OPORTUNIDADES PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LECHESAN S.A.

JESÚS EDUARDO TIRADO VIDES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN ENERGÍA

BUCARAMANGA

2.006

OPORTUNIDADES PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LECHESAN S.A.

JESÚS EDUARDO TIRADO VIDES

Informe de trabajo de grado como requisito para optar al titulo de Ingeniero en Energía

Director
CÉSAR YOBANY ACEVEDO ARENAS
Ingeniero Electricista
Magíster en Potencia Eléctrica

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN ENERGÍA
LÍNEA DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA
BUCARAMANGA
2.006

Nota de aceptación

_____

_____

_____

_____
Firma del Presidente del Jurado

_____
Firma de Jurado

_____
Firma de Jurado

Bucaramanga, Enero de 2.006

DEDICATORIA

A Dios, nuestro creador.

A mis padres y hermanos, quienes con su ejemplo y esfuerzo me han enseñado la importancia de continuar adelante sin desfallecer.

A todos mis familiares y amigos que me brindaron un apoyo incondicional.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería en Energía, que de una u otra forma contribuyeron en mi desarrollo intelectual y personal.

Jesús Tirado Vides

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Electricista, César Acevedo y a la Ingeniera Química María Fernanda Gómez por su colaboración, aporte de conocimientos y experiencia, fundamentales para el desarrollo de este proyecto.

A la Doctora Teresa Oliveros y al Ingeniero Álvaro Lizcano de LECHESAN S.A, por su colaboración y participación en la realización de la práctica empresarial correspondiente al estudio del Uso Racional y Eficiente de la Energía en la Planta PASTEURIZADORA SANTANDEREANA DE LECHE.

TABLA DE CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN 17

1. **GESTION ENERGÉTICA EN LA EMPRESA** 19

1.1 METAS Y OBJETIVOS DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EMPRESARIAL 19
1.2 ELEMENTOS DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL 20
1.3 PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS ENERGÉTICO 23
1.4 IMPLEMENTACIÓN DE UNA GESTIÓN ENERGÉTICA EMPRESARIAL 27

2. OPCIONES DE MEJORAMIENTO EN INSTALACIONES INDUSTRIALES 36
2.1 ILUMINACIÓN 36
2.1.1 Conceptos Básicos 36
2.1.2 Opciones de Mejoramiento 44
2.2 FUERZA MOTRIZ 46
2.2.1 Conceptos Básicos 46
2.2.2 Opciones de Mejoramiento 56
2.3 REDES DE DISTRIBUCION DE VAPOR 58
2.3.1 Conceptos Básicos 59
2.3.2 Opciones de Mejoramiento 63
2.4 RECURSO HÍDRICO 64
2.4.1 Conceptos Básicos 64
2.4.2 Opciones de Mejoramiento 65
2.5 AISLAMIENTO TERMICO 67
2.5.1 Conceptos Básicos 67
2.5.2 Opciones de Mejoramiento 72

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA **73**
3.1 LA ORGANIZACIÓN 73
3.2 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTOS PRINCIPALES 77
3.3 CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA EMPRESA 78

4. DIAGNOSTICO ENERGÉTICO **86**
4.1 PROCESO PRODUCTIVO DE LA LECHE PASTEURIZADA 88
4.2 PROCESO PRODUCTIVO DE LA LECHE UHT 92
4.3 PROCESO PRODUCTIVO DEL TAMPICO 96
4.4 SERVICIOS GENERALES O COMUNES 98

5. PLANTEAMIENTO DE OPCIONES DE USO RACIONALY EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA 99
5.1 SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS INEFICIENTES. 99
5.1.1 Situación Actual 99
5.1.2 Descripción de la opción URE 101
5.2 REEMPLAZO DE MOTORES SOBREDIMENSIONADOS 107
5.2.1 Situación Actual 107
5.2.2 Descripción de la opción URE 108
5.3 IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA DISMINUCION DE PERDIDAS DE AIRE Y VAPOR 109
5.3.1 Situación Actual 109
5.3.2 Descripción de la opción URE 110
5.4 REUTILIZACION DEL AGUA 111
5.4.1 Situación Actual 111
5.4.2 Descripción de la opción URE 113
5.5 MONTAJE DE AISLAMIENTO TERMICO 114
5.5.1 Situación Actual 114
5.5.2 Descripción de la opción URE 115

5.6 DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTION ENERGETICA INTEGRAL 115

6. EVALUACION DEL POTENCIAL TÉCNICO DE LAS OPCIONES URE 119

6.1 SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS INEFICIENTES 119
6.2 REEMPLAZO DE MOTORES SOBREDIMENSIONADOS 121
6.3 DISMINUCION DE PERDIDAS SISTEMA DE VAPOR Y AIRE 123
6.4 REUTILIZACION DEL AGUA 124
6.5 MONTAJE DEL AISLAMIENTO TÉRMICO 125

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 142

BIBLIOGRAFÍA 145

ANEXOS 147

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1 Elementos de la Gestión Energética 21
Figura 2 Procedimiento al Introducir un Sistema de Gestión Energética 28
Figura 3 Parámetros de Influencia en la Organización del GEI 31
Figura 4 Elementos del Controlling Energético 34
Figura 5 Asesoría Energética Interna 34
Figura 6. Curva Par-Velocidad del Motor y Curva de la Carga 49
Figura 7. Circuito Equivalente del Motor Asíncrono de doble Jaula 51
Figura 8 Proceso productivo de la leche pasteurizada 89
Figura 9 Proceso productivo de la leche ultrapasteurizada 93
Figura 10 Proceso productivo del Tampico 98
Figura 11 Fugas de vapor en la planta pasteurizadora 109
Figura 12 Lavadora de cestillo vista por debajo 111
Figura 13 Homogenizador y equipo proceso de la planta UHT 112
Figura 14 Tubería descubierta cuarto de calderas y planta UHT 115

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Niveles de iluminación Permitidos por la norma IEC 37
Tabla 2: Tipos de lámparas 38
Tabla 3: Comparación de fuentes de luz 39
Tabla 4.Índice del Local Según el valor calculado 41
Tabla 5. Valores de Factor de Utilización F_u , en función del índice del local K, de la reflexión de techos y paredes, y del tipo de iluminaría. 43
Tabla 6: Comparación de Características entre los Distintos Tipos de Motores 47
Tabla 7. Valores máximos de la corriente de arranque de un motor asíncrono 52
Tabla 8.Consumo de los Energéticos y su Valor Correspondiente. 79
Tabla 9. Equipos que intervienen en el proceso productivo de la leche pasteurizada y del Tampico 91
Tabla 10. Equipos que intervienen en el proceso productivo de la leche Ultrapasteurizada 95
Tabla 11. Niveles de Iluminación 100
Tabla 12. Inventario de Lámparas 101
Tabla 13. Tipos de lámparas Existentes en la planta y recomendaciones 104
Tabla 14 Consumo de energía eléctrica de algunos motores 107
Tabla 15 Motores propuestos para reemplazo 108
Tabla 16.Entradas de Agua en la Planta 113
Tabla 17 Resumen Beneficios Económicos del Cambio de Lámparas 120
Tabla 18 Costo de Inversión 120

LISTA DE GRÁFICAS

pág.

Gráfica 1: Producción equivalente Vs Consumo energía eléctrica 80
Gráfica 2: Producción equivalente Vs Consumo de agua 2005 81
Gráfica 3: Producción equivalente Vs Consumo Gas Natural 83
Gráfica 4. Variación del índice de consumo de energía eléctrica con respecto a la producción 84
Grafica 5. Variación del índice de consumo de energía eléctrica en el tiempo 85
Gráfica 6: Costos mensuales de los energeticos de la planta 86
Gráfica 7: Consumo promedio de energía eléctrica al mes de los principales equipos de la planta pasteurizadora 92
Gráfica 8: Consumo promedio de energía eléctrica al mes de los equipos de la planta UHT 96
Gráfica 9 Consumo de energía eléctrica de algunos motores 107

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A Cuestionario de Entrada 148

Anexo B. Propiedades del aire 156

Anexo C. Constantes para superficies isotermas 157

Anexo D. Cotizaciones de Motores y Lámparas de Iluminación 158

GLOSARIO

CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA: procedimiento de análisis cualitativo y cuantitativo que permite evaluar la eficiencia con que la empresa administra y usa todos los tipos de energía requeridos en su proceso productivo de manera histórica. También es el paso previo para implementar un sistema de gestión o administración de la energía.

COSTOS ENERGÉTICOS: parte de los costos totales de producción de una empresa, que se destina al pago por el consumo de energéticos.

DIAGNOSTICO ENERGÉTICO: análisis consumo de energía relacionado con los niveles de producción, las condiciones de diseño y operación de los equipos y la forma como el personal hace uso del recurso energético, con la finalidad de identificar las áreas en donde se presentan mayores consumos y desperdicios de energía.

EFICIENCIA ENERGÉTICA: relación entre la cantidad de energía realmente aprovechada en el proceso y la energía total que entra al mismo. Permite realizar comparaciones en maquinaria o procesos productivos similares a fin de establecer sus posibilidades de mejora, optimización o reemplazo.

FLUJO LUMINOSO: energía radiada que recibe el ojo medio humano según su curva de sensibilidad y que transforma en luz durante un segundo.

GESTIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL: proceso administrativo que tiene como objetivo fundamental la utilización eficiente y racional de los recursos energéticos en la empresa, a partir de un esquema organizativo que le permita a la gerencia, establecer una política energética y desarrollar programas de URE con bajo costo

de inversión y alto impacto en la conservación, en los cuales pueden participar todos los miembros de la empresa.

IEC: International Electrotechnical Commissión.

IES: Illuminating Engineering Society.

ÍNDICE DE CONSUMO: indicador que permite establecer el nivel de optimización de los recursos energéticos, relacionando la energía consumida en los procesos con sus costos de producción, a fin de plantear metas energéticas acordes con los objetivos económicos de la empresa.

INTENSIDAD LUMINOSA: es la densidad de luz dentro de un pequeño ángulo sólido, en una dirección determinada.

