



Ministerio de Educación Superior  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.  
Dr. “Antonio Núñez Jiménez”  
Facultad Metalurgia –Electromecánica.  
Departamento de Eléctrica.

Trabajo De Diploma En Opción Al título De Ingeniero Eléctrico.

Título: Propuestas de mejoras energéticas a hornos de la Empresa  
Mecánica del Níquel.

Autor: Pedro Luis Cisneros Llorente

Tutore: Ing. Orlando Pupo Fernández

Moa, 2011

“Año 53 de la Revolución”



## **Declaración de Autoridad.**

Yo: Pedro Luis Cisneros Llorente.

Autor de este Trabajo de Diploma, "*Propuestas de Mejoras Energéticas a Hornos de la Empresa Mecánica del Níquel*", junto con el Ing. Orlando Pupo Fernández certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

Ing. Orlando Pupo Fernández  
(Tutor)

Pedro Luis Cisneros Llorente  
(Diplomante)

|



## **Pensamiento.**

El espectáculo de lo grande templea el espíritu para la producción de lo grande...Que la enseñanza científica vaya como la sabia en los árboles, de la raíz al tronco.

José Martí



**Dedicatoria.**

A mis padres, por todo el cariño desplegado, a mi familia, a mis profesores, a Fidel y al Socialismo, a todas mis amistades.



### **Agradecimientos.**

A mi tutor Orlando Pupo Fernández por toda la atención y ayuda que me brindó durante el desarrollo de este trabajo.

A todos mis profesores del instituto, que me guiaron y me ayudaron durante todos estos años.

A mis amigos de la universidad que me brindaron su ayuda incondicional y a todas las personas que de una forma u otra me dieron su aporte para la realización de este trabajo.

## **Resumen.**

La Empresa Mecánica del Níquel es una entidad industrial con un esquema de cargas eléctricas diversas, que incluye cientos de máquinas herramientas, así como maquinaria industrial, tecnológica, de alumbrado, climatización, etc. Todas relacionadas entre sí, garantizan el objeto social de la entidad que consiste en garantizar producciones mecánicas y reparaciones para la industria del níquel.

En el Capítulo 1 o marco teórico se abordan principalmente el estado del arte sobre la Gestión Energética, específicamente la involucrada en el trabajo eficiente de las instalaciones que serán objeto de investigación, o sea, hornos usados para el secado de transformadores y motores, así como los dedicados al tratamiento térmico de metales.

En el Capítulo 2, se refieren las caracterizaciones realizadas de los parámetros físicos, eléctricos, dimensionales, etc, de los hornos objetos de investigación.

En el Capítulo 3 se proponen las acciones de mejoras al sistema actual de secado y quemado de transformadores y motores de la EMNi a partir del análisis realizado.



## **Summary**

The Mechanical Company of the Nickel, is an entity with an outline of electric loads diverse, that it includes hundred of machines tools, as well as industrial, technological machinery, of illumination, air conditioner, etc. All related ones to each other, guarantee the social object of the entity that it consists to guarantee mechanical productions and repairs for the industry of the nickel.

In the chapter No. one, theoretical mark they are approached main mind state of art on the energy administration, specifically the one involved in the efficient work of the facilities that it will be investigation object that is to say, ovens used for the drying of transformers and motors, as well as those dedicated to the thermal treatment of metals.

In the chapter two, they refer the carried out measurement of the physical, electric, dimensional parameters, etc. of the ovens investigation object.

In chapter three intend those the actions of improvements to the current system of drying and burnt of transformers and motors of the Mechanical Company of the Nickel starting for the carried out analysis.

## Índice

	Declaración de Autoridad.	I
	Pensamiento.	II
	Dedicatoria	III
	Agradecimientos.	IV
	Resumen.	V
	Summary	VI
	Índice	VII
	Introducción General.	1
	Situación problemática.	2
	Problema	2
	Hipótesis:	2
	Objetivo general:	2
	Objetivos específicos:	2
	Objeto de estudio:	3
	Campo de acción:	3
	Resultados esperados:	3
1	CAPITULO I: Marco Teórico.	4
1.1	Introducción.	4
1.2	Gestión Energética	4
1.2.1	Alcance	5
1.2.2	Términos y definiciones usados en la Gestión Energética:	6
1.2.3	Organización del SGE.	9
1.2.4	Programa de Economía Energética.	10
1.2.5	Ejecución de inversiones	10
1.2.6	Planificación energética.	11
1.2.7	Gestión de los recursos. Capacitación y divulgación. Entrenamiento, educación del personal y motivación.	13
1.2.8	Cultura energética.	14
1.2.9	Divulgación energética.	15
1.2.10	Estimulación económica	15
1.2.11	Reglamentación y documentación técnica. Aspectos esenciales.	15
1.2.12	Responsabilidades	16
1.2.13	Abastecimiento de calor. Hornos, secadores. Norma de operación.	16
1.2.14	Principales parámetros de trabajo. Cálculo del rendimiento	17

1.2.15	Distribución y uso de la energía térmica. Parámetros de operación establecidos.	17
1.2.16	Aislamiento térmico.	18
1.2.17	Balance de pérdidas.	19
1.2.18	Mantenimiento energético.	19
1.2.19	Medición, análisis y mejora. Eficiencia energética.	20
1.2.20	Auditoría energética.	21
1.2.21	Implementación de la contabilidad analítica energética.	22
1.2.22	Inspección energética. Aspectos esenciales a considerar	22
1.2.23	Indicaciones generales para realizar el balance energético	24
1.2.24	Ficha técnica de equipos	28
1.2.25	Diagrama Sankey. Concepto general.	29
1.3	Hornos eléctricos de resistencia	29
1.4	Ahorro energético en hornos	30
1.4.1	Diseño y utilización del horno:	30
1.4.2	Mantenimiento.	32
1.5	Fórmulas para el cálculo de la energía	33
1.6	Conclusiones	34
2	Capítulo II. Materiales y Métodos empleados en la investigación	35
2.1	Introducción	35
2.2	Cálculo de los índices	35
2.3	Caracterización de los Hornos de la UEB de Reparaciones Capitales Eléctricas	35
2.3.1	Secado de motores	45
2.3.2	Comprendiendo el problema:	45
2.3.3	Manera de limpiar:	45
2.3.4	Fuente de calor.	46
2.3.5	Control de temperatura.	47
2.3.6	¿Cuánto tiempo Hornear?	47
2.3.7	Temperaturas y tiempos de secado.	48
2.3.8	Consideraciones prácticas	50
2.4	Caracterización de los Hornos de Tratamiento Térmico	54
2.5	Conclusiones.	58
3	Capítulo III. Realización de Auditoría Energética	59
3.1	Introducción	59
3.2	Auditoría Energética a UEB de RCE y Maquinado	59
3.3	Evaluación puntual de las desviaciones	67



3.4	Conclusiones	74
3.5	Evaluación técnico económica	75
	Conclusiones Generales	76
	Recomendaciones.	77
	Bibliografía	78
	Anexos	79



## **Introducción General.**

La Empresa Mecánica del Níquel "Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche", inaugurada en 1987, está integrada por varias Unidades Empresariales de Base para la producción de estructuras metálicas, piezas fundidas y mecanizadas, reparaciones de equipamiento eléctrico industrial y de vehículos ligeros y camiones. Nos interesa particularmente dos de ellas. **UEB de Reparaciones Capitales Eléctricas**, que tiene dos talleres para la reparación capital de motores eléctricos y transformadores. Presenta varios hornos de secado de transformadores y motores. **UEB DE Maquinado**, que abarca tres talleres y más de 250 máquinas herramientas. Posee hornos de cámara y de pozo de temperatura de trabajo de  $1000^{\circ}\text{C}$  para el tratamiento térmico.

Como parte de la entidad, tienen la misión de mantener la disponibilidad técnica y operacional de la industria Cubana del Níquel, garantizando los mantenimientos y reparaciones en el tiempo previsto con calidad y bajos costos.

En cuanto al ahorro energético, tienen el objetivo de lograr una reducción de un 1 %, en los índices globales de portadores energéticos respecto al plan establecido para el año y la aplicación de las medidas del programa de economía energética.

En mantenimiento tienen previsto ejecutar los programas de reparación y mantenimiento de equipos principales de la cadena productiva que permita asegurar una disponibilidad de un 93 % y el cumplimiento del plan de producción previsto para el año.

El presente trabajo de investigación es un trabajo de Gestión Energética, pues está realizado con el objetivo de lograr ahorro energético. El proceso investigativo ejecutado a manera de diagnóstico o auditoría, descubre la reserva energética de las instalaciones estudiadas, pero se integra al proceso de Gestión Energética de la entidad, al proponer incluir y desarrollar algunas de las propuestas en el Programa Energético de la entidad.

### **Situación problemática.**

- Baja eficiencia energética en las operaciones de secado de motores, transformadores y el tratamiento térmico de metales.
- Desconocimiento de las normas que regulan este proceso.
- Falta de registros para diagnosticar los niveles actuales de eficiencia.
- Mal estado técnico de algunos hornos.

### **Problema**

Se desconoce el potencial de ahorro energético en los procesos de secado de motores, transformadores y el tratamiento térmico de metales

### **Hipótesis:**

Si se analizan y diagnostican los procesos actuales de secado de motores – transformadores y tratamiento térmico de metales de la Empresa Mecánica del Níquel, se pueden presentar soluciones para la mejora de las principales deficiencias y con ello incrementar la eficiencia energética de sus instalaciones.

### **Objetivo general:**

Establecer un diagnóstico energético en hornos que garantice eficiencia y menores gastos en los costos totales de la entidad.

### **Objetivos específicos:**

- 1.- Presentar el estado del arte de la gestión energética involucrada en los procesos de secado de motores y tratamiento térmico.
- 2.-Obtener el diagnóstico energético de estos procesos.



3.- Proponer mejoras para lograr eficiencia energética.

**Objeto de estudio:**

La Gestión Energética en hornos de secado de motores y de tratamiento térmico.

**Campo de acción:**

Los hornos de las UEB de Reparaciones Capitales Eléctricas y de Maquinado, en la Empresa Mecánica del Níquel.

**Resultados esperados:**

- Identificar el potencial de ahorro energético por concepto de mal uso o deterioro de los hornos eléctricos a base de resistencias.
- Actualización de los parámetros energéticos de los hornos.
- Evaluar y actualizar el Sistema de Gestión Energética en Hornos.

## **CAPITULO I: Marco Teórico Metodológico de la investigación.**

### **1.1. Introducción.**

En este capítulo, se abordan principalmente el estado del arte sobre la Gestión Energética, específicamente la parte involucrada en el trabajo eficiente de las instalaciones que serán objeto de investigación, o sea, hornos usados para el secado de transformadores y motores, así como los dedicados al tratamiento térmico de metales. Sus instalaciones nunca han sido estudiados integralmente, a partir de una reglamentación técnica, presentan peculiaridades estructurales y organizativas que deben ser revisadas, para lograr un uso y explotación óptimos, con un adecuado consumo de electricidad.

### **1.2. Gestión Energética**

En nuestro Ministerio, está establecido desde el año 1998, que cada entidad desarrolle un Sistema de Gestión Energética (SGE), que es la parte del sistema general de gestión que considera la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, la reglamentación y los recursos para conseguir la máxima eficiencia en el suministro, conversión y utilización de la energía.

A continuación, se expondrá resumidamente el ciclo de Gestión Energética que se involucra para que no quede en el vacío la investigación realizada.

Debemos conocer que al igual que el resto de las industrias del MINBAS, El Uso Racional de la Energía en la EMNI está dirigida a:

- Obtener la máxima eficiencia en el suministro, conversión y utilización de la energía que permita reducir de forma sistemática los índices de consumo y costos energéticos, como una de las vías para alcanzar competitividad en las producciones y los servicios.

Lo anterior está en concordancia con los objetivos de trabajo establecidos en la

entidad y mencionados en la Introducción General.

Los objetivos del Sistema de Gestión Energética aplicado en la entidad es:

- Confeccionar el Programa de Economía Energética (Ver Anexo I) y su presupuesto dentro del Plan de Negocios de la Entidad, estableciendo un proceso cíclico dinámico de ejecución, control y revisión que garantice la consecución de mejoras continuas; constituyendo una vía para la implantación de las medidas que se deriven, además, del Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba ( PAEC). Por tanto, las propuestas de ahorro que se establezcan en este trabajo investigativo, se incluirán en el Programa de Economía Energética establecido en la entidad.
- Garantizar la vinculación directa del comportamiento de los indicadores energéticos con el resultado económico y el sistema de estimulación empresarial, fundamentalmente al personal que tiene una incidencia directa en la eficiencia energética.
- Implementar las Auditorías Energéticas, como el eslabón básico que permita identificar claramente los potenciales existentes para el ahorro de portadores, la reducción de índices de consumo y costos energéticos. Podemos considerar que este trabajo es el equivalente a una Auditoría Energética al área de Hornos de Secado de Motores y transformadores y de tratamiento térmico.
- Integrar la preparación, la divulgación y la información energética, a fin de crear la educación y la disciplina hacia el control y el uso racional de la energía.

### **1.2.1 Alcance**

El presente Capítulo se establece y especifica los requisitos básicos para aplicar un Sistema de Gestión Energética (SGE) eficiente, adecuado a las características de la entidad, que le permita formular un conjunto de acciones para incrementar la eficiencia energética, tanto en el proceso de la transformación de la energía como en su utilización, teniendo como premisas el cumplimiento de los parámetros técnicos

de operación y la estabilidad del proceso productivo. Es un instrumento indispensable para:

- Diagnosticar la eficiencia energética de los diferentes equipos, procesos e instalaciones.
- Determinar y valorar los cambios tecnológicos o de proceso que pueden reducir los consumos específicos de energéticos, así como otras mejoras que permitan la diversificación de las fuentes energéticas.
- Promocionar inversiones para el uso racional de la energía, que representen un mejor resultado económico ó mejoramiento del medio ambiente a la entidad.
- Controlar el suministro, almacenamiento, y distribución de las fuentes energéticas, así como conocer el consumo específico de energía en los diferentes equipamientos, instalaciones y equipos, vinculando su comportamiento con el sistema de estimulación empresarial.
- Confeccionar el Programa Energético y Planes de Economía energética dentro del Presupuesto del Plan de Negocios de la Entidad, con un orden de prioridad de las medidas a ejecutar partiendo de una evaluación técnico - económica, garantizando su ejecución, control sistemático y análisis.

### **1.2.2 Términos y definiciones usados en la Gestión Energética:**

**Acomodo de Carga**, consiste en la acción que ejecuta el consumidor de electricidad con el objetivo de reducir su máxima demanda, mediante el desplazamiento de las cargas eléctricas instaladas a horarios con menores demandas, sin afectar la producción y los servicios. Un resultado significativo de esta acción se obtiene cuando retiramos carga del pico eléctrico hacia otros momentos del día, en los cuales la electricidad tiene menor precio según la tarifa.

**Ahorro Energético**, corresponde a las medidas o el efecto de las medidas tomadas por suministradores y usuarios de energía con el fin de reducir su despilfarro.

**Auditoría Energética**, es la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía en un equipo, parte del proceso o en el proceso total y en la entidad. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía basándose en los datos de operación existentes o estimados, a partir de la realización del balance material y de energía, para determinar dónde y cómo es utilizada la energía, además de especificar cuánta es desperdiciada.

**Balances de Energía**, es, de acuerdo al Primer Principio de la Termodinámica, la igualdad entre la suma de la energía que entra más los calores netos de reacción ( exotérmica - endotérmica) y la suma de la energía que sale, dentro de los límites de un sistema y durante un cierto período de tiempo. Se evalúan todas las corrientes que aparecen en el esquema (masa y energía), determinando las pérdidas por balance.

**Consumo Específico de Energía**, es la relación entre el equivalente calorífico del combustible consumido (o el físico), y la producción obtenida en un intervalo de tiempo determinado.

**Contabilidad Energética**, se refiere al control de los consumos de cada uno de los tipos de aprovisionamiento energético: fuel oil, gas, electricidad, etc. en cada taller y entidad, así como su variación en el tiempo, la definición y determinación de indicadores de consumo y rendimientos de las instalaciones, procesos y entidad.

**Demanda Máxima Eléctrica**, es el valor máximo de Potencia eléctrica alcanzada en el período que se analice (anual, mensual, diaria, etc.).

