez con la norma cubana NC ISO 22000 (alimentación), cuyo propósito es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético, incluyendo la eficiencia, uso, consumo e intensidad de la energía. La implementación de esta norma de llevar a reducciones en el costo de la energía, emisiones de gases con efecto invernadero y otros impactos ambientales, a través del manejo sistemático de la energía. Es aplicable a todos los tipos y envergaduras de organizaciones independientemente de sus condiciones geográficas, culturales o sociales. El éxito de su implementación depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y especialmente de su administración central.

Esta Norma Internacional especifica los requerimientos de un sistema de manejo de energía (SGE) para que una organización desarrolle e implemente una política energética, establezca objetivos, metas y planes de acción, los cuales tengan en cuenta requerimientos legales y la información referente al uso de la energía significativa. Un sistema de manejo de energía permite que una organización alcance sus objetivos establecidos, e implemente las acciones necesarias para mejorar su uso

de la energía y demostrar la conformidad del sistema con los requerimientos de esta Norma Internacional. La aplicación de esta Norma Internacional puede ser adoptada a los requerimientos de una organización incluyendo la complejidad del sistema, el grado de documentación y recursos, y se aplica a las actividades controladas por la organización.

La aplicación global de esta Norma Internacional contribuye a un uso más eficiente de las fuentes de energía disponible, mejora la competitividad y tiene un impacto positivo en el cambio climático, esta Norma Internacional considera todos los tipos de energía.

Esta Norma Internacional puede ser empleada para la certificación, registro y auto declaración del sistema de manejo de energía de una organización. No establece requerimientos absolutos para el uso de la energía, más allá de los estatutos de la política energética de la organización y su obligación a cumplir leyes aplicables y otros requerimientos por tanto, dos organizaciones que lleven a cabo operaciones similares para que tengan usos de la energía diferentes pueden conformar sus requerimientos.

La organización puede escoger integrar el ISO 50001 con otros sistemas de manejo tales como de Calidad, Medio Ambiente, Seguridad y Salud en el Trabajo o Responsabilidad Social u otros. En el marco internacional y nacional se establecerá en la mayoría de las organizaciones la implementación de la ISO 50001. Por lo cual los especialistas de gestión y energía tienen que capacitarse para preparar los protocolos de gestión, para los que quieren certificarse con la ISO 50001 sepan exactamente lo que deben realizar. En este trabajo aplicando los métodos de comunicación (criterios de expertos y encuestas) con los especialistas se ha elaborado un documento con los principales criterios sobre la implementación de dicha la norma en organizaciones cubanas y la propuesta de un diseño de implementación de la ISO 50001.

La gestión energética es uno de los cinco campos principales dignos del desarrollo y la promoción que ofrecen las normas internacionales. La gestión eficaz de la energía es una prioridad, ya que cuenta con un potencial significativo en cuanto al ahorro de energía y la reducción de las emisiones de gases invernadero en todo el mundo. Se

espera que una norma de sistemas de gestión energética logre un mayor incremento de la eficiencia energética a largo plazo: de un 20% o más en las instalaciones industriales.

La Norma ISO 50001 es la futura norma de Sistemas de Gestión de Energía y establecerá un marco internacional para la gestión de todos los aspectos relacionados con la energía, incluidos su uso y adquisición, por parte de las instalaciones industriales y comerciales, o de las compañías en su totalidad. La norma proporcionará a las organizaciones y empresas las estrategias técnicas y de gestión con las que incrementar su eficiencia energética, reducir costos y mejorar su desempeño ambiental.

La norma fortalecerá los mismos principios de los sistemas de gestión empleados en las normas ISO 9001 e ISO 140001, para lograr la compatibilidad e integración con otros sistemas de gestión y se prevé que la futura norma proporcione un marco reconocido para la integración de la eficiencia energética en las prácticas de gestión de las organizaciones y empresas.

La nueva norma ISO5001 constituye unas ciertas palabras claves, las mismas que se define a continuación:

### **1.8.6 Términos y definiciones de la Norma ISO 5001: 2011**

#### **a) Límites**

Límites físicos o de emplazamiento y/o límites organizacionales tal y como los define la organización.

#### **b) Mejora continua**

Proceso recurrente que tiene como resultado una mejora en el desempeño energético y en el sistema de gestión de la energía.

**c) Corrección**

Acción tomada para eliminar una **no conformidad (u)** detectada.

**d) Acción correctiva**

Acción para eliminar la causa de una **no conformidad (u)** detectada.

**e) Energía**

Electricidad, combustibles, vapor, calor, aire comprimido y otros similares.

**f) Línea de base energética**

Referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético.

**g) Consumo de energía**

Cantidad de energía utilizada.

**h) Eficiencia energética**

Proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía.

**i) Sistema de gestión de la energía SGEN**

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.

**j) Equipo de gestión de la energía**

Persona(s) responsable(s) de la implementación eficaz de las actividades del sistema de gestión de la energía y de la realización de las mejoras en el desempeño energético.

### **k) Objetivo energético**

Resultado o logro especificado para cumplir con la política energética de la organización y relacionado con la mejora del desempeño energético.

### **l) Desempeño energético**

Resultados medibles relacionados con la **eficiencia energética (h)**, el **uso de la energía (r)** y el **consumo de la energía (g)**.

### **m) Indicador de desempeño energético IDEn**

Valor cuantitativo o medida del desempeño energético tal como lo defina la organización.

### **n) Política energética**

Declaración por parte de la organización de sus intenciones y dirección globales en relación con su desempeño energético, formalmente expresada por la alta dirección.

### **o) Revisión energética**

Determinación del desempeño energético de la organización basada en datos y otro tipo de información, orientada a la identificación de oportunidades de mejora.

### **p) Servicios energéticos**

Actividades y sus resultados relacionados con el suministro y/o uso de la energía.

### **q) Meta energética**

Requisito detallado y cuantificable del desempeño energético, aplicable a la organización o parte de ella, que tiene origen en los objetivos energéticos y que es necesario establecer y cumplir para alcanzar dichos objetivos.

**r) Uso de la energía**

Forma o tipo de aplicación de la energía

EJEMPLO Ventilación; iluminación; calefacción; refrigeración; transporte; procesos; líneas de producción.

**s) Parte interesada**

Persona o grupo que tiene interés, o está afectado por, el desempeño energético de la organización.

**t) Auditoría interna**

Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencia y evaluarla de manera objetiva con el fin de determinar el grado en que se cumplen los requisitos.

**u) No conformidad**

Incumplimiento de un requisito (ISO 9000:2005).

**v) Organización**

Compañía, corporación, firma, empresa, autoridad o institución, o parte o combinación de ellas, sean o no sociedades, pública o privada, que tiene sus propias funciones y administración y que tiene autoridad para controlar su uso y su consumo de la energía.

**w) Acción preventiva**

Acción para eliminar la causa de una **no conformidad (r)** potencial

**x) Procedimiento**

Forma especificada de llevar a cabo una actividad o proceso

**y) Registro**

Documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades desempeñadas

**z) Alcance**

Extensión de actividades, instalaciones y decisiones cubiertas por la organización a través del SGEEn, que puede incluir varios límites

**Ñ) Uso significativo de la energía**

Uso de la energía que ocasiona un consumo sustancial de energía y/o que ofrece un potencial considerable para la mejora del desempeño energético

**II) Alta dirección**

Persona o grupo de personas que dirige y controla una organización al más alto nivel

## **1.9 Estudios de Casos.**

Los trabajos de diploma de Alain Guzmán Hernández Titulado: “Norma de Gestión Energética para la Universidad de Cienfuegos a partir de la ISO 50001” y de Oxana Pena Sklyar titulado: Integración del Sistema de Gestión Energética al Sistema de Gestión de Cementos Cienfuegos S.A. muestran que el sistema de gestión energética de la norma 50001: 2011 puede ser implementado en cualquier tipo de empresa que tiene un programa de mejora continua, ejemplo de ello lo constituye los trabajos realizados en la empresas de servicios educativos, la Universidad de Cienfuegos y empresas industriales, Cemento Cienfuegos S.A.

## Conclusiones parciales

En el presente capítulo se establece el estado del arte en la gestión energética, arribándose a las siguientes conclusiones:

1. El escenario energético actual, con el previsible agotamiento de los combustibles fósiles; el deterioro cada vez mayor del medio ambiente por el hombre; y la necesidades de las organizaciones de elevar su competitividad empresarial, exige la creación de sistemas de gestión energética, los cuales constituyen la base para la mejora del desempeño energético.
2. Estudios internacionales realizados, han llevado a la Agencia Internacional de energía a considerar que el incremento de la eficiencia energética debe constituir cerca del 78% en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> hasta el año 2030. La contribución de este trabajo estará dado en la reducción del uso de la energía eléctrica y los combustibles fósiles a los que la AIE les atribuye un 29 % y 36% respectivamente en el incremento de la eficiencia energética y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.
3. El ISO 50001:2011 puede ser implementado en cualquier tipo de empresa que lleva un programa de mejora continua.
4. La Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía utiliza un grupo de herramientas adecuados para el diseño de sistemas de gestión energética que mejoran la planificación y el control de estos los sistemas, lo que representa una oportunidad para la integración con la Norma Internacional ISO 50001 en las empresas que decidan adoptar esta norma internacional. La norma también lleva ciertos términos que deben ser utilizados en su desarrollo documental.

# CAPÍTULO 2

### **2. Caracterización energética de la empresa Windward islands Packaging Company LTD (WINERA)**

La Empresa WINERA está situada en el sur de la Isla Santa lucia en la Zona Industrial de Beanfield. La empresa fue inaugurada en 1973 por un convenio entre Venezuela y cuatro países Caribeños: Santa Lucía, Granada, San Vicente y Dominica. La función principal de la empresa era la producción de cajas corrugadas para la industria bananera de esta época. La empresa tiene una capacidad de producción de 15,8 millones de metros cuadrados de cartón corrugado al año.

Con la caída de esta industria a los finales de la década 90, la empresa ha tenido que diversificar su producción de cartón corrugado para cajas de banana solo para garantizar su sobrevivencia. Ahora solo 50 % de la producción de cartón corrugado está dedicado a la producción de cajas de banana. Los clientes con que cuenta la empresa se encuentran situados en el país, el Caribe y algunos países de Latín América y en todas las ramas de la economía.

#### **2.1 Cartón Corrugado**

Para desarrollar un envase de cartón corrugado es necesario tener una concepción clara sobre el producto a embalar y la ruta que tendrá, desde el productor hasta el consumidor final, pues es él, quien aprueba normalmente el embalaje o la mercadería. La falta de información puede significar un desarrollo incompleto o inadecuado del embalaje de cartón corrugado. Para ello es necesario saber:

- Características del producto a ser embalado: tipo, dimensiones, peso y cantidad.
- Condiciones de almacenamiento del embalaje de cartón corrugado y del producto embalado.
- Apilamiento: número de cajas en la bodega, en el transporte y en el destino.
- Medios de transporte: terrestre, marítimo, aéreo, ferroviario o combinados.

- Mercado de destino: local o de exportación.
- Tiempo de almacenaje
- Condiciones climáticas antes, durante y después del transporte.
- Condiciones de manipulación Con eso se gana en:
  - Mejor protección al producto
  - Mejor control de calidad y consumo energético
  - Menor pérdida de envases y productos
  - Mejores condiciones higiénicas
  - Mejor aprovechamiento de los sistemas de transporte y manipulación
  - Mejor presentación del producto

Es a partir de estas informaciones que los tipos de cartón corrugado, los cálculos, las divisiones los refuerzos interiores y la aplicación de insumos contra la humedad, entre otros, comienzan a ser determinados.

### 2.2 Descripción del Proceso.

El proceso de fabricación de cajas de cartón corrugado se lo puede definir como la conversión de papeles en láminas de cartón, las cuales a su vez se transforman en cajas de diferentes modelos, formas, tamaños, colores e impresiones de acuerdo al tipo de producto a embalar. El cartón corrugado es una estructura formada por uno o más elementos corrugados (ondas) fijados a uno o más elementos planos (*liners*), por medio de un adhesivo aplicado en la cresta de las ondas, como está ilustrado en figura 2.1.

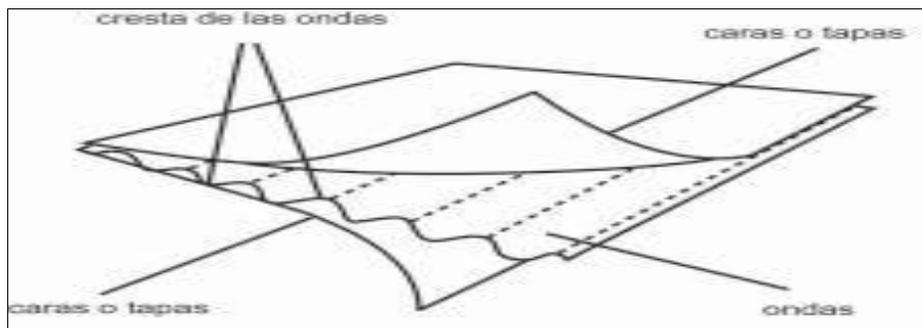


Figura 2.1. Elementos básicos de cartón corrugado

### 2.3 Breve descripción de los procesos de La Máquina Corrugadora.

El cartón corrugado está hecho en la máquina corrugadora que, además del papel trabaja con dos elementos básicos: el vapor y el adhesivo, compuesto fundamentalmente de almidón. La figura 2.2 en el Anexo 1 se da una idea del proceso de fabricación del cartón corrugado. Inicialmente, un subconjunto de la máquina corrugadora (1) produce una cara simple, o monotapa, que es una combinación de la onda (2) con una tapa interna (3). Eso se hace pegando el elemento plano (tapa interna) en la cresta de las ondas del elemento corrugado (onda). A continuación, la monotapa avanza, por el puente (4) y se junta con una tapa externa (6) agregando adhesivos a las crestas de las ondas de la monotapa en la unidad pegadora (7). Enseguida ingresa a la mesa de secado (5) donde se produce el pegado y secado del cartón. Normalmente, en este proceso el cartón pasa por unidades de corte y rayado longitudinal (8) y transversal (9); finalmente las placas son apiladas en una unidad (10).

### 2.4 Tipos de cartón corrugado

De acuerdo con la terminología de la NCh920.Of97, los tipos de cartón corrugado son:

**Cartón corrugado simple:** estructura formada por un papel corrugado, pegado entre dos *liners* o tapas exteriores.

**Cartón corrugado monotapa, cartón media onda:** cartón compuesto de un papel ondulado pegado sobre un *liner* o tapa.

**Cartón corrugado de doble pared, cartón doble:** es una estructura formada por dos *liners* o tapas exteriores, dos papeles ondulados y un *liner* o tapa inferior entre los ondulados.

**Cartón corrugado de triple pared, cartón triple:** estructura formada por dos *liners* o tapas exteriores, tres papeles ondulados y dos *liners* o tapas interiores entre los ondulados.

**Cartón corrugado ceresinado:** cartón corrugado con recubrimiento exterior de cera o parafina sólida sobre una o ambas superficies.

**Cartón corrugado impregnado:** es un cartón cuya onda o *liners*, o ambos, han sido impregnados con aditivos u otras sustancias para mejorar su resistencia a la humedad.

Los espesores del cartón corrugado varían de acuerdo con el fabricante y el tiempo de vida del cilindro corrugador. Esto es lo que muestra el cuadro a continuación.

**Tabla 1.2. Espesores básicos de cartón corrugado**

Tipo de onda	Espesor del cartón/mm	N° de ondas en 10 cm
A	4.5-5.0	11 a 13
B	3.3-4.0	13 a 15
C	2.2-3.0	16 a 18
E	1.2-1.5	31 a 38

### ***2.5 Diagrama de Flujo energético productivo de WINERA.***

WINERA produce cartón corrugado mediante una maquina corrugadora. Los insumos principales de este proceso son papel, adhesivo, vapor y electricidad. El Figura 2.3 muestra el proceso energético- productivo de la empresa.

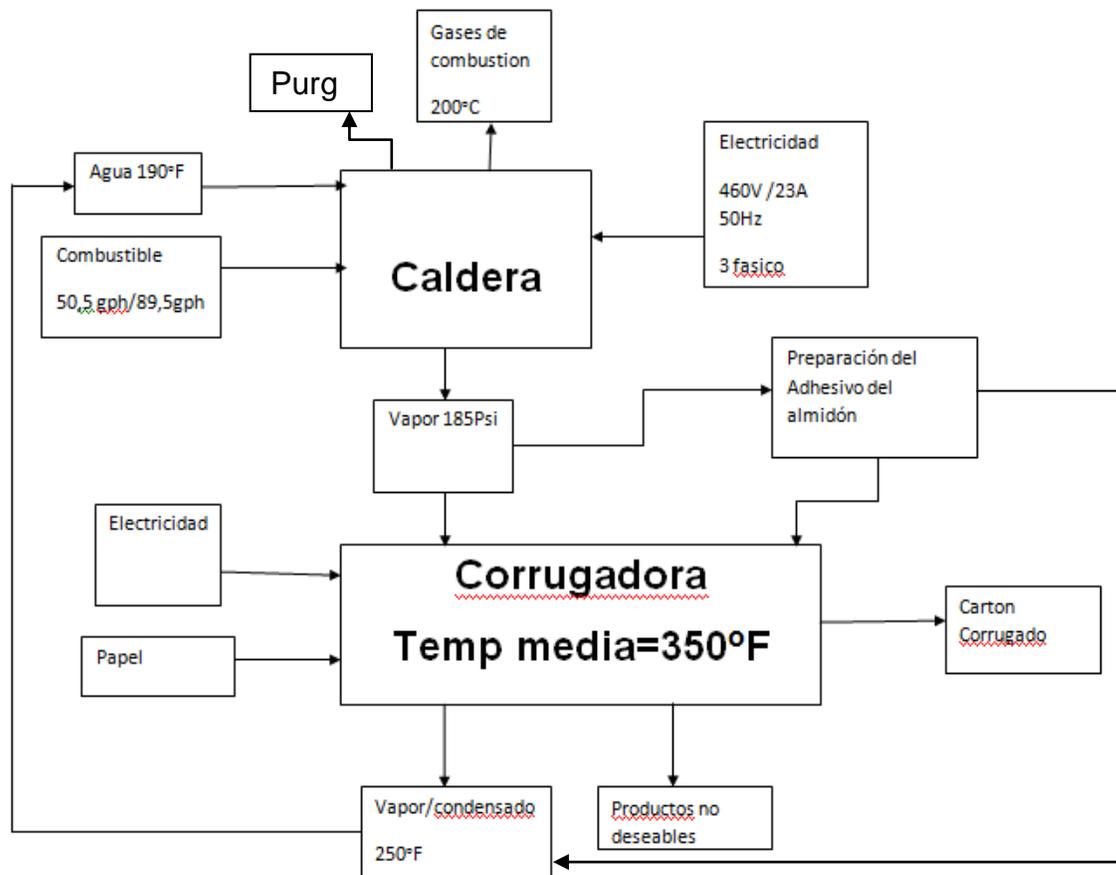


Figura 2.3. Flujo-grama energético-productivo

## 2.6 Análisis del comportamiento energético en La empresa de Corrugadora de Cartón WINERA y sus principales indicadores de eficiencia.

Los indicadores de eficiencia energética cumplen una variedad de funciones que van desde el monitoreo de la eficiencia energética, el análisis y la evaluación de políticas energéticas hasta la valoración de nuevas tecnologías.

Sin una indicación de la eficiencia con que se usa la energía una instalación podrá avanzar muy poco en un programa de gestión de la energía ya que no puede:

- Determinar su estado actual y establecer una línea base
- Determinar su éxito comparando el cambio con respecto a la línea base

- Establecer metas realistas de mejora.
- Establecer presupuestos realistas de gastos energéticos
- Asegurar fondos para inversión demostrando el éxito pasado y/o los ahorros anticipados de energía en futuros proyectos.
- Generar la participación eficaz del personal de la instalación en el programa de gestión energética ya que sus desempeños particulares no pueden ser medidos.
- Convertir los procedimientos operacionales y de mantenimiento para mantenerse en los niveles de eficiencia metas, en hábitos y cultura organizacional.

Un indicador de eficiencia energética es aquel que puede medir lo realmente consumido y compararlo con lo que se debería haber consumido para el servicio realizado. La eficiencia está en lograr consumir igual o menos de lo que debería consumirse para el servicio realizado.

Para que el indicador sea adecuado a este objetivo debe estar formado por dos variables: una que es el consumo real medido de energía y otra que es el consumo que debería existir. Ambos para un mismo servicio o producción realizada.