LUMINANCIA: el efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo, tanto si procede de una fuente primaria que produce luz, como si procede de una fuente secundaria o superficie que refleja luz.

LUMINARIAS: aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios de alimentación.

LAVADORA DE CESTILLO: maquina a vapor que lava las canastas donde se recolecta el producto terminado.

PET: Tereftalato de Polietileno, es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromático. Su denominación técnica es Polietilén Tereftalato o Politereftalato de etileno.

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales; sistema de tratamiento de aguas cuyo propósito es eliminar toda contaminación química y bacteriológica del agua que pueda ser nociva para los seres humanos, la flora y la fauna de manera que el agua sea dispuesta en el ambiente en forma segura. El proceso, además, debe ser optimizado de manera que la planta no produzca olores ofensivos hacia la comunidad en la cual esta inserta.

TETRA PAK: empresa multi-propósito que ofrece soluciones integrales de procesamiento y envasado. Sus envases permiten que alimentos líquidos perecederos extiendan su vida útil durante meses sin necesidad de refrigeración o conservantes.

UHT: Ultra High Temperatura. Proceso de ultrapasterización que se realiza por encima de los 134 C, cuyo objetivo es, en primer lugar, destruir todos los microorganismos que puedan ser causa de enfermedades (patógenos) y en segundo término, disminuir el número de aquellos agentes microbianos que puedan afectar la calidad del producto y sus derivados.

UPME: Unidad de Planeación Minero-Energética. Entidad gubernamental adscrita al Ministerio de Minas y Energía, encargada de la planeación integrada de los recursos energéticos y mineros, así como de la búsqueda del adecuado desarrollo minero energético del país, mediante el análisis, difusión de información y planeamiento indicativo que permita formular políticas y orientar la gestión de los agentes del sector, en condiciones de sostenibilidad ambiental, económica y social.

VDI(Verein Deutscher Ingenieure): Colegio de Ingenieros Alemanes

RESUMEN

Este trabajo de grado presenta un estudio técnico en torno a la aplicación de un programa de Uso Racional y Eficiente de Energía en las instalaciones de la empresa LECHESAN S.A. ubicada en la ciudad de Bucaramanga. El desarrollo del trabajo incluye los conceptos técnicos relacionados las medidas de ahorro energético, la caracterización y diagnóstico energético de la empresa, y el planteamiento de opciones de Uso Racional y Eficiente de Energía (URE) en las diferentes áreas de producción.

Para el establecimiento de estas opciones, se hizo una recopilación de datos históricos de consumos energéticos en la empresa y se realizaron las mediciones de potencia necesarias para determinar los principales usos de energía en las instalaciones de la planta. Así mismo, se realizó una inspección de las instalaciones buscando fallas visibles de procedimientos, de operación, de mantenimiento y/o de instalación. Una vez hecha una caracterización y diagnóstico energético, se establecieron posibilidades de ahorro energético donde se presentan consumos ineficientes y se plantearon opciones de mejoramiento en las instalaciones de la planta y se evaluaron desde el punto de vista del potencial técnico, aquellas opciones de menor costo de inversión y mayores ahorros obtenidos.

Estas opciones de URE en las instalaciones de LECHESAN S.A. se plantean como un primer paso, dentro de un proceso de implementación de un Sistema de Gestión Energética Integral.

INTRODUCCIÓN

En Colombia la industria hace frente a un ambiente de negocio global cada vez más competitivo, buscando oportunidades de reducir costos de producción sin afectar negativamente los procesos o la calidad del producto. La implementación de un programa de Uso Racional de Energía (URE) es una de las claves para enfrentar el desafió de la competitividad, manteniendo un producto de alta calidad.

Los elevados consumos de energía y sus implicaciones en los costos de producción, plantean la necesidad de estudiar alternativas de eficiencia y racionalidad de energía, bajo criterios técnicos y financieros adecuados. Para esto es necesario realizar un proceso de Diagnostico Energético que tenga en cuenta todas las formas de energía disponibles en la Planta de LECHESAN S.A., sus instalaciones de producción y de consumo, así como sus características propias en cuanto a los esquemas administrativos, de costumbres y conciencia en la utilización de la energía, los cuales también impactan los indicadores de eficiencia en el consumo energético.

En empresas del sector alimentos y Bebidas, los costos de energía se constituyen en una parte importante de los costos totales de producción. Estudios sectoriales como los realizados por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) indican que los costos de producción asociados al consumo energético en el sector alimentos y bebidas pueden llegar al 30% de los costos totales[1]. Debido a esto se deben tomar una serie de acciones que disminuyan el consumo específico de energía, siendo necesario el planteamiento de esquemas como la Gestión Energética Integral, en donde se busca caracterizar, diagnosticar y establecer

[1]CITADO Diciembre 5 de 2005: http://www.upme.gov.co/energia/eficiencia/indicador2.htm

potenciales de ahorro energético, así como su implementación y posterior control para mantener niveles de eficiencia competitivos.

Este trabajo presenta un estudio técnico de las oportunidades de mejora en la eficiencia energética en la empresa LECHESAN S.A., ubicada en Bucaramanga, teniendo en cuenta las diferentes líneas de producción con que cuenta la planta y sus procesos asociados.

1. GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA EMPRESA

Se entiende por Gestión Energética Integral (GEI) todas las acciones que se realizan para conocer, planear, evaluar, organizar, supervisar o dirigir, integrar y controlar los consumos y usos de los energéticos en una empresa. En este sentido, la GEI se constituye en un mecanismo administrativo para el manejo y control de todas las operaciones energéticas.

Las actividades correspondientes a la administración de energía son actividades en las que de alguna forma, todo el personal debe tomar parte. Sin embargo, uno de los principales requisitos para que esas actividades tengan impacto en el consumo energético de la empresa, radica en el pleno convencimiento de la alta gerencia sobre la necesidad y beneficios que la administración energética representa para la propia organización. Así mismo, la alta gerencia deberá Mostar un continuo y autentico liderazgo en esas actividades, ya que los subordinados podrán sus mejores esfuerzos solo si los directivos mantienen una actitud empresarial que subraye la importancia del objetivo buscado.

1.1 METAS Y OBJETIVOS DE UNA GESTIÓN ENERGÉTICA EMPRESARIAL

El objetivo primario de la GEI será en todo momento una reducción de los costos ocasionados por el consumo de energía de la empresa. Sin embargo, existen objetivos secundarios no menos importantes, como:

- Aumentar la capacidad de reacción a alteraciones e irregularidades en el sistema energético de la planta.
- Aumentar la capacidad de coordinación interna de la empresa.
- Identificar aspectos por mejorar, tanto técnicos como estructurales y de organización.

- Aumentar la transparencia del desarrollo de la demanda de energía, especialmente en relación a las medidas de mejoramiento tomadas.
- Aumentar la capacidad de adaptación a los cambios del entorno político-económico y energético de la empresa.

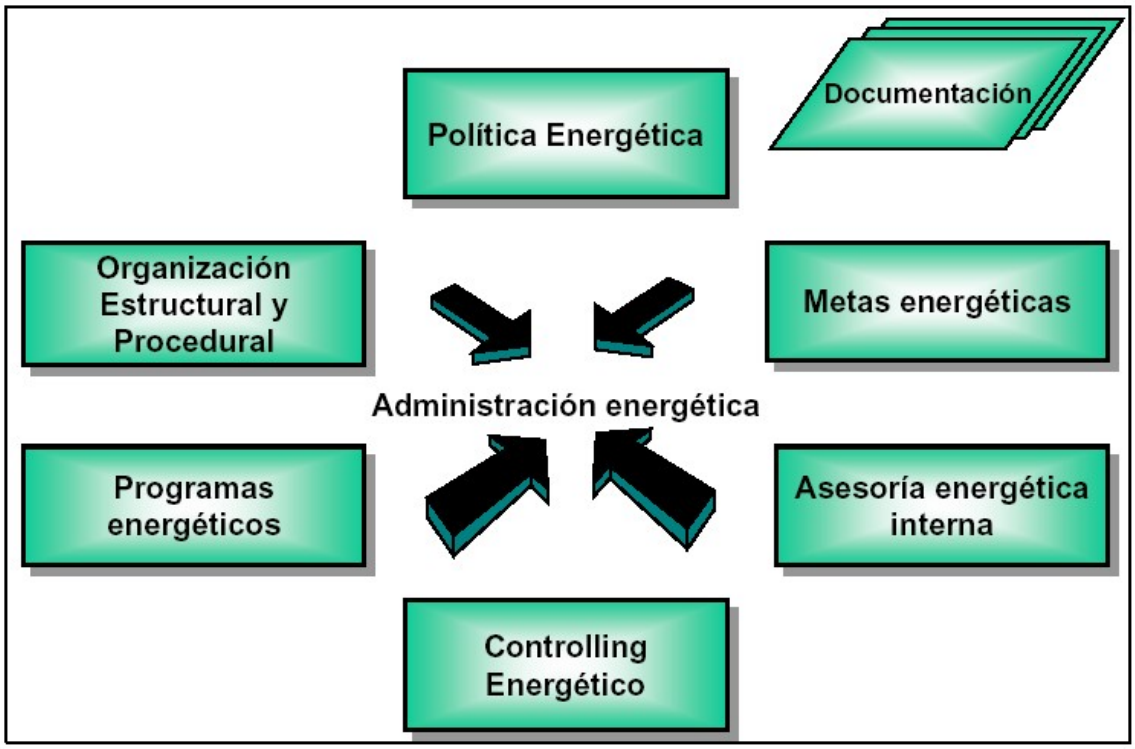
Tomando en cuenta estos objetivos, el Sistema de Gestión Energética apoyará a la gerencia de la empresa en formular una política energética empresarial y tomar decisiones estratégicas con relación a la energía. Así mismo, permitirá formular metas con respecto al empleo y consumo de energía en la empresa, planear y presupuestar la demanda energética, implementar y mantener un control (o controlling) energético continuo, elaborar y desarrollar programas energéticos, y desarrollar e institucionalizar una asesoría energética interna dentro de la empresa.