**Diagrama de Flujo Energético**, consiste en la representación de todas las corrientes de energía que intervienen en las diferentes operaciones básicas, así

como en las áreas de servicio. Cada corriente se simboliza por una flecha sobre la que figurará su denominación correspondiente.

**Diagrama SANKEY**, es la representación esquemática del resultado del Balance de Energía en una entidad, parte de la misma o un equipo en un período de tiempo, en forma de flechas que guardan determinada proporcionalidad.

**Economía Energética**, es la obtención, transformación, distribución y utilización económica de la energía, teniendo en cuenta, entre otras, las posibilidades nacionales y globales de la conservación de los recursos energéticos y tomando en consideración el mantenimiento y la calidad del medio ambiente.

**Ficha Técnica Energética**, es un resumen sintetizado de las características básicas, tanto del equipo principal consumidor de energía como de los equipos auxiliares.

**Inspección Energética**, es un conjunto de acciones que se realizan sobre instalaciones, equipos, partes, etc. según una organización y procedimientos establecidos, con un nivel técnico correspondiente a la acción a ejecutar, con el objetivo de controlar el estado técnico de éstas y emitir las recomendaciones apropiadas para evitar o subsanar las deficiencias que presenten.

**Mantenimiento Energético**, es un conjunto de intervenciones a equipos y sistemas energéticos dirigidos a mantener su buen estado técnico de forma que estén aptos para operar con una elevada eficiencia energética y alta fiabilidad en la explotación de la instalación.

**Pico Eléctrico**, es la Demanda Eléctrica más alta que debe ser suministrada a los consumidores del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) durante un período de tiempo específico (diario, mensual, anual). Esta Demanda Pico se establece generalmente como el promedio sobre un tiempo dado. Se toma como pico eléctrico el período del día de 18:00 a 22:00 horas.

**Plan de Economía Energética**, incluye las tareas concretas a ejecutar en el año para mejorar y optimizar la utilización de la energía en la entidad y se deriva del Programa de Economía Energética.

**Programa de Economía Energética**, es la traducción concreta de la voluntad de la dirección respecto a mejorar la utilización de la energía en la entidad para reducir el consumo energético, diversificar las fuentes de energía utilizadas e introducir tecnologías energéticas de avanzadas. Incluye todas las medidas a cumplir a corto, mediano y largo plazo.

**Rendimiento Energético de las instalaciones**, es la relación entre la energía aprovechada y la energía consumida.

**Uso Racional de la Energía**, es la utilización de la energía por parte de los consumidores, en la forma más adecuada para conseguir objetivos económicos, teniendo en cuenta requerimientos sociales, políticos, financieros y ambientales.

### **1.2.3 Organización del SGE.**

El Sistema de Gestión Energética se basa en un proceso cíclico dinámico de ejecución, control y revisión a partir de la integración de elementos fundamentales:

- Programación y Planificación Energética.
- Reglamentación Técnica de Equipos y Sistemas para asegurar el Uso Racional de la Energía.
- Gestión de recursos. Preparación del Personal, Divulgación Energética y Estimulación Económica.
- Medición, Análisis, Mejora: Evaluación de resultados y Análisis de los Indicadores, Auditorías e Inspección Energética, Investigación e Innovación Tecnológica.

#### **1.2.4 Programa de Economía Energética.**

La Entidad establece y mantiene al día un Programa de mejoras para lograr el uso racional de la energía, denominado Programa de Economía Energética.

Tiene como base fundamental los resultados aportados en la Auditoría Energética realizada, se confecciona a partir de los Talleres de cada entidad con las recomendaciones técnicas previamente elaboradas por los especialistas y la participación de todos los trabajadores, e incluye todas las medidas a cumplir a corto, mediano y largo plazo.

Los objetivos del Programa deben ser claros, específicos, medibles, razonables (ej. Reducción del índice de consumo) y estableciendo prioridades para llevarlos a cabo.

El Plan de Economía Energética deberá estar conjugado con los objetivos que se fijan en materia de economía energética e incluir las tareas concretas a ejecutar en el año, para cumplir el Programa. Todas las acciones contenidas en el Plan que requieran financiamiento para su ejecución deberán estar respaldados por el Plan de Negocios aprobado para la Entidad, en tal sentido no deberá incluirse ninguna tarea que no tenga respaldo financiero, de requerirlo.

Por tanto las medidas de ahorro que se deriven de este trabajo investigativo, se propondrán al Consejo de Dirección para incluirlas en el Programa de ahorro de la entidad, estas medidas pueden ser de naturaleza organizativa o pueden demandar inversiones, por lo cual se deben enmarcarse en el Plan de Negocios de la entidad con el respaldo financiero y técnico que se necesite.

#### **1.2.5 Ejecución de Inversiones**

Las medidas que requieren una inversión, al igual que cualquier otro proyecto tienen que ser sometidas a un estudio técnico – económico de viabilidad, teniendo definidos todos los indicadores técnicos – económicos que la caracterizan para facilitar su análisis financiero, con lo que se puede realizar la clasificación de las mejoras por la

rentabilidad. En el Plan de Inversiones de la entidad deben incluirse diferenciadas las inversiones referidas al ahorro energético.

El estado de cumplimiento del Plan se analizará mensualmente como parte integrante del Programa de Desarrollo de la Entidad y en el marco del Análisis Económico que se realiza a partir del Taller y hasta la Entidad, valorando no sólo el cumplimiento de las medidas sino el resultado económico de su implementación y si se corresponde con lo esperado.

El Programa de Economía Energética se actualizará anualmente por el Consejo de Administración de la Entidad, teniendo en cuenta las medidas ejecutadas y las proyecciones estratégicas.

El cumplimiento del plan anual se revisará sistemáticamente por el Grupo Energético de la Entidad al cierre de cada año, en el Consejo de Administración de la Entidad.

#### **1.2.6 Planificación energética.**

Se establecerá un procedimiento para la Planificación Energética a partir de las siguientes consideraciones generales:

Tiene que basarse en una argumentación técnica de los indicadores de consumo energéticos y en las exigencias del Plan de Negocios de la Entidad.

Se calculará la cantidad de cada portador energético para la etapa que se planifica utilizando las normas de consumo técnicamente fundamentadas y teniendo en cuenta los niveles de actividad para la etapa.

Se calculará el consumo de portadores energéticos que implica esta desagregación por equipo energético (hornos, secaderos, compresores, etc.) en dependencia de las características de cada instalación, tomando como base la norma ó el índice de consumo energético de diseño o proyecto a partir del resultado de la auditoría energética realizada al equipo o proceso.

En el caso de Talleres y Plantas con un variado surtido de producción, se determinará la unidad de medida o equivalencia que exprese mejor el resultado de la

Gestión Energética, (siempre en función de la producción terminada), y que permita hacer comparaciones válidas entre el índice real y el planificado para un período dado, así como contra el real obtenido en etapas anteriores.

Los indicadores de consumo de los equipos energéticos, que es donde se define la planificación energética, tienen que mantener una tendencia decreciente en el tiempo, hasta alcanzar su valor de diseño, proyecto o el estimado según la normativa internacional.

El SGE que implantará la entidad estará debidamente documentado. Los principales documentos que componen el sistema son:

- Procedimientos.
- Instrucciones Técnicas.
- Documentos de Control y Registro que recojan los resultados de la actividad.
- Reglamentación técnica.
- Carpetas de Fichas Energéticas.
- Programa y Plan de Economía Energética.

El Director de la Entidad es el responsable y gestor principal en la aplicación e implantación efectiva del SGE.

El Director delegará la autoridad necesaria al Especialista Energético para que coordine, controle y verifique la efectiva implantación del SGE.

El Director de cada Entidad aprueba y garantiza dentro del Plan de Negocias los recursos técnico- financieros para el cumplimiento de:

- Programa de Economía Energética elaborado (Plan anual de Economía Energética, Plan de Contingencia).
- Realización de las Auditorias Energéticas.
- Indices de consumo de los portadores energéticos planificados.
- Demanda contratada en el “pico”.
- Estructura de consumo.



Al Especialista Energético se le ubicará en un nivel jerárquico del organigrama de la entidad que se corresponda, teniendo en cuenta las características de la misma, y con el alcance y necesidades del SGE que se implante.

Es el responsable, entre otros, de:

- Definir la política de la entidad para la actividad.
- Elaboración del Programa de Economía Energética y los Planes anuales. Control de su cumplimiento. Análisis y valoración de las desviaciones.
- Mantener actualizada la documentación técnica del equipamiento.
- Cumplimiento de la Reglamentación técnica, Disposiciones, leyes, instrucciones Estatales vigentes, etc.
- Planificar y mantener el control de las reparaciones, mantenimiento y la realización de las inspecciones de los equipos, sistemas y accesorios del área energética.
- Control, análisis y registro de los índices de consumo de los portadores energéticos.
- Control y Registro de la comprobación de los medios de medición, etc.
- Actualización de las fichas técnicas (carpetas) y los registros establecidos.
- Realización de las auditorías energéticas, técnicas e inspecciones.
- Tramitación, seguimiento de las deficiencias detectadas en las auditorías energéticas, técnicas, etc.
- Análisis del rendimiento de los equipos del área energética.

### **1.2.7 Gestión de los recursos. Capacitación y divulgación. Entrenamiento, educación del personal y motivación.**

Es necesario definir el “personal clave” que influye en el ahorro energético. Este personal tiene que ser objeto de un entrenamiento exhaustivo, de forma que llegue a entender la repercusión económica que tiene en el consumo de portadores energéticos, la conducción correcta y el funcionamiento adecuado del equipo que

tiene encomendado, a la inutilidad de tener máquinas en servicio cuando no son requeridas en el proceso productivo.

Además de la formación y el entrenamiento que se realizará a través de los planes de capacitación elaborados por el área energética y aprobados por la Dirección de la Entidad, la educación del personal ha de llevarse a cabo mediante campañas de motivación a través de Folletos, Carteles, Concursos, Encuestas, Vinculación con los resultados Económicos, entre otros.

Es necesario implantar un procedimiento por el cual el operador esté enterado de lo que está haciendo, y conozca de una manera clara, cuáles son los resultados en su planta del Programa de Economía Energética, cuál es el grado de cumplimiento de sus objetivos y cómo influye a nivel empresarial, y tenga una estimulación económica por estos resultados.

El personal tiene que comprender muy bien, que para alcanzar el objetivo final es necesario cubrir las tres etapas siguientes:

- Corrección de excesos y derroches.
- Cambios operacionales.
- Inversiones en cambios de equipos y procesos.

Estos temas deberán expresarse en tareas concretas recogidas tanto en el Programa como en los Planes Anuales de Economía Energética, así como en los Planes de Capacitación y Divulgación del Taller y la Entidad.

### **1.2.8 Cultura energética.**

La entidad debe de tener garantizado dentro de la elaboración del plan de capacitación las acciones previstas a elevar la cultura energética de los dirigentes, especialistas y trabajadores en general.

- Divulgación a los dirigentes, especialistas y trabajadores en general del contenido y alcance del Programa de ahorro de energía del centro.
- Se garantizará que los especialistas y dirigentes conozcan y apliquen las medidas que son de su responsabilidad.

- Garantizar la gestión de la información energética para que la misma llegue en tiempo y forma al que la tiene que utilizar.
- Garantizar que el adiestramiento que recibe un personal en los temas de ahorro y eficiencia energética se transmita al resto de los compañeros que lo necesiten.

### **1.2.9 Divulgación energética.**

Resulta conveniente para la industria desarrollar todo un plan de divulgación energética y poner en práctica una vez al año como mínimo, actividades como:

- a) Un evento de eficiencia energética a nivel de empresa.
- b) Un encuentro entre operadores a nivel de empresa.

La divulgación energética a nivel de áreas y puesto de trabajo puede realizarse destacando los principales parámetros que definen un sobreconsumo.

### **1.2.10 Estimulación económica**

Los indicadores energéticos tienen que formar parte de los indicadores fundamentales que caracterizan la actividad, a fin de que se consideren en los Sistema de Estimulación Empresarial, cualquiera que sea la fuente de financiamiento (fondo de salario o ahorro de los portadores).

Estos indicadores tienen que reflejar la realidad energética de la Entidad y estar debidamente avalados por una serie histórica.

Se analizarán y aprobarán en el Consejo Técnico de la Entidad para someterlos a la aprobación del Consejo de Administración de la misma, a fin de realizar su propuesta al MINBAS y organismos competentes.

### **1.2.11 Reglamentación y documentación técnica. Aspectos esenciales.**

La Entidad tiene reglamentado los sistemas, equipos y procesos para garantizar una gestión energética económica y eficiente, considerando como mínimo, y en función de las características de la entidad, los siguientes temas, relacionados con este trabajo investigativo:

- Abastecimiento de calor. Hornos, Secadores.
- Distribución y uso de la Energía Térmica.
- Transmisión y uso de la Electricidad.

Para asegurar una adecuada Gestión Energética la entidad debe contar con toda la documentación requerida para ello y que como mínimo será:

- Normas y procedimientos de operación y mantenimiento (incluye reparación e inspección) de todos los equipos y sistemas, en especial que sean grandes consumidores de energía o pertenezcan al área energética.
- Fichas técnicas de equipos y sistemas energéticos.
- Cartas de régimen de hornos.
- Diagramas monolineales, de flujo, de los diferentes circuitos y sistemas energéticos actualizados.
- Planos, cartas de calibración y otros de equipos e instrumentos.
- Controles y registros de operación de equipos energéticos.
- Deben tener en cuenta la inclusión de todos los equipos, sistemas y accesorios energéticos en los planes de mantenimiento y conservación, sobre todo de los elementos claves como: enfriadores, válvulas, redes eléctricas, aislamiento térmico, hermeticidad de equipos y sistemas, pintura, alumbrado, etc.

### **1.2.12 Responsabilidades**

El Jefe Técnico de la Entidad es el responsable de la aprobación de estos Reglamentos.

### **1.2.13 Abastecimiento de calor. Hornos, secadores. Norma de operación.**

Debe ser de estricto cumplimiento las normas de operación que garanticen no sólo la explotación confiable, y segura de toda la instalación, sino también, el uso más racional posible de los portadores energéticos.

#### **1.2.14 Principales parámetros de trabajo. Cálculo del rendimiento**

Los parámetros principales de trabajo que inciden directa o indirectamente sobre el rendimiento, deben estar sometidos a un riguroso control durante todos los regímenes de operación, entre estos parámetros se tienen:

La eficiencia debe ser evaluada con la mayor periodicidad posible, de acuerdo a las posibilidades de la instalación, pero nunca menos de una vez al día.

Una disminución en la eficiencia calculada en 1 %, o mayor con respecto a la normativa, debe ser objeto de un riguroso análisis por parte del personal técnico para esclarecer las posibles causas de su deterioro y erradicarlas en la mayor brevedad posible.

Además del riguroso control sobre los parámetros principales de trabajo y la eficiencia, se requiere velar celosamente por los aspectos más relevantes de la disciplina tecnológica, asociados al logro de una elevada eficiencia de explotación.

Entre estos aspectos se tienen:

- Lograr un suministro uniforme de aire a todas las secciones de los hornos.
- Comprobar diariamente la hermeticidad.
- No permitir infiltraciones de aire mayores del 10 % .
- El aislamiento térmico debe garantizar una temperatura en la superficie exterior del mismo, que no exceda en más de 30°C la temperatura ambiente.

#### **1.2.15 Distribución y uso de la energía térmica. Parámetros de operación establecidos.**

- Se entiende por parámetro de operación, aquellas mediciones que se realizan a un equipo con el objetivo de controlar y evaluar su funcionamiento. Ejemplo: temperatura, presión, etc.
- Los parámetros de operación deben mantenerse dentro de los límites permisibles establecidos en las instrucciones vigentes o recomendaciones del fabricante y para cada régimen de operación del proceso.
- Los parámetros establecidos así como sus desviaciones permisibles, previamente aprobados por el Jefe Técnico principal de la Entidad, deben ser de conocimiento del personal que opera las instalaciones y deben estar recogidos en las instrucciones de operación.
- La variación de los parámetros de operación producto de modernizaciones, rehabilitaciones, cambios de tecnologías, régimen de trabajo, serán inmediatamente registrados en los documentos antes mencionados.
- Los parámetros de operación deben registrarse en modelos previamente establecidos y con una periodicidad horaria. Se incluyen temperaturas, energía, etc.
- La corrección de las desviaciones en los parámetros de operación es una responsabilidad del operador y del personal técnico vinculado a esta actividad. Las desviaciones que no puedan corregirse en el momento deberán ser registradas y tomarse las medidas correspondientes según su incidencia.
- Diariamente el personal técnico debe analizar los datos de operación a partir de los modelos diarios de operación, registradores, como base para evaluar el uso de la energía térmica y tomar las medidas correctivas a corto o mediano plazo.