**La primera variable** es una medición de consumo que depende de la demanda de energía que procure el servicio realizado. Es una variable porque depende de la cantidad o tipo de servicio realizado.

**La segunda variable** es un modelo capaz de describir cual debe ser el consumo de energía para el mismo servicio realizado.

El modelo es la línea base del consumo y para una misma instalación no depende de otros factores que no sea la cantidad o tipo de servicio realizado. Las diferencias entre el consumo real y el consumo que arroja el modelo se deben a todos aquellos factores diferentes a la cantidad y tipo de servicio realizado, ya que ambos han sido medidos o calculados para las mismas condiciones del servicio. Por igual razón tampoco influye

en su diferencia la tecnología instalada, el tipo de instalación, la capacidad de la instalación etc.

Las únicas variables posibles que pueden producir la diferencia entre el consumo real y el del modelo, serán fundamentalmente los hábitos operacionales, de mantenimiento, de organización, planeación, administración y control del servicio, que dependen principalmente de la gestión de los recursos humanos por ser eficientes energéticamente en sus operaciones. Puede ser eficiente o ineficiente

Se evaluará a continuación la capacidad de los indicadores existentes para cumplir la función de indicador de eficiencia energética según el objetivo anteriormente planteado.

### **2.6.1 Gastos energéticos y consumos energéticos**

Los indicadores relacionados con gastos energéticos y consumos energéticos son los más usados en la actualidad en el sector para medir el desempeño energético. La principal limitación de estos indicadores es que no pueden ser usados para gestionar la eficiencia energética por la vía de cambio de hábitos operacionales, de mantenimiento o de gestión del servicio, ya que dependen de factores no relacionados con estos como son: los costos externos de los energéticos, los precios del servicio, el nivel tecnológico del equipamiento instalado, la ubicación y tipo de instalación, la capacidad de la instalación etc.).

Este hecho condiciona a que la gestión energética sea desarrollada fundamentalmente hacia cambios tecnológicos o cambios evidentes de hábitos pero sin indicadores bases que permitan hacer seguimiento de la variación de la eficiencia por el cambio de estos hábitos.

### **2.6.2 Indicadores de Consumo**

Un indicador de consumo para evaluar la eficiencia energética de una instalación puede ser muy peligroso para adoptar a partir de él decisiones o iniciativas de gestión energética.

En la medida que el nivel de producción se incrementa este índice baja y viceversa. Esto significa que el indicador puede cambiar no por la eficiencia con que se administre o se use la energía en la empresa sino solo por el nivel de producción de la misma, que no tiene ninguna relación con el mejoramiento o empeoramiento de los hábitos de eficiencia energética.

Este aspecto también se puede observar matemáticamente al obtener el índice de consumo a partir de la expresión general:

$$E = mP + E_0,$$

$$IC = m + E_0 / P., \text{ IC- índice de consumo de energía.}$$

En la medida que aumenta P se reduce el valor de IC y:

$\lim IC = m$ , cuando P tiende a infinito, por tanto el menor valor que puede tomar IC será el valor de “m”.

Observe además que este índice de consumo puede inducir a la toma de decisiones equivocadas si es utilizado como indicador de eficiencia:

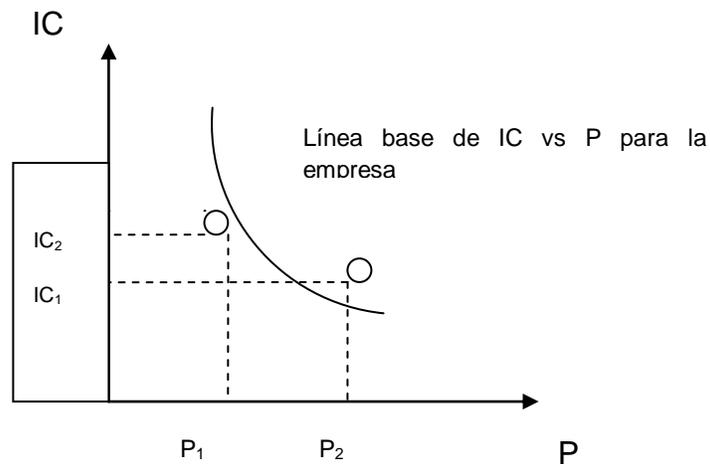


Figura 2.4. Línea base de Índice de consume y Producción

El gráfico 2.4 representa una línea base de comportamiento de una empresa el del IC vs P y dos desempeños de dos días o dos meses donde existieron diferentes valores de P y de IC. Puede observarse que el par de valores correspondiente al mes 1 genera un punto en la gráfica que se encuentra por debajo de la línea base y el par de valores correspondiente al mes 2 genera un punto que se encuentra por encima de la línea base. Sin embargo, el  $IC_1 > IC_2$ .

Debido a que  $IC_1$  se encuentra por debajo de la línea base de la empresa este mes se fue más eficiente que el comportamiento promedio base para un nivel de producción  $P_1$  y debido a que  $IC_2$  se encuentra por encima de la línea base de la empresa, el mes 2 se fue menos eficiente que el comportamiento promedio base para un nivel de producción  $P_2$ . Sin embargo, debido a que  $IC_1 > IC_2$  debiéramos haber concluido lo contrario, que el **mes 1** fue menos eficiente que el **mes 2**.

En el caso que la dirección de una empresa realice seguimiento en el tiempo del valor del IC mensual llegará a la conclusión de que el **mes 1** fue más ineficiente que el **mes 2** y en consecuencia adoptará medidas para controlar la eficiencia energética, cuando en realidad lo que ocurrió fue lo contrario.

### 2.7 Metodología para el establecimiento y seguimiento del indicador de eficiencia energética.

#### 2.7.1 La propuesta de indicador de eficiencia se fundamenta en establecer un modelo lineal o línea base del comportamiento típico del consumo de energía para los niveles de operaciones de WINERA.

Existen varios métodos para establecer la línea de base energética (Energy Conservation)<sup>3</sup>, los cuales están basados en la premisa de que el año actual marca el inicio de la implementación del sistema de monitoreo y control del indicador de eficiencia energética. Para este caso ha conformado el siguiente método que se considera, se ajusta mejor a las condiciones de los procesos de la industria corrugadora:

1. Elección del período de toma de la muestra de datos teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:
  - ✓ Tomar el período que más se parezca al año actual.
  - ✓ En caso de que en el período base seleccionado se halla instalado una unidad nueva de proceso o equipo y no exista información estadística suficiente disponible existen dos opciones: no tomar en cuenta ese período en la línea base y comenzar el monitoreo con ella hasta obtener suficiente información para rehacer la misma o estimar por datos de fabricante/ proveedor los consumos de la nueva unidad e introducirlos en la línea de base.
  - ✓ Adoptar períodos suficientemente largos que permitan una muestra de datos estadísticamente válidas (mínimo 20 datos confiables) conociendo

---

<sup>3</sup> Department of Power , “Energy Conservation - The Indian experience,” *NPC Publication*

que en la medida que la muestra sea menor la línea de base es menos representativa del comportamiento típico de la eficiencia energética.

### 2. Filtrado de datos de la muestra.

El objeto de este paso es extraer de la muestra aquellas observaciones atípicas o erróneas que pueden existir en el período seleccionado en el primer paso. Los métodos de filtrado estadístico que existen en la actualidad no pueden sacar de la muestra todos los datos atípicos o erróneos sino solo aquellos que siendo atípicos o erróneos tienen un comportamiento muy diferente al resto de la muestra (Baird 1991)<sup>4</sup>. Existen diversos métodos de detección como son los métodos basados en estadísticos, métodos basados en distancias y métodos basados en densidad local (Escobar 2000)<sup>5</sup>. En este caso el objeto es identificar los datos correspondientes a eventos extraordinarios o intermitentes por lo que utilizaremos el siguiente método estadístico (Rial 2001)<sup>6</sup>,

Toma de la muestra de datos:

- ✓ Análisis físico de la muestra de datos (marcar datos conocidos con comportamientos no frecuentes o normales).
- ✓ Determinación de la ecuación lineal de ajuste por el método de los mínimos cuadrados de la muestra de datos.
- ✓ Determinación para cada dato de la muestra de la variación explicada y no explicada respecto al valor medio. (Sheldon 2001)<sup>7</sup>.
- ✓ Determinación para cada dato de la muestra del coeficiente de determinación  $R^2$

---

<sup>4</sup> Baird D.C. , *Experimentación: Una Introducción a la Teoría de Mediciones y al Diseño de experimentos* (México, 1991), Segunda Edición

<sup>5</sup> Escobar, M , *Análisis Gráfico/Exploratorio* (Editorial La Muralla, 2000)

<sup>6</sup> Rial A. Varela, J, *Depuración y Análisis preliminares de datos en SPSS. Sistemas Informatizados para la investigación del Comportamiento* (RA-MA, 2001)

<sup>7</sup> Ross, Sheldon , *Probabilidad y estadísticas para ingeniería y ciencias* (México: Mc Graw Hil, 2001)

- ✓ Extracción de la muestra de los datos con  $R^2 < 0,49$  ( impacto moderado-débil en el ajuste lineal de la muestra de datos)
  - ✓ Determinación del nivel de calidad de la muestra (% de datos que quedaron en la muestra)
3. Determinar la ecuación de la línea base del comportamiento del consumo energético mediante el modelo lineal (por método de los mínimos cuadrados), de variación del consumo energético con respecto a la causa asociada del mismo (producción realizada o servicio realizado).
- ✓ En este punto se asume que el modelo de variación del consumo de energía es lineal al igual que varios trabajos que se han antecedido (GERIAP 2001)<sup>8</sup>, (Neil 2002)<sup>9</sup>
  - ✓ El sentido físico del modelo lineal de variación del consumo de energía propuesto se basa en el supuesto de que el gasto total de energía de un proceso tiene una componente variable y una fija. La componente variable es aquel gasto que depende directamente de la cantidad de servicio o producto realizado y la cantidad fija es aquella que no depende directamente de esto. Esta concepción resulta muy útil ya que en la parte fija esta cuanto se puede reducir por eficiencia energética del consumo de energía total ya que para reducir la parte variable habría que reducir el nivel de producción o servicio realizado.
4. Verificación del coeficiente de determinación del modelo  $R^2$ .
- ✓ El valor del coeficiente de determinación de la muestra ajustada a una ecuación de regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados nos indica; que por ciento del consumo total de la energía varía con las variaciones de la producción o servicio realizado y asociado al consumo.

---

<sup>8</sup> National Productivity Council, "Cleaner production-Energy Efficiency manual for GERIAP, UNEP." 2001

<sup>9</sup> Neil, Franklin Tyres, Brian, *Guía Ambiental ARPEL. Monitoreo y Seguimiento del Uso de Energía* (2002)

Físicamente, en la medida que este por ciento sea mayor significa que existe menos gasto de energía no asociada a la realización del producto o proceso y que las variaciones del consumo energético son explicadas mayoritariamente por las variaciones en la producción y no por otros eventos.

5. Determinar la línea base de los mejores desempeños del consumo energético de la muestra a través del modelo lineal (por el método de los mínimos cuadrados) de variación del consumo energético con la producción o servicio asociado, utilizando solo los datos de la muestra cuyo consumo es inferior al consumo calculado según la ecuación de la línea base obtenida para todos los datos de la muestra.
  - ✓ Este paso tiene como objetivo obtener un segundo modelo lineal de comportamiento del consumo con la producción o servicio, que permite determinar una segunda línea base alcanzable con desempeños similares al de los datos de la muestra que han sido correlacionados.
  - ✓ Debido a que esta segunda línea base ha sido determinada en iguales condiciones operacionales, la pendiente de la misma debe ser paralela a la primera línea base. De lo contrario, existen datos anómalos que se encuentran dentro del intervalo de variación normal de la muestra y que estarían afectando el valor de la pendiente. (Escobar 2000)<sup>10</sup>.
  - ✓ Esta segunda línea base tendrá un coeficiente fijo en la ecuación lineal inferior a la primera línea base realizada con la totalidad de datos. Ello se debe a que representa las mejores operaciones en las cuales la parte de la energía no asociada a la producción o servicio realizado es inferior. La diferencia entre los coeficiente fijos de ambas ecuaciones de las líneas base será el valor de la parte de energía no asociada que se podría reducir, al menos en las condiciones en que se tomó la muestra de datos.

---

<sup>10</sup> Escobar, M , *Análisis Gráfico/Exploratorio* (Editorial La Muralla, 2000)

- ✓ Debido a que la segunda línea base representa el comportamiento promedio del consumo de energía para las mejores operaciones, es lógico que un mayor por ciento de la variabilidad del consumo de energía sea explicado por las variaciones de la producción, con respecto a la primera línea base. Por tanto el coeficiente  $R^2$  de determinación para esta línea debe ser siempre mayor.

### 6. Establecimiento del Indicador de eficiencia energética.

- ✓ Una vez establecidas las líneas base de consumo es posible establecer el indicador de eficiencia que consiste en la relación que existe entre el valor de consumo estándar para una producción o servicio realizado y el valor consumido real para la misma producción o servicio realizado.
- ✓ La expresión matemática del indicador es:

$$(\text{Consumo estándar (CE)}) * 100 / \text{Consumo real (CR)} = \text{IE}$$

Los casos que pueden presentarse son:

Si  $\text{CR} > \text{CE}$ ,  $\text{IE} < 100$ . El valor por debajo de 100 significa el por ciento en que el consumo real ha superado del consumo estándar.

Si  $\text{CR} < \text{CE}$ ,  $\text{IE} > 100$ . El valor por encima de 100 significa el por ciento que el consumo real ha disminuido respecto al estándar.

- ✓ El consumo estándar se determina por la ecuación obtenida para las líneas base y existen para la entidad dos posibilidades de evaluar su eficiencia, una con respecto al desempeño operacional promedio histórico y otra con respecto a las mejores operaciones del desempeño operacional promedio histórico. La ecuación de cualquiera de las dos líneas base tendrá la misma forma:

$$\text{CE} = m * P + E_0,$$

m-Pendiente de la línea base, unidades de energía / unidades de producción o servicio

$E_0$ - Intercepción de la línea base, unidades de energía/ tiempo

P – cantidad de la producción o servicio realizado asociado al consumo de energía, unidades de producción o servicio / tiempo.

### 7. Seguimiento del indicador de eficiencia energética

- ✓ Es posible graficar el indicador de eficiencia en el tiempo. El gráfico tendrá una línea central en el valor 100. Por encima de 100 será la zona de sobrecumplimiento del estándar de eficiencia y por debajo la zona de incumplimiento del estándar de eficiencia. En la línea central el valor de 100, está es la línea de cumplimiento del estándar de eficiencia.
- ✓ El valor en por ciento determinado como  $(IE-100)$  representa cuanto se ha superado el indicador (si el valor es positivo) o cuanto falta para llegar al valor de la línea base (si es negativo).

### 8. Tendencia de la eficiencia energética.

- ✓ Además de registrar y monitorear el valor del indicador de eficiencia en el tiempo es muy útil también monitorear y registrar el valor de la tendencia de este indicador, ya que la misma nos indica si el comportamiento del desempeño en el uso eficiente de la energía se ha convertido en hábito o es variable. También un cambio de dirección o de sentido de la tendencia es causa de un cambio de alguna variable no asociada al nivel de producción que debe ser investigado para que pueda ser controlada.
- ✓ La tendencia del indicador se determina por la herramienta conocida de gráfico de tendencia (Energy Conservation)<sup>11</sup>. El gráfico de tendencia se conforma como el registro en el tiempo de la suma acumulativa del valor de la diferencia del consumo real energético para una producción o servicio dado, del consumo estándar para el mismo valor de producción o servicio. Su expresión matemática puede ser la siguiente:

---

<sup>11</sup> Department of Power , "Energy Conservation - The Indian experience," *NPC Publication*

Sumatoria (CRi – CEi) = Sumatoria (CRi – a \* Pi + b)

El gráfico se conforma sobre una línea de valor 0 registrando en el eje “Y” el valor de la sumatoria acumulada hasta la fecha del registro y en el eje “X” la fecha del registro.

- ✓ Una tendencia hacia arriba de pendiente positiva indica un incremento acumulado de la diferencia del consumo real respecto al consumo estándar y por tanto el mantenimiento de una tendencia a la pérdida de eficiencia. Una tendencia hacia debajo de pendiente negativa indica una disminución acumulada de la diferencia del consumo real respecto al estándar y por tanto una tendencia hacia el mantenimiento del incremento de la eficiencia. Una línea de tendencia que se mueva alrededor del eje “X” significa una estabilidad en el desempeño de la eficiencia alrededor de la línea base. Los cambios sostenidos en las pendientes de la línea de tendencia sean hacia arriba o hacia abajo indican mejoras o empeoramientos de la eficiencia de la fecha en que se registra con respecto a la tendencia acumulada.
- ✓ El valor último de registro de la línea de tendencia expresa cuantitativamente el valor de la cantidad de energía ahorrada o dejada de ahorrar por la empresa desde que se comenzó el monitoreo del indicador de eficiencia
- ✓ La línea de tendencia tiene una aplicación muy importante y es en la determinación del impacto en la eficiencia de las medidas aplicadas para la reducción del consumo energético.
- ✓ Si realmente tuvo impacto en el consumo se refleja en un cambio sostenido de la pendiente de la línea de tendencia en el tiempo.

## 2.8 Estructura de Consumo de Portadores Energéticos de la Empresa.

En las siguientes tablas se relacionan los portadores energéticos utilizados en esta empresa y a continuación la representación gráfica que informa sobre los de mayor consumo.

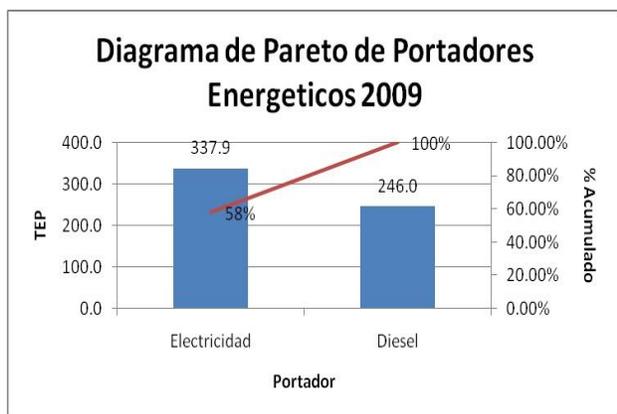


Grafico 2.1. Diagrama de Pareto de los Portadores Energéticos en 2009

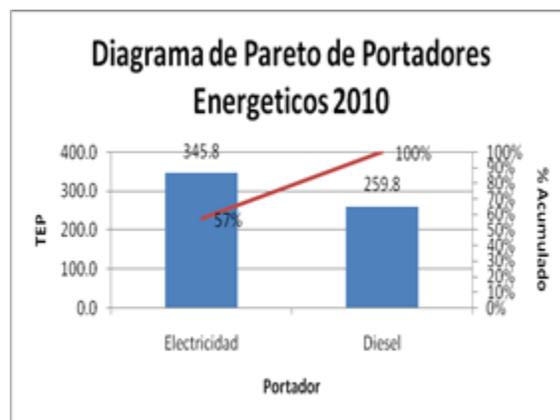


Grafico 2.2. Diagrama de Pareto de los Portadores Energéticos en 2010

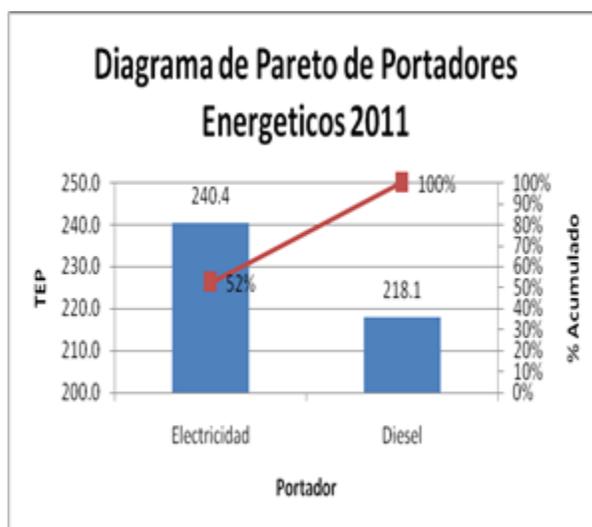


Grafico 2.3. Diagrama de Pareto de los Portadores Energéticos en 2011

El diagrama de Pareto es un gráfico especializado en barras que representa la información en orden descendente desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades de por ciento. Este diagrama es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80-20, que identifica el 20 % de los portadores energéticos que producen el 80 % del consumo energético total equivalente.