Al integrar el concepto de la GEI a la estructura organizativa de la empresa, la planta productiva logrará más fácilmente su objetivo principal de producir sus bienes materiales y de servicios de la manera más económica y con el menor impacto posible al ambiente. Podría decirse que la GEI combina aspectos que dentro de la organización de sistemas de gestión de la calidad (ISO9000) y de la gestión ambiental (ISO14000), son fundamentales a la hora de establecer indicadores de gestión.

1.2 ELEMENTOS DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA

Con los objetivos anteriormente mencionados, se establecen unos elementos de acción para la administración energética en la empresa, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Elementos de la Gestión Energética



Fuente: KRUSKA, Martin. Organización de sistemas de Gestión Energética en la Industria. En: Manual de uso racional de energía. Perú. 1998.

Los elementos principales que busca la gestión energética, dentro del esquema organizativo de la empresa son:

A. Una **política energética** de la empresa, en la cual se manifiesta por escrito una filosofía empresarial y principios estratégicos, orientados hacia la formulación de directrices en materia de consumo eficiente de la energía que suple a la empresa, y el desarrollo de una conciencia por el uso racional de este insumo.

B. **Metas energéticas** concretas, deducidas de la política energética, las cuales pueden estipularse continua o periódicamente y deben cumplir ciertos requisitos formales, como por ejemplo el establecimiento de fechas para lograr la

meta, responsables del logro de la misma, e indicadores de gestión que permitan su evaluación y control continuo.

C. Un "**Controlling" energético**, que comprende un amplio sistema de información interna, a fin de coordinar la planificación y el control de la demanda de energía. Este esquema de control es la parte central de todo el proceso de administración energética y está constituido por los siguientes módulos encargados de:

- Registro, análisis y comparación de datos de consumo energético y costos de producción (asociados y no asociados a energía).
- Planeación y presupuesto relacionado con insumo energético.
- Cálculo interno de costos asociados con el consumo de energético.
- Reporte, documentación e información interna.

D. Una **asesoría energética interna**, la cual tiene por objetivo respaldar a decisiones y proyectos internos, como por ejemplo la expansión de la producción o la planificación de nuevos edificios o equipos, el diseño y desarrollo de nuevos productos, procesos de reestructuración, etc. Es importante diferenciar esta asesoría con la consultoría externa a la empresa, encargada de formular y ejecutar proyectos de URE que requieran mayor profundidad tanto desde le punto de vista técnico, como financiero.

E. **Programas internos** de eficiencia energética o bien proyectos individuales destinados a reducir u optimizar el uso de energía en la empresa, como por ejemplo programas de motivación y capacitación de los empleados, programas específicos en áreas definidas de la empresa o análisis detallados de máquinas o equipos.

Naturalmente, la gestión energética debe estar en sinergia con la estructura y organización interna de la empresa, así mismo, debe ser documentada adecuadamente para mantener el control continuo. En este punto, es útil recurrir a estructuras probadas y acreditadas como las que emplean sistemas de Gestión de la Calidad (ISO 9000) o Gestión Ambiental (ISO 14000) o otros sistemas comprobados similares.

1.3 PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS ENERGÉTICO

Es difícil estandarizar un proceso tan variable como el de analizar toda una planta industrial. No obstante, el colegio de ingenieros alemanes (VDI) ha publicado desde 1984 una norma para el procedimiento de la consultoría energética, denominado VDI3922 Guideline "Energy Consulting for Industry and Business". El texto de la norma es muy teórico y da en primer lugar informaciones estructurales. Si bien el método descrito en este numeral no se apega estrictamente a esta norma, si se han adaptado algunos pasos y es adecuado mencionar a la norma en este contexto. A continuación se presenta este procedimiento.

A. El primer Contacto Con el Cliente. Es de fundamental importancia para la buena colaboración entre el consultor y el cliente. Deben discutirse sensiblemente los intereses de ambos lados. El consultor introducirá brevemente a su empresa y sus calificaciones profesionales. El cliente, por otro lado, presentará las informaciones necesarias para una primera estimación del volumen de trabajo que significaría un análisis de su planta. Esto comprende información acerca de los productos, los procesos productivos, el tamaño y la organización de la empresa.

B. Primera Visita a las instalaciones. A continuación debería llevarse a cabo una primera visita a la planta, la que le servirá al consultor para obtener una primera impresión de la situación general energética y técnica de la planta.

Finalmente se discutirá el procedimiento y los alcances del análisis y se definirá un primer cronograma del proyecto.

C. Levantamiento de la Información Energética. Después del primer contacto con el cliente y antes de firmar un contrato que estipule claramente las tareas del consultor, éste debería conocer bien algunos datos energéticos de la empresa. Para asegurar el levantamiento de la mayor cantidad de datos útiles para el consultor, se sugiere un cuestionario de entrada, que o bien puede rellenarse en el transcurso de la primera visita a la empresa, o bien puede enviarse previamente al cliente para su rellenado. En el Anexo A pueden observarse dos ejemplos de este cuestionario de entrada; el primero es tomado del manual de Auditorias Energéticas de la AEDIE[2] y el segundo del compendio "Eficiencia Energética" publicado por el Dr. Humberto Rodríguez Murcia (Profesor Emerito de Universidad Nacional de Colombia)[3] vale la pena anotar que no existe un cuestionario estandarizado para este proceso, e incluso el consultor energético puede crear su propio cuestionario de acuerdo a las características de la empresa y sus necesidades de información.

D. Análisis de la Información. De la información del cuestionario de entrada pueden hacerse las siguientes evaluaciones, siempre y cuando las preguntas hayan sido respondidas:

- La repartición de los energéticos adquiridos y los costos (energía eléctrica, diesel, residual, gas natural y otros).
- La importancia de la energía para la empresa: relación de los costos de energía con la cifra de ventas.

[2] Autores Varios. Manual de Auditorias Energéticas. Asociación para la Investigación y Diagnosis de la Energía (AEDIE). Madrid. 2003.
[3] RODRÍGUEZ M, Humberto. Eficiencia Energética. Folleto 1-Auditorias Energéticas. SENA. Bogotá. 1999

- La comparación con otras empresas en cuanto a indicadores de eficiencia: uso de energía por producto, costos de energía por producción, etc.
- El conocimiento acerca de los sistemas de transformación de energía que existen en la empresa.
- Una estimación de la importancia de los sistemas de vapor, agua caliente, aire comprimido, etc.
- Una estimación acerca de potenciales de integración térmica o aprovechamiento de calor residual.
- Una estimación acerca de los consumidores de mayor importancia (multiplicación de la potencia instalada por las horas de operación anuales).
- Estimación de la repartición del uso de los energéticos en las diferentes áreas de la planta.
- Conocimiento de la situación interna de datos energéticos y de medidores.

Estas informaciones preliminares permiten al consultor realizar una caracterización del consumo energético de la empresa y respaldan al consultor en su estimación del trabajo necesario para realizar un buen diagnóstico energético de la planta.

E. Registro Global de Datos – Análisis "Top down". La expresión "Top down", de arriba para abajo, ya indica la primera fase de un diagnóstico energético. Este análisis deber ejecutarse comenzando por los datos más gruesos y globales, para así ir avanzando hacía datos más detallados, dependiendo de las necesidades.

- Pueden indicarse siete objetivos principales del análisis global:
- Conocer los datos generales del consumo de energéticos de la empresa y su desarrollo sobre los últimos años así como del perfil de la demanda de energía.
- Conocer y evaluar de los contratos y las tarifas de suministro de energía.
- Conocer los flujos de energía a través de los procesos en la planta (cuáles consumidores emplean diesel, electricidad, vapor, aire comprimido, etc.).

- Establecer los consumidores principales y de mayor importancia para la empresa.
- Conocer la situación de registro de datos energéticos en la empresa.
- Establecer los primeros puntos débiles y potenciales de mejoramiento.
- Definir las áreas a analizarse con más profundidad.

En las empresas grandes con alta intensidad energética existe generalmente una estructura muy desarrollada de gestión de energía. Frecuentemente se establece un departamento encargado de administrar y manejar todas las tareas en el ámbito de la energía. Existe un catálogo muy elaborado de tareas y procedimientos continuos o regulares así como de proyectos especiales que conciernen al aparato energético de la planta.

F. Fijación de Metas Energéticas. La importancia de fijar metas se encuentra en que se es consciente que se puede mejorar. En Registro detallado de datos – Análisis "Bottom up". La expresión "Bottom up", de abajo hacia arriba, señala que, para tener un conocimiento de los datos energéticos, en una segunda fase del análisis se procede a analizar equipos y sistemas singulares para agregar la información hasta tener una imagen completa del sistema energético de la planta. Los objetivos del análisis detallado por lo tanto son:

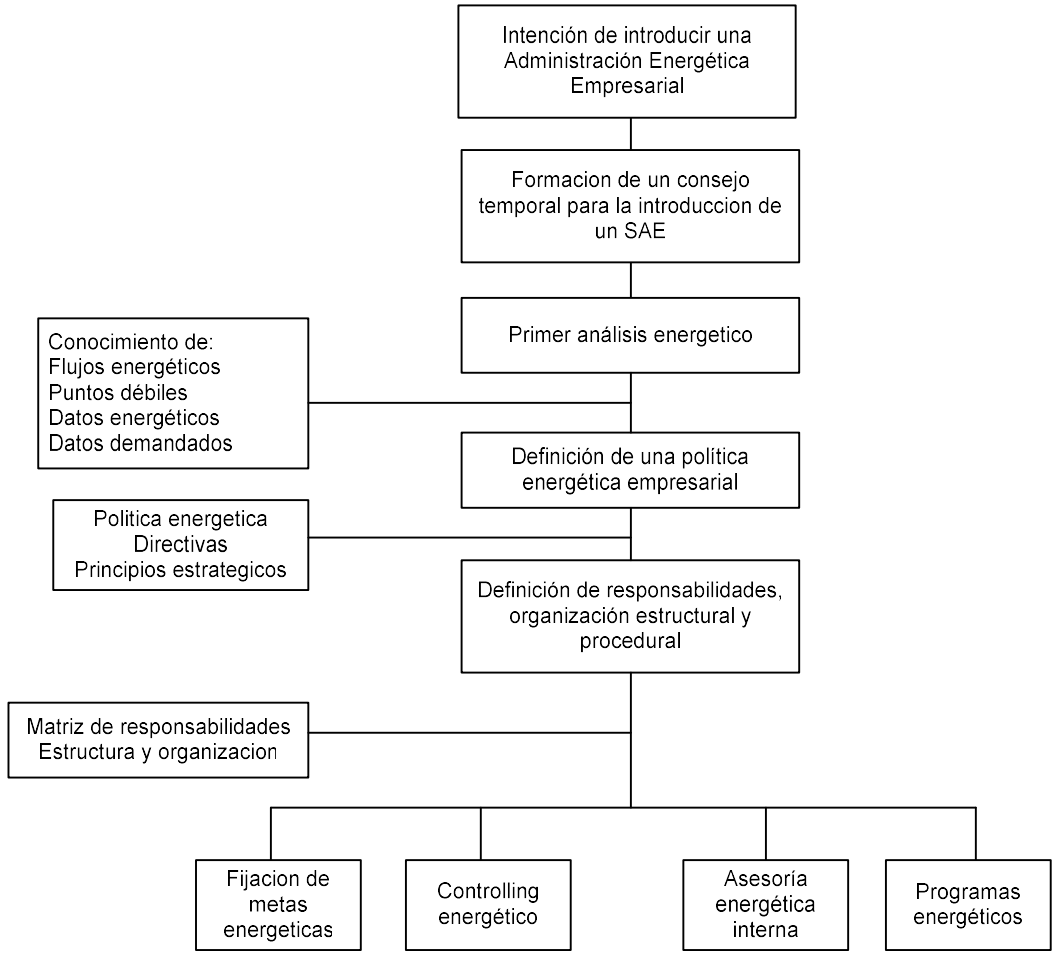
- Complementar las informaciones acerca del sistema energético de la planta.
- Conocer la eficiencia de los sistemas de mayor importancia energética para la planta.
- Descubrir y cuantificar potenciales de mejoramiento en el sistema energético.

1.4 IMPLEMENTACIÓN DE UNA GESTIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL

La implementación de un Sistema de Gestión Energética Integral (SGEI) puede partir de un proceso de diagnóstico energético realizado por un consultor externo, quien además de establecer alternativas de mejoramiento en instalaciones, propone un esquema administrativo que busque el mejoramiento en las costumbres de consumo de los usuarios de la energía en la empresa y el mantenimiento de un plan de acción en torno a una política energética. También puede proceder de una iniciativa propia de la gerencia de la empresa, quines al darse cuenta de la representatividad que tienen en sus costos de producción el rubro de compras de los diferentes energéticos, implementan este esquema administrativo.

En la Figura 2 se muestra un diagrama con los pasos a seguir para la implementación de un sistema de gestión energética (o de administración de energía) en una empresa. Se propone un procedimiento secuencial al iniciar el proyecto, y un proceso paralelo al implementar los elementos técnicos y administrativos. Cabe mencionar que tanto los elementos propuestos como el procedimiento se basan en la serie de normas ISO 14000 acerca de la gestión ambiental, lo cual hace de este proceso algo muy familiar a quien ya haya implementado procesos como ISO9000 o 14000 en su empresa.

Figura 2: Procedimiento al Introducir un Sistema de Gestión Energética



Fuente: KRUSKA, Martin. Organización de sistemas de Gestión Energética en la Industria. En: Manual de uso racional de energía. Perú. 1998.

A. Primeros Pasos. Parece innecesario mencionar que el proceso de implementación de un Sistema de Gestión de Energía comienza por la decisión y un compromiso por parte de la gerencia general. Sin embargo, es importante que la dirección de la empresa realmente apoye la idea y que respalde al responsable, grupo o consejo encargado de diseñar e introducir el sistema.

Aquí se propone la formación de un consejo temporal, que debería estar constituido por representantes de la gerencia, personal técnico así como personal

administrativo de la empresa. Los encargados de control de calidad, de gestiones ambientales así como de seguridad laboral pueden complementar el grupo. El consejo tendrá como primeras tareas.

- Hacer pública la idea de la gestión de energía dentro de la empresa y servir como intermediario entre la dirección y las áreas operativas de la empresa.
- Llevar a cabo los primeros análisis necesarios para el diseño adecuado del sistema de gestión energética, estipular una política energética, establecer directivas y definir principios estratégicos con respecto a la gestión de energía.

La tarea principal será por un lado diseñar los diferentes módulos operativos y técnicos del sistema y por otro lado definir y establecer las vías de comunicación e información necesarias para el sistema de gestión. Junto con la gerencia de la empresa, el consejo definirá las responsabilidades así como la organización estructural y procedural del sistema.

B. El Primer Análisis Empresarial. Aunque los módulos de una gestión de energía teóricamente podrían implementarse en cualquier momento, solamente un profundo conocimiento de la situación energética de la planta ayuda a reflexionar sobre las estructuras existentes y a implementar un sistema adaptado a las necesidades de la empresa. Por esto, un análisis empresarial es muy recomendable en los inicios de la implementación de un sistema de gestión energética. Este análisis debe abarcar no solamente el aspecto energético-técnico, sino debe comprender también un análisis (y una autocrítica) de la situación de la información y comunicación internas en la empresa.

C. Análisis Energético. Las tareas de un primer análisis energético son:

- Identificar los consumos y flujos energéticos en la planta.

- Averiguar la distribución de los consumos energéticos y de los costos ocasionados en las diferentes secciones de la planta.
- Identificar los consumidores más importantes de la planta.
- Identificar potenciales de ahorro y de mejoramiento desconocidos previamente.
- Identificar y definir los ámbitos, las secciones y las funciones energéticamente relevantes de la empresa.
- Analizar el entorno energético de la empresa.

D. Definición de una Política Energética Empresarial. Con una política energética, la dirección de una empresa señala claramente, hacia su entorno al igual que hacia sus propios empleados, que la empresa desea alinear su producción hacia un uso racional de la energía y hacia el menor impacto posible al ambiente.

La gerencia general define una política energética para manifestar por escrito una filosofía empresarial y principios estratégicos empresariales, para formular directivas energéticas para la empresa y para desarrollar una conciencia por el uso racional de energía en la empresa. Una política energética debe cumplir con los siguientes requisitos:

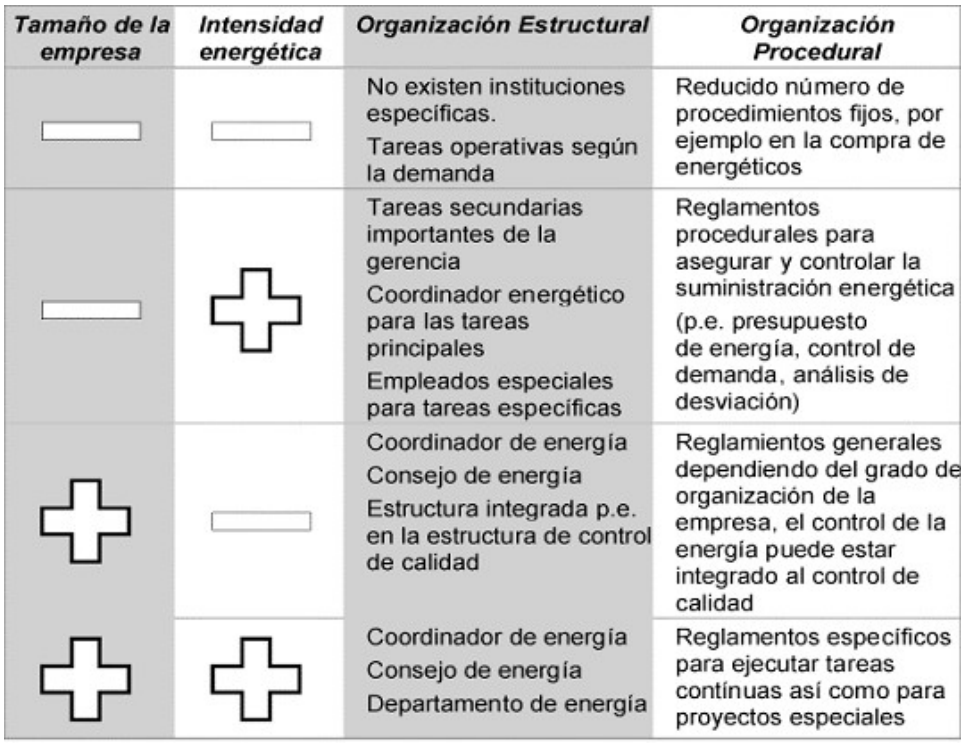
- Debe estar formulada de manera concreta como para poder deducir de ella metas relacionadas al uso de energía.
- Debe estar alineada en un largo plazo.
- Debe tener un carácter dinámico e incluir visiones que no deben ser ajenas a la realidad.

E. Organización Estructural y Procedural – Definición de Responsabilidades. Una tarea central dentro de la implementación de la gestión energética de una empresa es la formación de estructuras adecuadas y la

definición de responsabilidades correspondientes. Al definir las responsabilidades y la estructura de la gestión de la energía en una empresa, se debe respetar y tomar en cuenta cuidadosamente las estructuras existentes de la empresa. Dos factores influencian principalmente el desarrollo del sistema, afectando la organización estructural y procedural del SGEI, como se muestra en la Figura 3.

- El tamaño de la empresa (número de empleados, cifra de ventas, etc.).
- La intensidad energética de la empresa (energéticos consumidos, costos por energéticos)

Figura 3: Parámetros de Influencia en la Organización del GEI



Tamaño de la empresa	*Intensidad energética*	*Organización Estructural*	*Organización Procedural*
▭	▭	No existen instituciones específicas. Tareas operativas según la demanda	Reducido número de procedimientos fijos, por ejemplo en la compra de energéticos
▭	✚	Tareas secundarias importantes de la gerencia Coordinador energético para las tareas principales Empleados especiales para tareas específicas	Reglamentos procedurales para asegurar y controlar la suministración energética (p.e. presupuesto de energía, control de demanda, análisis de desviación)
✚	▭	Coordinador de energía Consejo de energía Estructura integrada p.e. en la estructura de control de calidad	Reglamientos generales dependiendo del grado de organización de la empresa, el control de la energía puede estar integrado al control de calidad
✚	✚	Coordinador de energía Consejo de energía Departamento de energía	Reglamentos específicos para ejecutar tareas contínuas así como para proyectos especiales

Fuente: KRUSKA, Martin. Organización de sistemas de Gestión Energética en la Industria. En: Manual de uso racional de energía. Perú. 1998.