#### **1.2.16 Aislamiento térmico.**

El aislamiento térmico tiene como principales propósitos:

- Mantener condiciones confortables en un área o local.
- Conservar el calor o alguna otra forma de energía.
- Facilitar el control de temperatura de un proceso.
- Reducción de la temperatura exterior de un determinado cuerpo.

- Protección a personas, partes o estructura, de daños por alta temperatura.
- Todas las tuberías y equipos por donde circulen fluidos con mas de 45° C deben estar aisladas.
- La selección del aislante a emplear así como el espesor del mismo, deben cumplir tanto con las exigencias técnicas como las económicas, garantizando las menores pérdidas de calor que compensen el costo del aislamiento.
- El proceso de colocación del aislamiento debe realizarse teniendo en cuenta los pasos establecidos por la literatura especializada.
- Después de cualquier trabajo que haya requerido la remoción del aislamiento, no debe darse por concluido el mismo hasta tanto no se reponga el aislamiento.

#### **1.2.17 Balance de pérdidas.**

- La instrumentación empleada para la medición de los parámetros que intervengan en el cálculo, deben estar debidamente calibrados y certificados.
- Las causas de las pérdidas de energía arrojadas por el balance deben ser analizadas para detectar sus causas y eliminarlas en la mayor brevedad mediante el mantenimiento energético.

#### **1.2.18 Mantenimiento energético.**

- El mantenimiento energético mediante revisiones periódicas constituye una herramienta eficaz para eliminar las variaciones de los parámetros de operación fuera de los valores recomendados que se producen debido al envejecimiento, falta de reparaciones, obsolescencia de determinados equipos, etc.
- El mantenimiento energético se debe basar en las revisiones periódicas que permiten detectar los problemas existentes de manera rápida e incidir de igual forma sobre ellos.
- La división por áreas, según la incidencia de los diferentes equipos y sistemas en la eficiencia de la instalación, es un arma eficaz para la realización del programa

de mantenimiento energético.

- Además del programa de inspecciones y reparaciones rápidas se incluye en el programa de mantenimiento energético las mejoras al régimen de operación, las cuales contemplan todas aquellas acciones que garantizan la regulación y control de las variables del proceso.
- Los resultados de las inspecciones del programa de mantenimiento energético serán tramitados inmediatamente, acometiéndose aquellas tareas que por su sencillez e importancia así lo requieran y planificándose en el plazo menor posible la solución de los problemas restantes que por su complejidad y necesidad de materiales necesiten de mayor tiempo.

#### **1.2.19 Medición, análisis y mejora. Eficiencia energética.**

El MINBAS, establece para las entidades el cálculo de los siguientes indicadores de eficiencia energética:

- **Índice de consumo de electricidad** ( MWh/ unidad de producción).

**Ic = MWh/Tn**, donde Tn= Toneladas físicas

**Ic = MWh/U**, donde U= Unidades físicas

- **Intensidad energética:** (TCE/MP – Toneladas de combustible equivalente/ producción mercantil)

**Ie = TCE/PM**

Se establece:

- Que los índices establecidos serán calculados mensualmente y acumulado hasta la fecha para cada taller, UEB, Entidad, así como para sus producciones principales.
- La elaboración del procedimiento para el control, análisis y registro de estos indicadores.

### **1.2.20 Auditoria energética.**

La Auditoria Energética es la base del sistema y del análisis del ciclo.

Aspectos esenciales a considerar.

La Entidad tiene establecida la realización de Auditorías Energéticas (Una vez / año) a través de procedimientos aprobados e implantados, que permitan auditar todas las energías involucradas, en una sucesión de estadios de mayor a menor detalle analítico (Equipo-Taller Productivo-Entidad), para identificar claramente los potenciales de ahorro de energía. Se realizará a partir de la realización de los balances de energía y masa y las reglamentaciones técnicas de los equipos consumidores de energía.

Las Auditorias pueden ser realizadas por personal de la entidad ó por personal ajeno a ésta, contratando las Entidades especializadas para la realización de estudios energéticos, con el objetivo de operar en forma más eficiente y modernizar sus procesos, plantas y/o equipos.

Confeccionar y/o actualizar las Fichas Técnicas de los equipos tecnológicos consumidores de energía, que forman parte de los pocos vitales del consumo energético.

Estas Fichas tienen que estar previamente elaboradas por la Entidad y contendrán la información básica para el cálculo de la eficiencia energética de la operación, buscando uniformidad y sistematicidad en el procesamiento de la información, en el análisis a partir de los Balances Energéticos y en la elaboración de programas de racionalización de los consumos que formen parte de la planificación y del control de los gastos en cada Taller productivo.

La Ficha Técnica se convierte en información de referencia y guía de trabajo. Se revisan trimestralmente y de ser necesario se actualizan, de existir cambios tecnológicos, rehabilitaciones. Su objetivo es:

- Presentar una información sintetizada sobre las características básicas, tanto del equipo principal como de los equipos auxiliares.
- Analizar su comportamiento desde el punto de vista de una eficaz política de conservación de la energía.
- Recomendar situaciones específicas y mejoras.

#### **1.2.21 Implementación de la contabilidad analítica energética.**

A nivel de equipos principales de consumo energético, talleres y entidad, tienen que quedar definidos cuatro puntos básicos:

- Determinación de los consumos de cada una de las fuentes de energía y su variación a lo largo del tiempo.
- Establecer la estructura del consumo real de cada tipo de energía, para cada Taller y a nivel de la entidad.
- Definición y determinación de los indicadores energéticos: consumo específico por producción terminada, rendimientos de las instalaciones, proceso y planta, su comparación con el diseño, plan, graficando su comportamiento en función del tiempo (diario, mensual y anual).
- Evaluación y análisis de los Costos Energéticos por cada Taller y entidad, desglosado por tipo de energía, determinando su porcentaje de participación en los Costos de Producción.

#### **1.2.22 Inspección energética. Aspectos esenciales a considerar**

La inspección de las instalaciones energéticas formará parte de la inspección técnica de mantenimiento y por lo tanto se regirá en lo que procede por lo establecido en el capítulo de mantenimiento con las correcciones específicas correspondientes. Se realizará con el personal especializado del área energética ó por los especialistas destinados para ello.

Se impone la necesidad de la implantación de un mantenimiento energético mediante una serie de revisiones periódicas durante las que se detectarán las anomalías existentes, para subsanarlas en el más breve espacio de tiempo.

#### **1.2.22.1 Organización de la inspección energética**

- La Inspección Energética se organiza en Inspección diaria y periódica.
- Para planificar, ejecutar y controlar la Inspección Energética se establece lo siguiente:
- Determinar los equipos que van a ser inspeccionados y el tipo de Inspección que se le aplicará, elaborando el Plan de Inspección.

#### **1.2.22.2 Plan de inspección energética.**

- Se elaborará para cada Taller y Entidad el Plan de Inspección Energética a través de las correspondientes listas de inspección, puntos a inspeccionar y medidas a efectuar. La periodicidad de estas inspecciones deberá ser programada con la anterioridad. Es aconsejable hacer visitas diarias a puntos críticos de la instalación (fugas de calor, aislamiento térmico, etc.) y semanales más completas.
- Los resultados de las Inspecciones, las deficiencias detectadas y las recomendaciones pertinentes se plasmarán por escrito, utilizándose un Parte tipo de Inspección, en el que se reportarán las causas principales del despilfarro en una columna y a continuación cada una de las áreas de la entidad.
- Este parte será debatido en el Consejo diario del Taller para ejecutar sus recomendaciones de acuerdo con las necesidades y funcionamiento de la empresa; las soluciones que demanden una planificación a más largo plazo quedarán plasmadas para incluirse en el aseguramiento material del Plan de Economía Energética del próximo año, definiendo responsabilidades de ejecución y control.
- La documentación de referencia para realizar estas inspecciones será la

Reglamentación de los aspectos energéticos implementada por la Entidad.

### **1.2.23 Indicaciones generales para realizar el balance energético**

Preparar el Balance de Energía, determinando con precisión los límites del mismo, con el fin de definir claramente las entradas y salidas de energía referidas a una base elegida:

- Hora, día, año.
  - Unidad Física del producto principal (Tm, kg, etc.)
  - Unidad energética: kilocalorías (en función de la magnitud, utilizar los prefijos Mega, Giga, Tera).
- a). Caracterizar las condiciones del proceso: continuo o intermitente. En estos últimos, el balance debe cubrir una carga o ciclo completo.
- b). Para que el resultado del Balance sea efectivo es necesario:
- Disponer de todos los datos necesarios y que estos reflejen la realidad. También pueden evaluarse por cálculos o tomarse experimentalmente. Verificar periódicamente el calibrado de la instrumentación.
  - Definir qué componentes son los que aportan energía al proceso y cuáles son los receptores.
  - Identificar los flujos energéticos que se aportan, (combustible, electricidad, vapor, aire comprimido, etc.), los que son receptores y las pérdidas, así como la magnitud de cada uno, relacionando los principales equipos consumidores.
- c). Confeccionar el Diagrama de Flujo Energético.
- d). Con esta información se podrán determinar los parámetros e índices que caracterizan el proceso y compararlos con los valores nominales del diseño.

#### **1.2.23.1 Balance energético. Generalidades**

El balance energético de un horno varía fundamentalmente de un horno continuo a uno intermitente. En los hornos continuos interviene la producción en kg/h o en t/h, mientras que en los intermitentes es más importante la carga introducida en cada operación en kg o en t.

La temperatura de la carga en los hornos intermitentes varía a lo largo del tiempo, pero se mantiene relativamente constante en todo el horno en un instante dado.

Respecto a los hornos intermitentes deben distinguirse:

- Los procesos en los que la temperatura de regulación del horno permanece prácticamente constante.
- Los procesos en los que la temperatura del horno sigue un ciclo de calentamiento, mantenimiento y enfriamiento sin extraer la carga del interior del horno.
- En los primeros, al introducir la carga, baja, evidentemente, la temperatura del horno, se enfría el revestimiento, aunque cede su calor a la carga, pero la energía cedida por los elementos calefactores se utiliza en calentar el revestimiento nuevamente y la carga hasta la temperatura de regulación del horno, cuyo valor ha permanecido constante.
- En los segundos, al introducir la carga, el horno está a baja temperatura y se calientan simultáneamente la carga y el revestimiento con todos los elementos del interior del horno. Después de un periodo de mantenimiento a la temperatura fijada, la carga se enfría en el interior del horno juntamente con el revestimiento. Es fundamental, por tanto, el calor absorbido por el revestimiento, durante el calentamiento, y cedido en el enfriamiento.

#### **1.2.23.2 Componentes básicos del balance energético.**

El consumo de energía de un proceso en un horno industrial es una de sus características principales. Se determina calculando los componentes del balance energético, cuando se trata del diseño, o midiéndolos en su funcionamiento real, cuando se trata de un horno construido.

El balance energético se establece tomando como base el ciclo completo de una carga, en los hornos intermitentes. En todo balance energético es fundamental que las condiciones al final del periodo en que se hacen las mediciones sean las mismas que al comienzo. Por ello, en los hornos intermitentes las mediciones cubren una carga completa o un ciclo completo.

Entre los componentes de un balance energético se distinguen los que suponen aportación de calor al proceso y los que absorben calor del sistema.

- **Aportación de calor**

Por las resistencias de calentamiento. Durante el calentamiento de la carga las resistencias están conectadas todo el tiempo, por lo que aportan al horno su potencia nominal, hasta que la temperatura llega a la de regulación, instante a partir del cual se reduce la potencia conectada. Esto se produce utilizando energía eléctrica para calentar el horno, si se utilizara otro tipo de medio para calentar el horno la temperatura no se regularía tan fácilmente. En los hornos provistos de ventiladores de recirculación debe tenerse en cuenta la energía aportada por dichos ventiladores al interior del horno, que es la energía absorbida en el eje del ventilador y transformada íntegramente en calor, dicha energía disminuye sensiblemente al aumentar la temperatura del horno.

- **Absorción de calor.**

Calor útil requerido para calentar la carga.

Calor a contenedores y soportes de carga.

Pérdidas de calor por conducción a través de las paredes.

Pérdidas de calor por aberturas.

Pérdidas de calor por el agua de refrigeración.

Pérdidas del calor acumulado en el revestimiento.

Pérdidas de calor incontroladas o que resultan imposibles de medición.

### **1.2.23.3 Balance energético para un horno discontinuo.**

En **Anexo II, Tabla 1, Balance energético para un horno discontinuo**, se muestra un balance energético promedio para un Horno con régimen de trabajo intermitente.

#### **1.2.23.4 Balance energético en funcionamiento real:**

Un cambio de los parámetros de funcionamiento del horno puede suponer un considerable aumento de la energía consumida. Si es preciso elevar las temperaturas de regulación de las distintas zonas que componen el horno, es necesario, por una parte calentar el horno a las mayores temperaturas, lo que requiere energía, y además parar la producción del horno hasta que se alcance el nuevo régimen, lo que da lugar a pérdidas de calor sin producción. La energía requerida para calentar el horno y las pérdidas de calor, durante el tiempo de calentamiento sin producción, pueden elevar considerablemente el consumo medio.

Si el horno va a operar a un régimen de temperaturas inferior al anterior, es preciso destinar un tiempo de enfriamiento sin producción, durante el que las pérdidas de calor se mantienen prácticamente constantes y que deberán tenerse en cuenta en el balance energético correspondiente.

Los tiempos de calentamiento o enfriamiento antes citados son reducidos en hornos con aislamientos a base de fibras cerámicas, pero pueden ser de varias horas cuando se han utilizados ladrillos u hormigones refractarios y aislantes.

El consumo en los periodos de mantenimiento a temperatura tiene una gran importancia en el consumo energético medio correspondiente a un periodo prolongado.

Además, deben considerarse los períodos de parada total, a los que sigue un calentamiento del horno hasta su puesta a temperatura de régimen que exige una gran cantidad de energía y que, para evitar daños en el revestimiento (a causa del dilatamiento que sufre el revestimiento al aumentar la temperatura), debe hacerse a una velocidad adecuada.



Es frecuente que el cálculo del balance energético en funcionamiento estable se haga con meticulosidad, desglosando en detalle todos sus componentes, mientras que el cálculo de los consumos energéticos en los periodos de mantenimiento y de parada parcial o total se realice de una forma aproximada y poco minuciosa, lo que puede conducir a una estimación del consumo energético medio muy inferior al real. Es cierto que el cálculo de los consumos en los periodos de calentamiento del horno, es complejo y requiere una cierta experiencia deducida de experiencias anteriores, pero es muy peligroso deducir cifras de consumo sin cálculos adecuados, ya que los errores pueden ser muy importantes cuantitativamente

#### **1.2.24 Ficha técnica de equipos.**

1. - El análisis detallado del uso de las distintas fuentes de energía se realizará a través de la Ficha Técnica, que será una recopilación de la información básica para el análisis energético, identificando posibles ahorros de energía.
2. - Las Fichas Técnicas tienen características específicas según los equipos o procesos, pero todas ellas deberán disponer de los elementos técnicos, económicos y ambientales que permitan cerrar el ciclo de análisis (auditoría), a nivel del Taller. El contenido de las mismas será;
  - Una breve descripción de los equipos, elementos y/o procesos objeto de análisis.
  - Un balance energético (Diagrama de SANKEY) y otros esquemas ilustrativos que sean necesarios.
  - Recomendaciones y mejoras típicas.
  - Ejemplificación de ahorros (energéticos y económicos).
3. - La entidad elabora para cada proceso y/o los principales equipos consumidores de energía, las Fichas Técnicas de Diseño o de la Operación Actualizada de haber existido cambio tecnológico con relación al diseño.

### **1.2.25 Diagrama Sankey. Concepto general.**

Un balance de energía puede ser representado en forma de tabla o de diagrama.

El Diagrama SANKEY es una forma práctica de representar el balance energético mediante un esquema que representa los flujos de energía en toda una empresa, una planta o una parte de la misma, durante un cierto período de tiempo determinado.