Como queda demostrado en los gráficos 2.1, 2.2 y 2.3, la Electricidad y Diesel representan los 100 % de todos los portadores energéticos por ser ellos las únicas fuentes energéticas usadas en la empresa. Los gráficos anteriores muestran los valores que ocupan estos dos portadores energéticos en el consumo energético de la empresa. Se puede ver que no hay una gran diferencia entre sus valores recopilados durante el periodo 2009-2011, donde no se puede considerar un importante que el otro, siendo así que se decide concentrar el trabajo sobre estos portadores. Este capítulo se evaluara individualmente cada uno para un mejor análisis de los portadores energéticos. Se desarrolló los gráficos de Pareto con los valores de que se encuentran en las tablas 2.1, 2.2 y 2.3 en el Anexo 1.

### 2.8.1 Análisis del consumo de Electricidad

#### 2.8.1.1 Comportamiento Histórico de la Producción y el Consumo de Electricidad durante el periodo 2009 a 2011.

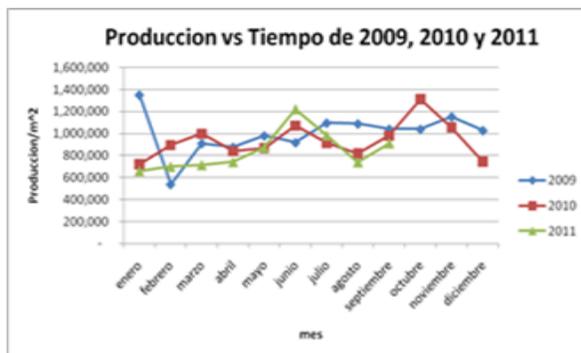


Grafico 2.4. Diagrama de comportamiento de la producción en el periodo 2009 a 2011

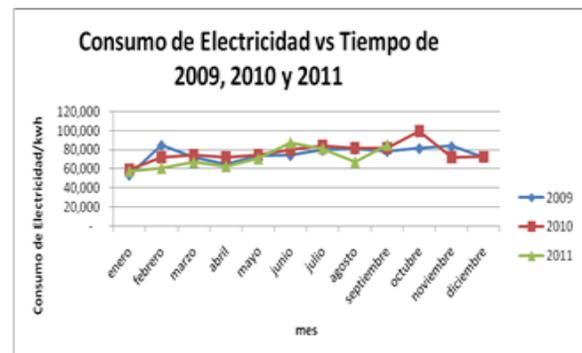


Grafico 2.5. Diagrama de comportamiento de la Electricidad en el periodo 2009 a 2011

Los gráficos 2.4 y 2.5 muestran la variación simultánea de la producción total y el consumo total de Electricidad respectivamente en el tiempo para el periodo de enero 2009 a septiembre 2011, esta es una de las herramientas necesaria que brinda información sobre el comportamiento de los mismos durante el periodo mencionado.

Analizando los dos gráficos anteriores se puede concluir que el año 2009 es el más productivo entre los tres años analizados porque tuvo el nivel de Producción total por encima de 12 millones de metros cuadrados de cartón corrugado y consumo total de energía eléctrica relativamente baja. Se hizo referencia a las tablas 2.4 y 2.5 en el Anexo 1.

El nivel de producción del año 2011 muy bajo es un resultado del pasado del Huracán Tomas que afecto el sector agrícola del país terriblemente al final del 2010. Se puede ver que en el mes de junio 2011 hubo un aumento en la producción, principalmente por un aumento de los pedidos de cajas de banana para el sector agrícola, después de una tremenda esfuerzo del país para la recuperación de este sector.

El nivel de producción de 2010 fue afectado mayormente por problemas internos de la empresa con su maquinaria, consumos energéticos y las malas decisiones tomadas por la gerencia. Se puede tomar como el año base para este trabajo el año 2009 por su comportamiento en el nivel de la producción y consumo energético y se verá más adelante otras evidencias que se permite llegar a esta conclusión.

### **2.8.2 Gráficos de Consumo de Electricidad– Producción en el Tiempo:**

A continuación se presentan una serie de gráficos de control, en los que se demuestra el comportamiento energético de la empresa durante estos tres años 2009 a 2011.

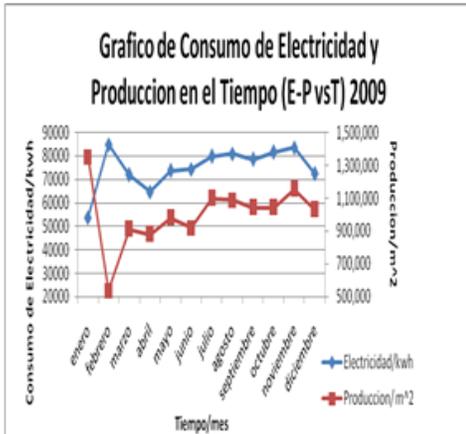


Gráfico 2.6. Diagrama de consumo de la Electricidad y Producción en el Tiempo (E-P vs T) 2009.

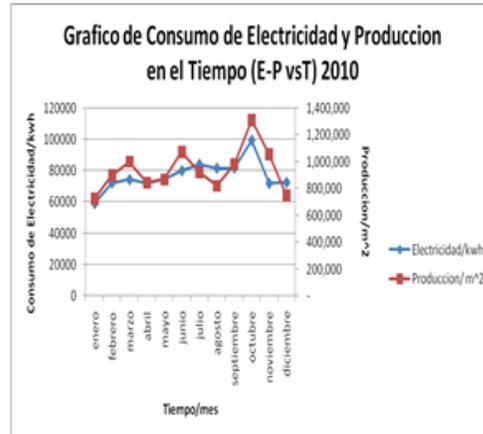


Gráfico 2.7. Diagrama de consumo de la Electricidad y Producción en el Tiempo (E-P vs T) 2010.

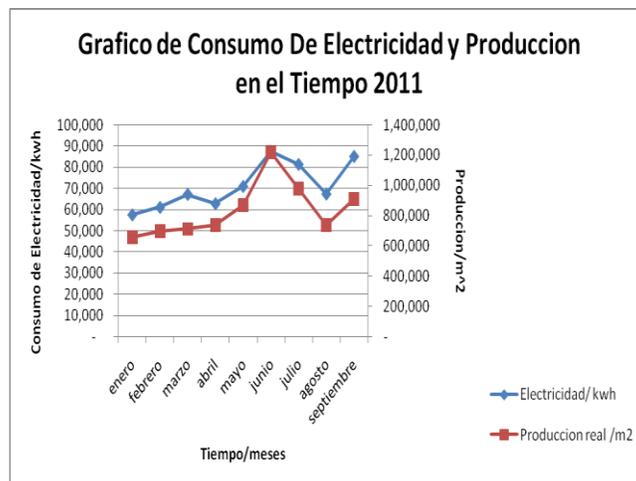


Gráfico 2.8. Diagrama de consumo de la Electricidad y Producción en el Tiempo (E-P vs T) 2011

Los gráficos 2.6, 2.7, 2.8 muestran la variación simultánea del consumo de Electricidad y la Producción realizada en el tiempo, esta es una de las herramientas dentro de la prueba de necesidad que más información nos brinda, ya que a través del mismo se muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción, aunque en estos casos la relación es bastante pareja. Para comprender un poco más este gráfico es

necesario saber que generalmente debe ocurrir que un incremento de la producción da lugar a un incremento del consumo de energía asociada al proceso y viceversa.

Se puede encontrar los valores de los gráficos E-P vs T en la tabla 2.6 en Anexo 1, Comportamientos anómalos que se pueden apreciar.

- Incremento de la producción y decrece el consumo de energía.
- Decrece la producción y se incrementa el consumo de energía.

### 2.8.3 Gráficos de Correlación-Dispersión de Consumo de Electricidad vs Producción:

Como se muestra en los gráficos anteriores el comportamiento de la producción y consumo de Electricidad en el período 2009-2011 es considerado como positivo. En las siguientes figuras se relacionan el comportamiento de la energía contra la producción en un gráfico de correlación durante el período analizado.



Gráfico 2.9. Diagrama de correlación del consumo de Electricidad y Producción 2009.

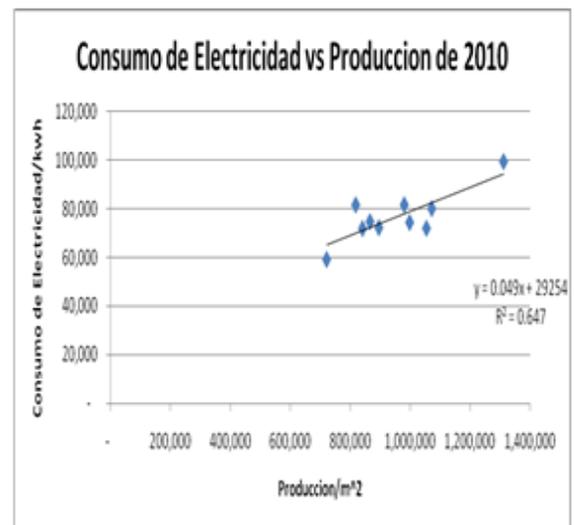


Gráfico 2.10. Diagrama de correlación del consumo de Electricidad y Producción 2010.

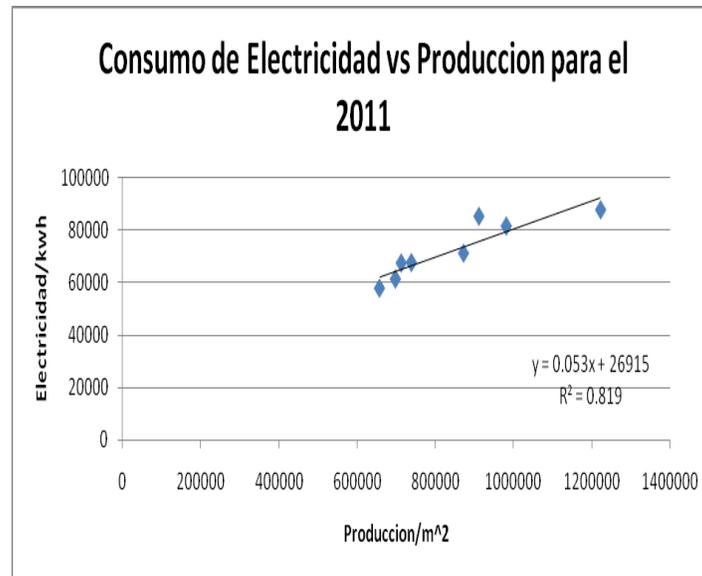


Gráfico 2.11. Diagrama de correlación del consumo de Electricidad y Producción 2011

El gráfico de dispersión y correlación muestra la relación entre dos parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico  $x$ ,  $y$  si existe correlación entre dos elementos y en caso de que exista qué comportamiento tienen estos.

Para la empresa utilizar el diagrama de dispersión de la energía usada con respecto a la producción realizada revela importante información sobre el proceso.

En los gráficos 2.9, 2.10 y 2.11 muestran las ecuaciones obtenidas y sus valores de coeficientes de determinación,  $R^2$  donde se observan en ellos que los grados de correlación son excelentes pues tienen una  $R^2$  mayor que 0,75 en los años 2009 y 2011 pero en 2010  $R^2$  es menor que 0,75. En 2009 y 2011, el coeficiente de determinación  $R^2$  tiene valores de 0,866 y 0,819 respectivamente, por lo que hay que tratar que se mantengan o sean superados. En el Anexo1, las tablas 2.7, 2.8 y 2.9 muestran los valores utilizados para el desarrollo de estos gráficos.

Este tipo de gráfico muestra el valor de la energía no asociada a la producción entre las cuales podemos mencionar:

- Consumo durante el proceso de arranque de las unidades.
- Consumo en Áreas No Productivos: oficinas administrativas, baños etc.

Como anteriormente mencionado, el año 2009 fue tomado como Año Base por su comportamiento uniformemente estable, esta conclusión también está apoyado por los gráficos de Dispersión los cuales muestran que el año 2009 tiene un coeficiente de determinación,  $R^2$ , más alto que los años 2010 y 2011.

### 2.8.4 Gráficos de Índice de Consumo de Electricidad (IC) vs Producción.

Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico de Energía vs. Producción (E vs. P) y la ecuación  $E = mP + E_0$ , con un nivel de correlación significativo ( $R^2 > 0.75$ ).

El Índice de consumo  $I.C = E/P$

Donde  $E = mP + E_0$

y P es la producción actual.

Cada año analizado tiene su propio ecuación  $E = mP + E_0$  y están obtenidas de los grafico de dispersión de cada año.

Para 2009:	$E = 0,059P + 14768$	(ecuación 1)
	$I.C = (14768/P) + 0,059$	(ecuación 2)

Para 2010:	$E = 0,049P + 29254$	(ecuación 3)
	$I.C = (29254/P) + 0,049$	(ecuación 4)

Para 2011	$E = 0,053P + 26915$	(ecuación 5)
	$I.C = (26915/P) + 0,053$	(ecuación 6)

La tabla 2.10 del Anexo 1 muestra los valores de los índices de consumo de cada ano utilizando las ecuaciones mencionadas previamente.

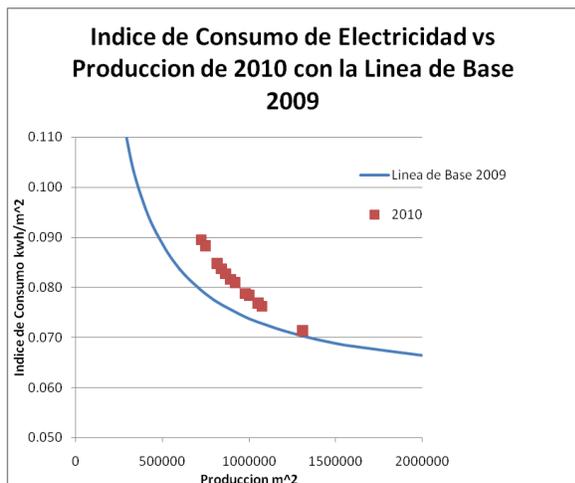


Gráfico 2.12. Diagrama de Índice de Consumo de Electricidad vs Producción 2010

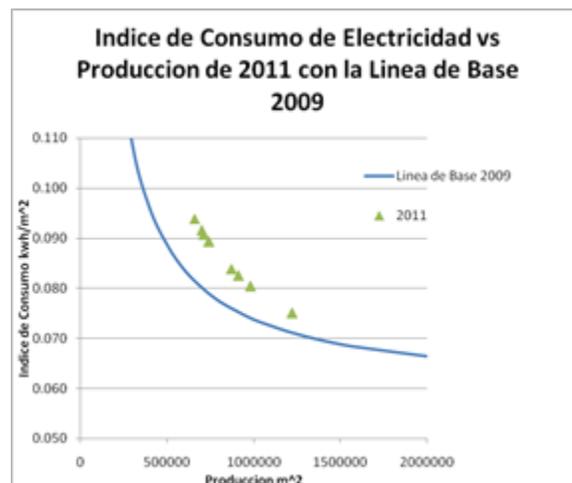


Gráfico 2.13. Diagrama de Índice de Consumo de Electricidad vs Producción 2011

Del análisis de los gráficos 2.12 y 2.13 se puede deducir que la correlación de los índices de consumo de electricidad de 2009 es la mejor porque tiene la correlación de índices más baja entre los tres años analizados. Como fue explicado anteriormente, la línea base está establecida por la ecuación de los Índices de Consumo del año base 2009, están considerados como más eficientes que el comportamiento promedio base para un nivel de producción y viceversa. En los años siguiente de 2010 y 2011 se puede concluir un aumento en el Índice de Consumo de Electricidad promedio. Eso es una indicación que la empresa no ha aprovechado las oportunidades de mejoramiento en la gestión energética del consumo de electricidad. Eso puede ser debido a una falta de un sistema de monitoreo y control de energía en la empresa.

2.8.5 Gráficos de Control de Consumo de Electricidad y Producción



Gráfico 2.13. Diagrama de Control de Producción 2009



Gráfico 2.14. Diagrama de Control de Producción 2010

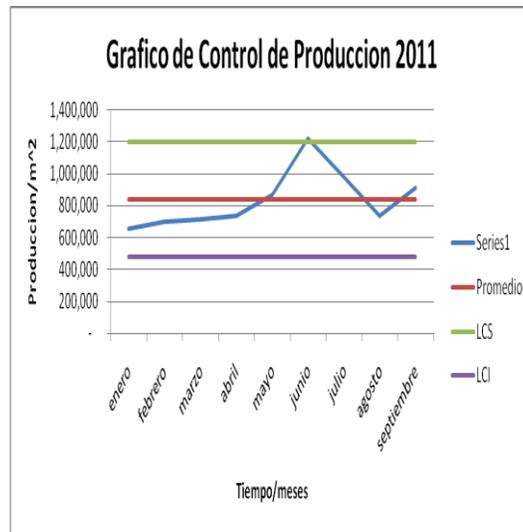


Gráfico 2.15. Diagrama de Control de Producción 2011

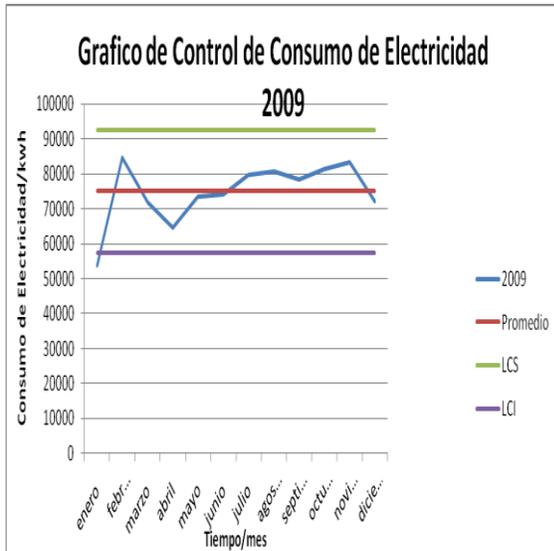


Gráfico 2.16. Diagrama de Control de Consumo de Electricidad 2009

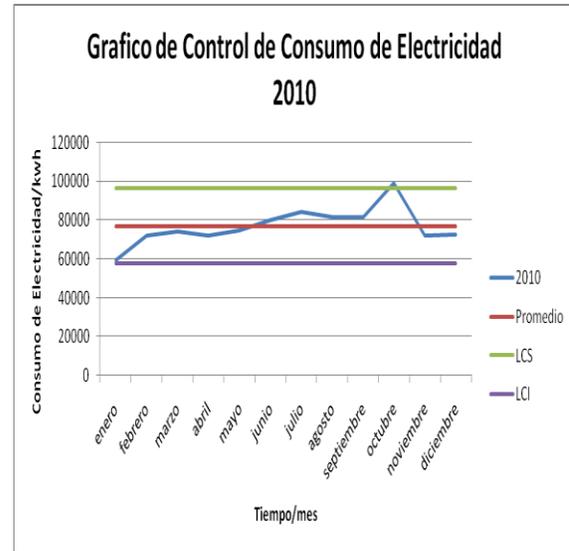


Gráfico 2.17. Diagrama Control de Consumo de Electricidad 2010

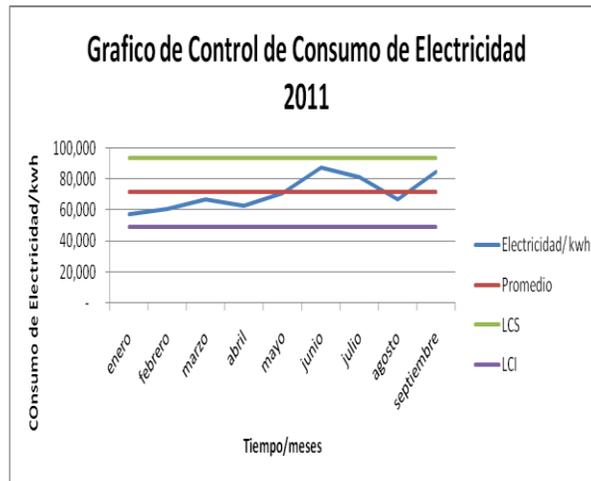


Gráfico 2.18. Diagrama de Control de Consumo de Electricidad 2011

Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Se usan como instrumento de autocontrol y resultan muy útiles como complemento a los

diagramas causa y efecto, para detectar en cuales fases del proceso analizado se producen las alteraciones.

Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normal, es decir existe un valor medio  $\bar{x}$  del parámetro de salida muy probable de obtener, y a medida que se aleja de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro cae bruscamente, si no aparecen causas externas que alteren el proceso, hasta hacerse prácticamente cero para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar del valor medio

Según la campana de Gauss las desviaciones superiores aceptables son tres veces la desviación estándar del valor medio o menos. En este caso se utilizó el valor límite de dos veces del valor de la desviación estándar del valor medio. Se observa que el consumo energético es positivo porque se mantiene dentro de los límites de control superior (LCS) e inferior (LCI) al igual que en los gráficos de producción que se comporta de manera similar.

$$\text{LCS} = \bar{x} + 2\alpha$$

$$\text{LCI} = \bar{x} - 2\alpha$$

Donde  $\alpha$  es el desviación estándar

$\bar{x}$  es el promedio

Esto quiere decir que el 95.4 % como mínimo de los valores tomados en una desviación normal están cerca o debajo del valor medio y la dispersión de valores son mínimos.

Con respecto a los gráficos 2.13, 2.14 y 2.15 se puede concluir que los niveles de producción mayormente caen entre las zonas de control, excepto en los meses de enero y febrero 2009 por razones no registrados y junio 2011 por un aumento drástica en los pedidos recibidos por la empresa.

Analizando los gráficos de 2.16, 2.17 y 2.18 se puede concluir que los consumos de Electricidad caen entre las zonas de control excepto en los meses de enero 2009 y enero 2010 por razones no registrados y octubre 2010 por el aumento del consumo de electricidad no asociada a la producción para la restauración y limpieza de la empresa después del pasado del Huracán Tomas. Los valores de los promedios, desviaciones, límites de control superior y límites de control inferior se encuentran en tabla 2.11 en el Anexo 1.

### 2.8.6 Determinación del CUSUM. Gráficos de Tendencias de Consumo de Electricidad

La ecuación que representa el año base 2009 (ecuación 1) guarda la mejor correlación en comparación de las ecuaciones de los otros años analizados y se tomó como referencia para la realización de la gráfica de Tendencia de Sumas Acumulativas del consumo de Electricidad.

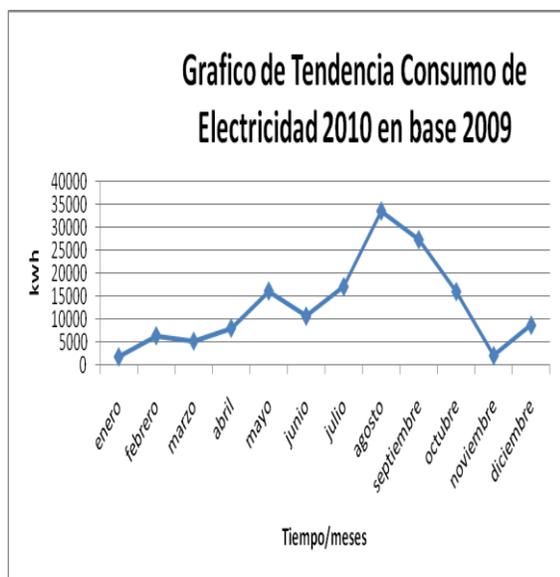


Gráfico 2.19. Diagrama de Tendencia de Consumo de Electricidad 2010 en base 2009

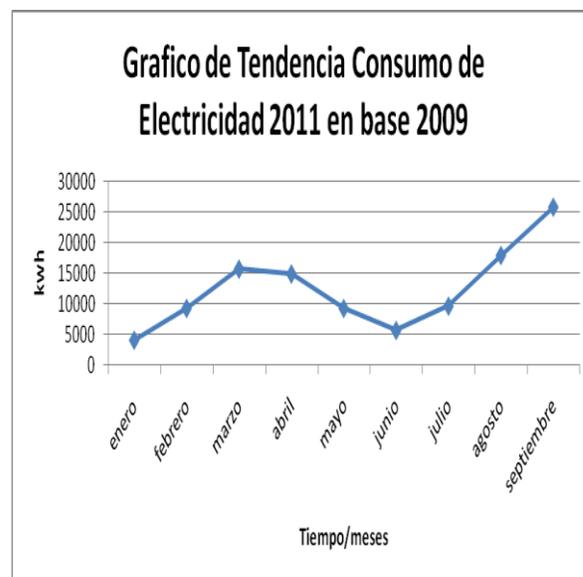


Gráfico 2.20. Diagrama de Tendencia de Consumo de Electricidad 2011 en base 2009

La figura permite monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un período base dado. A partir de ella también puede determinarse cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha sobre consumido hasta el momento de su actualización.

Los gráficos 2.19 y 2.20 muestran que para el periodo de tiempo comprendido de los años 2010 y 2011 con respecto al mismo periodo en el año 2009 como año base, hubo un aumento de consumo de Electricidad, es decir, que había un sobre consumo de electricidad con respecto al año de referencia. En total la empresa sobre consumió 8679 kWh y 25742 kWh en 2010 y 2011 respectivamente en comparación a 2009. Eso llevó un costo total de EC\$29602.06 para estos dos años. Referido a tabla 2.23 en Anexo 1. Este sobre consumo puede ser debido a varias causas como las malas prácticas laborales, una falta de instrumentos de mediciones, falta de trabajadores entrenados, falta de la responsabilidad de la gerencia de la empresa, etc. Esta pérdida o sobre consumo en el consumo de electricidad es más evidencia para la cual se concluye que hace falta la implementación de un sistema de monitoreo y control en WINERA utilizando el ISO 50001. Los valores de los gráficos CUSUM se encuentran en las tablas 2.12 y 2.13 en el Anexo 1.

### 2.9 Comportamiento Histórico del Consumo de Combustible en la Producción de Cartón Corrugado durante el periodo 2009 a 2011.

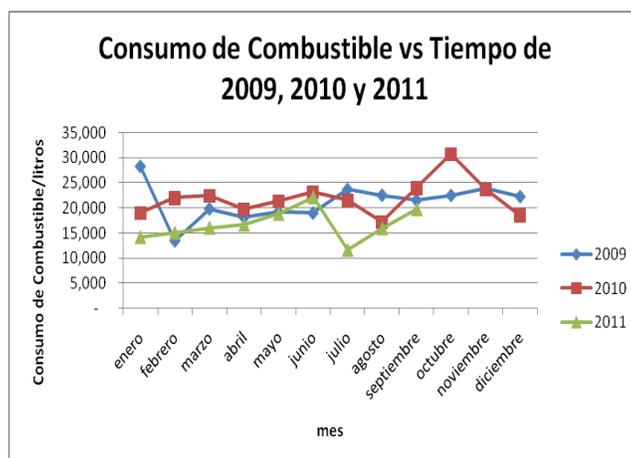


Gráfico 2.21. Diagrama de comportamiento de Consumo de Combustible en el periodo 2009 a 2011

El grafico 2.21 muestra el comportamiento del consumo de combustible (Diesel) en el periodo 2009 a 2011. Se puede encontrar sus valores en la tabla 2.14.

2.9.1 Gráficos de Consumo de Combustible– Producción:

A continuación se presentan una serie de gráficos de control, en los que se demuestra el comportamiento energético de la empresa durante estos tres años 2009 a 2011.

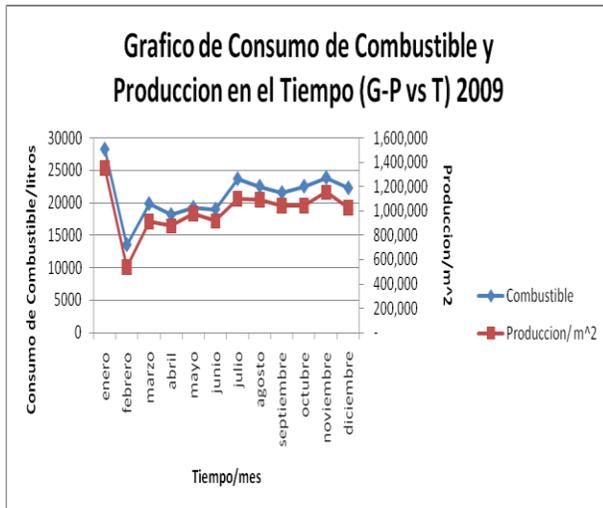


Grafico 2.22. Diagrama de consumo de combustible y Producción en el Tiempo 2009

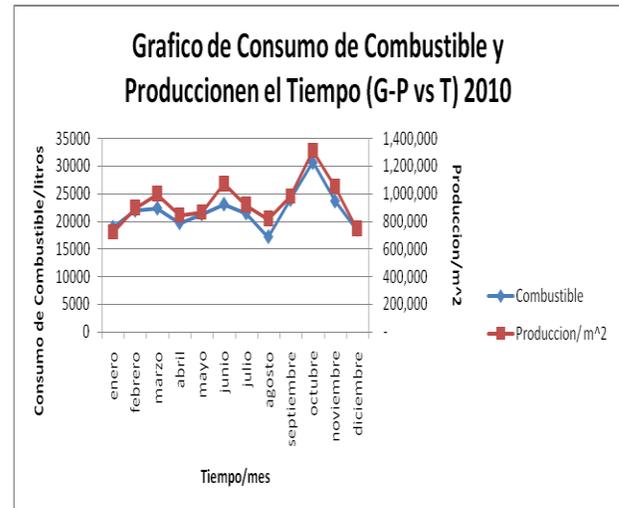


Grafico 2.23. Diagrama de consumo de combustible y Producción en el Tiempo 2010

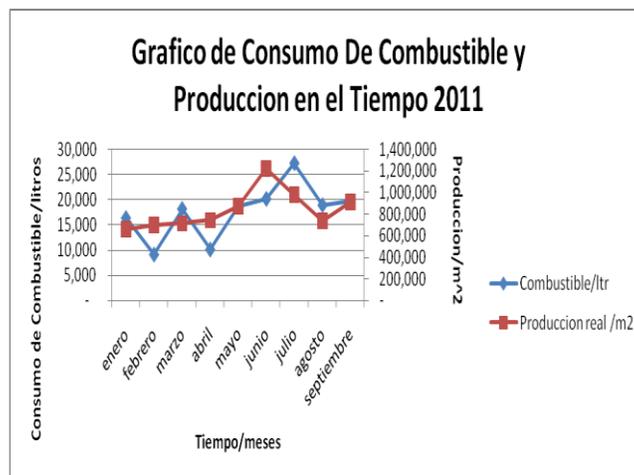


Grafico 2.24. Diagrama de consumo de combustible y Producción en el Tiempo 2011

Los gráficos 2.22, 2.23 y 2.24 muestran la variación simultánea del consumo de Combustible con la producción realizada en el tiempo, esta es una de las herramientas dentro de la prueba de necesidad que más información nos brinda, ya que a través del mismo se muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo de combustible con respecto a la variación de la producción, aunque en estos casos la relación es bastante pareja. Para comprender un poco más este gráfico es necesario saber que generalmente debe ocurrir que un incremento de la producción da lugar a un incremento del consumo de energía asociada al proceso y viceversa. Comportamientos anómalos que se pueden apreciar.

- Incremento de la producción y decrece el consumo de energía.
- Decrece la producción y se incrementa el consumo de energía.

Como se muestra en los gráficos anteriores el comportamiento de la producción y consumo de combustible (Diesel) en el período 2009-2011 es considerado como positivo.

### 2.9.2 Análisis del comportamiento de los gráficos de correlación – dispersión.

En las siguientes gráficos 2.25 y 2.26 se relacionan el comportamiento del consumo de combustible (Diesel) contra la producción en un gráfico de correlación durante los períodos anteriores.

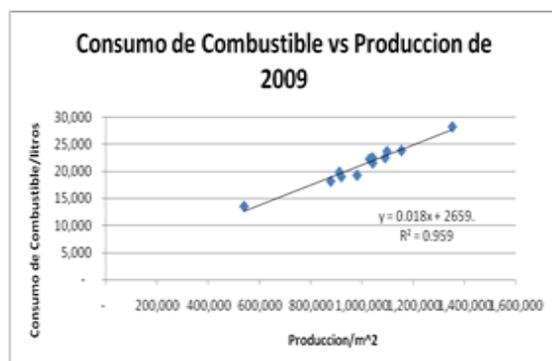


Gráfico 2.25. Diagrama de correlación del consumo de combustible y producción 2009

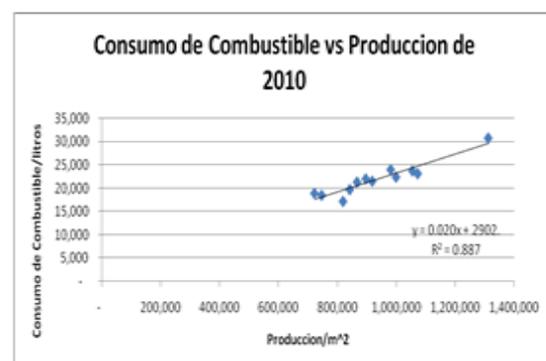


Gráfico 2.26. Diagrama de correlación del consumo de combustible y producción 2010

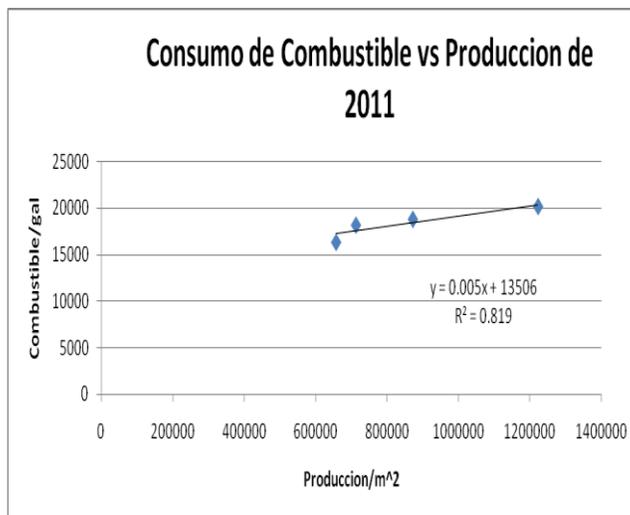


Grafico 2.27. Diagrama de correlación del consumo de combustible y producción 2011

El gráfico de dispersión y correlación muestra la relación entre dos parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico  $x$ ,  $y$  si existe correlación entre dos elementos y en caso de que exista qué comportamiento tienen estos.

Para la empresa utilizar el diagrama de dispersión de la energía usada con respecto a la producción realizada revela importante información sobre el proceso.

En los gráficos 2.25, 2.6 y 2.27 muestran las ecuaciones obtenidas y sus valores de coeficiente de determinación  $R^2$  para los años 2009, 2010 y 2011 con valores de 0.959, 0.887 y 0.819 respectivamente, se observan que los valores de  $R^2$  son excelentes por ser valores mayores que 0.75, por lo que hay que tratar que se mantengan o sean superados. Se hace referencia a las tablas 2.16, 2.17 y 2.18 para el desarrollo de estos gráficos.

Este tipo de gráfico muestra el valor de la energía no asociada a la producción entre las cuales podemos mencionar:

- Consumo durante el proceso de arranque de la caldera.

- Consumo durante paradas largas de la maquina corrugadora.
- Fugas de vapor
- Alta flujo de purgas

Como anteriormente mencionado, el año 2009 fue tomado como Año Base por su comportamiento uniformemente estable esta conclusión también está apoyado por los gráficos de Dispersión los cuales muestran que el año 2009 tiene un coeficiente de determinación más alto que los años 2010 y 2011.

### 2.9.3 Gráficos de Índice de Consumo de Combustible (I.C) vs Producción.

Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico de energía vs Producción (G vs. P) y la ecuación  $G = mP + G_0$ , con un nivel de correlación significativo ( $R^2 > 0.75$ ).

El Índice de consumo  $I.C = G/P$

Donde  $G = mP + G_0$

y P es la producción actual.

Cada año analizado tiene su propio ecuación  $G = mP + G_0$  y están sacadas de los grafico de dispersión de cada año.

Para 2009:  $G = 0,018P + 2659$  (ecuación 7)

$I.C = (2659/P) + 0,018$  (ecuación 8)

Para 2010:  $G = 0,020P + 2902$  (ecuación 9)

$I.C = (2902/P) + 0,020$  (ecuación 10)

Para 2011  $G = 0,005P + 13506$  (ecuación 11)

$I.C = (13506/P) + 0,005$  (ecuación 12)

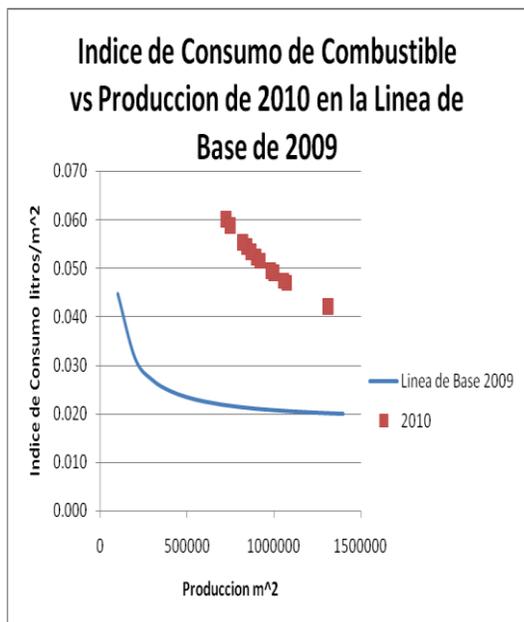


Gráfico 2.28. Diagrama de Índice de Consumo de Combustible vs Producción 2010

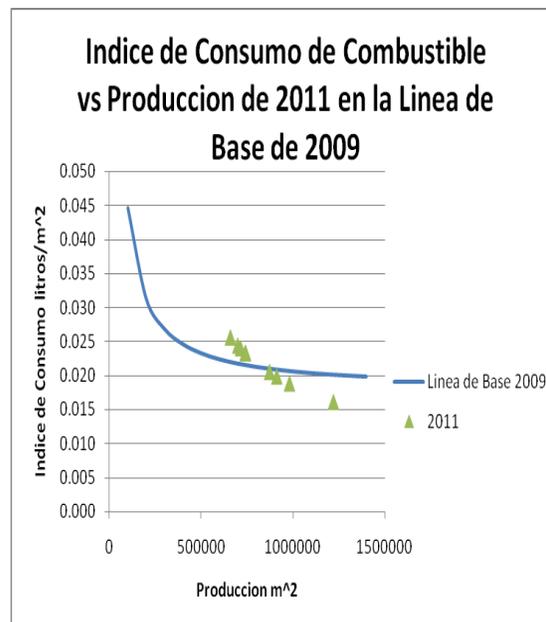


Gráfico 2.29. Diagrama de Índice de Consumo de Combustible vs Producción 2011

Del análisis de los gráficos 2.28 y 2.29, se puede deducir que la correlación de los índices de consumo de electricidad de 2009 es buena porque tiene la correlación de índices más baja entre los tres años analizados. Las correlaciones de Índices de consumo de combustible se empeoraron totalmente durante 2010. Para las producciones de 2011, en los nueve meses analizados había cuatro meses en que se reflejan mejoramiento en los niveles de producción y el consumo energético, los meses de mayo, junio, julio y septiembre de 2011 tienen valores de Índice de consumo de combustible entre 0,016 y 0,020 litros/m<sup>2</sup>. El mes más eficiente energéticamente fue junio 2011 con un índice de consumo de 0,016 litros/m<sup>2</sup>. Se hace referencia a la tabla 2.19.