La organización estructural, que define qué estructuras se implementarán para sostener y apoyar a la gestión energética en la empresa, así como la organización

procedural, que fija los procedimientos y reglamentos para un buen funcionamiento del aparato energético, se diferenciarán claramente con respecto a los factores arriba mencionados, de la siguiente manera:

- En una empresa pequeña y con una poca intensidad energética no se crearán instituciones específicas para la gestión de la energía. El personal operativo se ocupará de las tareas según la necesidad, la gerencia manejará los contratos con las compañías suministradoras de los energéticos.

- En empresas pequeñas, en las que la energía juega un papel importante con respecto a los costos o como factor productivo, existirá un "coordinador de energía", quien muy probablemente tendrá otra ocupación central, pero quien se encargará principalmente de todo lo que abarca la gestión de la energía. La gerencia se encargará de ciertas tareas principales. Adicionalmente, se encomendarán ciertas tareas específicas a algunos empleados que cuentan con los conocimientos requeridos. Ciertas tareas fijas deberán realizarse con regularidad para asegurar el abastecimiento continuo de energía así como el buen funcionamiento del aparato energético de la planta.

- En empresas grandes en que la energía juega un papel secundario, generalmente existe, sin embargo, un coordinador de energía o por lo menos un consejo o comité de energía, aunque estos no necesariamente sean denominados como tales. El jefe de mantenimiento o el jefe del departamento de instalaciones eléctricas puede ser esta persona. Los responsables de las áreas técnicas de mantenimiento y producción pueden conformar el consejo. Se observa a menudo que estas estructuras, así como los procedimientos fijos de la gestión de la energía, están integradas en aquellas existentes para el control de calidad, la gestión ambiental o la gestión de seguridad laboral.

F. Fijación de Metas. Considerando lo anterior se diferencian las metas energéticas de la política energética: la política refleja la filosofía de la empresa y es de un carácter un tanto abstracto. Las metas son muy concretas y llevan a acciones muy definidas. Los dos fundamentos de la definición de metas son:

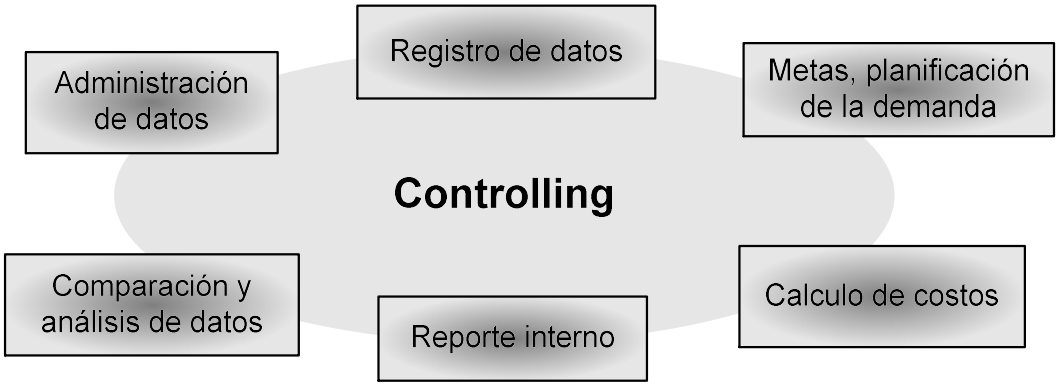
- La definición de metas debe ser dinámica – las metas se adaptarán a la empresa y no al contrario.
- Las metas energéticas deberían ser definidas posteriormente a un primer análisis empresarial.
- Para definir adecuadamente las metas hay que fijar la extensión del proyecto (hacerla cuantificable), el marco de tiempo y las responsabilidades.

G. El Controlling Energético Continuo. Dentro de la gestión de la energía en la planta, el controlling o control energético constituye el núcleo del sistema de gestión y tiene funciones de información, motivación y servicio.

En el sentido clásico del Controlling, el control energético proporciona las informaciones necesarias para la planificación y el manejo de la demanda de energéticos y de los proyectos relacionados así como para la fijación de metas energéticas. El controlling además proporciona la informaciones necesarias para las decisiones empresariales relacionadas al sistema energético.

Siendo un circuito controlador, el controlling energético comprende todas las funciones de registro y administración de datos, análisis de datos, fijación de metas así como la concepción y planificación de medidas reguladoras. El abastecimiento y uso de energía dentro de la planta misma es el objeto a controlar. En la Figura 4 se muestran los elementos constituyentes del Controlling energético.

Figura 4. Elementos del Controlling Energético



Fuente: KRUSKA, Martin. Organización de sistemas de Gestión Energética en la Industria. En: Manual de uso racional de energía. Perú. 1998.

Es importante considerar continuidad del controlling energético, ya que solamente en forma continua puede funcionar como circuito controlador.

H. La Asesoría Energética Interna. Un elemento de suma importancia dentro de la gestión energética es la institucionalización de una asesoría interna que apoye a las actividades operativas así como a los proyectos relacionados al sistema energético. Deben ser definidos claramente los casos en los que se recurrirá a la asesoría energética interna (véase en la Figura 5) así como las facultades son las que contará este servicio interno.

Figura 5. Asesoría Energética Interna

Fuente: KRUSKA, Martin. Organización de sistemas de Gestión Energética en la Industria. En: Manual de uso racional de energía. Perú. 1998.

I. Programas energéticos. Los programas energéticos o de eficiencia energética son proyectos destinados a aumentar la transparencia del uso de energía. Dentro de una gestión energética, estos programas podrán ser iniciados, planificados, coordinados y acompañados con eficiencia y regularidad. Algunos programas que se deberían implementar son:

- **Programas de motivación de los empleados**: Seminarios y talleres de capacitación interna, en que los empleados y trabajadores de diferentes áreas sean sensibilizados hacia las posibilidades que ellos mismos tienen de apoyar un uso racional de energía en su empresa.
- **Programas específicos por área:** Programas de entrenamiento y concientización para cambiar la conducta de los operadores de ciertas áreas con respecto al uso de energía.
- **Programas dirigidos hacia áreas definidas:** Por ejemplo el análisis energético de ciertas máquinas o equipos o el análisis de eficiencia de sistemas periféricos iluminación, aire comprimido, calderas, etc.

2. OPCIONES DE MEJORAMIENTO EN INSTALACIONES INDUSTRIALES

2.1 ILUMINACIÓN

El sistema de alumbrado ofrece un buen campo de ahorro de energía, al reducir costos de operación al controlar los niveles necesarios de iluminancia para desarrollar las tareas propias de cada actividad. El propósito del alumbrado en general es suministrar una iluminación en cantidad y calidad que permita efectuar las labores visuales propias del recinto con eficiencia, seguridad y comodidad[4].

Los múltiples progresos técnicos dados en el área de la iluminación y el creciente interés por el ahorro de energía, han impulsado el desarrollo de fuentes de luz con mayor rendimiento luminoso y de mejor calidad lumínica. Además, las nuevas tendencias hacia el uso de lámparas mas pequeñas que desaparezcan de la arquitectura del ambiente, y que suministren una mayor calidad respecto a la reproducción de colores y al color de la luz, han desplazado a la tradicional lámpara incandescente convencional a un segundo plano de utilización. Es por esto que en el mercado se ofrece una amplia gama de diferentes alternativas a la lámpara incandescente para ahorrar energía y al mismo tiempo satisfacer las necesidades de los nuevos diseños de iluminación.

2.1.1 Conceptos Básicos

Existen varios métodos para el cálculo de iluminación, tanto para interiores como para exteriores. La finalidad es determinar el número de luminarias requeridas para obtener el nivel de iluminación adecuado a la labor a realizarse en el local a considerar.

[4] ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES “ANDI”. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN. UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Guías para el uso racional de la energía por procesos en la industria. Segunda Edición. Medellín.1998.

Para realizar los diseños de iluminación en interiores del tipo industrial, bodegas o salones es común emplear el método de los lúmenes (también llamado de la cavidad zonal), el cual es bastante apropiado para diseños sencillos de iluminación que no requieran un alto nivel de complejidad arquitectónica. El procedimiento planteado por este método es el siguiente:

1. Se fijan los niveles de iluminación a obtener en el plano de trabajo según la tabla 1.

Tabla 1. Niveles de iluminación Permitidos por la norma IEC[5]

LUGAR	Lux (Lx)
Pasillos, bodegas, salas de descanso, comedores, servicios higiénicos, salas de trabajo con iluminación suplementaria sobre cada máquina o faena, salas donde se efectúen trabajos que no exigen discriminación de detalles finos o donde hay suficiente contraste.	150
Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión, trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles, moldes en fundiciones y trabajos similares.	300
Trabajo con pocos contrastes, lectura continuada en tipo pequeño, trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos, maquinarias, herramientas, cajistas de imprenta, monotipias y trabajos similares.	500
Laboratorios, salas de consulta y de procedimientos de diagnóstico y salas de esterilización.	500 a 700
Costura y trabajo de aguja, revisión prolija de artículos, corte y trazado.	1.000
Trabajo prolongado con discriminación de detalles finos, montaje y revisión de artículos con detalles pequeños y poco contraste, relojería, operaciones textiles sobre género oscuro y trabajos similares.	1.500 a 2.000
Sillas dentales y mesas de autopsias.	5.000
Mesa quirúrgica	20.000

[5] IEC. International Electrotechnical Commissión. Norma ISO/**IEC** 17799

Para fijar el nivel de iluminación que se debe obtener en una instalación de alumbrado han existido dos tendencias:

- La corriente americana que fijaba niveles más altos de iluminancia.
- La corriente europea con niveles más bajos, pero prestando más atención a los detalles, deslumbramiento y calidad de diseño.