Las unidades energéticas a utilizar en el balance pueden ser Wh (kWh, MWh, GWh, ), Calorías (Kilo, Mega, Giga), Joule, por unidad de tiempo ( día, semana, mes, año ). El diagrama se usa para mostrar todos los flujos de energía que intervienen en un proceso, empleando flechas cuyo ancho es proporcional al contenido de energía de los flujos, de forma de identificar fácilmente las corrientes más importantes.

Para obtener una representación uniforme se establece el siguiente ordenamiento en su confección:

- En el lado izquierdo del diagrama: el flujo de energía por el combustible o la electricidad que se recibe en la planta y se consume en las diferentes unidades o equipos de la misma.
- En el tope del diagrama: Los flujos de energía que se descargan a la atmósfera.
- En el lado derecho del diagrama: Los flujos energéticos que salen con los productos, por calentamiento, reacciones químicas, u otros.
- En el lado inferior del diagrama: Las pérdidas debido a salideros y drenajes.
- La energía que se reutiliza se representa como una flecha que retorna al esquema. Este caso puede ser el calor recuperado de los gases de escape de un horno.

### **1.3 Hornos eléctricos de resistencia**

En los hornos eléctricos de resistencia, el calor está producido por el efecto Joule al circular una corriente eléctrica por una resistencia. Se fabrican diferentes clases de hornos, entre otros:

Hornos eléctricos de cámara. Estos hornos están formados por una cámara, que en su interior tiene conformados alambres de aleaciones de níquel-cromo de alta resistividad, que se calientan fuertemente al circular por ellas la corriente eléctrica. Según la temperatura que se requiera, así será su uso.

Si la temperatura final está alrededor de 120 °C, el uso es para secado de motores y transformadores. Si la temperatura está alrededor de 1000 °C, su uso será en tratamiento térmico de metales.

Hornos eléctricos de pozo: Cuando la estructura del horno con su parte eléctrica y refractaria, se encuentra soterrada.

## **1.4 Ahorro energético en hornos**

### **1.4.1 Diseño y utilización del horno:**

-La elección del tipo de horno, su capacidad, tipo de calefacción y forma de operar, debe realizarse siempre mediante un estudio técnico-económico, optimizando el diseño, incluso para unidades de pequeña capacidad, de tal forma que se tenga la seguridad de aplicar el más adecuado para el fin que se persigue.

-Debe procurarse que el horno se utilice exclusivamente para realizar sus operaciones intrínsecas.

-Siempre que sea posible debe pasarse del trabajo discontinuo al continuo.

-En los procesos discontinuos deben utilizarse hornos de baja inercia térmica (elección de aislantes adecuados) por alcanzar más rápidamente la temperatura de operación y tener menos pérdidas energéticas en las paradas. Así, por ejemplo, en un horno de resistencias, de funcionamiento intermitente, utilizado para el tratamiento térmico de metales, **cuando se sustituye el refractario de briquetas sobre comprimidas por fibras minerales, se disminuye su inercia térmica en la producción de 180 a 1, consiguiendo un ahorro energético del 40%.**

- Una buena estanqueidad del horno evitará entradas de aire incontroladas, que traerían consigo una disminución de la temperatura. **Un aumento del 10% del aire originado por entradas falsas de aire en un horno, producirá una disminución en el rendimiento cercano al 6%.**
- Debe trabajarse, siempre que sea posible, a plena capacidad de la instalación. **Un horno que trabaje al 50% de su capacidad nominal tiene un consumo específico y superior en un 25%, al conseguido a plena capacidad.**
- En los hornos de funcionamiento intermitente debe programarse el trabajo de tal forma que los tiempos de espera sean mínimos. Reduciendo estos al 50%, se consigue, en un horno una disminución del consumo específico de aproximadamente el 15%.**
- Debe automatizarse al máximo el control del proceso, así como las operaciones de carga y descarga, evitando operaciones erróneas.
- Estudiar la posibilidad de cambiar el proceso, en sí mismo, por otro de menor consumo energético.
- Aprovechar la energía desprendida en los procesos exotérmicos.
- No operar nunca a temperatura más alta de lo necesario.
- Acoplar el horno con el resto del proceso, utilizando su energía residual en etapas que consumen energías de calidad decreciente
- Evitar una excesiva humedad en el producto a tratar secándolo antes de su introducción al horno mediante gases residuales u otras energías semidegradadas
- Estudiar el almacenamiento de las materias primas evitando, para las que capten fácilmente humedad, tiempos prolongados a la intemperie
- No refrigerar, o no dejar enfriar, los productos intermedios que posteriormente deban ser calentados.
- La temperatura de salidas de gases y productos más adecuada es la necesaria para la etapa siguiente
- Cuando la temperatura de los efluentes es muy alta, pueden utilizarse para precalentar la carga u otras acciones.
- Programar el mantenimiento preventivo para evitar paradas imprevistas.

- Calcular el empleo óptimo de los aislantes, para evitar temperaturas de pared excesivas.
- Eliminar la visión desde el exterior de las zonas rojas de horno con el fin de cortar pérdidas por radiación.
- Utilizar el calor de las refrigeraciones para usos diversos.
- Acortar el tiempo de las paradas mediante un estudio previo de las reparaciones que permitan hacerlas en plazos más cortos, evitando perder todo el calor acumulado en los hornos.

#### **1. 4.2 Mantenimiento.**

Es necesario observar las siguientes reglas para que el horno tenga un correcto funcionamiento.

-Observar los instrumentos de control, que no se admitan temperaturas excesivas dentro del horno eléctrico.

-Las piezas que se van a someter a Tratamiento Térmico tienen que ser limpiadas y secadas.

-Distribuir equitativamente los instrumentos en la cesta para que reciban igual temperatura.

-Cuando se llene la cesta para dar Tratamiento Térmico, que sean de acuerdo a las indicaciones técnicas para que el trabajo del horno este garantizado.

-Nunca admitir exceso de carga en el horno porque esto puede dañar prematuramente el mismo.

-Nunca quitar la cubierta del horno durante el Tratamiento Térmico, esto reduce la temperatura en las piezas que se encuentran situadas en la parte superior y alarga el tiempo del Tratamiento Térmico.

-Chequear y mirar la lubricación de todos los mecanismos para separar o inspeccionar las superficies de rozamiento, las deficiencias y otras anomalías se recepcionan dentro del registro de operaciones.

-Cada 10 días revisar las uniones de contacto de las partes conductoras de corriente, los contactos deben ser limpios y sin oxidación, en caso de necesidad se les debe limar y apretar.

-Cada 6 meses comprobar la resistencia de los calentadores del horno eléctrico, si la resistencia ha disminuido más de un 20% respecto al valor nominal se debe sustituir el calentador.

-Una vez al año, verificar el mantenimiento.

-Una vez al año, pintar con pintura de aluminio las superficies exteriores.

### **1.5 Fórmulas para el cálculo de la energía:**

**Energía (E)**, es la capacidad que tiene un mecanismo o dispositivo eléctrico cualquiera para realizar un trabajo.

La energía utilizada para realizar un trabajo cualquiera, se mide en “joule” (“J”).

**Potencia (P)**, es la velocidad a la que se consume la energía desarrollada o consumida en una unidad de tiempo, expresada en la fórmula

$$P = E/T$$

Si la unidad de potencia (P) es el watt (W), la energía (E) se expresa en julios (J) y el tiempo (t) lo expresamos en segundos, tenemos que:

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule} / 1 \text{ segundo}$$

Cálculo de la potencia

$$P = V * I$$

Potencia (P) es igual a la tensión (V) multiplicada por la Intensidad (I).

$$W = V * I$$

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ volt} * 1 \text{ ampere}$$

$$P = I^2 * R, \text{ donde } R = \text{resistencia óhmica}(\Omega)$$

$$P = U^2 / R$$

$$E = P * t$$

$$1 \text{ kWh} = 3.600.000 \text{ joules} = 860000 \text{ cal} = 860 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ joule} = 0,24 \text{ calorías}$$

Q, calor proporcionado por una corriente eléctrica,

$$Q = P \cdot t \cdot 0,24 \text{ calorías}$$

P, Potencia activa (kW)

S, Potencia aparente (kVA)

Q, Potencia Reactiva (kVAR)

U, Tensión (V)

I, Corriente (A)

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi, \text{ para circuitos trifásicos}$$

## **1.6 Conclusiones**

En este capítulo se han identificado una serie de elementos teóricos que sirven de base reglamentaria para lograr el desempeño eficiente de los procesos de secado de motores y tratamiento térmico. A partir del conocimiento de estas premisas, la administración cuenta con elementos suficientes para establecer instrucciones, normas y procedimientos que los regulen.

.

## **Capítulo II. MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1. Introducción**

En el presente Capítulo, se establecerán las características de los hornos usados actualmente en la UEB de Reparaciones Capitales Eléctricas y de Maquinado.

Esta caracterización, se hará con el objetivo de diagnosticar las reservas de eficiencia en estas instalaciones, simultáneamente, se realizará una auditoría energética a estos procesos, con una evaluación cualitativa de la Lista de Chequeo de la Dirección Técnica del MINBAS para la Gestión Energética. Este diagnóstico, será complementado con otras consideraciones para establecer los valores de ahorro potenciales.

### **2.2 Cálculo de los índices**

- Índice de consumo de electricidad:  $I_c$
- $I_c = \text{MWh}/T_n$ , donde  $T_n =$  Toneladas físicas
- $I_c = \text{MWh}/U$ , donde  $U =$  Unidades físicas (Ejemplo: motores, piezas)
- Intensidad energética:  $(TCE / MP - \text{Toneladas de combustible equivalente/ producción mercantil})$
- $I_e = TCE/PM$ , donde  $TCE = 0.37392$ , valor que representa el gasto de toneladas de combustible para generar 1 MWh.

### **2.3. Caracterización de los Hornos de la UEB de Reparaciones Capitales Eléctricas**

#### **2.3.1 Horno de secado chico, # 31**

1-Dimensiones: 1800 mm\*1800mm\*2100mm

2-Fecha de fabricación: 1979, Fecha de explotación:1993

3-Índices Técnicos (peso, capacidad, velocidad, potencia, fase)

Potencia máxima: 43.5 kW, 440 v, trifásico, peso máximo de los artículos que puede estar dentro del horno: 2 t.

4- Descripción (funciones del diseño, tipo de accionamiento, energía)

Destinado al secado de motores de mediana capacidad, equipo electrotécnico con suministro eléctrico de resistencia de nicrom tubulares con enfriamiento por aire.

5-Accesorios y aditamentos que los componen.

Cámara, carretilla, compuerta, sistema de extensión y ventilador.

6-Características técnicas

6.1 Potencia total .....43.4 kW

6.2 Voltaje.....440 V

6.3 Frecuencia.....60 Hz

6.4 Temperatura máxima de secado.....250 °c

6.5 Potencia de marcha en vacío.....9 rev

6.6 Potencia del calentador.....36 rev

6.7 Rendimiento del ventilador.....4000m<sup>3</sup>/h

6.8 Diámetro de los alabes.....500mm

### **2.3.1.2 Mantenimiento**

El mantenimiento establecido para este equipo es comprobar calentamiento del horno, limpiar contactos del contactor principal y relés, chequear estados de los conductores eléctricos y cables de fuerza, comprobar estado de las mangueras metálicas de protección de cables, chequear funcionamiento adecuado de todos los limitadores y bloques eléctricos del horno, chequear la señalización de la pizarra de mando, revisar hermeticidad de la cámara de trabajo, chequear estado del relé de la cámara de flujo, chequear estado de funcionamiento del registrador de temperatura y de su sistema de control automático, comprobar estado de la regleta de conexión, de la botoneras de mando, comprobar funcionamiento de los interruptores y

protecciones de los motores, comprobar circuito, hacer estudios de los defectos, entrega y prueba.

### **2.3.2 Horno Eléctrico de Cocción de Aislamiento de Motores, No 30.**

1-Dimensiones:1000\*1250\*1250 mm

2-Fecha de fabricación:1980, Fecha de explotación:1988

3-Índices Técnicos (peso, capacidad, velocidad, potencia, fase)

Potencia máxima: 82 kW, peso máximo 3000 Kg, temperatura nominal 350°C.

4-Descripción (funciones del diseño, tipo de accionamiento, energía)

Utiliza resistencias eléctricas, convertidoras de energía eléctrica en calorífica para el quemado del aislamiento de motores eléctricos.

5-Accesorios y aditamentos que los componen.

Charretilla sistema eléctrico, ductos de extrucción de gases y registrador digital de temperatura.

6-Características técnicas

1-Potencia total .....82kW

2-Voltaje.....380/220 V

3-Frecuencia.....60 Hz

4-Potencia en vacío.....18 kW

5-Potencia del calentador.....75 kW

6-Dimensiones de cámara .....1000\*1250\*1250

7-Capacidad....2000 m<sup>3</sup>/l

8-Presión.....100 kgf/cm<sup>2</sup>

9-Velocidad periférica del rotor.....2760 m/seg

10-Potencia....0.6 kW

### **2.3.3 Horno de Secado Aerodinámico No 32**

1-Dimensiones: 9000\*2300\*5528 mm

.2-Fecha de fabricación:1979, explotación:1986

3-Índices Técnicos (peso, capacidad, velocidad, potencia, fase). Potencia máx: 50 kW, peso máx 9274 Kg, Velocidad 1765 rpm.

4-Descripción (funciones del diseño, tipo de accionamiento, energía): Destinado para el secado de motores de diferentes dimensiones, se basa en el aprovechamiento de la energía del rotor convertido en energía calorífica, sistema de accionamiento eléctrico con completo control automático.

5-Accesorios y aditamentos que los componen. Charretilla, calentador de rotor, ventilador, sistema de enfriamiento, apoyo.

6-Características técnicas

1-Potencia total.....50kW

2-Poder calorífico....46555 j/seg

3-Frecuencia.....60 Hz

4-Potencia de accionamiento del rotor...45kW

5-Regulación de temperatura....105-200 °c

6-Dimensiones de cámara .....2200\*1440\*2000 mm

7-Capacidad de carga de la carretilla....1900\*1200\*430 mm

8-Productividad del ventilador....0.333 m<sup>3</sup>/seg

9-Capacidad máximo del horno.....9000\*2300\*5528

10-Aislamiento térmico.....Algodón mineral....''100''

#### **2.3.4 Horno de Secado de Motores 64**

1-Dimensiones: 7000\*5000\*6000 mm

.2-Fecha de fabricación: 1979, Fecha de explotación:1989

3-Índices Técnicos (peso, capacidad, velocidad, potencia, fase)

Potencia máx.: 45 kW, Temperatura máxima: 250°C

4-Descripción (funciones del diseño, tipo de accionamiento, energía): Destinado para el secado del aislamiento de transformadores y motores, transformación final de energía-calorífica.

5-Accesorios y aditamentos que los componen.

Charretilla sistemas eléctricos, ductos.

#### 6- Características técnicas

1- Potencia total.....45 kW

2- Capacidad de la carretilla....20 t

3- Frecuencia.....60 Hz

4- Rendimiento del ventilador...10150 m<sup>3</sup>/h

5- Presión del ventilador...115 kg/cm<sup>2</sup>

6- Dimensiones de la pieza a secar...5000\*3500\*1700 mm

Datos técnicos del ventilador

Número de paletas...12, velocidad periférica...25m/seg, eficiencia 79%

### **2.3.5 Horno de Secado de Motores, Cámara 103**

1- Dimensiones Exteriores: 7000\*5000\*6000 mm

.2- Fecha de fabricación: 1979, Fecha de explotación: 1997

3- Índices Técnicos (peso, capacidad, velocidad, potencia, fase)

Potencia máx.: 45 kW, Temperatura máxima: 200°C

4- Descripción (funciones del diseño, tipo de accionamiento, energía): Destinado para el secado del aislamiento de los motores, transformación de energía eléctrica en calorífica.

5- Accesorios y aditamentos que los componen: Charretilla, sistemas de control de temperatura y sistemas eléctricos, ventilador, cámara de calentamiento.