2.9.4 Gráficos de Control de Consumo de Combustible y Producción

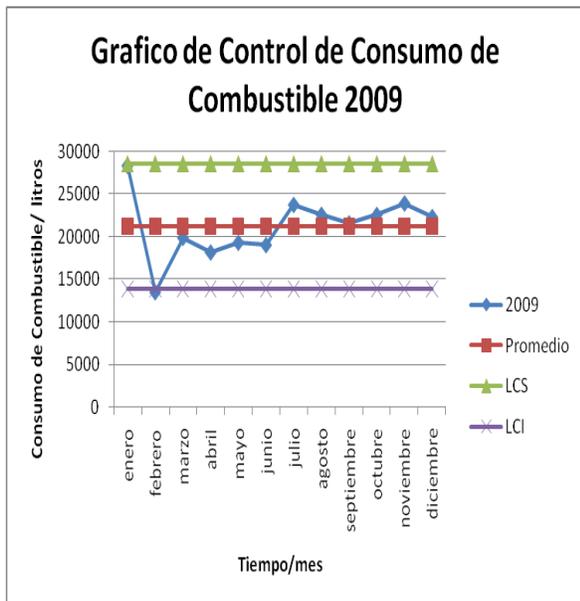


Gráfico 2.30. Diagrama de Control de Consumo de Combustible 2009



Gráfico 2.31. Diagrama de Control de Consumo de Combustible 2010

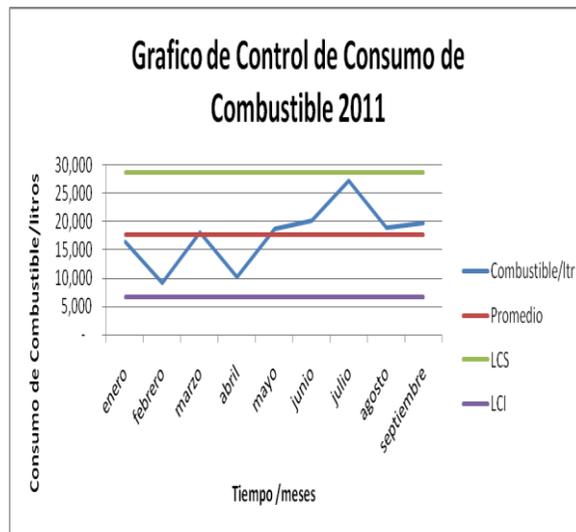


Gráfico 2.32. Diagrama de Control de Consumo de Combustible 2011

De los gráficos 2.30, 231 y 2.32 se observa que el consumo de combustible está bien entre los límites establecidos para cada año, excepto en enero y febrero de 2009 y octubre de 2010 por razones no registradas.

Los valores de los promedios, desviaciones, límites de control superior y límites de control inferior se encuentran en tabla 2.18 en el Anexo 1.

### 2.9.5 Determinación del CUSUM. Gráficos de Tendencias de Consumo de Combustible

La ecuación que representa el año 2009 (ecuación 7) guarda la mejor correlación en comparación de las ecuaciones de los otros años analizados y se tomó como referencia para la realización de la gráfica de Tendencia de Sumas Acumulativas de consumo de Combustible.



Gráfico 2.33. Diagrama de Tendencia de Consumo de Electricidad 2010 en base 2009



Gráfico 2.34. Diagrama de Tendencia de Consumo de Combustible 2011 en base 2009

Los gráficos 2.33 y 2.34 muestran la tendencia del consumo de combustible durante 2010 y 2011 en base del 2009. Se observa que las tendencias de consumo de combustible de 2010 están todos positivos, eso significa un sobre consumo de combustible en la producción de cartón corrugado durante este año en comparación a

2009. En 2011, había un ahorro en el consumo en los meses de febrero a junio y sobre consumo de combustible en los meses de enero, julio agosto y septiembre. Los valores de CUSUM están representados en las tablas 2.21 y 2.22. En total la empresa sobre consumió 4404 litros y 3679 litros en 2010 y 2011 respectivamente en comparación a 2009. Eso llevó un costo total de EC\$26269.75 para estos dos años. Referido a tabla 2.23 en Anexo 1.

### **2.10 Oportunidades de Ahorro**

A partir de los resultados de la caracterización energética se apreció oportunidades de ahorros en:

#### **1. Área de generación de vapor.**

- Control de la combustión y regulación de exceso de aire.
- Recuperación de condensado superior al 30 % actual
- Establecimiento de régimen adecuado de pulgas.
- Garantizar el adecuado aislamiento de tubería y otros accesorios.

#### **2. Iluminación y otros sistemas eléctricos**

- Realizar estudio de iluminación en áreas productivas y de servicios
- Cambia de lámparas tradicionales por lámparas eficientes.
- Control automático de iluminación para periodos no productivos y contribuye a la seguridad de la empresa.
- Control de la eficiencia de los motores rebobinado
- Disminución de tiempo de funcionamiento de la maquina en vacío.

### ***Conclusiones parciales***

1. Se tomó el año 2009 como el año para desarrollar la línea de Base por tener el coeficiente de determinación más alta de los tres años analizados en los consumos de energía eléctrica y combustible.
2. Los gráficos de control muestran que el consumo de electricidad y combustible están bajo control. Se aplica el criterio de control de  $\pm 2\sigma$ , donde se encuentran

los mayores números de puntos con la excepción de algunos meses donde había anómalos en el proceso.

3. El comportamiento de índices de consumo de electricidad de los años de 2010 y 2011 se encuentran por encima de los correspondiente al 2009 lo que es una muestra de la ineficiente operación en estos periodos.
4. La aplicación de los gráficos de tendencia de consumo de electricidad de los años 2010 y 2011 al respecto a 2009 muestra niveles de sobre consumo de 8679 kWh y 25742 kWh respectivamente.
5. La aplicación de los gráficos de tendencia de consumo de combustible (Diesel) de los años 2010 y 2011 al respecto a 2009 muestra niveles de sobre consumo de 4404 litros y 3679 litros respectivamente.
6. Se aprecian oportunidades de ahorro no evaluados en las áreas de generación de vapor, iluminación y sistema eléctrica.

# CAPÍTULO 3

### **3. Elementos de integración del sistema de gestión energética al sistema de gestión en la empresa corrugadora de WINERA.**

#### **3.1 Objeto y campo de aplicación**

El presente capítulo tiene como objetivo establecer los elementos de integración del sistema de gestión energética al sistema de gestión de WINERA. Para el logro del mismo se toman como base los requisitos del proyecto de norma ISO 50001: 2011 “Sistemas de gestión de la energía – Requisitos con orientación para su uso”, y se les da respuesta mediante la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía, el grado de adecuación de la documentación existente.

Esta norma define la organización y funcionamiento de la Gestión Energética en las instalaciones de la empresa Windward Island Packaging Company Ltd. (WINERA) con el objetivo de mejorar de forma continua el desempeño energético.

Las instalaciones de WINERA comprenden a las correspondientes: a la casa de caldera, las oficinas administrativas, taller de mantenimiento y nave de producción. En fechas posteriores a la implantación de esta Norma las áreas descritas pasan a formar parte de WINERA.

#### **3.2 Referencias normativas**

No se citan referencias normativas. Este capítulo se incluye para mantener el mismo orden numérico de los apartados de otras Normas ISO de sistemas de gestión.

2.1. Manual de aplicación del SGTEE.

2.2. La Normalización y la Calidad.

2.3. CEEMA. Gestión de Economía Energética

2.4. Norma para la gestión de calidad ISO 9001. Referida por la empresa como ‘Manual de Proceso y Calidad’.

## 3.3 Ciclo de la Norma de Gestión Energética.

La figura 3.1 se señala el seguimiento de los planes de implementación de la Norma de Gestión Energética según la ISO 50001. La empresa primeramente establece una **Política** que es su compromiso para alcanzar una mejora en su desempeño energético. La **Planificación** conduce las actividades de un mejor desempeño energético que la empresa quiere **Implementar en sus operaciones**, como la competencia y formación, la comunicación, documentación, el diseño y la adquisición de servicios energéticos. La **Verificación** determina si el desempeño energético se siga, se midan y se analicen a intervalos planificados. La Revisión por la dirección revisa el sistema de gestión energética para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas.

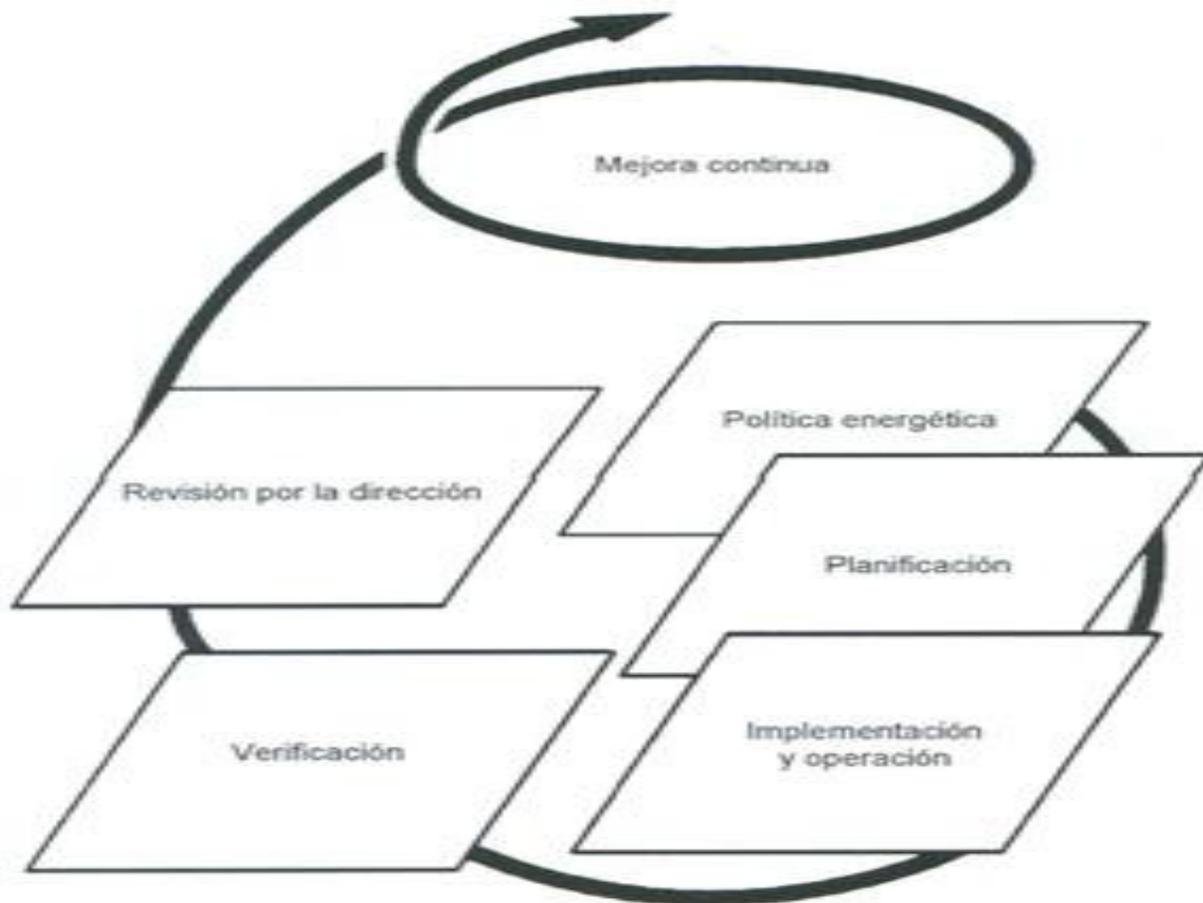


Figura 3.1: Ciclo de la Norma de Gestión Energética según la ISO 50001

A continuación se aplicara el sistema de gestión energética a partir de la norma ISO 50001 a la empresa corrugadora de WINERA.

### **3.4 Requisitos del sistema de gestión de la energía**

#### **3.4.1 Requisitos generales**

Según La norma ISO 50001: 2011, la organización debe:

- a) establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar un SGEN de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional;
- b) definir y documentar el alcance y los límites de su SGEN;
- c) determinar cómo cumplirá los requisitos de esta Norma Internacional con el fin de lograr una mejora continua de su desempeño energético y de su SGEN.

##### **3.4.1.1 Cumplimientos de los Requisitos de La norma ISO 50001:2011.**

- a) La Dirección general de WINERA cumplirá con los requisitos de norma ISO 50001: 2011 para el desarrollo de su sistema de gestión energética, y determina cómo se satisfacen estos requisitos.
- b) El alcance del SGEN se refiere al alcance de las actividades, instalaciones y decisiones que la organización dirige a través de un sistema de gestión energética, el cual puede incluir varios límites. Estos últimos pueden ser físicos o de lugar y/o límites organizacionales definidos por una organización.  
Los límites de la organización están establecidos en varios sitios bajo el control de la misma:
  - 1. Casa de caldera
  - 2. Nave de cartón corrugado
  - 3. Taller de Mantenimiento
  - 4. Oficinas Administrativas

Al revisar el alcance del sistema de gestión de la Calidad de WINERA., el cual aparece en el documento ISO 9001: “Manual del Procesos y Calidad”, se propone que se le incluya como norma aplicable la norma ISO 50001: 2011

**Alcance:** “El sistema se aplica a la PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN de cartón y embalajes corrugados, destinados a clientes nacionales y extranjeros. Son aplicables las normas ISO 9001: 2005.”

Al incorporar el sistema de gestión energética al sistema de gestión de la Calidad de WINERA, el mismo tendrá como nuevo propósito, mejorar los resultados en la gestión energética.

- c) La Dirección General de WINERA establece, revisa periódicamente y perfecciona la política energética, base de todas las acciones de la gestión energética.

La política energética incluye:

- ✓ Definición de objetivos generales y alcance de la gestión energética.
- ✓ Establecimiento de metas.
- ✓ Elaboración del diagrama de flujo de energía y el protocolo de valoración (evaluación) energética.
- ✓ Definición de la estructura organizativa para la gestión energética, funciones y responsabilidades.
- ✓ Asignación de recursos humanos, responsabilidades y criterios para el uso de asesoría externa.
- ✓ Asignación de recursos financieros y provisión anual para la adopción de las medidas de ahorro energético y funcionamiento del Comité Energético.
- ✓ Definición de criterios financieros para las inversiones.
- ✓ Definición de bases y estrategia para el monitoreo y control energético.
- ✓ Definición instrucción de trabajo para el mantenimiento de la caldera, realizar lista de chequeo para el mantenimiento del sistema de vapor.

- ✓ Proyección de las campañas y acciones de divulgación, sensibilización y capacitación del personal.
- ✓ Establecimiento de un esquema de motivación e incentivos.

### **3.4.2 Responsabilidad de la dirección**

La alta dirección debe demostrar su compromiso de apoyar el SGEN y de mejorar continuamente su eficacia.

#### **3.4.2.1 El Director General**

- Es el máximo responsable de la gestión de energía en WINERA.
- Delega la responsabilidad ejecutiva de la organización y funcionamiento de la gestión de energía.
- El Director General debe asegurar la política energética:
- Posibilite la mejora continua del sistema de gestión energética.
- Cumpla con las normas internacionales vigentes con el cuidado del medio ambiente.
- Cumpla con las normas internacionales vigentes sobre el uso de los portadores energéticos.
- Ser el marco de referencia para la capacitación del personal y las labores investigativas del uso de los portadores energéticos.
- Defina los objetivos principales en cuanto al uso eficiente de los portadores energéticos.
- Exija el uso de los medios informáticos existentes en WINERA para la comunicación de los resultados locales y totales del uso de los portadores energéticos.
- Posibilite el uso de medios técnicos modernos y aptos para la medición y el control del uso de los portadores energéticos.

- Estimule la implantación de energías renovables.
- Estimule la participación del Fórum nacional e Internacional en la tarea de disminuir el consumo de portadores energéticos.

### **3.4.2.2 Representante de la dirección**

La alta dirección debe designar un representante(s) de la dirección con las habilidades y competencia adecuadas, quien, independientemente de otras responsabilidades, tiene la responsabilidad y la autoridad del sistema de gestión energética.

Debe destacarse que el representante de la dirección puede ser actual, nuevo o contratado por un empleado de la organización.

En WINERA, para la designación del representante del SIG en materia de gestión energética, se aprovecha el marco de una reunión del Comité de la Dirección General, y como resultado de ello se aprueba que este sea el Ingeniero de Proceso ya que dentro de sus funciones está la atención de la gestión energética en la empresa y ha demostrado tener las habilidades y competencias apropiadas. Teniendo en cuenta lo que establece al respecto a la norma ISO 50001: 2011, el representante tendrá además la responsabilidad y autoridad para:

- Asegurarse de que el SGE en materia de gestión energética se establece, implementa, mantiene, y mejora continuamente de acuerdo con la norma ISO 50001: 2011.
- Identificar una o varias personas, autorizada por un nivel apropiado de dirección, para trabajar con él en apoyo de las actividades de gestión energética.
- Informar a la alta dirección sobre el desempeño energético.
- Informar a la alta dirección sobre el desempeño del SGE en materia de gestión energética.

- Asegurarse de que la planificación de las actividades de gestión energética están diseñadas para apoyar la política de la empresa.
- Definir y comunicar las responsabilidades y autoridades con el fin de facilitar una gestión energética efectiva.
- Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurar que tanto la operación como control del SGEN en materia de gestión energética son efectivos.
- Promover la toma de conciencia de la política y objetivos energéticos en todos los niveles de la organización.
- Logre el aumento continuo de la eficiencia en el uso de los portadores energéticos.

### **3.4.3 Política energética**

La política energética debe establecer el compromiso de la organización para alcanzar una mejora en el desempeño energético. La alta dirección debe definir la política energética de la empresa.

#### **3.4.3.1 La Política energética de WINERA**

La política energética es la que impulsa la implementación y mejora de un SGEN, y el desempeño energético dentro de su alcance y límites. Puede ser un planteamiento breve que los miembros de la organización puedan fácilmente entender y aplicar a sus actividades de trabajo. La difusión de la misma puede ser usada como un impulso para dirigir el comportamiento organizacional.

La política que posee la empresa en la actualidad está expresada en el documento ISO 9001: "Política de WINERA.

**Política: “Producimos y comercializamos cartón y embalajes corrugados para el servicio de nuestros clientes, mejorando continuamente nuestros procesos y creando valor para las partes interesadas.”**

Esta política responde solamente al sistema de gestión de calidad como es el único sistema de gestión implantado en la empresa al presente. Con el peso que lleva los gastos energéticos de casi 50% de los gastos totales empresariales, esta política no es apropiada a la naturaleza y magnitud de la organización porque no incluye su compromiso con el uso eficiente de los portadores energéticos y el agua.

Con la incorporación del nuevo ISO 50001: 2011 a la política establecido por la empresa anteriormente se hace una nueva propuesta para la política.

**Política: “Producimos y comercializamos cartón y embalajes corrugados para el servicio de nuestros clientes, usando eficientemente los portadores energéticos y el agua, mejorando continuamente nuestros procesos y creando valor para las partes interesadas.”**

### 3.5 Planificación energética

#### 3.5.1 Generalidades

La organización debe llevar a cabo y documentar un proceso de planificación energética. La planificación energética debe ser coherente con la política energética y debe conducir a actividades que mejoren de forma continua el desempeño energético.

La planificación energética debe incluir una revisión de las actividades de la organización que puedan afectar al desempeño energético.

La planificación energética debe ser consistente con la política energética y dar lugar a actividades que mejoren continuamente el desempeño energético, mediante la revisión de las actividades de la organización que pueden afectarlo.



**Figura 3.2. Representación conceptual del desempeño energético**

### **3.5.2 Requisitos legales y otros requisitos**

La organización debe identificar, implementar y tener acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba relacionados con su uso y consumo de la energía, y su eficiencia energética.

La organización debe determinar cómo se aplican estos requisitos a su uso y consumo de la energía, y a su eficiencia energética, y debe asegurar que estos requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba se tengan en cuenta al establecer, implementar y mantener el SGEN.

Los requisitos legales y otros requisitos deben revisarse a intervalos definidos.

#### **3.5.2.1 Manejo de los requisitos legales en La empresa.**

La organización identifica, implementa y tiene acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos relacionados con su eficiencia energética. Los requisitos legales son aquellos requisitos internacionales, nacionales, regionales y locales que se aplican al alcance del sistema de gestión energética relacionados con la energía.

La aplicación de estos requisitos está determinada por la empresa teniendo en cuenta como establecer, implementar y mantener el SGEN.

La empresa cuenta con el procedimiento ISO: 9001: 'Manual de Proceso y Calidad', Requisitos legales aplicables: el cual tiene por objetivo establecer las bases para la identificación de los requisitos legales y otro tipo de requisitos, aplicables a todas las actividades de WINERA. Este procedimiento establece la relación de los instrumentos jurídicos fundamentales que contienen los requerimientos aplicables, en el cual se identifican los requisitos legales y otros requisitos que debe cumplir la empresa, y en él no se encuentran registrados los requisitos por los que se rige la Dirección Técnica, por lo que se sugiere que se revise la vigencia de esta documentación y se incluya actualizada al procedimiento antes mencionado. Además, se recomienda que se incluyan las distintas regulaciones que les proporcionan la Dirección de Economía y Planificación.

### **3.5.3 Revisión energética**

Para cumplir con los requisitos de la norma ISO 50001, la organización debe desarrollar, registrar y mantener una revisión energética. La metodología y el criterio utilizados para desarrollar la revisión energética deben estar documentados.