En las últimas décadas hay una aproximación entre ambas y se estudian criterios comunes que definan la iluminancia adecuada a cada tarea y lugar.

Según algunos autores, una vez que en un espacio hemos obtenido unos niveles mínimos de iluminación, evaluables en 150lx aproximadamente, el aumento de esos niveles no es casi nunca la forma más efectiva de mejorar el confort visual y la visibilidad.

2. Se determina el sistema de alumbrado y el tipo de luminaria en función de la información anterior, así como el comportamiento lumínico de la lámpara y la luminaria en su conjunto. Esta información puede ser obtenida de catálogos de fabricantes de lámparas y luminarias. En las tablas 2 y 3 se presentan algunos datos a tener en cuenta al seleccionar el tipo de lámpara y en el Anexo B se presenta un ejemplo de información específica de un tubo fluorescente T8.

Tabla 2. Tipos de Lámparas

TIPO DE LAMPARAS			
	Potencia (W)	**Lúmenes/W**	**Vida Promedio (horas)**
Incandescente			
	25	9.2	1000
	40	11.40	1000
	60	14.30	1000
	100	17.40	1000
	200	19	1000
	500	21.20	1000
	1000	23.60	1000
Fluorescente			
Blanco Calido	20	63.50	7500
Luz Diurna Fría	20	41	7500
Blanco Calido	40	81.25	9000
Luz Diurna Fría	40	66.50	9000
Halógenas de Mercurio			
Alta Presión			
	375	76	24000
	1000	85	24000
Vapor de Mercurio			
Alta Presión			
	125	50	24000
	250	54	24000
	400	57.50	24000
Metal Haloide			
	250	82	10000
	400	85	10000
	1000	112.50	10000
Sodio			
0Alta Presión			
	250	85	24000
	400	120	24000
	1000	130	24000
Baja Presión			
	135	139	8000
	185	178	10000

Tabla 3: Comparación de fuentes de luz

COMPARACION DE FUENTES DE LUZ		
TIPO DE LAMPARA	**VENTAJAS**	**DESVENTAJAS**
INCANDESCENTE	Compacta Sin Balasto Buen Control Óptico Bajo Costo Disponible en potencias bajas Buena reproducción del color Iluminación estable	Vida corta Baja eficiencia Alto calor radiante
INCANDESCENTE TUNGSTENO HALOGENO	Compacta Sin balasto Excelente control óptico Vida moderada Buena reproducción del color Iluminación estable	Alto costo Baja eficiencia Medio a alto calor radiante Temperatura ambiente Afecta su vida útil
FLUORESCENTES COMPACTA	Compacta Balasto electrónico incorporado Buena eficiencia Buena reproducción del color Iluminación estable Vida larga	Mediano a alto costo Limitado control óptico
FLUORESCENTE	Bajo costo Buena eficiencia Vida larga Buena reproducción del color Iluminación estable	Limitado control óptico Con balasto Posibilidad de ruido a los Balastos
MERCURIO	Vida larga Eficiencia moderada Iluminación estable	Encendido demorado (2-5 minutos) Alto costo Con balasto
METAL HALOIDE	Vida moderada Buena eficiencia Buen control óptico Buena reproducción del color	Con balasto Alto costo Encendido lento (2-10 minutos)
SODIO	Vida larga Eficiencia moderada Iluminación estable	Alto costo Con balasto Encendido demorado

3. Se determina el factor de mantenimiento, el cual es una función de la depreciación de la emisión luminosa de la luminaria, debido a la acumulación de suciedad en el mismo, así como a la depreciación de las superficies reflectoras o transmisoras de la luz ocasionadas por el envejecimiento y las horas de uso. El factor de mantenimiento se obtiene multiplicando el valor de la depreciación de la lámpara por la depreciación por suciedad de la luminaria. Este factor puede estimarse considerando los siguientes porcentajes:

- Para locales limpios: 10 %
- Para locales de limpieza regular: 15 a 20 %
- Para locales sucios: 25 a 35 %

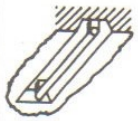
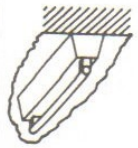
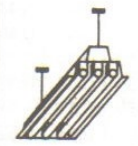
4. Se calcula la relación del local según las dimensiones del área a iluminar. Los locales a Iluminar se clasifican según un índice de utilización dado por 10 letras desde la A hasta la J, como se muestra en la tabla 3. para determinar cuál es el índice del local correspondiente, se emplean las siguientes ecuaciones:

Tabla 4.Índice del Local Según el valor calculado

Índice del local K	Relación del local Valor	Punto central
J	Menos de 0,7	0,6
I	0,7 a 0,9	0,8
H	0,9 a 1,12	1
G	1,12 a 1,38	1,25
F	1,38 a 1,75	1,5
E	1,75 a 2,25	2
D	2,25 a 2,75	2,5
C	2,75 a 3,50	3
B	3,50 a 4,50	4
A	mas de 4,50	5

5. Con el índice del local, el tipo de iluminaría y el factor de reflexión de techos y paredes se determina el factor de utilización. Este factor es una relación entre los lúmenes que llegan al plano de trabajo y los lúmenes totales generados por la lámpara. Es un factor que considera la eficacia y la distribución de la luminaria, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes, techo y piso. Los valores correspondientes se obtienen de tablas, como la mostrada a continuación, en la tabla 5.

Tabla 5. Valores de Factor de Utilización F_u , en función del índice del local K, de la reflexión de techos y paredes, y del tipo de iluminaría.

Posición	Tipo de luminaria	Distribución de flujo	Distancia entre luminarias y factor de mantenimiento *Fm*	Reflexión: Techo	75 %			50 %			30 %	
				Pared	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	30 %	10 %
				Índice local *K*	Factor o coeficiente de utilización, *Fu*							
1	 Fluorescente empotrado abierto		Inferior a 0,8 × *h* *Fm* Bueno 0,75 Medio 0,65 Malo 0,55	J	0,40	0,37	0,35	0,39	0,37	0,35	0,37	0,35
				I	0,48	0,46	0,45	0,47	0,45	0,44	0,44	0,43
				H	0,52	0,50	0,50	0,51	0,49	0,49	0,48	0,48
				G	0,55	0,54	0,53	0,54	0,53	0,51	0,51	0,50
				F	0,58	0,56	0,54	0,55	0,54	0,53	0,53	0,52
				E	0,60	0,59	0,57	0,59	0,58	0,56	0,57	0,55
				D	0,65	0,62	0,60	0,62	0,61	0,59	0,59	0,58
				C	0,66	0,64	0,61	0,64	0,62	0,61	0,61	0,60
				B	0,67	0,65	0,64	0,65	0,63	0,62	0,62	0,61
				A	0,68	0,66	0,65	0,66	0,65	0,63	0,64	0,62
2	 Fluorescente simple descubierto		Inferior a 1 × *h* *Fm* Bueno 0,70 Medio 0,60 Malo 0,53	J	0,32	0,27	0,23	0,32	0,26	0,23	0,25	0,23
				I	0,40	0,35	0,31	0,39	0,34	0,30	0,34	0,30
				H	0,44	0,39	0,36	0,43	0,39	0,35	0,36	0,35
				G	0,48	0,43	0,40	0,46	0,42	0,39	0,41	0,39
				F	0,52	0,47	0,43	0,50	0,46	0,42	0,45	0,42
				E	0,57	0,52	0,48	0,55	0,51	0,47	0,50	0,46
				D	0,62	0,56	0,52	0,59	0,55	0,51	0,54	0,51
				C	0,65	0,59	0,54	0,62	0,57	0,54	0,56	0,53
				B	0,69	0,63	0,59	0,65	0,61	0,58	0,60	0,58
				A	0,71	0,66	0,62	0,67	0,63	0,60	0,61	0,60
3	 Luminaria industrial abierta		Inferior a 1 × *h* *Fm* Bueno 0,68 Medio 0,58 Malo 0,50	J	0,38	0,32	0,28	0,37	0,32	0,28	0,31	0,28
				I	0,47	0,42	0,39	0,46	0,41	0,38	0,40	0,37
				H	0,51	0,47	0,44	0,50	0,47	0,43	0,46	0,43
				G	0,55	0,51	0,48	0,54	0,51	0,47	0,50	0,47
				F	0,58	0,54	0,51	0,57	0,53	0,51	0,52	0,50
				E	0,63	0,60	0,57	0,62	0,59	0,56	0,58	0,55
				D	0,68	0,64	0,61	0,66	0,64	0,61	0,63	0,60
				C	0,70	0,67	0,63	0,68	0,65	0,63	0,64	0,62
				B	0,73	0,70	0,68	0,71	0,68	0,67	0,67	0,66
				A	0,74	0,72	0,70	0,72	0,70	0,68	0,69	0,67
4	Luminaria directa con rejilla difusora		Inferior a 1 × *h* *Fm* Bueno 0,70 Medio 0,60 Malo 0,50	J	0,33	0,28	0,26	0,32	0,28	0,26	0,28	0,26
				I	0,39	0,36	0,34	0,39	0,35	0,34	0,35	0,34
				H	0,43	0,40	0,38	0,42	0,40	0,38	0,39	0,38
				G	0,46	0,43	0,41	0,45	0,43	0,41	0,42	0,41
				F	0,48	0,46	0,43	0,47	0,45	0,43	0,45	0,43
				E	0,52	0,50	0,47	0,51	0,49	0,47	0,48	0,47
				D	0,55	0,53	0,51	0,54	0,52	0,51	0,52	0,51
				C	0,57	0,55	0,52	0,56	0,53	0,52	0,53	0,52
				B	0,59	0,57	0,56	0,57	0,56	0,55	0,55	0,54
				A	0,60	0,58	0,56	0,59	0,57	0,56	0,56	0,55

6. Se calcula el flujo total Φ_t a instalar (El que deben suministrar las luminarias) mediante la siguiente expresión:

$$\Phi = \frac{E.L.A}{Fm.Fu}$$

Donde:

E = nivel de iluminación en lux segun tarea.
L = largo del local en metros.
A = ancho del local en metros.
F_m = Factor de mantenimiento.
F_U = factor de utilización

7. Con la información anterior y considerando el flujo que aporta cada luminaria, se establece el número de luminarias mediante la expresión:

$$N = \frac{\Phi t}{\Phi i}$$

Se distribuyen las luminarias en filas y columnas comprobando que se sigue cumpliendo con el factor de utilización dado por la tabla 5.