6- Características técnicas

1- Potencia total: 45 kW

2- Capacidad máxima de la carretilla....20 t

3- Frecuencia.....60 Hz

4- Cantidad de ventilador...1

**2.3.6 Operaciones realizadas en el horno cámara No 103. Para muestrear una operación típica de secado de un motor grande.** (Ver, Tabla 2. Comportamiento de la temperatura en 48 horas de trabajo, 14/04/2011. Ver, Gráfico 1 de variación de la temperatura en las primeras 24 horas en la cámara 103, para un motor sincrónico

de 500 kWh y Gráfico 2 de variación de la temperatura de 24 a 48 horas en la cámara 103, para un motor sincrónico de 500 kWh

Tomaremos este horno (Cámara 103) como referencia para realizar el diagnóstico energético, pues por criterio práctico, resulta ser una muestra fiel y representativa del proceso de secado de motores eléctricos.

A continuación, explicamos las interioridades de las mediciones realizadas de los principales parámetros de trabajo del horno durante 48 horas continuas:

**Equipo secado:** Motor Sincrónico de 500 kW, Empresa Che Guevara, 6000 volt, 900 RPM, Orden de Trabajo: OT: 002-6821 (68).

- El horno se carga con el estator del motor que tiene un peso de 2.5 Tn a las 8.00 AM, el horno estaba frío (a temperatura ambiente).
- Se desconecta en el horario de 4.45pm con una temperatura de 85.80 °c, para valorar las pérdidas durante 10 minutos, hasta las 4.55 pm, donde se conecta nuevamente, la temperatura bajó en ese período hasta los 74.25°c.,
- **Nota.** Cuando el horno se conecta estando los motores fríos o húmedos, esta humedad incide en que el tiempo en que el horno alcance los 100 °c se prolongue.
- **Nota:** El horno posee algunos niveles de pérdidas, por falta hermeticidad en las puertas, lo que provoca mucha transferencia de calor hacia el exterior y demora el tiempo en que teóricamente el horno debe alcanzar los 100 °c.
- Diariamente, los hornos se desconectan en el horario pico (De 5.00 PM a 9.00 PM), provocando un nivel de pérdidas o enfriamiento. Estas pérdidas son más acentuadas durante el primer día, pues el motor a secar no se ha calentado integralmente y se enfría más rápidamente.
- **Nota:** Cada día, el horno se abre durante media hora para chequear el proceso y hacer mediciones de aislamiento. Esto también incide en que aumenten las pérdidas, pues los operadores no son siempre consecuentes y disciplinados, cerrando el horno para evitar escapes de calor.

**Tabla 2. Comportamiento de la temperatura en 48 horas de trabajo, 14/04/2011**

**(Mediciones realizadas en el horno cámara No 103. Para muestrear una operación típica de secado de un motor grande.)**

Primeras 24 Horas		De 24 a 48 horas	
Hora	Temperatura	Hora	Temperatura
1.4	41.82	1.4	101
1.5	45.16	1.5	104.34
1.6	48.5	1.6	100
1.7	51.84	1.7	103
1.8	55.18	1.8	106.34
1.9	58.52	1.9	109.68
2	61.86	2	103
2.1	65.2	2.1	106.34
2.2	68.54	2.2	109.68
2.3	71.88	2.3	109
2.4	75.25	2.4	108
2.5	75.86	2.5	108.61
2.6	76.47	2.6	109.22
2.7	77.08	2.7	109.83
2.8	77.69	2.8	107
2.9	78.3	2.9	107.61
3	78.91	3	108.22
3.1	79.52	3.1	108.83
3.2	80.13	3.2	109.44
3.3	80.74	3.3	107
3.4	81.39	3.4	108
3.5	81.81	3.5	108.42
3.6	82.23	3.6	108.84
3.7	82.65	3.7	109.26
3.8	83.07	3.8	109.68
3.9	83.49	3.9	107
4	83.91	4	107.42
4.1	84.33	4.1	107.84
4.2	84.75	4.2	108.26
4.3	85.17	4.3	108.68
4.4	85.6	4.4	105
4.45	85.8	4.45	107
4.5	80	4.5	108

Primeras 24 Horas		De 24 a 48 horas	
Hora	Temperatura	Hora	Temperatura
15.4	102	15.4	102
15.5	104	15.5	104
15.6	105	15.6	105
15.7	103	15.7	103
15.8	101	15.8	101
15.9	100	15.9	100
16	104	16	104
16.1	103	16.1	103
16.2	102	16.2	102
16.3	104	16.3	104
16.4	105	16.4	105
16.5	103	16.5	103
16.6	101	16.6	101
16.7	100	16.7	100
16.8	104	16.8	104
16.9	103	16.9	103
17	103	17	103
17.1	101	17.1	101
17.2	100	17.2	100
17.3	104	17.3	104
17.4	103	17.4	103
17.5	100	17.5	100
17.6	104	17.6	104
17.7	103	17.7	103
17.8	102	17.8	102
17.9	104	17.9	104
18	105	18	105
18.1	104	18.1	104
18.2	103	18.2	103
18.3	102	18.3	102
18.4	104	18.4	104
18.5	105	18.5	105
18.6	103	18.6	103

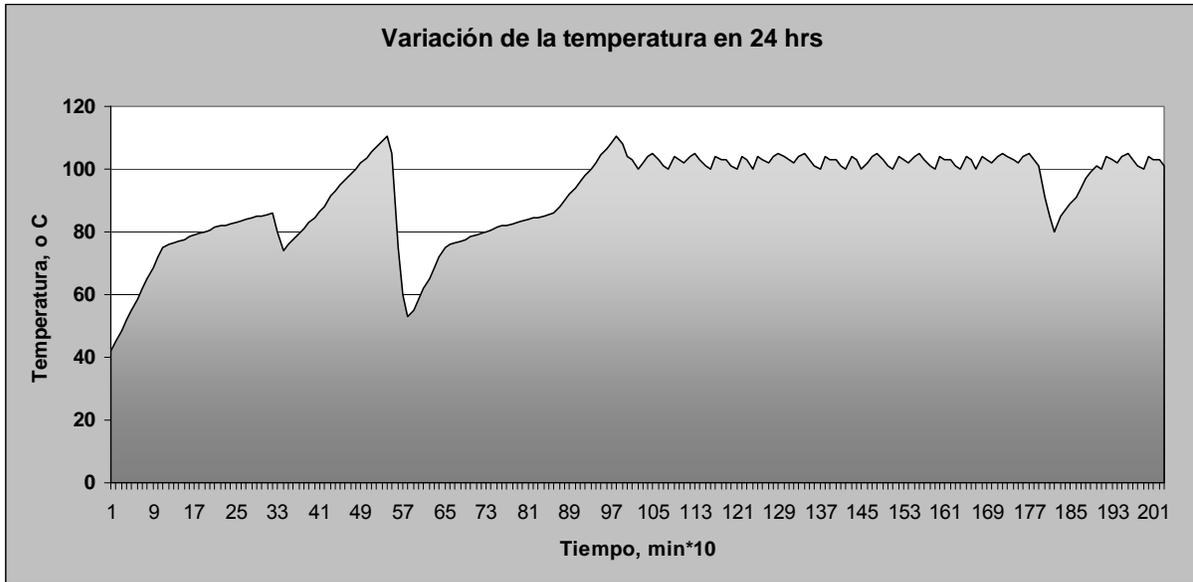
4.55	74.25	4.55	109
4.6	76	4.6	103
4.7	77.75	4.7	104.75
4.8	79.5	4.8	106.5
4.9	81.25	4.9	108.25
5	83	5	106
5.1	84.75	5.1	107.75
5.2	86.5	5.2	109.5
5.3	88.25	5.3	104
5.4	91.4	5.4	105
5.5	93.15	5.5	106.75
5.6	94.9	5.6	108.5
5.7	96.65	5.7	109
5.8	98.4	5.8	107
5.9	100.15	5.9	105
6	101.9	6	106.75
6.1	103.65	6.1	98
6.2	105.4	6.2	97
6.3	107.15	6.3	96
6.4	108.9	6.4	94
6.5	110.65	6.5	92
7	105	7	90
8	75	8	88
9	60	9	86
10	53	10	84
11	55.2	11	88
11.1	58.5	11.1	90
11.2	61.9	11.2	92
11.3	65.2	11.3	95
11.4	68.5	11.4	97
11.5	71.9	11.5	98
11.6	75.3	11.6	99
11.7	75.9	11.7	101
11.8	76.5	11.8	104
11.9	77.1	11.9	107
12	77.7	12	109
12.1	78.3	12.1	108
12.2	78.9	12.2	103

18.7	101	18.7	101
18.8	100	18.8	100
18.9	104	18.9	104
19	103	19	103
19.1	103	19.1	103
19.2	101	19.2	101
19.3	100	19.3	100
19.4	104	19.4	104
19.5	103	19.5	103
19.6	100	19.6	100
19.7	102	19.7	102
19.8	104	19.8	104
19.9	105	19.9	105
20	103	20	103
20.1	101	20.1	101
20.2	100	20.2	100
20.3	104	20.3	104
20.4	103	20.4	103
20.5	102	20.5	102
20.6	104	20.6	104
20.7	105	20.7	105
20.8	103	20.8	103
20.9	101	20.9	101
21	100	21	100
21.1	104	21.1	104
21.2	103	21.2	103
21.3	103	21.3	103
21.4	101	21.4	101
21.5	100	21.5	100
21.6	104	21.6	104
21.7	103	21.7	103
21.8	100	21.8	100
21.9	104	21.9	104
22	103	22	103
22.1	102	22.1	102
22.2	104	22.2	104
22.3	105	22.3	105
22.4	104	22.4	104

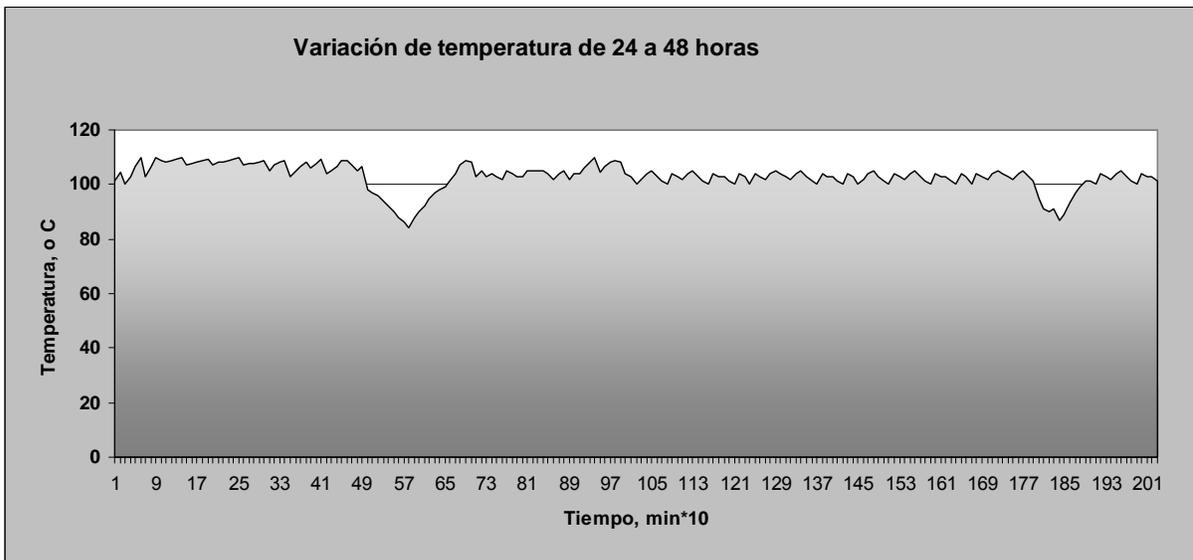
12.3	79.5	12.3	105
12.4	80.1	12.4	103
12.5	80.7	12.5	104
12.6	81.4	12.6	103
12.7	81.8	12.7	102
12.8	82.2	12.8	105
12.9	82.7	12.9	104
13	83.1	13	103
13.1	83.5	13.1	103
13.2	83.9	13.2	105
13.3	84.3	13.3	105
13.4	84.8	13.4	105
13.5	85.2	13.5	105
13.6	85.6	13.6	104
13.7	85.8	13.7	102
13.8	87.8	13.8	104
13.9	90	13.9	105
14	92	14	102
14.1	94	14.1	104
14.2	96.2	14.2	104
14.3	98.2	14.3	106
14.4	100.2	14.4	108
14.5	102.2	14.5	110
14.6	104.4	14.6	104.4
14.7	106.4	14.7	106.4
14.8	108.4	14.8	108.4
14.9	110.4	14.9	109
15	108	15	108
15.1	104	15.1	104
15.2	103	15.2	103
15.3	100	15.3	100

22.5	103	22.5	103
22.6	102	22.6	102
22.7	104	22.7	104
22.8	105	22.8	105
22.9	103	22.9	103
23	101	23	101
23.1	91	23.1	95
23.2	85	23.2	91
23.3	80	23.3	90
23.4	85	23.4	91
23.5	87	23.5	87
23.6	89	23.6	89
23.7	91	23.7	93
23.8	94	23.8	97
23.9	97	23.9	99
24	99	24	101
24.1	101	24.1	101
24.2	100	24.2	100
24.3	104	24.3	104
24.4	103	24.4	103
24.5	102	24.5	102
24.6	104	24.6	104
24.7	105	24.7	105
24.8	103	24.8	103
24.9	101	24.9	101
25	100	25	100
25.1	104	25.1	104
25.2	103	25.2	103
25.3	103	25.3	103
25.4	101	25.4	101

**Gráfico 1: Gráfico de variación de la temperatura en las primeras 24 horas en la cámara 103, para un motor sincrónico de 500 kWh**



**Gráfico 2: Gráfico de variación de la temperatura de 24 a 48 horas en la cámara 103, para un motor sincrónico de 500 kWh**



**Tabla 3. Muestra de mediciones de parámetros eléctricos Cámara # 103. Día 14 de Abril del año 2011.**

No de Medicione	Fecha	Hora	Parámetros	Valores
-----------------	-------	------	------------	---------

s					
1	14/04/2011	8.30 AM	Φ	P(kW)	75,9
				S(kVA)	68,0
				Q(kVAR)	12,6
			Voltaje	U(v)	443
			Corriente	I(A)	101,1
			F.P		0,98
2	14/04/2011	11.30 AM	Φ	P(kW)	76,18
				S(kVA)	68,1
				Q(kVAR)	12,6
			Voltaje	U(v)	444
			Corriente	I(A)	101,2
			F.P		0,98

El valor de P(kW), se determina por la fórmula **1.5 Fórmulas para el cálculo de la energía.**

### 2.3.1 Secado de motores

### 2.3.2 Comprendiendo el problema:

Una breve intrusión de humedad, puede comprometer el sistema eléctrico de aislamiento de un motor, haciendo al bobinado vulnerable para fallas a tierra.

### 2.3.3 Manera de limpiar:

En caso de lavado con agua dulce, primero se desmonta el motor y se limpian las bobinas del estator y rotor a presión. Si la resistencia del aislamiento es aceptable después de que las bobinas hayan sido secadas completamente, el taller de reparaciones debe aplicar una capa de barniz y procesar el motor como de costumbre (nuevos cojinetes, balanceo del rotor, etc.). Las bobinas que fallan la

prueba de la resistencia de aislamiento deben ser limpiadas, secadas y probadas nuevamente. Los estatores que fallan la segunda prueba de la resistencia de aislamiento deben ser rebobinados.

Finalmente, se prueba la resistencia del aislamiento a tierra. Si los resultados de la prueba son aceptables, el taller aplica un tratamiento de inmersión y horneado de barniz antes de volver a montar el motor. Si el motor falla la prueba de la resistencia de aislamiento, se hornea otra vez y se repite la prueba de aislamiento. Los motores que fallan la prueba de resistencia de aislamiento por segunda vez deben ser rebobinados.

Por IEEE Std. 43-2000 (Norma Europea), la resistencia mínima a tierra es 5 megaohmios para bobinas aleatorias, o de 100 megohmios para bobinas en forma de serpentín.

#### **2.3.4 Fuente de calor.**

Según J. Astigarraga. Ed. MC Graw H, para secado de motores, son suficientes  $741.21 \text{ kcal/h/m}^3$ , (100.000 BTU por 1200 pies cúbicos) para calentar el horno y el contenido, dentro de un tiempo razonable.

#### **Cálculo complementario para la cámara 103.**

Las dimensiones de la cámara interior del horno son: 5250\*3750\*4500 mm.

Que equivale a  $88.59 \text{ m}^3$ .