#### **3.5.3.1 El Desarrollo de la Revisión Energética en WINERA.**

Para desarrollar la revisión energética, En WINERA se actualiza la revisión energética semanalmente y mensualmente, así como en respuesta a cambios mayores en las instalaciones, equipamiento, sistemas o procesos. El Comité energético analiza el sistema de gestión al final la semana productivo para ver si existían algunas anomalías en sus procesos mediante los datos e información recogidos durante este periodo, y deciden sus acciones correctivas y preventivas. De esta forma el Comité Energético tendrá más oportunidades a lo largo del cada mes para hacer modificaciones necesarias su sistema de gestión energética. La revisión mensual es para asegurar el cumplimiento del durante este mes y para hacer planes para el siguiente mes.

Los planes de acción de la gestión energética incluyen las oportunidades de mejora del desempeño energético, identificadas en la revisión energética, que se establecen para cumplir con la política, objetivos y metas energéticas. El diagrama de flujo del proceso de revisión energética se presenta figura 3.1 en el Anexo1. Este diagrama muestra los pasos que la empresa debe seguir para el desarrollo de la revisión energética.

Las fuentes de energía principales de WINERA están identificadas como la electricidad y el combustible (Diesel) como está demostrado en los gráficos 2.1, 2.2 y 2.3 del capítulo 2. Los gráficos de consumo en el tiempo es una buena representación del consumo de la energía de la empresa y están representados en los gráficos 2.5 y 2.21, en ello se muestra el consumo de electricidad y consumo de combustible (Diesel) respectivamente.

### **3.5.4 Línea de base energética**

La organización debe establecer una(s) línea(s) de base energética utilizando la información de la revisión energética inicial y considerando un período para la recolección de datos adecuado al uso y al consumo de energía de la organización. Los cambios en el desempeño energético deben medirse en relación a la línea de base energética.

#### **3.5.4.1 La determinación de la Línea de Base energética en la empresa WINERA.**

La empresa establecerá una línea de base energética utilizando la información de la revisión energética inicial para la recolección de datos adecuado al uso y al consumo de energía de la organización. Los cambios en el desempeño energético se miden en relación a la línea de base energética. Para el desarrollo de capítulo 2 de este trabajo se consideró el uso de los datos recopilados en el período enero 2009- septiembre 2011.

Para el desarrollo de la Línea de Base energética de la empresa, se hizo un análisis de comportamiento histórico energético con los datos cada año. Con los resultados de este análisis, se concluyó que se utilizara el año 2009 como año base porque él tuvo el mejor comportamiento energético. El 2009 tuvo un coeficiente de determinación  $R^2$  mayor de los otros años analizados de 2010 y 2011. Se puede apreciar los valores de  $R^2$  para cada año en los gráficos 2.9, 2.10 y 2.11 en el capítulo 2. En los gráficos 3.1 y 3.2 en el Anexo 1 se muestran la Línea de Base energética de los índices de los índices de consumo de electricidad y combustible de 2009 en comparación con las mismas de 2010 y 2011. Con una Línea de Base energética establecida, WINERA puede aprovechar esta información en el desarrollo de su sistema de gestión energético basado en la norma ISO 50001: 2011. Cuando haya una mejora en el consumo energético, es decir que haya niveles de producciones de bajo de la línea de base establecida, como se ve en el gráficos 3.2 en el 2011, se puede establecer una nueva línea de base o línea meta para la producción.

### 3.5.5 Indicadores de desempeño energético

La organización debe identificar los IDEns apropiados para realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético. La metodología para determinar y actualizar los IDEns debe documentarse y revisarse regularmente.

#### 3.5.5.1 Elementos necesarios para determinar los indicadores de desempeño energético.

Los IDEns deben revisarse y compararse con la línea de base energética de forma apropiada.

En WINERA, los indicadores que se toman en cuenta son los siguientes:

- Consumo de la energía eléctrica por unidad de cartón producido kWh/m<sup>2</sup>  
Se medirá:
  - el consumo global de la empresa,

- instalar contadores eléctricos para medir el consumo de energía eléctrica en cada uno de los puestos claves de consumo de energía eléctrica definido por la empresa.
- Consumo de combustible por unidad de cartón producido Litros/m<sup>2</sup>  
El combustible se utiliza solo para la generación de vapor, pues se medirá:
  - Flujo de combustible del generador de vapor
  - Flujo de agua de alimentación del generador de vapor
  - Presión de vapor
  - Flujo de vapor
  - La cantidad de combustible consumida diariamente
  - Porcentaje de recuperación de condensado
  - El flujo de purgar
  - Temperatura de los gases de salida
  - Contenido de los gases de salida.
  - Flujo de aire
  - Exceso de aire
- Consumo de agua por unidad de cartón producido litros/m<sup>2</sup>  
Se medirá:
  - Flujo de agua
  - Consumo total del agua
- Consumo de Adhesivo por unidad de cartón producido g/m<sup>2</sup>  
Se sigue el formula de la mescla de adhesivo de base de almidón atentamente.  
Se medirá:
  - Consumo de almidón
  - La viscosidad
  - La temperatura de gelatinización
  - Temperatura del agua.

También se analizará la calidad del agua para la generación de vapor para asegurar el mejor desempeño energético del generador y recordará todos los resultados.

### **3.5.6 Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía**

La norma ISO 50001: 2011 requiere que la organización establezca, implemente y mantenga objetivos energéticos y metas energéticas documentados correspondientes a las funciones, niveles, procesos o instalaciones pertinentes dentro de la organización. Deben establecerse plazos para el logro de los objetivos y metas. Los objetivos y metas deben ser coherentes con la política energética. Las metas deben ser coherentes con los objetivos.

#### **3.5.6.1 Determinación de los objetivos, metas y planes de acción energéticos para WINERA.**

WINERA establecerá sus objetivos energéticos en base de su política energética, teniendo en cuenta los requisitos legales y otros requisitos, los usos significativos de la energía y las oportunidades de mejora del desempeño energético, tal como se identifican en la revisión energética. Se considerará también, sus condiciones financieras, operacionales y comerciales así como las opciones tecnológicas y las opiniones de las partes interesadas. Sus planes de acción se establecerán para alcanzar sus objetivos y metas.

La Dirección General ha designado las responsabilidades al Ingeniero de Proceso:

- Los medios y los plazos previstos para lograr las metas individuales;
- Una declaración del método mediante el cual debe verificarse la mejora del desempeño energético;
- una declaración del método para verificar los resultados.

WINERA documentara y actualizara todos los planes de acción a intervalos definidos. Para la situación actual de WINERA, la línea meta está establecida utilizando todos los datos recogidos del periodo 2009 a 2011. Se toma todo los puntos de igual nivel de producción, y de ellos aquel que tiene menor nivel de consumo energético. Con ellos se establece la línea meta por ser puntos reales d producción que la fábrica logro con menor consumo energético. Esto puede apreciarse en los gráficos 3.3 y 3.4 en el Anexo 1.

Lo planteado es solo una muestra de cómo desarrollar el trabajo para obtener la línea de base energética y la línea meta energética.

### **3.6 Implementación y Operación**

#### **3.6.1 Generalidades**

La organización debe utilizar los planes de acción y los otros elementos resultantes del proceso de planificación para la implementación y la operación.

#### **3.6.2. Competencia, formación y toma de conciencia**

La organización debe asegurarse de que cualquier persona que realice: tarea para ella o en su nombre; relacionada con usos significativos de la energía, sea competente tomando como base una educación, formación, habilidades o experiencia adecuadas. La organización debe identificar las necesidades de formación relacionadas con el control de sus usos de energía significativos y con la operación de su SGE. La organización debe proporcionar la formación necesaria o tomar otras acciones para satisfacer estas necesidades. Deben mantenerse los registros apropiados.

### **3.6.2.1. Recurso Humano**

WINERA cuenta con el procedimiento ISO 9001: “Manual de Procesos y Calidad”, el cual establece y documenta la metodología para determinar la matriz de competencia para todos los cargos u ocupaciones de la plantilla. Se destacara que las matrices de competencias constituyen registros del sistema de gestión.

La empresa se asegurara que su personal y todas las personas que trabajan en su nombre sean conscientes de:

- La importancia de la conformidad con la política energética, los procedimientos y los requisitos del SGEN;
- Sus funciones, responsabilidades y autoridades para cumplir con los requisitos del SGEN;
- Los beneficios de la mejora del desempeño energético;
- El impacto, real o potencial, con respecto al uso y consumo de la energía, de sus actividades y cómo sus actividades y su comportamiento contribuyen a alcanzar los objetivos energéticos y las metas energéticas y las consecuencias potenciales de desviarse de los procedimientos especificados.

La empresa asegurara que todos los trabajadores inducidos reciben un cierto nivel de entrenamiento en dependencia de su puesto de trabajo.

### **3.6.3 Comunicación**

La organización debe comunicar internamente la información relacionada con su desempeño energético y a su SGEN, de manera apropiada al tamaño de la organización.

Una organización debe comunicar internamente con respecto a su desempeño energético y SGEN como sea apropiado para su tamaño.

### **3.6.3.1 La conexión informativa energética**

En la empresa se realiza la comunicación interna del desempeño energético a través de las entregas de turno y en las distintas reuniones que realizan los distintos departamentos, donde se llevan a cabo los análisis de los resultados, como por ejemplo:

- Charlas de “cinco minutos” (charlas con cada turnos de producción)
- Reunión de la de Dirección Técnica (análisis de los indicadores diarios)
- Reunión la Dirección General de la empresa (análisis de los indicadores semanales)
- Juntas de seguimiento y Comité de Dirección (análisis de la eficacia mensual de los procesos)

La organización tiene una política muy rígida cuando trata de la comunicación de su política energética y calidad externamente, el desempeño de su SGE<sub>n</sub> y el desempeño energético. No se comunica externamente ninguna información que se considera “sensible”.

### **3.6.4 Documentación**

#### **3.6.4.1 Requisitos de la documentación**

La organización debe establecer, implementar y mantener información, en papel, formato electrónico o cualquier otro medio, para describir los elementos principales del SGE<sub>n</sub> y su interacción.

La documentación del SGE<sub>n</sub> debe incluir:

- El alcance y los límites del SGE<sub>n</sub>.
- La política energética.

- Los objetivos energéticos, las metas energéticas, y los planes de acción;
- Los documentos, incluyendo los registros, requeridos por esta Norma Internacional;
- Otros documentos determinados por la organización como necesarios.

NOTA El nivel de la documentación puede variar para las diferentes organizaciones por los motivos siguientes:

- La empresa WINERA se caracteriza como una empresa grande según la siguiente tabla:

### Tamaño empresarial según el rango de producción

	<b>Escala (rango de producción)</b>
Microempresa/artesanal:	Hasta 1 ton/día
Pequeña empresa:	De 1 a 3 ton/día
Mediana empresa:	De 3 a 5 ton/día
Gran empresa:	Más de 5 ton/día

Fuente: Secretaría de Economía de Méjico, Guías Empresariales.

- El proceso principal de la empresa es la Producción de cartón para la comercialización de la misma. Este proceso está realizado mediante el uso de la energía eléctrica y vapor.
- la competencia del personal depende mayormente de su puesto de trabajo.

#### 3.6.4.2. Control de los documentos

Los documentos requeridos por esta Norma Internacional y por el SGEN deben controlarse. Esto incluye la documentación técnica en los casos en los que sea apropiado.

### **3.6.4.2.1 Procedimientos de Control de Documentos**

Los documentos requeridos por esta Norma Internacional y por el SGEN estarán controlados. Esto incluye la documentación técnica en los casos en los que sea apropiado.

La empresa dispone del procedimiento ISO 9001: Manual de Procesos y Calidad, el cual establece la metodología para elaborar, revisar y controlar los procedimientos e instrucciones del SIG, así como los documentos de origen externo aplicables al Sistema Integrado de Gestión.

- El Director General aprueba los documentos con relación a su adecuación antes de su emisión.
- EL Comité Energético revisa y actualiza periódicamente los documentos según sea necesario y se asegura de que se identifican los cambios y el estado de revisión actual de los documentos.
- El Comité Energético asegura de que las versiones pertinentes de los documentos aplicables se encuentran disponibles en los puntos de uso. El consejo también asegura que los documentos permanecen legibles y fácilmente identificables y que se identifican y se controla la distribución de los documentos de origen externo que la organización determina que son necesarios para la planificación y la operación del SGEN.
- El Comité Energético previene el uso no intencionado de documentos obsoletos, y aplicarles una identificación adecuada en el caso de que se mantengan por cualquier razón.

La empresa no permite el movimiento de los documentos externamente, y sus documentos están protegidos.

### **3.6.5. Control operacional**

La norma ISO 50001 requiere que la organización identifique y planifique aquellas operaciones y actividades de mantenimiento que estén relacionadas con el uso significativo de la energía y que son coherentes con su política energética, objetivos, metas y planes de acción, con el objeto de asegurarse de que se efectúan bajo condiciones especificadas.

#### **3.6.5.1 Mantenimiento y Operaciones**

La empresa cumple con el primer aspecto que plantea la norma, debido a que cuenta con procedimientos que establecen los requisitos de operación de sus instalaciones.

Todos estos procedimientos cuentan con los parámetros de operación, garantizando que la misma se encuentre dentro de los límites de eficiencia establecidos por el ISO 9001 'Manual de procesos y la calidad' establecido en la empresa WINERA. Además, la empresa cuenta con instrucciones que plantean la manera correcta de brindarle mantenimiento a cada una de las partes de las instalaciones.

#### **3.6.6. Diseño**

La organización debe considerar las oportunidades de mejora del desempeño energético y del control operacional en el diseño de instalaciones nuevas, modificadas o renovadas, de equipos, de sistemas y de procesos que pueden tener un impacto significativo en su desempeño energético.

Los resultados de la evaluación del desempeño energético deben incorporarse, cuando sea apropiado, al diseño, a la especificación y a las actividades de compras de los proyectos pertinentes.

Los resultados de la actividad de diseño deben registrarse.

### **3.6.6.1.- Oportunidades de Mejoras**

Como se había visto en el capítulo 2 las inconsistencias e irregularidades en los consumos energéticos de la empresa será muy provechoso y muy importante que WINERA considere las oportunidades de mejora del desempeño energético y el control operacional que puedan tener un impacto relevante en su desempeño energético.

Los resultados de la evaluación del desempeño energético deben ser incorporados donde sea apropiado en la especificación, el diseño y la contratación del proyecto pertinente.

La empresa cuenta con un Consejo de Administración Superior, el cual es el que decide lo que se compra, este comité tiene en cuenta el ahorro energético, la conservación del medio ambiente, sistemas de seguridad, eficacia comprobada. Por lo que se propone que se documente el procedimiento de planificación del diseño de las instalaciones, equipos, sistemas y procesos que tienen un impacto relevante en el desempeño energético, en el cual, el Comité Energético debe ser el responsable de emitir al Consejo de Administración Superior un documento con las oportunidades de mejora del desempeño energético detectadas por la revisión energética, las sugerencias de los trabajadores y los resultados del seguimiento, medición y análisis del desempeño energético.

### **3.6.7. Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía**

Al adquirir servicios de energía, productos y equipos que tengan, o puedan tener, un impacto en el uso significativo de la energía, la organización debe informar a los proveedores que las compras serán en parte evaluadas sobre la base del desempeño energético.

La organización debe establecer e implementar criterios para evaluar el uso y consumo de la energía, así como la eficiencia de la energía durante la vida útil planificada o esperada al adquirir productos, equipos y servicios que usen energía que puedan tener un impacto significativo en el desempeño energético de la organización.

La organización debe definir y documentar las especificaciones de adquisición de energía, cuando sea aplicable, para el uso eficaz de la energía.

### **3.6.7.1.- Servicios y Productos Energéticos**

La contratación es una oportunidad para mejorar el desempeño energético mediante el uso de productos y servicios más eficientes.

#### **Fuente de energía eléctrica**

Por el tamaño del nuestro país, solo se puede encontrar una empresa eléctrica que se llama St Lucia Electricity Services Ltd. (LUCELEC). Esta empresa impone una tarifa según el cliente. WINERA por ser una empresa grande, en el contrato con LUCELEC paga una tarifa de EC\$0.86 por kWh consumido y recibe un descuento en dependencia de consumo total.

#### **Combustible**

SOL es el proveedor único de combustible (Diesel) de WINERA.

#### **Agua**

WINERA compra su agua de la Empresa Water and Sewage Company Ltd. (WASCO).

Cuando se contratan los servicios, productos y equipos energéticos que tienen o pueden tener un impacto en el uso energético relevante, WINERA informara a los proveedores que la contratación es en parte evaluada sobre la base del desempeño energético.

## **3.7. Verificación**

### **3.7.1 Seguimiento, medición y análisis**

Está establecido en la norma 50001 que La organización debe asegurar que las características clave de sus operaciones que determinan el desempeño energético se sigan, se midan y se analicen a intervalos planificados.

### **3.7.2 Plan de medición y análisis.**

Es de gran importancia para una organización asegurar que las características claves de sus operaciones que determinan el desempeño energético sean monitoreadas, medidas y analizadas a intervalos planificados. Las características claves deben incluir como mínimo:

- Los usos energéticos relevantes y otras salidas de la revisión energética.
- Las variables pertinentes relacionadas con el uso energético relevante.
- Indicadores de desempeño energético.
- Efectividad de los planes de acción en el logro de los objetivos y metas.
- La evaluación del consumo energético real contra el consumo energético esperado.

Los resultados del seguimiento y la medición de las características claves serán registrados.

Tomando como base lo anterior puede destacarse que en la empresa objeto de estudio, se lleva un seguimiento riguroso sobre el cumplimiento de los planes de acción, debido a que son parte de la política gerencial y tienen una marcada influencia en los resultados financieros.

Además, se registran diariamente los valores de la producción (la cual es una variable que afecta considerablemente el desempeño energético de la empresa), y los consumos de electricidad, combustible y agua, mientras que el registro de los demás portadores energéticos se realiza semanalmente. En la empresa se calculan los índices de consumo, pero no se analizan estadísticamente mediante gráficos de control, pero sí se verifica estrictamente si estos cumplen con la meta establecida.

Para WINERA, un plan de medición energética estará definido e implementado, apropiado para su tamaño y complejidad, y sus equipos de seguimiento y medición.

La empresa tendrá un plan de mediciones donde se establece: el responsable, frecuencia, equipos, así como los tipos de análisis que se le realizan.

Cuenta con un plan de verificación o calibración, en el cual se registran los certificados de verificación realizados por la Oficina Técnica de Normalización (OTN) de Trinidad y Tobago. Esto constituye registro de calidad.

Los registros de la calibración y otros medios de precisión y repetitibilidad son mantenidos.

### **3.7.3. Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y de otros requisitos**

Es conveniente para la empresa evaluar, a intervalos planificados, el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos a los cuales suscriba que son pertinentes para su uso y consumo energético. Los registros de los resultados de las evaluaciones del cumplimiento deben ser mantenidos.

En la empresa se evalúan los requisitos legales y otros requisitos a través de las auditorías internas del sistema de gestión de WINERA, y estos se registran, especificando en cada caso los artículos que se incumplen, así como las áreas en que se detectan estas no conformidades.

### **3.7.4 Auditoría interna del sistema de gestión de la energía**

La organización debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados para asegurar que el SGE:

- cumple con las disposiciones planificadas para la gestión de la energía, incluyendo los requisitos de esta Norma Internacional;
- cumple con los objetivos y metas energéticas establecidos;
- se implementa y se mantiene eficazmente, y mejora el desempeño energético.

Debe desarrollarse un plan y un cronograma de auditorías considerando el estado y la importancia de los procesos y las áreas a auditar, así como los resultados de auditorías previas.

La selección de los auditores y la realización de las auditorías deben asegurar la objetividad e imparcialidad del proceso de auditoría.

Deben mantenerse registros de los resultados de las auditorías e informar a la alta dirección.

### **3.4.1. Evaluación del sistema de gestión energética**

La auditoría interna es un proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias y evaluarlas de manera objetiva para determinar la extensión en que se cumplen los requisitos.

Las auditorías internas del sistema de gestión energética se realizarán por personal interno de la organización y por personas externas seleccionadas. En ambos casos, las personas que realicen la auditoría serán competentes y estarán en disposición de hacerlo en forma imparcial y objetiva. En las organizaciones más pequeñas, la independencia de la auditoría puede demostrarse al estar libre el auditor de responsabilidad por la actividad que se audita, que no es el caso de WINERA.

La empresa tiene definida un procedimiento en el ISO 9001: 2005 Manual de Los Procesos y Calidad, para la auditoría interna de su sistema de gestión de calidad, lo cual puede ser muy útil en la implementación de la nueva norma ISO 50001: 2011.