2.1.2 Opciones de Mejoramiento.

- **Niveles de Iluminación.** Frecuentemente los niveles de iluminación son elevados, tanto en áreas comunes como para áreas especificas. Tales niveles se comprueban mediante el uso de un luxómetro y se comparan con las tablas de los niveles mínimos de iluminación de la IEC y de seguridad industrial.

Si el nivel de iluminación no es suficiente, se pueden utilizar reflectores de aluminio en las luminarias sin incrementar la carga eléctrica.

- **Lámparas Más Eficientes.** En los casos en que los niveles de iluminación son los adecuados, entonces se recomienda utilizar lámparas que proporcionen el mismo nivel de iluminacion, pero con una menor potencia. Lo mas aconsejable será esperar a la terminación de la viuda útil de la lámpara antes de hacer la sustitución.

- **Luz Diurna / Redistribuir Luminarias.** Es conveniente redistribuir los circuitos de alumbrado de tal manera que las lámparas ubicadas cerca de ventanas en oficinas se puedan encender y apagar por medio de un interruptor sencillo a fin de aprovechar la luz del día.

- **Balastos Ociosos.** Es común encontrar lámparas quemadas o desconectadas intencionalmente, pero unidas al balasto. Esto debe evitarse. Pues el balasto sigue consumiendo energía eléctrica, del orden del 20% de la potencia de la lámpara. Así mismo se recomienda el empleo de balastos de alto factor de potencia a fin de disminuir la energía reactiva.

- **Luminarias Obsoletas.** La luminaria es la caja de lámina en donde se alojan las lámparas y el balasto. La parte superior esta cubierta con una pintura reflejante, que es necesario revisar periódicamente para cerciorarse que no este deteriorada.

- **Programas de Mantenimiento.** es indispensable definir las técnicas de mantenimiento. Cuando el sistema tiene un programa de mantenimiento adecuado, se pueden permitir niveles bajos de iluminación en el diseño. Dentro de los aspectos a considerar en el mantenimiento del sistema de iluminación se encuentran:

- Limpieza de las lámparas; la iluminación producida por una lámpara disminuye significativamente cuando esta cubierta de suciedad. Debe crearse una rutina de limpieza con periodicidad trimestral.
- Reemplazo de las lámparas; las lámparas deben reemplazarse tan pronto han cumplido su vida útil (en grupo) o cuando empiece a presentar fallas (individual). El reemplazo en grupo resulta ser mas económico y los niveles de iluminación no se ven reducidos.

Actualmente ya se están fabricando reflectores de aluminio que se sobreponen a la luminaria con lo cual se logra mayor reflexión, que puede llegar hasta el 95%, por lo cual, dependiendo del estado en que se encuentre la pintura, se puede ganar entre el 25% y 50% de nivel de iluminación, lo que permitirá retirar la mitad de las lámparas ahorrándose el 50% de la energía eléctrica.

2.2 FUERZA MOTRIZ

El rendimiento de los motores eléctricos es en general muy elevado, bastante superior a motores de explosión. El alto nivel tecnológico aplicado al diseño y fabricación de motores eléctricos les confiere una gran robustez, un mantenimiento sencillo y en general una vida muy larga[6].

La duración de un motor dependerá del tipo de funcionamiento a que se le someta, del número, duración y magnitud de las sobrecargas que sufra.

2.2.1 Conceptos Básicos. Los motores eléctricos convierten la electricidad en forma de corriente continua o alterna, en energía mecánica apta para mover los accionamientos de todo tipo de maquinaria. La gran variedad de motores existentes y sus modos tan diferentes de funcionamiento, hacen muy difícil la generalización. En la siguiente tabla se presenta un comparativo de los tipos de motores comúnmente empleados en la industria.

[6]ISA. Manual de Ahorro de Energía en la Industria. Bogotá.

Tabla 6: Comparación de Características entre los Distintos Tipos de Motores

COMPARACION DE CARACTERISTICAS ENTRE LOS DISTINTOS TIPOS DE MOTORES			
Características	**Sincrónico Con Excitación**	**Asincrónico**	**Corriente continua**
Eficiencia	ALTA	BAJA	MEDIA
Factor de Potencia	AJUSTABLE	BAJA	NO APLICA
Estabilidad de Velocidad	BAJA	ALTA	ALTA
Rango de Velocidad	BAJO	BAJO	ALTA
Par de arranque	NO APLICA	MEDIO	ALTO
Corriente de Arranque	BAJA	ALTA	MEDIA
Costo	ALTO	MEDIO	ALTO (CON RECTIFICADOR)

Por su gran aplicación a nivel industrial, además de ser el tipo de motor que se emplea en el análisis realizado en este trabajo de grado, se trabajará continuación con los conceptos teóricos básicos relacionados con la máquina asíncrona o motor de inducción.

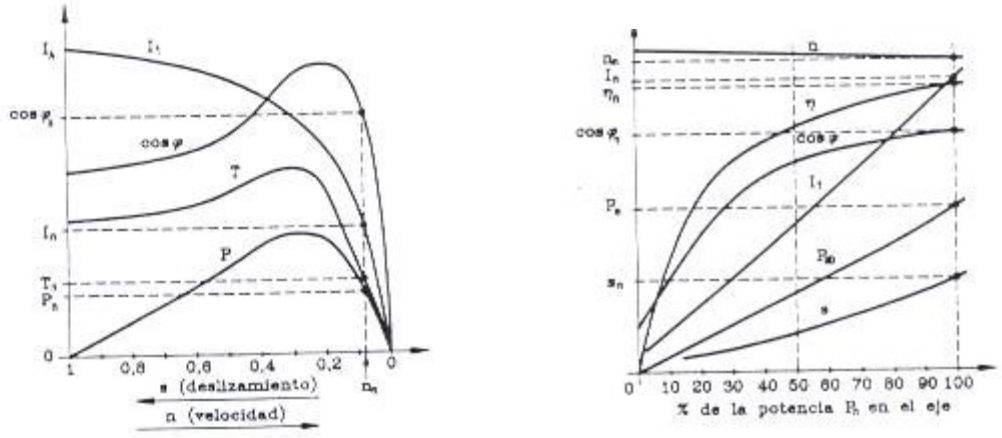
Una maquina asíncrona trifásica es el motor industrial por excelencia, por sus características de fiabilidad, robustez, elevada relación de potencia/peso y gran capacidad de4 sobrecargas transitorias, y como tal constituye la inmensa mayoría de la potencia instalada en accionamientos industriales. La maniobra de arranque, si bien es tal vez uno de los pocos puntos débiles, se puede resolver, no obstante, de forma relativamente sencilla. Como toda maquina eléctrica puede funcionar como generador, pero, por las razones que veremos mas adelante, esta modalidad de funcionamiento apenas se usa en su forma clásica, siendo en este campo ampliamente superada por las maquinas síncronas. Solo en generadores eólicos tiene una presencia importante, pero en este caso requiere el uso de convertidores electrónicos de frecuencia para la conexión a la red, que hacen que sus prestaciones se parezcan prácticamente a las de una maquina sincronía.

Funcionando como motor, la maquina asíncrona presenta la característica fundamental de que su velocidad de giro, dependiendo del par resistente que ofrezcan la carga, varia entre limites muy estrechos y siempre por debajo de la denominada velocidad de sincronismo, que para una maquina determinada solo depende de la frecuencia de alimentación del estator.

Dentro de los aspectos principales a tener en cuenta para el dimensionamiento del motor de inducción se encuentran, las características de carga del motor, la corriente de arranque y la eficiencia de la máquina.

- **Características de Carga del Motor de Inducción.** En función de la carga a que se someta el motor, varían sus características de velocidad (n), rendimiento (η), factor de potencia ($\cos\varphi$), intensidad de línea (I_L) y potencia absorbida (P_{ab}). Esto puede observarse en la figura 5, donde se representan los diferentes comportamientos de las variables eléctricas del motor, todo ello manteniendo constante la tensión de la línea (U_L).

Figura 5. Características de Carga para el motor de Inducción

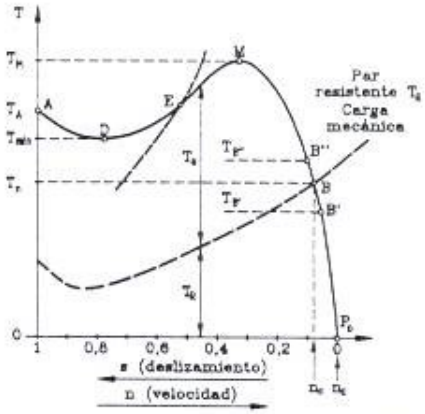


Fuente. CASTEJÓN O, Agustín. SANTAMARÍA H, Germán. Tecnología Eléctrica. Primera Edición. España. 1993

Las características par (τ) vs. Velocidad (n) del acoplamiento motor-carga se estudia mediante las curvas de la Figura 6, que como se observa en la figura anterior, representan la variación típica de estas dos magnitudes.

Es importante comprender el significado físico de varios puntos de estas curvas, para poder conocer en todo momento el comportamiento mecánico y eléctrico del motor en función de la carga mecánica.

Figura 6. Curva Par-Velocidad del Motor y Curva de la Carga



Fuente. CASTEJÓN O, Agustín. SANTAMARÍA H, Germán. Tecnología Eléctrica. Primera Edición. España. 1993

Existen cuatro puntos o zonas importantes:

✓ **Punto de arranque.** Corresponde a la velocidad cero (n = 0) o estado de reposo. El par que puede proporcionar el motor es el par de arranque (τ_A) punto A y la intensidad de arranque que solicita de la red es (I_A), que suele alcanzar valores de hasta 8 veces la corriente nominal (I_n).