Por cálculo de potencia según, **1.5 Fórmulas para el cálculo de la energía** y por mediciones realizadas, ver Tabla 3 **“Muestra de mediciones de parámetros eléctricos Cámara # 103. Día 14 de Abril del año 2011”**.

El valor de Potencia, P es igual a 76 kW. De **1.5 Fórmulas para el cálculo de la energía**, sabemos que 1 kW equivale a 864 kcal, por tanto, conociendo la capacidad interior del horno, la potencia eléctrica actual del horno, es suficiente para calentar el

horno en un tiempo razonable, pues se logran  $741.18 \text{ kcalh/m}^3$  de las  $741.21 \text{ kcalh/m}^3$

### **2.3.5 Control de temperatura.**

Se debe mantener el calor uniforme dentro del motor, y no exceder las temperaturas de las partes a más de  $250^\circ \text{ F}$  ( $121^\circ \text{ C}$ ).

El control de la temperatura se logra a partir de la automatización usando un registrador digital el cual se alimenta de las señales que emiten los termopares ubicados en los cuadrantes del horno.

Cuando el horno llega a  $110^\circ \text{ C}$  se desconecta y se vuelve a conectar cuando la temperatura disminuye a  $100^\circ \text{ C}$ .

### **2.3.6 ¿Cuánto tiempo hornear?**

El ciclo de horneado debe ser suficiente para secar las bobinas completamente. Si es demasiado corto, se necesitará repetir el proceso. Si es demasiado largo, se malgastará tanto el tiempo como la energía. De 6 a 8 horas en  $200^\circ \text{ F}$  ( $93^\circ \text{ C}$ ) debe ser suficiente para motores pequeños según la práctica internacional.

Una equivocación que se tiene es que las bobinas no se deben de secar a temperaturas por encima de  $180^\circ \text{ F}$  ( $82^\circ \text{ C}$ ), por temor a que se atrape la humedad reventará el aislamiento. Eso quizás sea válido si ponemos a calentar de algún modo una bobina instantáneamente por encima de la temperatura de ebullición. La realidad es que la bobina, como todo lo demás que se coloca en un horno, calienta muy lentamente. La humedad saldrá de la misma manera que entró. Cuando la temperatura de la bobina aumenta lentamente, la humedad (lentamente) se evaporará.

Cada día, más de 2.000 centros de reparaciones de EASA limpian a vapor y después hornear bobinas de estator – en su mayor parte en temperaturas de  $250 - 300^\circ \text{ F}$  ( $\sim 120 - 150^\circ \text{ C}$ ). Aunque muchos de ellos reparen millares de motores anualmente, no hay evidencia que este proceso ha dañado una sola bobina. El hecho de que se

reviente el aislamiento debido a temperaturas por encima de 212° F (100° C) simplemente no es un problema.

En las estufas grandes se emplean a veces pequeños ventiladores para producir una corriente de aire forzado y asegurar una buena ventilación. Las estufas pequeñas suelen tener una chimenea en su parte superior y una entrada de aire en el fondo, de modo que el aire caliente pueda subir y mantener una circulación constante. Una estufa eléctrica, mantiene un control de temperatura automático durante toda la operación de secado.

Cuando se aplica el barniz con una brocha, debe calentarse antes el devanado, si es posible, para expulsar la humedad y permitir al barniz penetrar más profundamente en las bobinas. El barniz puede aplicarse con cualquier brocha ordinaria para pintar. Este método se emplea cuando el tanque no es lo suficientemente grande para poder sumergir los devanados, o cuando no se dispone de tanque para la inmersión. El método de la pulverización del barniz se emplea principalmente en los devanados grandes, y permite obtener una superficie excelente para la capa final del barniz.

En los extremos o cabezas de las bobinas deben aplicarse dos o tres capas de barniz como protección adicional contra los esfuerzos mecánicos y la humedad, y también para impedir los arcos con la armazón de la máquina.

### **2.3.7 Temperaturas y tiempos de secado.**

La tabla de temperaturas y tiempos de secado, muestra las temperaturas correctas y el tiempo aproximado en horas para secar barnices aislantes. Se observa que cuando se secan inducidos o devanados de estatores completos se necesita más tiempo para los de mayor tamaño, así mismo, el secado más lento produce un aislamiento más elástico y de mejor calidad.

En la **Tabla 4, Valores comparativos de tiempo de secado de motores por la EMNI y por Práctica Internacional**, se muestra comparativamente los valores de temperatura en los tiempos de secado para el proceso de secado de motores

eléctricos en la experiencia internacional y en el caso que hemos medido con valores reales de la Empresa Mecánica del Níquel.

De un primer golpe de vista, asumimos que en la Empresa Mecánica no se hace nunca un secado rápido, por cuanto el registrador de temperatura está configurado para que cuando el horno alcance 110° C, se desconecte y se vuelva a conectar cuando alcance 100° C. Por tanto, en la práctica realizamos un secado elástico o extraelástico.

**Tabla 4, Valores comparativos de tiempo de secado de motores por la EMNi y por Práctica Internacional**

	Horas							
Diámetro del núcleo	Menos de 15 cm	Menos de 15 cm	15 a 30 cm	15 a 30 cm	De 30 a 45 cm	De 30 a 45 cm	De 45 a 60 cm	De 45 a 60 cm
Tipos de secado	Práctica Internacionales	Real EMNi	Práctica Internacionales	Real EMNi	Práctica Internacionales	Real EMNi	Práctica Internacionales	Real EMNi
Secado rápido a 120°C	4a6	NP	12	NP	24	NP	36	NP
Secado elástico a 107°C	6a8	24	24	48	36	48	48	72
Secado extraelástico a 100°C.	8 a 10	24	36	48	48	48	60	72

Para los efectos prácticos, en todos los casos, los tiempos usados para el secado de motores de la Empresa Mecánica, son mayores que los tiempos promedios usados

internacionalmente. Esta es la principal reserva de ahorro que tenemos en la actividad de secado de motores.

En los casos de emergencia, cuando el tiempo es un factor muy importante, pueden secarse los devanados a temperaturas más altas en muchas menos horas, pero el barniz será algo más quebradizo, y más dispuesto a agrietarse cuando se le someta a algún esfuerzo. Es importante que no deba intentarse nunca secar devanados a temperaturas mucho más altas que las que se dan en la primera columna de esta tabla, pues es probable que se estropee el aislamiento existente entre las bobinas. Cuando no es necesario apresurar mucho el trabajo, es preferible efectuar el secado a las temperaturas más bajas, y durante los períodos de tiempo más largos indicados en la tabla, de esta manera, se obtendrá un aislamiento mucho más duradero y más seguro. Hay que añadir que esta clase de aislamiento proporciona una superficie más lisa a los devanados y bobinas, haciendo que sea mucho más fácil limpiarlas, ya sea por medio de una brocha o de aire comprimido, o bien, lavándolas con una mezcla de tetracloruro de carbono y gasolina o alguna otra solución adecuada para quitar la grasa y el aceite.

### **2.3.8 Consideraciones prácticas**

Aplicando lo aprendido en el marco teórico del presente trabajo, pudimos constatar algunas irregularidades, fundamentalmente en el proceso de secado de motores.

En la búsqueda bibliográfica, pudimos encontrar algunos archivos referentes a tecnologías de secado de motores. En el proceso de secado de motores hay dos elementos fundamentales, la calidad que se quiera obtener del barnizado después del secado y el ahorro de energía. Según se muestra en **Tabla 2. Comportamiento de la temperatura en 48 horas de trabajo**, la temperatura de 100° a 110°, garantiza una mayor calidad al barnizado, aunque con mayor tiempo de exposición, lo cual, considerando las pérdidas energéticas, es la menos eficiente; conspira contra el ahorro de energía.

Según lo investigado, las operaciones que se realizan en el secado de motores de la Empresa Mecánica del Níquel, no está respaldado con la correspondientes mediciones, o sea, no existen registros (Solo se registran los consumos energéticos, pero no el tiempo, ni la cantidad o peso de los motores secados), con el cual se puedan conformar por un método estadístico, el modo y tiempo óptimo de secado. Se sigue el criterio práctico de: un día para secar motores pequeños, dos para los medianos y tres para los grandes y de alto voltaje.

Resumiendo: Las operaciones se realizan con criterio práctico, bastante acertado, pero no están escritas en procedimientos, instrucciones, manuales o normas.

En las pruebas y mediciones realizadas en este trabajo, logramos elementos suficientes para determinar el tiempo de trabajo óptimo y hacer una propuesta racional para el secado de motores.

Sólo a los motores grandes se les realiza un protocolo de pruebas (motores de alto voltaje y más de 500 kW), donde se chequea el aislamiento antes y después de la reparación o limpieza, o sea, antes y después de pasarlo por horno.

En la mediciones de los protocolos de pruebas, los valores de absorción de humedad (Coeficiente que relaciona la resistencia de aislamiento de los devanados en una medición realizada a los 60 segundos sobre otra realizada a los 15 segundos) (Para estar en rango deben ser mayor de 1,3 y el promedio de las mediciones quedan por encima de 3) , que en la práctica demuestra un potencial de ahorro, pues en lugar de 72 horas, se pueden lograr valores óptimos de resistencia de aislamiento con 62 horas de secado. O sea, se pueden ahorrar 10 horas de proceso, con un impacto de 117,66, MWh/Año y 17860,31 CUC/Año. O sea, un ahorro del 16.6 % de los valores de consumo actuales.

La práctica internacional demuestra que los motores pequeños no necesitan más de 12 horas de hornos, por tanto, en este sentido, también se consume por encima de lo necesario.

De la misma manera, los motores medianos también necesitan menos de 48 horas de secado.

Es una propuesta del siguiente trabajo proponer a la administración de la UEB de Reparaciones Capitales Eléctricas la elaboración de normas para la actividad de

secado de motores, para definir un criterio técnico económico que vincule ambos aspectos, o sea, la calidad del producto terminado y el ahorro de energía. Si comparamos los valores de tiempo internacionales con respecto a los que tenemos en la UEB nos damos cuenta de que existen reservas de al menos cinco horas por cada día de trabajo de conexión del equipo.

Una peculiaridad del proceso de secado de motores la podemos verificar en el **Tabla, Comportamiento de la temperatura en 48 horas de trabajo**, donde se controla la relación de la temperatura en el horno a partir del tiempo de trabajo las primeras 24 horas hasta la 48 horas.

Los valores encima de la curva y por debajo de la temperatura de secado, son pérdidas que se identifican en dos momentos del día. Por la mañana, el personal de la UEB utiliza alrededor de media hora. Abren el horno para verificar el estado de aislamiento de una muestra de los motores. En el horario pico de 5.00 a 9.00 PM de la noche, se desconectan los hornos.

En el proceso de llenado de los hornos con motores, podemos ver claramente que durante las primeras 24 horas y a partir de la carga con los equipos fríos, los niveles de condensación son mayores y las pérdidas también.

Podemos ver como a partir de las 24 horas y hasta las 48 horas, la temperatura del horno desciende más lentamente, porque el equipamiento secado ya está caliente y con menos humedad.

Otra de las reservas de energía identificadas, la tenemos en la cámara de secado de transformadores No 64, es una cámara criolla, la cual se hizo en tamaño similar a la cámara No. 103, sin embargo la eficiencia es mucho menor, por cuanto no tiene el aislante térmico adecuado, esto quiere decir, según las bibliografías consultadas que las pérdidas por este concepto son de alrededor del 26.8 por ciento del consumo, mayor que la cámara 103 (Ver Tabla de Balance Energético en Hornos Intermitentes).

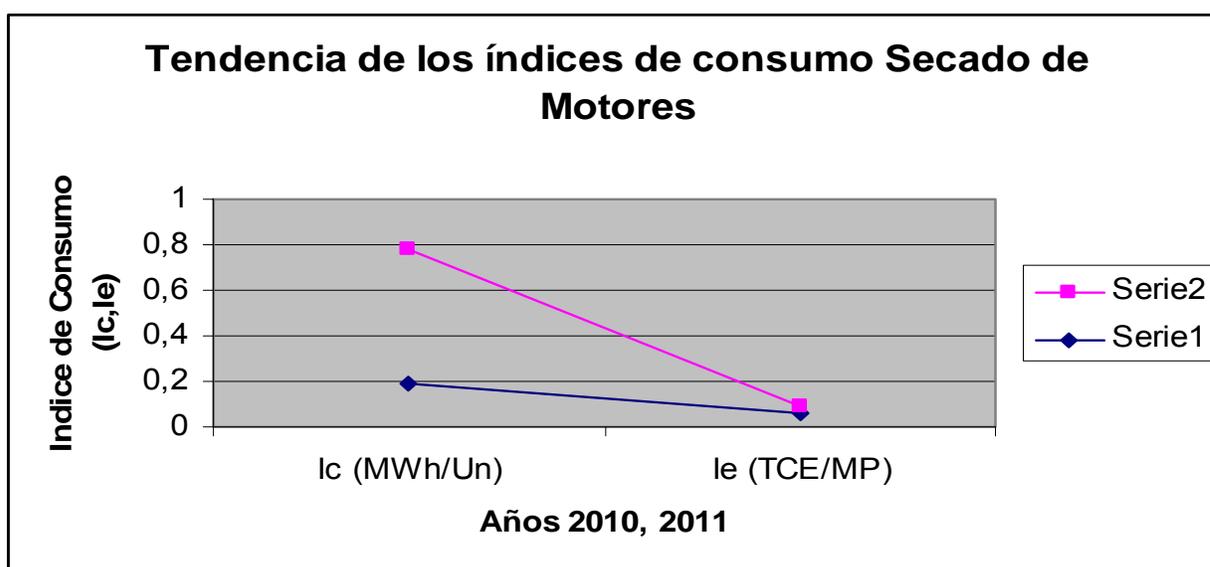
**La propuesta de este trabajo incluye realizar una Reparación Capital a este equipo** a partir de la selección adecuada del aislante térmico, que en este caso será

fibra de vidrio extraída de una tubería de vapor en la Empresa Camariocas, lo cual aumentará la eficiencia del horno y reducirá consumos proporcionalmente a las acciones realizadas.

**Tabla 5. Indicadores de consumo en proceso de Secado de Motores Año 2010 y 2011**

MESES	PIEZAS (U)	Pesos, (\$)	Miles de Pesos,(\$)	MWh	Ic (MWh/Un)	Ie (TCE/MP)	TCE
Total 2010	3782	2031520	4612,74761	705,8	0,186621	0,060274	278,03
Total 2011	1187	893735	8415,26035	706,8	0,595451	0,033085	278,42

Para realizar los cálculos de Ic (MWh/Un), Ie (TCE/MP), se aplican las fórmulas **1.2.19**  
**Medición, análisis y mejora. Eficiencia energética.**



**Tabla 6: Potencial de ahorro en los Hornos de secado de motores**

Hornos de Reparaciones Eléctricas	de Capitales	Horas trabajadas en 2010	MWh consumidos, 2010	Potencial de ahorro, MWh/Año	Potencial de ahorro, CUC/Año

Cámara de secado Grande	5280,00	401,28	66,89	10154,41
Cámara de secado pequeña	1680,00	67,20	11,20	1700,50
Horno de Quemado	864,00	69,12	11,52	1749,09
Horno Aerodinámico	3000,00	165,00	27,51	4175,33
Cámara Objeto 22	40,00	3,20	0,53	80,98
Total	10864,00	705,80	117,66	17860,31

Para realizar los cálculos de MWh, se usan las fórmulas de 1.5 Fórmulas para el cálculo de la energía:

El potencial de ahorro es a partir de la consideración de que se puede reducir la duración de los procesos de secado, y esto repercute en un 16.6 % de los gastos actuales de electricidad.

## **2.4 Caracterización de los Hornos de Tratamiento Térmico**

### **2.4.1 Horno No 19**

Posee dos termopares, el registrador se encuentra conectado provisionalmente en los hornos 22 y 30, este horno se encuentra en buen estado.

### **2.4.2 Horno No 20**

Actualmente el sistema de control (pizarra) se encuentra en mal estado, los aisladores están en mal estado, la resistencia está regular, pues presenta irregularidades y deformaciones, no posee registrador de temperatura, los conductores en mal estado.

### **2.4.3 Horno No 21**

Posee un registrador nuevo y dos termopares, los ladrillos, terminales, resistencia, conductores están en mal estado, el sistema de control está en buenas condiciones.