### **3.7.5. No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva**

Una organización debe abordar una no conformidad real o potencial haciendo correcciones, y tomando acción correctiva y acción preventiva, las cuales deben ser apropiadas en relación a la magnitud de los problemas reales o potenciales y a las consecuencias del desempeño energéticos encontradas. Además, debe asegurarse de que cualquier cambio necesario se incorpore al SGE.

El procedimiento está en correspondencia con la norma ISO 9001: 2005, solo se propone que en este se tenga en cuenta que una no conformidad de tipo energética es el incumplimiento de las regulaciones emitidas por la Dirección General y la Dirección

de Economía y Planificación, además de los requisitos legales y otros requisitos que apliquen a las actividades de WINERA. Otras no conformidades serán los incumplimientos de los requisitos de la norma hasta que sea implementada la Norma Internacional ISO 50001 en la empresa y se considera que la frecuencia de análisis de la explotación de la planta sea semanal, lo cual permitirá cuatro controles en el mes como mínimo y el poder mantener los indicadores de desempeño en los rangos deseados. Ellos deben contribuir a reducir las no conformidades en el proceso producción.

### **3.7.6. Control de los registros**

La organización debe establecer y mantener los registros que sean necesarios para demostrar la conformidad con los requisitos de su SGen y de esta Norma Internacional, y para demostrar los resultados logrados en el desempeño energético.

La organización debe definir e implementar controles para la identificación, recuperación y retención de los registros.

Los registros deben ser y permanecer legibles, identificables y trazables a las actividades pertinentes.

Un registro es un documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades desempeñadas.

Es de gran ayuda para una organización establecer y mantener los registros que sean necesarios para demostrar la conformidad con los requisitos de su SGen y de la norma ISO 50001: 2011 y los resultados del desempeño energético logrados. WINERA definirá e implementara controles para la identificación, recuperación y retención de los registros. Estos serán y permanecerán legibles, identificables y trazables para la actividad pertinente.

## **3.8 Revisión por la dirección**

### **3.8.1. Generalidades**

La alta dirección debe revisar, a intervalos planificados, el SGEEn de la organización para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas.

Deben mantenerse registros de las revisiones por la dirección.

En WINERA, el Director General revisara el SGEEn de la empresa para asegurarse de su adecuación, conveniencia y eficacia continuas dos veces al año. Se mantendrá todos registros de las revisiones por la dirección.

### **3.8.2. Información de entrada para la revisión por la dirección**

La información de entrada para la revisión por la dirección debe incluir:

- Las acciones de seguimiento de revisiones por la dirección previas;
- La revisión de la política energética;
- La revisión del desempeño energético y;
- Los resultados de la evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y cambios en los requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba;
- El grado de cumplimiento de los objetivos y metas energéticas;
- Los resultados de auditorías del SGEEn;
- El estado de las acciones correctivas y preventivas;
- El desempeño energético proyectado para el próximo período;
- Las recomendaciones para la mejora.

### **3.8.3. Resultados de la revisión por la dirección**

Los resultados de la revisión por la dirección deben incluir todas las decisiones y acciones relacionadas con:

- Cambios en el desempeño energético de la organización;
- Cambios en la política energética;
- Cambios en los IDEns;
- cambios en los objetivos, metas u otros elementos del sistema de gestión de la energía, coherentes con el compromiso de la organización con la mejora continua;
- Cambios en la asignación de recursos.

### ***Conclusiones parciales***

Se establecieron los elementos de integración del sistema de gestión energética al sistema de gestión de WINERA, y se arribó a las siguientes conclusiones:

1. El sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2005 de la empresa cuenta con un conjunto de procedimientos que son comunes con los requeridos por la norma ISO 50001: 2011, lo que facilita la integración del sistema de gestión energética al mismo.
2. En WINERA no se encuentran documentados los procedimientos específicos que exige la de norma ISO 50001: 2011 en cuanto a la gestión energética, por lo que se propone la elaboración de los mismos.
3. Se elaboran y proponen los procedimientos para la revisión energética y el seguimiento, medición y análisis del desempeño energético, dándosele cumplimiento a parte de los requisitos establecidos por la norma ISO 50001: 2011.

### **Conclusiones Generales:**

1. Se realizó la caracterización energética de la empresa WINERA. La misma destina un 55% de su consumo energético en energía eléctrica y el resto de 45% en combustible (Diesel).
2. De la caracterización, se aprecia que el año 2009 es el de mejor comportamiento energético con coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>) de 0,86 en consumo de energía eléctrica y 0.8 en consumo de combustible valores no alcanzado en los años 2010 y 2011.
3. Tomando como base el año 2009 se aprecia de los gráficos de CUSUM, para la energía eléctrica que los años de 2010 y 2011 no presentaron ahorros. Tuvieron sobre consumos de energía de valores 8679kWh y 25742 kWh respectivamente.
4. El análisis de combustible (diesel) tuvo un comportamiento diferente, con un sobre consumo de 4404 Litros en 2010 y un ahorro de febrero a junio y sobre consumo de julio a septiembre de 2011 de 3679 Litros.
5. El costo total del sobre consumo de los portadores energéticos para la empresa WINERA es EC\$55871.81, una cifra significativa para cualquiera empresa.
6. Se implementa una propuesta de la norma ISO 50001 para la integración al sistema de gestión de la empresa WINERA.
7. A partir de la caracterización energética pudo definirse la línea de base energética y línea meta a utilizar en la implementación de la norma ISO 50001 a la empresa en estudio.

## *Conclusiones Generales*

8. Resulta un evento novedoso para la empresa los indicadores de desempeño energético definido a partir de la caracterización energética y establecido para su uso en la propuesta de la norma ISO 50001 para dicha fabrica.
9. En la caracterización energética se detectaron valiosas oportunidades de ahorro en las áreas de generación de vapor, iluminación, bajo factores de potencias, malas prácticas operacionales trabajo en vacíos de la maquinas.

### **Recomendaciones:**

Se puede definir, las siguientes recomendaciones para la empresa WINERA, por los resultados de este presente trabajo y experiencias del autor:

1. Sugerir a la dirección de la empresa la evaluación de la propuesta formulada por un periodo de un año y efectuar correcciones y adecuaciones como base de la filosofía de mejoramiento continua de las normas ISO.
2. El control de tiempo de funcionamiento en vacío de la maquinas.
3. Estudiar el factor de potencia en fábrica y evaluar monto de inversión.
4. Completar el sistema de medición de parámetros básicos del proceso productivo.
5. Capacitación y evaluación de personal propio de la empresa vinculado en los procesos productivos y de control energético.

## Bibliografía

- Cleaner production-Energy Efficiency manual for GERIAP, UNEP. (2001). *National Productivity Council*.
- Autores, colectivos de. (n.d.). revisado octubre 26, 2011, [www.cronicadelcorrugado.com/control-del-desperdicio-una-ptica-distinta-ii-parte](http://www.cronicadelcorrugado.com/control-del-desperdicio-una-ptica-distinta-ii-parte)
- Autores, colectivos de. (n.d.). revisado octubre 26, 2011, [www.iadb.org/es/temas/energia/eficiencia-energetica, 2654.html](http://www.iadb.org/es/temas/energia/eficiencia-energetica,2654.html)
- Autores, colectivos de. (2008). revisado diciembre 1, 2011, [www.scribd.com/doc/7343211/Biblio-Del-Corrugado](http://www.scribd.com/doc/7343211/Biblio-Del-Corrugado)
- Baird, D. (1991). *Experimentación: Una Introducción a la Teoría de Mediciones y al Diseño de experimentos*. México.
- Castillo, M, L. (2007). *Estrategia para el Ahorro de Energía en POLIPROPILENO DEL CARIBE S.A – PROPILCO*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Escuela de Ingeniería Eléctrica y Mecánica.
- Department of Power. (2006). *Energy Conservation - The Indian experience*. NPC Publication.
- Doty, S. T. (2006). *Energy Management Handbook*. Lilburn: Fairmont Press.
- Escobar, M. (2000). *Análisis Gráfico/Exploratorio*. Editorial La Muralla.
- Granja, A. V. (Abril 2005). Mejoramiento del Sistem de Distribución de Vapor para el Proceso de Secado usado en la Planta “PROFILAC. S.A. *Scientia et Technica Año XI, No 27, 94-96*.

- Hernández, A. G. (2011). *Norma de Gestión Energética para la Universidad de Cienfuegos a partir de la ISO 50001*. Cienfuegos.
- Horta, L. A. (2010, mayo). Indicadores de políticas públicas en materia de eficiencia energética en América Latina y el Caribe. *Colección Documentos de Proyectos*. Naciones Unidas.
- International Energy Agency, P. (2007). *Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 emissions* .
- Medina, A. D. (2008). *Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía en la Empresa Oleohidráulica Cienfuegos*. Cienfuegos.
- Mejicó, S. d. (n.d.). *Guías Empresariales*. Revisado noviembre 1, 2001, [www.contactopyme.gob.mx/guiasempresariales/guias.asp?s=8&guia=116&giro=7](http://www.contactopyme.gob.mx/guiasempresariales/guias.asp?s=8&guia=116&giro=7)
- Neil, F. T. (2002). *Guía Ambiental ARPEL. Monitoreo y Seguimiento del Uso de Energía* .
- Oliver, T. J. (n.d.). *Sistemas de Gestión Energéticos según la NORMA UNE 16001:2009 y Transición a la ISO 50001:2011, Una Eficaz Herramienta para Mejorar la Competitividad*. Director de Desarrollo y de Unidad de Cambio Climático de AENOR.
- Rial A., V. J. (2001). *Depuración y Análisis preliminares de datos en SPSS. Sistemas Informatizados para la investigación del Comportamiento*. Real Madrid.
- Ross, S. (2001). *Probabilidad y estadísticas para ingeniería y ciencias*. México: Mc Graw Hill.
- Skyar Peña, O. (2011). *Integración del Sistema de Gestión Energética al Sistema de Gestión de Cementos Cienfuegos S.A*. Cienfuegos.

# ANEXO 1

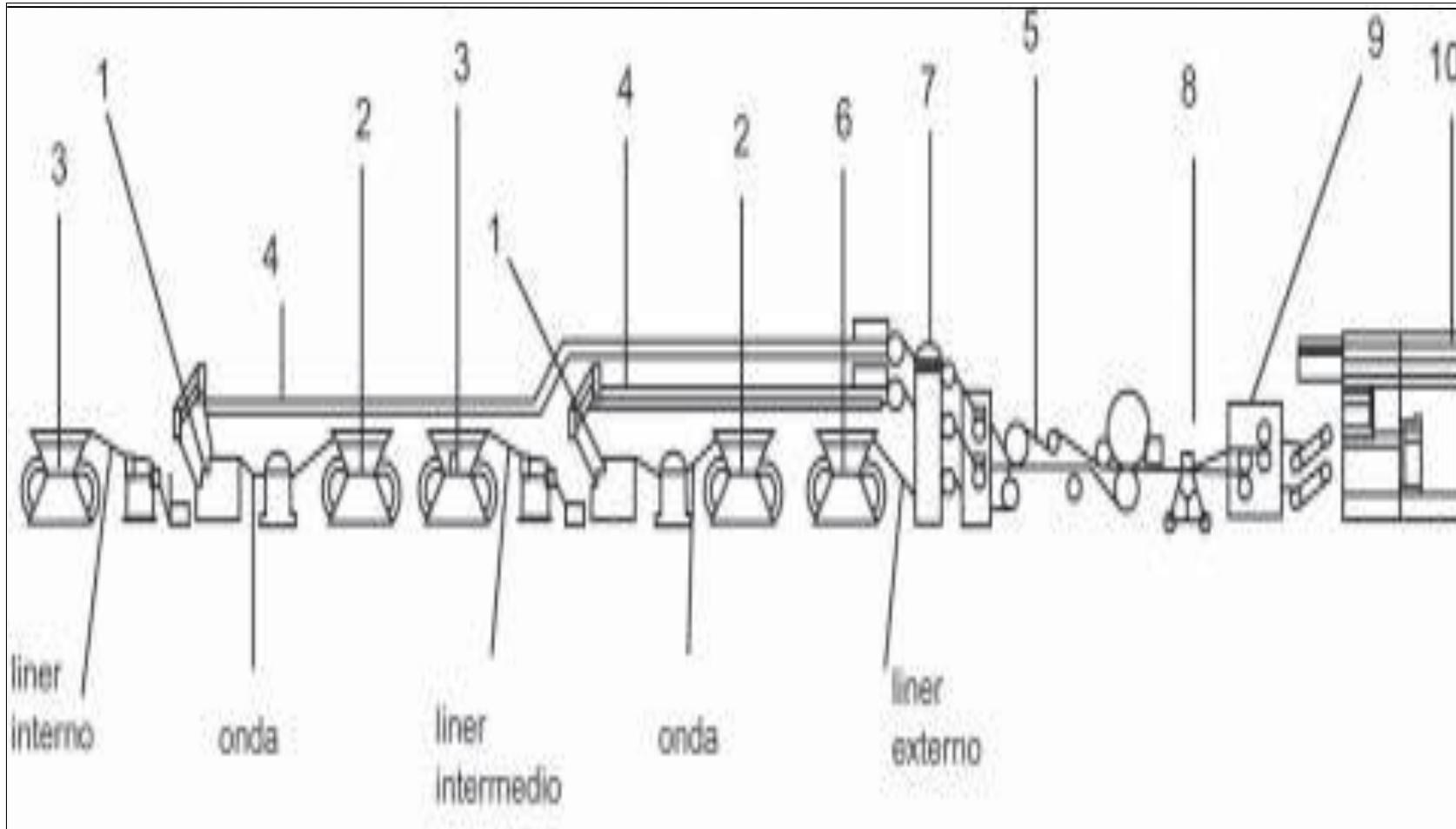


Diagrama 2.2 La Máquina Corrugadora

Tabla 2.1. **Estructura de Consumo Portadores Energéticos 2009**

2009							
No	Portador	UM	Consumo	Factor de Conversión	TEP	%	% acumulado
1	Electricidad	Mwh	902.01	0.3746	337.9	58%	58%
2	Diesel	T	211.5	1.1631	246.0	42%	100%
					583.9		

Tabla 2.2. **Estructura de Consumo Portadores Energéticos 2010**

2010							
No	Portador	UM	Consumo	Factor de Conversión	TEP	%	% acumulado
1	Electricidad	Mwh	923.2	0.3746	345.8	57%	57%
2	Diesel	T	223.3	1.1631	259.8	43%	100%
					605.6		

Tabla 2.3. **Estructura de Consumo Portadores Energéticos 2011**

2011							
No	Portador	UM	Consumo	Factor de Conversión	T.E.P	%	% acumulado
1	Electricidad	Mwh	641.7	0.3746	240.4	52.4	52
2	Diesel	T	187.5	1.1631	218.1	47.6	100
					458.5		

**Tabla 2.4. Producción Total 2009-2011**

<b>Mes/Año</b>	<b>Producción/ m<sup>2</sup></b>		
	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<b>Enero</b>	1 351 800	722 100	657 539
<b>Febrero</b>	538 800	896 400	698 043
<b>Marzo</b>	910 800	998 900	712 946
<b>Abril</b>	877 000	842 000	740 574
<b>Mayo</b>	980 040	866 800	871 872
<b>Junio</b>	918 312	1 072 600	1 221 426
<b>Julio</b>	1 096 637	918 200	980 975
<b>Agosto</b>	1 089 427	819 200	738 888
<b>Septiembre</b>	1 041 270	980 949	911 202
<b>Octubre</b>	1 040 212	1 312 000	
<b>Noviembre</b>	1 153 100	1 054 900	
<b>Diciembre</b>	1 028 400	746 900	
<b>Total</b>	12 025 798	11 230 949	7 533 465
<b>Promedio</b>	1 002 150	935 912	837 052

**Tabla 2.5. Consumo Total de Electricidad 2009-2011**

<b>Mes/Año</b>	<b>Electricidad/Kwh</b>		
	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<b>Enero</b>	53 776	59 181	57 614
<b>Febrero</b>	84 808	72 240	61 144
<b>Marzo</b>	71 940	74 335	67 283
<b>Abril</b>	64 726	71 866	62 867
<b>Mayo</b>	73 663	74 626	71 032
<b>Junio</b>	74 291	80 003	87 657
<b>Julio</b>	79 848	84 075	81 429
<b>Agosto</b>	80 878	81 535	67 452
<b>Septiembre</b>	78 582	81 550	85 181
<b>Octubre</b>	81 589	99 280	
<b>Noviembre</b>	83 640	71 972	
<b>Diciembre</b>	72 261	72 549	
<b>Total</b>	902 011	923 212	641 659
<b>Promedio</b>	75 000	76 934	71 295

**Tabla 2.6. Consumo de Electricidad y La Producción Total en 2009-2011.**

Mes/Año	2009		2010		2011	
	kWh	m <sup>2</sup>	kWh	m <sup>2</sup>	kWh	m <sup>2</sup>
enero	53,776	1,351,800	59,181	722,100	57,614	657,539
febrero	84,808	538,800	72,240	896,400	61,144	698,043
marzo	71,940	910,800	74,335	998,900	67,283	712,946
abril	64,726	877,000	71,866	842,000	62,867	740,574
mayo	73,663	980,040	74,626	866,800	71,032	871,872
junio	74,291	918,312	80,003	1,072,600	87,657	1,221,426
julio	79,848	1,096,637	84,075	918,200	81,429	980,975
agosto	80,878	1,089,427	81,535	819,200	67,452	738,888
septiembre	78,582	1,041,270	81,550	980,949	85,181	911,202
octubre	81,589	1,040,212	99,280	1,312,000		
noviembre	83,640	1,153,100	71,972	1,054,900		
diciembre	72,261	1,028,400	72,549	746,900		

**Tabla. 2.7.**

Mes	2009				
	consumo	% variación	producción	% variación	comportamiento
enero	53,776		1,351,800		
febrero	84,808	-57.7	538,800	60.1	anómalo
marzo	71,940	15.2	910,800	-69.0	anómalo
abril	64,726	10.0	877,000	3.7	
mayo	73,663	-13.8	980,040	-11.7	
junio	74,291	-0.9	918,312	6.3	anómalo
julio	79,848	-7.5	1,096,637	-19.4	
agosto	80,878	-1.3	1,089,427	0.7	anómalo
septiembre	78,582	2.8	1,041,270	4.4	
octubre	81,589	-3.8	1,040,212	0.1	anómalo
noviembre	83,640	-2.5	1,153,100	-10.9	
diciembre	72,261	13.6	1,028,400	10.8	

Tabla. 2.8.

2010					
Mes	consumo	% variación	producción	% variación	comportamiento
enero	59181		722100		
febrero	72240	-22.1	896400	-24.1	
marzo	74335	-2.9	998900	-11.4	
abril	71866	3.3	842000	15.7	
mayo	74626	-3.8	866800	-2.9	
junio	80003	-7.2	1072600	-23.7	
julio	84075	-5.1	918200	14.4	anómalo
agosto	81535	3.0	819200	10.8	
septiembre	81550	0.0	980949	-19.7	
octubre	99280	-21.7	1312000	-33.7	
noviembre	71972	27.5	1054900	19.6	
diciembre	72549	-0.8	746900	29.2	anómalo

Tabla. 2.9.