#### **2.4.4 Horno No 22**

Le falta el registrador de temperatura y un termopar, el crisol, resistencia, ladrillo, conductores y terminales se encuentran en mal estado.

#### **2.4.5 Horno No 23**

Le falta el registrador de temperatura y un termopar, los conductores, la resistencia y el límite de la puerta se encuentran en mal estado.

#### **2.4.6 Horno No 24**

Posee el termopar y un registrador que solo mide un punto de temperatura, la resistencia, los conductores y el límite de la puerta se encuentran en mal estado.

#### **2.4.7 Horno No 30**

Le falta el registrador de temperatura y un termopar, los ladrillos se encuentran en buen estado, la resistencia, los conductores y la tapa del horno se encuentran en mal estado.

#### **2.4.8 Otros aspectos a considerar.**

En cuanto a la caracterización de los hornos de tratamiento térmico, la situación es más favorable, en la UEB de Maquinado, para realizar el tratamiento térmico, se cumple una tecnología estrictamente, el operador es más profesional y cuando ocurre un retraso por mala calidad del tratamiento térmico, es más fácil depurar los responsables y las causas de la desviación.

De esta área, sólo detectamos el mal estado técnico del refractario, lo cual incide en numerosas averías pues las contracciones térmicas debido al trabajo intermitente de estos equipos, provoca que se caigan los clavos que soportan las resistencias, originando cortocircuitos cada cierto tiempo.

La propuesta de este trabajo está orientada a la realización de Reparaciones Capitales en el horno de pozo No. 21 y el No. 30, pues la empresa tiene condiciones y recursos para realizarlas.

Si se cumple cabalmente esta recomendación, el potencial de ahorro en este sentido sería de alrededor de 5% de los valores actuales de consumo de esta actividad.

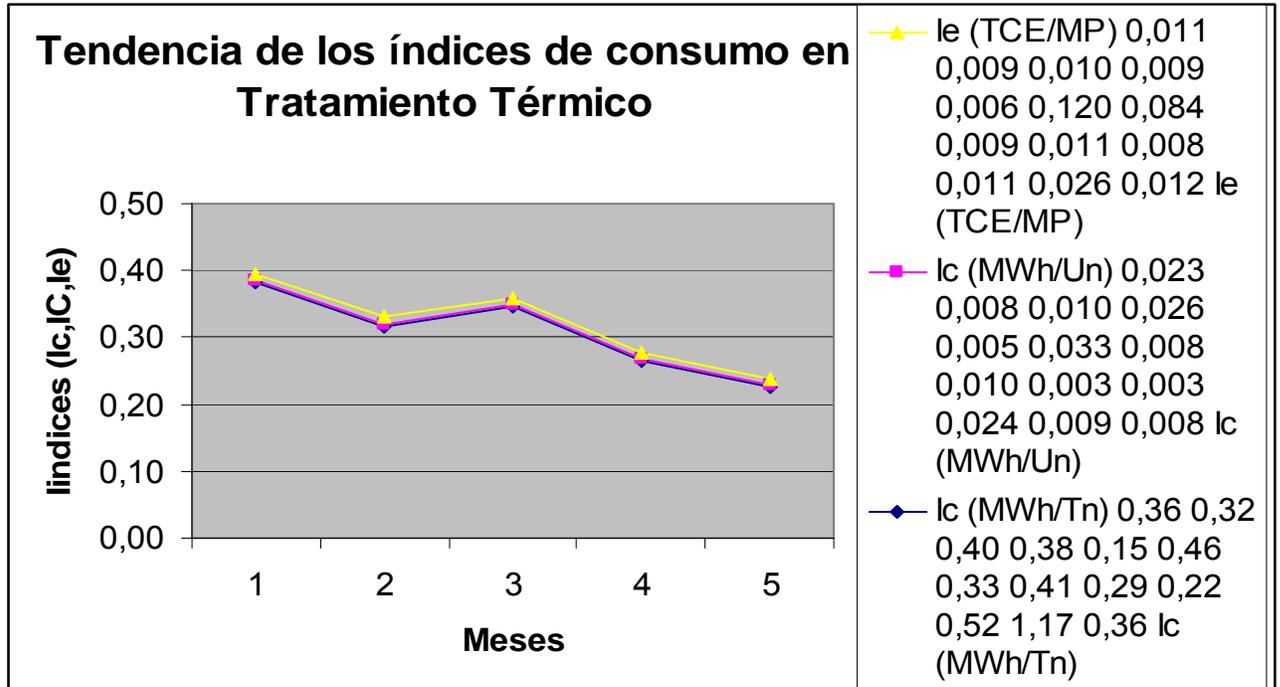
**Tabla 7. Indices consumo en proceso de Tratamiento Térmico Año 2010 y 2011**

MESES	PIEZAS (U)	TONELA DAS (Tn)	Pesos, (\$)	Miles de Pesos,(\$)	MWh	Ic (MWh/Tn)	Ic (MW h/Un)	Ie (TCE /MP)	TCE
E	799	50,3	641693,65	641,69365	18,08	0,36	0,023	0,011	7,12
F	2064	50,68	670993,29	670,99329	16,00	0,32	0,008	0,009	6,30
M	1984	49	780240,46	780,24046	19,48	0,40	0,010	0,010	7,67
A	697	48,35	777977,79	777,97779	18,42	0,38	0,026	0,009	7,25
M	1991	71,16	756481,16	756,48116	10,64	0,15	0,005	0,006	4,19
J	649	47,22	71227,66	71,22766	21,65	0,46	0,033	0,120	8,53
J	1991	47,4	74292,52	74,29252	15,78	0,33	0,008	0,084	6,22
A	1804	45,97	806031,25	806,03125	18,84	0,41	0,010	0,009	7,42
S	7304	81,37	844891,52	844,89152	23,86	0,29	0,003	0,011	9,40
O	5588	66,37	722485,89	722,48589	14,61	0,22	0,003	0,008	5,75
N	837	39,56	709059,1	709,0591	20,50	0,52	0,024	0,011	8,08
D	2638	21	376440,29	376,44029	24,62	1,17	0,009	0,026	9,70
Total 2010	28346	618,38	7231814,58	7231,81458	222,47	0,36	0,008	0,012	87,63

Tratamiento Térmico Año 2011

MESES	PIEZAS (U)	TONELA DAS (Tn)	Pesos, (\$)	Miles de Pesos,(\$)	MWh	Ic (MWh/Tn)	Ic (MW h/Un)	Ie (TCE /MP)	TCE
E	3156	35,01	656515,43	656,51543	13,369	0,38	0,004	0,008	5,27
F	7533	62,79	744024,27	744,02427	19,922	0,32	0,003	0,011	7,85
M	6918	60,47	786248,85	786,24885	20,902	0,35	0,003	0,010	8,23
A	6582	62,84	805489,32	805,48932	16,739	0,27	0,003	0,008	6,59
M	4784	75,22	810234,87	810,23487	16,986	0,23	0,004	0,008	6,69
Total 2011	28973	296,33	3802512,7	3802,51274	87,918	0,30	0,003	0,009	34,63

Para realizar los cálculos de  $I_c$  (MWh/Un),  $I_e$  (TCE/MP), se aplican las fórmulas **1.2.19**  
**Medición, análisis y mejora. Eficiencia energética.**



**Tabla 8: Potencial de ahorro en los Hornos de Tratamiento Térmico.**

Hornos de Tratamiento Térmico	Horas trabajadas en 2010	MWh consumidos, 2010	Potencial de ahorro, MWh/Año	Potencial de ahorro, CUC/Año
Horno 19, 68 kW	740	50,32	2,52	381,93
Horno 21, 94 kW	497	46,72	2,34	354,59
Horno 22, 63 kW	1378	86,81	4,34	658,92
Horno 23, 41 kW	60	2,46	0,12	18,67
Horno 24, 49 kW	140	6,86	0,34	52,07
Horno 27, 41 kW	14	0,57	0,03	4,36
Horno 30, 42 kW	773	32,47	1,62	246,42
Total	3602	226,212	11,31	1716,95

Para realizar los cálculos de MWh, se usan las fórmulas de 1.5 Fórmulas para el cálculo de la energía:

El potencial de ahorro es a partir de la consideración de que las reparaciones a los hornos en mal estado, disminuirán las afectaciones por imprevistos eléctricos, y esto repercute en un 5 % de los gastos actuales de electricidad.

## **2.5 Conclusiones**

En este capítulo, se han evaluado cuantitativamente los procesos de secado de motores y tratamiento térmico, identificando la tendencia de los mismos, y se palpa como en la medida que avanza 2011, o sea en tanto se han aplicado algunas acciones recomendadas con el presente trabajo, se mejoran los índices de consumo. Se detecta que los tiempos de secado son más largos que los que se usan en la práctica internacional.

## **Capítulo III. Realización de Auditoría Energética.**

### **3.1 Introducción**

En este Capítulo aplicaremos los conocimientos adquiridos en el Capítulo 1, y las mediciones y cálculos de los parámetros de los procesos de secado y tratamiento térmico del capítulo II, para realizar una evaluación cualitativa de la Gestión Energética involucrada.

### **3.2 Auditoría Energética en el área de hornos de las UEB de Maquinado y Reparaciones Capitales Eléctricas**

**Lista de Chequeo de la Gestión Energética:**

		Evaluación Plan	Evaluación Real
1.	Organización del S. G. E. y Dirección		
1.1	Está estructurado, elaborado, organizado e implantado el Sistema de la Gestión Energética (Cap. 08), basado en lo establecido en el Manual de la Organización y Dirección Técnica de la producción .	5	5
1.2	Están determinados el Dpto, grupo o personas (plantillas correspondientes), actualizadas las funciones que llevan a cabo el desarrollo de la actividad en cada área involucrada.	5	5
1.3	Existen en la entidad y se cumplen con las leyes, regulaciones, circulares y otros documentos rectores sobre el consumo de la energía eléctrica.	5	5
1.4	Están elaborados, aprobados, implantados y actualizados los procedimientos de Gestión Energética (Manual de Procedimientos) adecuado a las especificidades de su rama, empresa o entidad.	5	5
1.5	Existen procedimientos documentados, actualizados e implantados para la realización de las Auditorias Energéticas.	5	5
1.6	Están elaborados, implantados y se cumplen los procedimientos establecidos para la confección, ejecución y el control de los planes de consumo de energía eléctrica y la regulación de la demanda.	5	4
1.7	Están elaborados, implantados los procedimientos para la determinación de los índices de consumo de los portadores energéticos. Están actualizados, se cumplen.	5	4
1.8	Están elaboradas y aprobadas las guías de autoinspección del consumo de los portadores energéticos.	5	5
1.9	Existe el plan de la realización de las auditorias energéticas y autoinspecciones, según los procedimientos establecidos. Se cumplen, se elaboran las actas y se analizan.	5	5

1.10	Existe y está implantado el procedimiento para elaborar las Fichas Técnicas.	5	5
1.11	Están elaboradas y actualizadas las Fichas Técnicas de los equipos consumidores.	5	0
1.12	Existe el procedimiento para la realización de la contabilidad analítica, está actualizado e implantado.	5	5
1.13	Existe y está documentada la estructura de consumo por portadores y por unidad tecnológica.	5	5
1.14	Están establecidos los índices de consumo contra unidades físicas de producción para todos los portadores y agua involucrados en el proceso a nivel de: empresa, taller, instalación, equipos fundamentales, etc. Se controlan, se registran y está actualizada la documentación establecida.	5	4
1.15	Se controlan las incidencias los consumos energéticos en los costos de la Entidad	5	4
2.	PROGRAMA DE ECONOMÍA ENERGÉTICA.		
2.1	Existen los procedimientos para elaborar el Programa Energético y el Plan de Economía Energética, están actualizados y se cumplen.	5	4
2.2	Está elaborado el Programa de Economía Energética, aprobado por el Consejo de Dirección.	5	5
	Está elaborado con medidas concretas, haciendo énfasis en reducción de los indicadores de las áreas mayores consumidoras y está actualizado.	5	4
2.3	Existe el Plan de Medidas de Ahorro (Plan anual de Economía Energética) aprobado por el Consejo de Dirección :	5	5
2.3.1	Está elaborado con medidas concretas, precisado en fechas y responsables, valorados los ahorros (en unidades físicas y en valor). Está actualizado.	5	5
2.3.2	Está compatibilizado con el Plan de Negocios de la Entidad.	5	4
2.3.3	Están incluidas las medidas del los Proyectos Nacionales.	5	4
2.3.4	Están incluidas las medidas del Programa de ahorro de la	5	5

	energía eléctrica, del combustible, lubricantes y agua.		
2.4	Está actualizado en forma sistemática el cumplimiento (Énfasis en las medidas de mayor ahorro potencial en la etapa analizada).	5	5
2.5	Está determinado, analizado y documentado el potencial de reserva de ahorro de portadores energéticos y agua en la entidad.	5	4
3.	PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA.		
3.1	Existen, están actualizados los procedimientos documentados para realizar la planificación energética a corto, mediano y largo plazo (incluye las de la elaboración de la demanda, planes operativos mensuales: captación, procesamiento, revisión y análisis, elaboración de los planes quinquenales), están implantados y se cumplen.	5	5
3.2	Existen los índices de consumo técnicamente fundamentados para todos los portadores energéticos y agua por unidades físicas de producción para la unidad tecnológica y los equipos fundamentales, incluyendo los equipos de transporte (disponibilidad técnica, aprovechamiento del parque automotor, etc.).	5	4
3.3	Se controlan, se analizan sistemáticamente y se registran su comportamiento (en caso de transporte análisis por vehículos). Se cumplen los planificados.	5	5
3.4	Se analizan las causas de las desviaciones, se documenta.	5	4
3.5	La planificación, recepción y distribución de los portadores se realiza según el procedimiento establecido.	5	5
3.6	Existe el plan mensual operativo de consumo de todos los portadores energéticos y lubricantes	5	5
3.7	No excede el Plan operativo aprobado mensualmente para los portadores energéticos.	5	5

3.8	Existe el plan de máxima demanda contratada y de la demanda conveniada para el horario pico.	5	5
3.9	Se cumple con confección, revisión y entrega en tiempo y con la calidad del modelo estadístico 5073.	5	5
3.11	Está fortalecida el Área de Planificación energética con especialistas capacitados.	5	5
3.12	Se analiza mensualmente en los Consejos de Dirección y reuniones de Afiliados los consumos de los portadores energéticos y agua el cumplimiento de las directivas de ahorro establecidas por el Minbas y el País.	5	5
4.	CONTROL FISICO DE PORTADORES		
4.1	Se cuenta con los sistemas de medición necesarios para cada tipo de portador y agua por unidad tecnológica, etc.	5	5
4.2	Los sistemas y medios de medición se encuentran debidamente verificados. Funcionan adecuadamente. Están registrados los resultados de verificación.	5	5
5.	IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN TOTAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA (Puestos Claves)		
5.1	Están determinados los Puestos Claves en la Entidad (para cada área que procede).	5	4
5.2	Se controla el consumo de los portadores energéticos por la Entidad y a nivel de cada Puesto Clave, se registra y se analiza.	5	4
5.3	Están establecidos los índices de consumo contra unidades físicas de producción para todos los portadores involucrados en el proceso a nivel de Puestos Claves. Se controlan, se registran, se analizan los resultados de trabajo de los puestos claves. Está actualizada la documentación establecida.	5	4

5.4	Está conformado el Consejo Energético de la Entidad, funciona.	5	5
5.5	Se elaboran las actas del Consejo Energético, están distribuidas a todas las áreas involucradas. Se controla su cumplimiento.	5	5
6.	ACOMODO DE CARGA		
6.1	Está analizada y correctamente contratada la tarifa eléctrica de los consumidores.	5	4
6.2	Está definida correctamente la demanda máxima de la Entidad. Esta contratada, se controla y se recontrata en caso de cambios producidos en la entidad.	5	4
6.3	Está elaborado, actualizado y aprobado por los reguladores de carga el Plan de Acomodo de Carga.	5	5
6.4	Se controla y se cumple el Plan de Acomodo de carga, está actualizado el control.	5	4
6.5	El Factor de Potencia se cumple, manteniéndose dentro de los valores establecidos. No existe penalización por este concepto.	5	5
6.6	Poseen el control de los equipos grandes consumidores de energía eléctrica, está actualizado.	5	4
6.7	No existen motores sobredimensionados, ni transformadores subcargados.	5	4
6.8	El alumbrado está seccionado y hay un uso racional de la iluminación.	5	4
6.9	Está determinado el alumbrado imprescindible por el Orden Interior.	5	5
7.	ESTIMULACIÓN ECONÓMICA.		
7.1	Existe vinculación entre los indicadores de consumo (eficiencia energética) de los portadores energéticos y la estimulación.	5	4
7.2	Existe el procedimiento o documento que lo regula, está actualizado e implantado.	5	5
7.3	Se cumple con el procedimiento establecido.	5	5
8.	CALDERAS, HORNOS Y/O INSTALACIONES		

	COGENERADORAS		
8.1	Está normada la eficiencia en Calderas, hornos, instalaciones cogeneradoras, etc.	5	5
8.2	La eficiencia está dentro de los valores técnicos establecidos para estos tipos de equipo y se cumple.	5	4
8.3	Se controla y se ajusta la eficiencia de la combustión en hornos y calderas.	5	4
8.4	Se encuentran implantadas y se utilizan sistemáticamente los siguientes libros: de Incidencias, de defectos, de órdenes.	5	5
8.5	Se encuentran en los puestos de trabajo: Normas de operación vigentes, Cartas de régimen, Instrucciones de seguridad y salud, Protección e higiene.	5	4
8.9	Se toman las lecturas de los parámetros fundamentales de operación sistemáticamente. Los parámetros de operación registrados están dentro de la norma.	5	4
8.12	Los operadores están debidamente instruidos para cumplir su función.	5	4
8.13	El estado técnico general de los equipos es bueno (incluyendo el equipamiento de reserva).	5	4
8.15	El aislamiento térmico se encuentra en buen estado	5	4
11.	ALUMBRADO		
11.1	Existe y está actualizada la relación de las cargas de alumbrado instaladas.	5	4
11.2	Están seccionados los circuitos de alumbrado.	5	5
11.3	Se emplea correctamente la iluminación localizada.	5	5
11.4	Se aprovecha al máximo la luz natural en todas las instalaciones.	5	5
11.5	Se apagan equipos y alumbrado en horas pico.	5	5
11.6	Se emplea las fuentes renovables de energía, según las posibilidades.	5	5
15.	PROYECTOS NACIONALES.		