2011					
Mes	consumo	% variación	producción	% variación	comportamiento
enero	57614		657539		
febrero	61144	-6.1	698043	-6.2	
marzo	67283	-10.0	712946	-2.1	
abril	62867	6.6	740574	-3.9	anómalo
mayo	71032	-13.0	871872	-17.7	
junio	87657	-23.4	1221426	-40.1	
julio	81429	7.1	980975	19.7	
agosto	67452	17.2	738888	24.7	
septiembre	85181	-26.3	911202	-23.3	

**Tabla 2.10. Índice de Consumo vs Producción**

Mes/año	2009		2010		2011	
	Producción	I.C	Producción	I.C	Producción	I.C
enero	1,351,800	0.070	722100	0.090	657539	0.094
febrero	538,800	0.086	896400	0.082	698043	0.092
marzo	910,800	0.075	998900	0.078	712946	0.091
abril	877,000	0.076	842000	0.084	740574	0.089
mayo	980,040	0.074	866800	0.083	871872	0.084
junio	918,312	0.075	1072600	0.076	1221426	0.075
julio	1,096,637	0.072	918200	0.081	980975	0.080
agosto	1,089,427	0.073	819200	0.085	738888	0.089
septiembre	1,041,270	0.073	980949	0.079	911202	0.083
octubre	1,040,212	0.073	1312000	0.071	1312000	0.074
noviembre	1,153,100	0.072	1054900	0.077	1054900	0.079
diciembre	1,028,400	0.073	746900	0.088	746900	0.089
Promedio		0.074		0.081		0.085

**Tabla 2.11. Control de Consumo de Electricidad 2009-2011**

	Producción/m <sup>2</sup>			Electricidad/ Kwh		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
<b>Promedio</b>	1002150	935912	837052	75000	76934	71295
<b>Desviación</b>	193408	224948	180646	8844	9634	10928
<b>LCS</b>	1388965	1385809	1198343	92688	96202	93152
<b>LCI</b>	615334	486016	475760	57312	57666	49439

**Tabla 2.12. Tendencias de Consumo de Electricidad 2010 en base de 2009**

2010					
mes	Ea	Pa	Et=mPa+Eo	Ea-Et	Suma Acum.
enero	59181	722100	57372	1809	1809
febrero	72240	896400	67656	4584	6394
marzo	74335	998900	73703	632	5216
abril	71866	842000	64446	7420	8052
mayo	74626	866800	65909	8717	16137
junio	80003	1072600	78051	1952	10668
julio	84075	918200	68942	15133	17085
agosto	81535	819200	63101	18434	33567
septiembre	81550	980949	72644	8906	27340
octubre	99280	1312000	92176	7104	16010
noviembre	71972	1054900	77007	-5035	2069
diciembre	72549	746900	58835	13714	8679

**Tabla 2.13. Tendencias de Consumo de Electricidad 2011 en base de 2009**

2011					
mes	Ea	Pa	Et=mPa+Eo	Ea-Et	Sum Acum
enero	57614	657539	53563	4051	4051
febrero	61144	698043	55953	5191	9243
marzo	67283	712946	56832	10451	15643
abril	62867	740574	58462	4405	14856
mayo	71032	871872	66208	4824	9229
junio	87657	1221426	86832	825	5648
julio	81429	980975	72646	8783	9608
agosto	67452	738888	58362	9090	17873
septiembre	85181	911202	68529	16652	25742

Tabla 2.14. Consumo Total de Combustible 2009-2011

Mes/Ano	Combustible(diesel)/litros		
	2009	2010	2011
enero	28,259	18,894	16366
febrero	13,500	21,972	9092
marzo	19,844	22,370	18184
abril	18,145	19699	10092
mayo	19,277	21,280	18,805
junio	19,000	23,095	20168
julio	23,689	21,482	27276
agosto	22,540	17,166	18937
septiembre	21,544	23,950	19,762
octubre	22,522	30,696	
noviembre	23,858	23,680	
diciembre	22,278	18,474	
<b>Total</b>	<b>248,814</b>	<b>262,759</b>	<b>158682</b>
<b>Promedio</b>	<b>21,205</b>	<b>21897</b>	<b>17631</b>

**Tabla 2.15. Consumo de Combustible y La Producción Total en 2009-2011.**

<b>Mes/Año</b>	<b>2009</b>		<b>2010</b>		<b>2011</b>	
	<b>Litros</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Litros</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Litros</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>enero</b>	28259	1,351,800	18894	722,100	16366	657539
<b>febrero</b>	13500	538,800	21972	896,400	9092	698043
<b>marzo</b>	19844	910,800	22370	998,900	18184	712946
<b>abril</b>	18145	877,000	19699	842,000	10092	740574
<b>mayo</b>	19277	980,040	21280	866,800	18805	871872
<b>junio</b>	19000	918,312	23095	1,072,600	20168	1221426
<b>julio</b>	23689	1,096,637	21482	918,200	27276	980975
<b>agosto</b>	22540	1,089,427	17166	819,200	18937	738888
<b>septiembre</b>	21544	1,041,270	23950	980,949	19762	911202
<b>octubre</b>	22522	1,040,212	30696	1,312,000		
<b>noviembre</b>	23858	1,153,100	23680	1,054,900		
<b>diciembre</b>	22278	1,028,400	18474	746,900		

**Tabla 2.16. Tabla del grafico G-P vs T**

<b>Tabla del grafico G-P vs T 2009</b>					
<b>Mes</b>	<b>consumo</b>	<b>% variación</b>	<b>producción</b>	<b>% variación</b>	<b>comportamiento</b>
<b>enero</b>	28259		1351800		
<b>febrero</b>	13500	52.2	538800	60.1	
<b>marzo</b>	19844	-47.0	910800	-69.0	
<b>abril</b>	18145	8.6	877000	3.7	
<b>mayo</b>	19277	-6.2	980040	-11.7	
<b>junio</b>	19000	1.4	918312	6.3	
<b>julio</b>	23689	-24.7	1096637	-19.4	
<b>agosto</b>	22540	4.9	1089427	0.7	
<b>septiembre</b>	21544	4.4	1041270	4.4	
<b>octubre</b>	22522	-4.5	1040212	0.1	anómalo
<b>noviembre</b>	23858	-5.9	1153100	-10.9	
<b>diciembre</b>	22278	6.6	1028400	10.8	

**Tabla 2.17. Tabla del grafico G-P vs T**

<b>Tabla del G-P vs T 2010</b>					
<b>Mes</b>	<b>consumo</b>	<b>% variación</b>	<b>producción</b>	<b>% variación</b>	<b>comportamiento</b>
<b>enero</b>	18894		722100		
<b>febrero</b>	21972	-16.3	896400	-24.1	
<b>marzo</b>	22370	-1.8	998900	-11.4	
<b>abril</b>	19699	11.9	842000	15.7	
<b>mayo</b>	21280	-8.0	866800	-2.9	
<b>junio</b>	23095	-8.5	1072600	-23.7	
<b>julio</b>	21482	7.0	918200	14.4	
<b>agosto</b>	17166	20.1	819200	10.8	
<b>septiembre</b>	23950	-39.5	980949	-19.7	
<b>octubre</b>	30696	-28.2	1312000	-33.7	
<b>noviembre</b>	23680	22.9	1054900	19.6	
<b>diciembre</b>	18474	22.0	746900	29.2	

Tabla 2.18. Tabla del grafico G-P vs T

Tabla del G-P vs T 2011					
Mes	consumo	% variación	producción	% variación	comportamiento
enero	16366		657539		
febrero	9092	44.4	698043	-6.2	anómalo
marzo	18184	-100.0	712946	-2.1	
abril	10092	44.5	740574	-3.9	anómalo
mayo	18805	-86.3	871872	-17.7	
junio	20168	-7.2	1221426	-40.1	
julio	27276	-35.2	980975	19.7	anómalo
agosto	18937	30.6	738888	24.7	
septiembre	19762	-4.4	911202	-23.3	

Tabla 2.19. Índice de Consumo vs Producción

Mes/año	2009		2010		2011	
	Producción	I.C	Producción	I.C	Producción	I.C
enero	1,351,800	0.020	722100	0.060	657539	0.026
febrero	538,800	0.023	896400	0.052	698043	0.024
marzo	910,800	0.021	998900	0.049	712946	0.024
abril	877,000	0.021	842000	0.054	740574	0.023
mayo	980,040	0.021	866800	0.053	871872	0.020
junio	918,312	0.021	1072600	0.047	1221426	0.016
julio	1,096,637	0.020	918200	0.052	980975	0.019
agosto	1,089,427	0.020	819200	0.055	738888	0.023
septiembre	1,041,270	0.021	980949	0.050	911202	0.020
octubre	1,040,212	0.021	1312000	0.042		
noviembre	1,153,100	0.020	1054900	0.048		
diciembre	1,028,400	0.021	746900	0.059		
Promedio		<b>0.021</b>		<b>0.052</b>		<b>0.022</b>

Tabla 2.20

	Producción/m <sup>2</sup>			Combustible /litros		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
<b>Promedio</b>	1002150	935912	837052	21205	21897	17631
<b>Desviación</b>	193408	224948	180646	3655	3577	5463
<b>LCS</b>	1388965	1385809	1198343	28514	29050	28557
<b>LCI</b>	615334	486016	475760	13896	14743	6706

Tabla 2.21. Tendencias de Consumo de Combustible 2010 en base de 2009

2010					
mes	Ga	Pa	Gt=mPa+Eo	Ga-Gt	Sum Acum
enero	18894	722100	15657	3237	3237
febrero	21972	896400	18794	3178	6415
marzo	22370	998900	20639	1731	4909
abril	19699	842000	17815	1884	3615
mayo	21280	866800	18261	3019	4903
junio	23095	1072600	21966	1129	4148
julio	21482	918200	19187	2295	3425
agosto	17166	819200	17405	-239	2057
septiembre	23950	980949	20316	3634	3395
octubre	30696	1312000	26275	4421	8055
noviembre	23680	1054900	21647	2033	6454
diciembre	18474	746900	16103	2371	4404

Tabla 2.22. Tendencias de Consumo de Electricidad 2011 en base de 2009

2011					
mes	Ga	Pa	Gt=mPa+Go	Ga-Et	Sum Acum
enero	16366	657539	14495	1871	1871
febrero	9092	698043	15224	-6132	-4260
marzo	18184	712946	15492	2692	-3440
abril	10092	740574	15989	-5897	-3205
mayo	18805	871872	18353	452	-5445
junio	20168	1221426	24645	-4477	-4025
julio	27276	980975	20317	6959	2483
agosto	18937	738888	15959	2978	9937
septiembre	19762	911202	19061	701	3679

**Tabla 2.23 Costo de los portadores energéticos**

<b>Portador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo/unidad en EC\$</b>
<b>Electricidad</b>	<b>kWh</b>	<b>\$0.86</b>
<b>Combustible (Diesel)</b>	<b>Litros</b>	<b>\$3.25</b>

Conversión monetaria: CUC\$1.00 = EC\$2.80

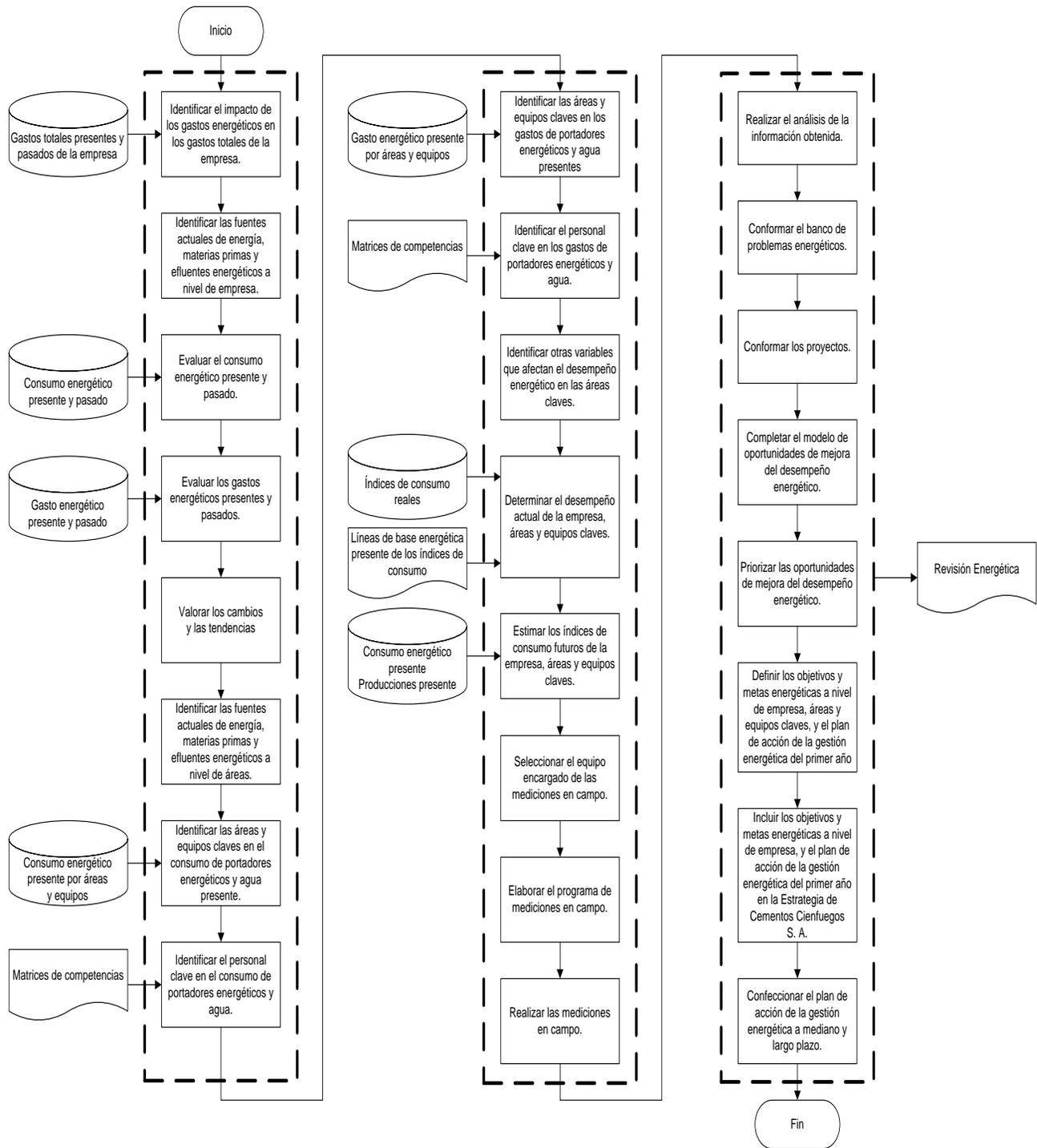


Figura 3.1: Diagrama de flujo del proceso de revisión energética. Fuente: Elaboración propia.

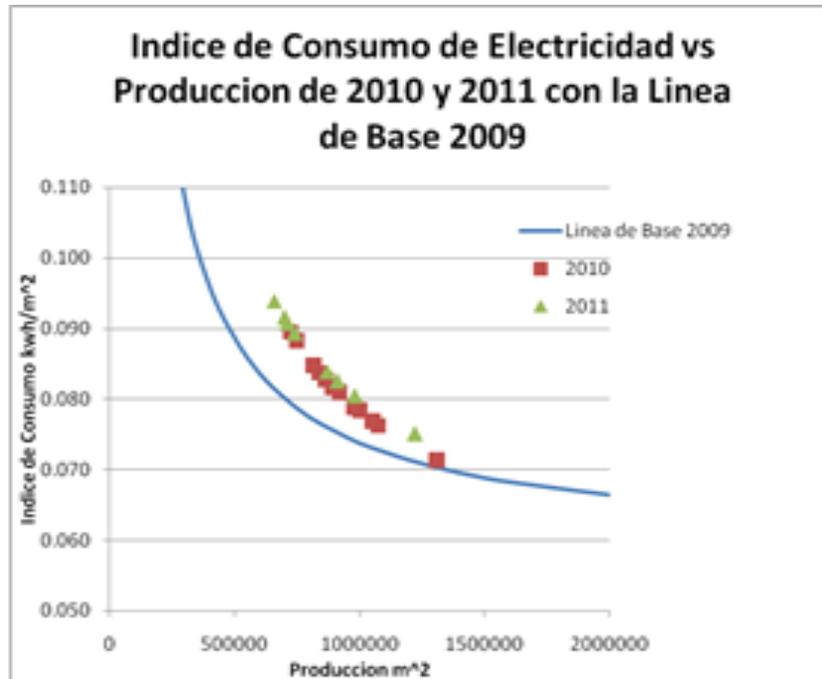


Gráfico 3.1. Índice de consumo de Electricidad vs Producción de 2010 y 2011 con línea de base 2009

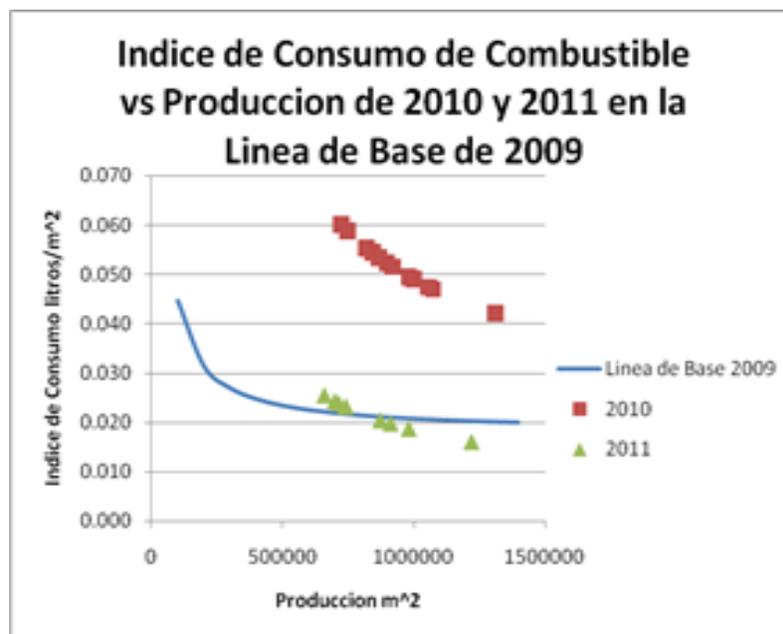


Gráfico 3.2. Índice de consumo de Combustible vs Producción de 2010 y 2011 con línea de base 2009

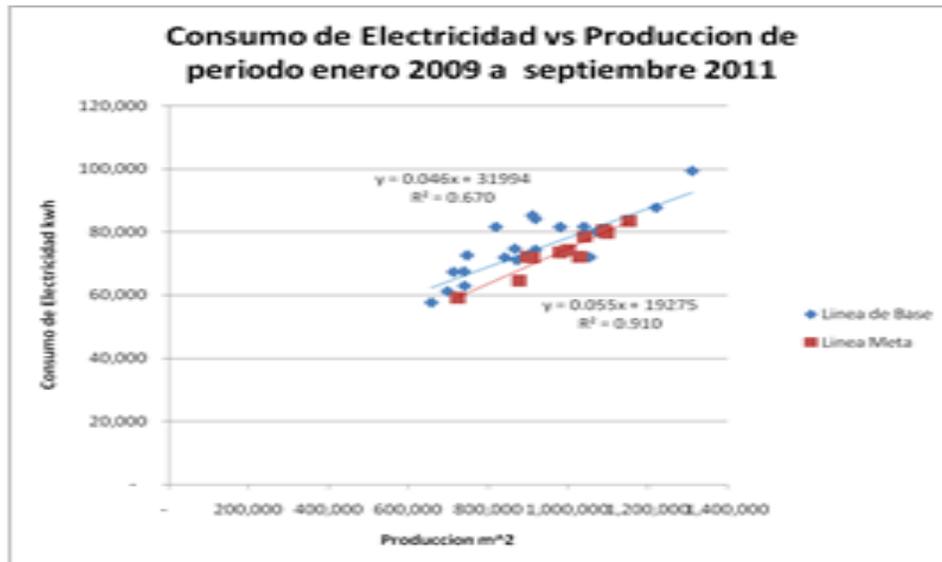


Gráfico 3.3 Consumo de Electricidad vs Producción del periodo enero 2009 a septiembre 2011

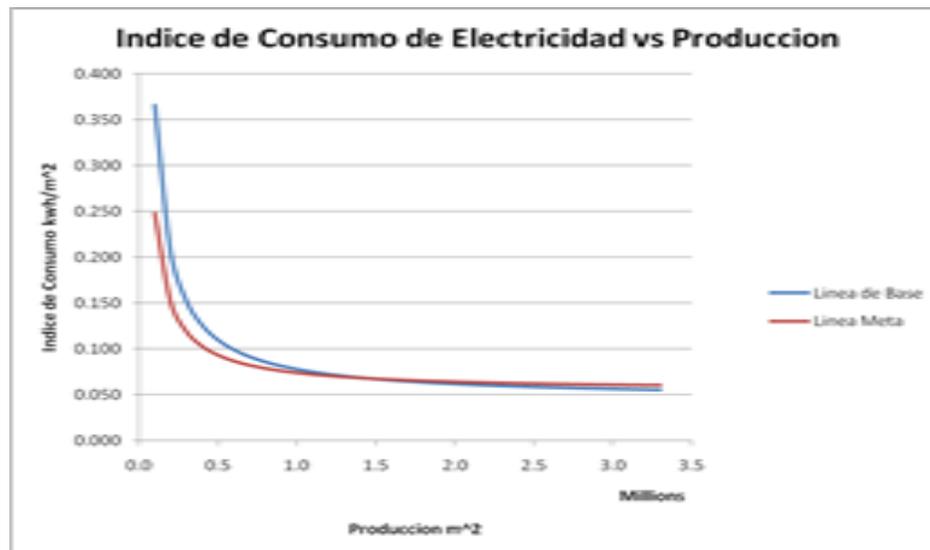


Gráfico 3.4. Índice de Consumo de electricidad vs Producción periodo enero 2009 a septiembre 2011