15.1	Esta certificado el levantamiento de cambio de las lámparas y equipos ineficientes por los Trabajadores Sociales.	5	5
15.2	Están sustituidos las luminarias y balastos de 40 W por 32W (según el proyecto Nacional).	5	5
15.3	Están creadas las condiciones para el almacenamiento de las lámparas nuevas y retiradas.	5	5
15.4	Están preparado el personal para la realización del cambio y elaborado el cronograma de ejecución. Se cumple.	5	5
15.5	Están sustituidos los equipos ineficientes (refrigeradores, aires, bombas, etc.) según el Proyecto Nacional. Estado de avance.	5	5
15.6	Está certificado el uso de los equipos climatizados en el pico de la mañana, si fuera necesario su utilización.	5	5
15.7	Está garantizado NO uso de los equipos climatizados en el horario del pico nocturno.	5	5
15.8	Están certificados los locales para el uso de los equipos de climatización.	5	5
16.	CONTROL DE USO Y DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA.		
16.1	Está nombrado el encargado del control de energía y combustible. Realiza las funciones. Está documentado.	5	5
16.2	Se realiza el comportamiento del consumo de los portadores energéticos en el Consejo de Dirección de la Entidad.	5	5
16.3	Está conformada la comisión de ahorro de energía. Funciona.	5	5
16.4	Se realiza el análisis del consumo y la divulgación de ahorro de	5	5



	energía, combustible y lubricantes.		
--	-------------------------------------	--	--

### **3.3 Evaluación puntual de las desviaciones**

A continuación estableceremos la evaluación puntual de cada una de las desviaciones detectadas según la lista de chequeo. Las que no sean de aplicación en el área, no serán investigadas.

No	Desviaciones	Observaciones	Acción de Mejora
1.6	Están elaborados, implantados y se cumplen los procedimientos establecidos para la confección, ejecución y el control de los planes de consumo de energía eléctrica y la regulación de la demanda.	Ocasionalmente los hornos se conectan en el horario pico violando lo establecido en la regulación de la demanda	Proponer a la Empresa Eléctrica Provincial, considerar la conexión de las estufas de secado de motores en horario pico, para hacer más eficiente el proceso y disminuir consumos totales.
1.11	Están elaboradas y actualizadas las Fichas Técnicas de los equipos consumidores.	No existían como herramienta de trabajo las Fichas Técnicas de los Hornos de secado	Proponer a la Administración de la UEB Reparaciones Capitales Eléctricas, que establezca el control sistemático de las Fichas Técnicas de los Hornos de Secado, asumiendo su condición de puesto clave para el ahorro de energía eléctrica
1.14	Están establecidos los índices de consumo contra unidades físicas de producción para todos los portadores y agua involucrados en el proceso a nivel de: empresa, taller, instalación, equipos	No están establecidos los índices físicos de consumo en los hornos de secado. Actualmente se miden los consumos globales	Proponer a la administración que se establezcan los registros correspondientes de control de la producción física realizada (Peso y cantidad de motores) contra el

	fundamentales, etc. Se controlan, se registran y está actualizada la documentación establecida.		consumo de electricidad logrado.
2.1	Existen los procedimientos para elaborar el Programa Energético y el Plan de Economía Energética, están actualizados y se cumplen. Está elaborado con medidas concretas, haciendo énfasis en reducción de los indicadores de las áreas mayores consumidoras y está actualizado.	En el Programa Energético no están incluidas las medidas organizativas y de inversión, que se necesitan para mejorar el proceso de secado de motores	Proponer a la administración que se incluyan en el Programa Energético de la Entidad y la UEB, las propuestas de mejoras establecidas en este trabajo investigativo. En este trabajo se establece la recomendación de incluir medidas de inversión en lo referente a eliminación de fugas de los hornos de cámara 103 y 64. Se propone variar la actual estructura de la cámara 64, por otra con similar diseño a la de la cámara 103, previendo la eliminación de pérdidas por convección, al agregar aislante térmico y un nuevo diseño de resistencias.

2.3.2	Está compatibilizado con el Plan de Negocios de la Entidad.	La Reparación Capital de la Cámara 64 de Secado de Transformadores, es extraplan y quedan pendientes de adquirir recursos para su ejecución	Proponer a la administración que se respalde en el Plan de Negocios de la Entidad el presupuesto necesario para culminar La Reparación Capital de la Cámara 64 de Secado de Transformadores
2.5	Está determinado, analizado y documentado el potencial de reserva de ahorro de portadores energéticos y agua en la entidad.	No estaba documentado el potencial de reserva de ahorro de portadores energéticos en hornos de las UEB de Reparaciones Capitales Eléctricas y Maquinado	Proponer a la administración que se considere el potencial de reserva de ahorro de portadores energéticos en hornos de las UEB de Reparaciones Capitales Eléctricas y Maquinado, establecido en este trabajo investigativo

3.4	Se analizan las causas de las desviaciones, se documenta.	No existe sistema en la UEB de Reparaciones Capitales Eléctricas para documentar las causas de las desviaciones del consumo eléctrico en los hornos de secado de motores	Proponer a la administración de la UEB de Reparaciones Capitales Eléctricas que establezca el sistema para analizar las causas de las desviaciones del consumo eléctrico en los hornos de secado de motores y que se documente.
6.2	Está definida correctamente la demanda máxima de la Entidad. Esta contratada, se controla y se recontracta en caso de cambios producidos en la entidad.	No está definida correctamente la demanda máxima de la Entidad por cuanto no se considera el trabajo continuo de los hornos de secado de motores, incluido el horario pico	Proponer a la Empresa Eléctrica Provincial, aumentar la demanda máxima contratada, de la Entidad e incluir la conexión de las estufas de secado de motores en horario pico, para hacer más eficiente el proceso y disminuir consumos totales.
7.1	Existe vinculación entre los indicadores de consumo (eficiencia energética) de los portadores energéticos y la estimulación.	No hay vinculación entre los indicadores de consumo (eficiencia energética) de los portadores energéticos y la estimulación de los trabajadores. Se detecta que la estimulación está establecida para	Proponer a la administración de la entidad vincular los indicadores de consumo (eficiencia energética) de los portadores energéticos y la estimulación de los trabajadores. Se recomienda en esta

		hacer descuentos a partir del fondo aprobado para la UEB si se cometen violaciones y esto no estimula al ahorro	investigación, establecer el grupo de personas claves, que deben ser estimuladas por lograr ahorro energético en hornos.
8.2	La eficiencia está dentro de los valores técnicos establecidos para estos tipos de equipo y se cumple.	Los valores de eficiencia de los hornos de secado están deteriorados con respecto a los valores internacionales	Proponer a la administración, reducir el tiempo de secado de motores para mejorar la eficiencia energética
8.5	Se encuentran en los puestos de trabajo: Normas de operación vigentes, Cartas de régimen, Instrucciones de seguridad y salud, Protección e higiene.	No se encuentra en el puesto de trabajo las Normas de operación para el secado de motores.	Proponer a la administración, a partir de los resultados de este trabajo, elaborar y cumplir las Normas de operación para el secado de motores.
8.9	Se toman las lecturas de los parámetros fundamentales de operación sistemáticamente. Los parámetros de operación registrados están dentro de la norma.	No se toman las lecturas de los parámetros fundamentales de la operación de secado de motores sistemáticamente (Temperatura, hora de inicio, consumo, medición de resistencia de aislamiento, tipo de motores, etc)	Proponer a la administración que se establezcan los registros correspondientes de control de la operación de secado de motores sistemáticamente (Temperatura, hora de inicio, consumo, medición de resistencia de aislamiento, tipo

			de motores, etc)
8.13	El estado técnico general de los equipos es bueno (incluyendo el equipamiento de reserva).	Existen equipos en mal estado técnico: Horno 64, Horno 21, Horno 30.	Proponer a la administración la realización de reparaciones capitales a los Hornos 64, 21, y 30. Es propuesta de este trabajo, proponer al Jefe de Taller de Mantenimiento Eléctrico EMNi, la realización de una reparación capital a estos hornos, pues se cuenta con las condiciones mínimas de materiales para ejecutarlo (Resistencias, Registradores). Con lo cual se aumenta la disponibilidad técnica del equipamiento, lo cual permite incrementar el porcentaje actual de la estimulación en moneda nacional al personal de mantenimiento, en un valor que se incrementa del 16 , hasta un 30 % mensual

8.15	El aislamiento térmico se encuentra en buen estado	La cámara 64 no presenta aislamiento térmico	Incluir en la Reparación Capital de la Cámara 64 el diseño y montaje de una pared de aislante térmico
------	--	--	---

### Otras desviaciones detectadas

1	No hay evidencias de que en el área de hornos de secado de transformadores y motores, se realicen los balances energéticos. Se detectan pérdidas por fugas	Se realizan mediciones que identifican un nivel de pérdidas que se establecen por fugas por falta de hermeticidad y que equivalen a 16 MWh/Año (2400 CUC/Año)	Se propone en esta investigación al Jefe de taller de mantenimiento Eléctrico la reparación de las zonas afectadas en el horno y que permiten fugas de calor en los hornos
---	--	---	--

### 3.4 Conclusiones

No obstante a que se establecen varias deficiencias en la Lista de Chequeo de la Gestión Energética, la evaluación que otorgamos es de Aceptable, con avances. Las áreas revisadas tienen implementado el Sistema de Gestión Energética y por tanto tienen la capacidad y los recursos para superar las deficiencias encontradas. Muestran tendencia a la mejoría en los índices de consumo vs toneladas y unidades. Las deficiencias y las acciones propuestas para superarlas, deben constituir una herramienta de trabajo poderosa en manos de la administración y los trabajadores, para hacer de las actividades investigadas, procesos eficientes.



### **3.5 Evaluación técnico económica.**

El efecto económico de este trabajo investigativo se establece a partir del análisis de las tablas de potencial de ahorro que se establecen en los puntos 2.3.8 y 2.4.8.

El ahorro potencial consolidado en ambas áreas alcanza la cifra de 128.97 MWh/Año y 19577.26 CUC/Año. Que representa el 2.05 % de los consumos anuales de la entidad y el 0.054 % de los costos totales de la entidad.



## **Conclusiones Generales**

En el presente trabajo, se han identificado una serie de elementos teóricos que pueden servir de base reglamentaria para lograr el desempeño eficiente de los procesos de secado de motores y tratamiento térmico. A partir del conocimiento de estas premisas, la administración cuenta con elementos suficientes para establecer instrucciones, normas y procedimientos que los regulen, fundamentalmente debe establecer la reducción del tiempo de secado actual de los motores, en un punto medio y razonable comparado con la práctica internacional, pues tiene un nivel de pérdidas inadmisibles.

Se evaluaron cuantitativamente los procesos, identificando que la tendencia de los mismos es a mejorar, en la medida que se han aplicado algunas acciones recomendadas con el presente trabajo, se mejoran los índices de consumo,

Se evaluaron cualitativamente los procesos que consideramos que en materia de Gestión Energética, están Aceptable, con avances. Tienen implementado el Sistema de Gestión Energética y por tanto, tienen la capacidad y los recursos para superar las deficiencias encontradas.

Hemos logrado la identificación de reservas de ahorro energéticas, y si se cumplen las acciones de mejora emitidas, podrán reducirse los actuales costos energéticos de la entidad.

## **Recomendaciones.**

Le recomendamos a la administración de la entidad, que discuta en Comité Energético de la Entidad y Consejo de Dirección, los resultados de este trabajo investigativo.

Recomendamos la inmediata valoración y aplicación de las propuestas establecidas para resolver las deficiencias que se presentan.

Las deficiencias y las acciones propuestas para superarlas, deben constituir una herramienta de trabajo poderosa en manos de la administración y los trabajadores, para hacer de las actividades investigadas, procesos eficientes.

Recomendamos insertar las propuestas de mejoras en el Programa Energético que la entidad tiene establecido



## Bibliografía

1. Videla Flores Andrés Página 65 de 70 *“Manual de motores eléctricos”*.
2. J. Astigarraga.. Ed. MC Graw H *“Hornos industriales de resistencia”* III
3. Chuck Yung, Electrical Apparatus Service Association. *“Recuperándose tras el desastre”*.
4. H. Arias, J.M. Lasheras. Ed. Donostiarra. *“Tecnología mecánica”*.
5. Guellberg, B.; Pekelis, G.. Editorial Pueblo y Educación, 1989. *“Reparación de máquinas herramientas”*
- 6.. Sánchez Ávila, José L.; Veliz Alonso, Juan I. *Gestión integral del mantenimiento y el ahorro de energía*. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Facultad de Ingenierías Química y Mecánica. Centro de Estudios de Combustión y Energía CECYEN.
7. Fernando Alegría Felices *“Fundamento y Ahorro en operaciones”*. Tomo 1. Edición Revolucionaria
8. Fernando Alegría Felices *“Ahorro en procesos”*. Tomo II. Edición Revolucionaria
9. *“Resultados del PAEC y la regulación de la demanda”* Disponible solo en [www.cubaenergia.cu](http://www.cubaenergia.cu)
10. *“Kofi Annan pide una revolución en eficiencia energética”*. Disponible en <http://www.energias-renovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?Id=8162>
11. HORNOS INDUSTRIALES. Disponible en [www.energia.inf.cu](http://www.energia.inf.cu)

## ANEXO I

### 9.1 FORMATO PARA EL PROGRAMA Y PLAN DE ECONOMÍA ENERGÉTICA

Modelo GE-04. PROGRAMA Y PLAN DE ECONOMÍA ENERGÉTICA
--

Medida	Ahorro esperado		Costo Estimado ejecución (MUSD).	Periodo de Recuperación (días)	Período de Ejecución	Responsable	Observaciones.
	Energía UF/año	Valor					

1 El Ahorro expresado tanto en portadores energéticos ( ton / año; MWh/año, tpce/año) como en valor (en ambas monedas \$/ año, pesos / año ).



**Anexo II, Tabla 1, Balance energético para un horno discontinuo.**

- Energía útil a la carga.....qu = 50%
- Energía a los contenedores.....qct = 20%
- Pérdidas por las paredes.....qp = 26,8%
- Perdidas por radiación en desplazamiento.....qr = 2%
- Perdidas adicionales.....qin = 1,2%
- Consumo total.....ct = 100%