Si se arranca el motor acoplado a la carga mecánica para la que está dimensionado (arranque en carga), la intensidad que absorbe de la red sigue la

curva. El par de arranque (τ_A) suele ser de 1,5 a 2,5 veces el par nominal del motor (τ_n).

✓ **Punto de funcionamiento en vacío.** Si el motor se arranca en vacío, sin carga mecánica alguna, proporciona el par de arranque (τ_A). El par sigue la trayectoria de la curva pasando por el valor mínimo (τ_{min}), punto D; por el valor máximo (τ_m), punto M, hasta llegar al punto B de funcionamiento estable que proporciona en el eje el par útil o nominal (τ_n).

El punto P_o es de funcionamiento en vacío, en el que el par suministrado es nulo y la velocidad (n_o), la de vacío, que sabemos es un poco mayor a la nominal e inferior a la de sincronismo.

✓ **Punto de funcionamiento estable.** En condiciones de funcionamiento estable las magnitudes par-velocidad que solicita la carga son iguales al par-velocidad suministrado por el motor y coincidente en el punto B. Cualquier perturbación que pueda soportar el sistema hace que se vuelva siempre a este punto B.

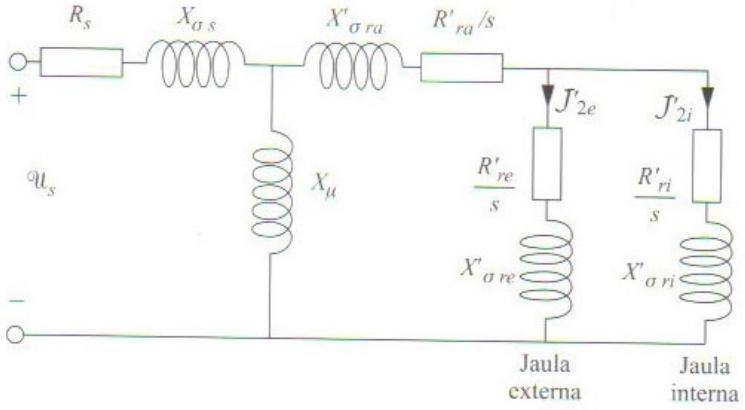
✓ **Punto de funcionamiento inestable.** Todos los puntos de la zona ADEM, por ejemplo el E, pertenecen a la zona de funcionamiento inestable ya que no llegan a sobrepasar el punto límite M, de máximo par (τ_A), donde comienza la zona de funcionamiento estable.

- **Corriente de arranque del motor.** Una de las características más positivas del motor de inducción cuando se conecta directamente a su tensión asignada es su elevado par de arranque, que es típicamente de 1,4 a 1,6 veces el par de plena

carga[7]. La contrapartida de este elevado par de arranque es doble: 'por una parte, el valor eficaz de la corriente de arranque directo I_{ad} que el motor absorbe de la red es muy elevado (de 5 a 6 veces la asignada); por otra, su factor de potencia es muy bajo (típicamente 0,20 a 0,30 en retraso).

Para justificarlo baste con tener en cuenta que en reposo el deslizamiento es la unidad y la resistencia aparente del rotor se reduce a R'_r. De acuerdo con el circuito equivalente del motor ilustrado en la figura 7, la intensidad queda limitada básicamente por las resistencias y reactancias de dispersión de estator y rotor, que además de tener un valor relativo pequeño tienen una componente inductiva elevada. La impedancia de entrada del motor a rotor bloqueado está comprendida entre 0,16 y 0,22 p.u. y tiene una relación X/R entre 4 y 5, según la potencia del motor.

Figura 7. Circuito Equivalente del Motor Asíncrono de doble Jaula



Una vez arrancado, y a medida que el motor se va acelerando, el deslizamiento disminuye y la resistencia ficticia de carga va aumentando. Con ello se consiguen dos cosas. Por una parte, que aumente la impedancia total que el motor presenta a la red; por otra, que dicha impedancia pase a ser de carácter predominantemente resistivo. El valor eficaz de la corriente, que en los primeros instantes del proceso de

[7] SANZ F. Javier. Maquinas Eléctricas. Prentice Hall Madrid 2002.

arranque apenas varía, se va reduciendo progresivamente hasta alcanzar su valor asignado, al tiempo que mejora el factor de potencia.

Estas características del arranque directo del motor asíncrono pueden ocasionar perturbaciones inadmisibles en el funcionamiento global de la red.

Por esta razón, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión obliga a disponer de los medios y dispositivos de arranque adecuados para limitar la corriente de arranque de los motores a los valores máximos indicados en la Tabla 7.

Tabla 7. Valores máximos de la corriente de arranque de un motor asíncrono

Potencia del Motor (kW)	Intensidad de arranque máxima x I_n
0.75 a 1,5	4,5
1,5 a 5,0	3
5,0 a 15,0	2
> 15,0	1,5

Fuente. SANZ F. Javier. Maquinas Eléctricas. Prentice Hall Madrid 2002.

Un motor de inducción se puede describir como un transformador giratorio trifásico, en el cual sus bobinados secundarios están cortocircuitados por lo que la potencia de salida no es eléctrica como en un transformador común, sino que es mecánica.

En el instante del arranque los motores requieren altas corrientes, las cuales producen un aumento en las pérdidas tanto de los devanados del motor como en las líneas de distribución interna de energía relacionadas con el motor. Aunque el motor esta dimensionado por el fabricante para arrancar en forma directa con la red de suministro, las grandes corrientes afectan también la regulación de voltaje de la red. Existen diferentes esquemas para arrancar los motores de inducción, con el objeto de reducir la corriente de arranque y son los siguientes:

- ✓ Arranque a voltaje reducido con autotransformador.
- ✓ Arranque a voltaje reducido con resistencias rotóricas o estatóricas.
- ✓ Arranque con parte del devanado.
- ✓ Arranque en estrella delta.

El esquema más generalizado en la industria por su facilidad de implementación y bajo costo es el arranque en estrella delta.

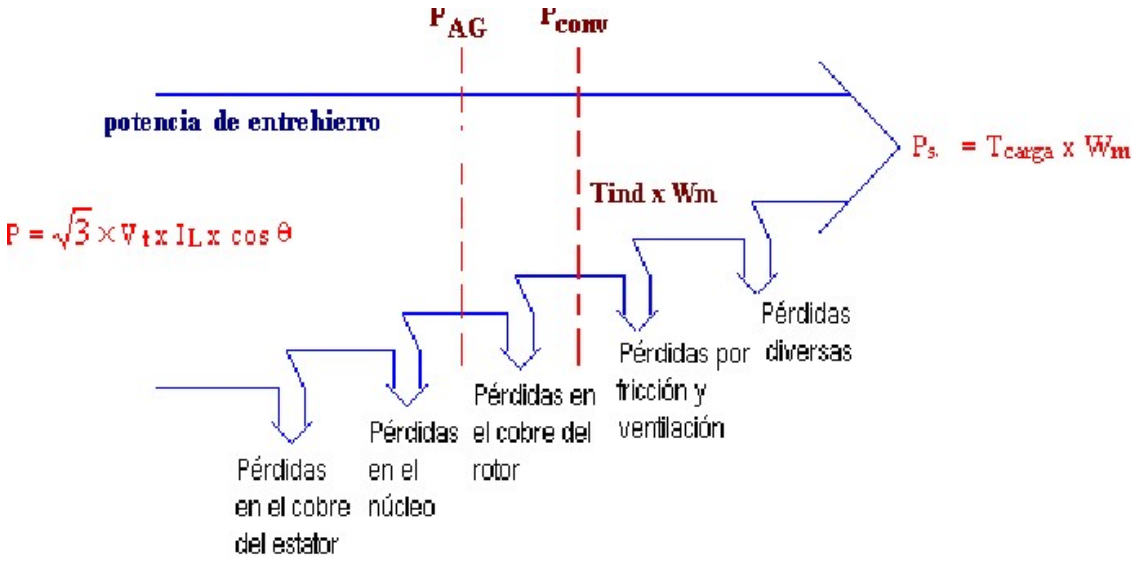
- **Eficiencia de la Máquina.** Desde el punto de vista de las posibilidades de URE es interesante el balance energético a plena carga mediante el cálculo de la potencia de entrada al motor (P_e), la potencia de salida (P_s) y el del rendimiento (n).

La eficiencia o rendimiento de un motor eléctrico es una medida de su habilidad para convertir la potencia eléctrica que toma de la línea en potencia mecánica útil. Se expresa usualmente en porciento de la relación de la potencia mecánica entre la potencia eléctrica, esto es:

Eficiencia = (potencia mecánica / potencia eléctrica) * 100%

No toda la energía eléctrica que un motor recibe, se convierte en energía mecánica. En el proceso de conversión, se presentan perdidas, por lo que la eficiencia nunca será del 100% , si las condiciones de operación de un motor son incorrectas o este tiene algún desperfecto, la magnitud de las perdidas, pueden superar con mucho las de diseño, con la consecuente disminución de la eficiencia.

En la siguiente grafica ilustra la relación de la potencia de entrada (eléctrica) con la potencia de salida (mecánica).



Donde.

P: Es la potencia de entrada la cual se da en forma de corriente y voltaje trifásico

PAG: Es la potencia que se traslada del estator al rotor por medio del entrehierro.

Pconv: Es el punto de transformación de la potencia eléctrica en mecánica

La potencia de entrada al motor de inducción P_e se presenta en forma de voltaje y corrientes eléctricas trifásicas. Las primeras perdidas encontradas en la maquina son I^2R en los devanados del estator (pérdidas en el cobre del estator P_{SCI}). Luego, alguna cantidad de potencia se pierde por histéresis y por corrientes parásitas en el estator (P_{Nucleo}). La potencia remanente en este punto se transfiere al rotor de la maquina a través del entrehierro P_{AG} de la maquina. Después que la potencia ha sido transferida al rotor, algo de ella se disipa como perdidas I^2R (perdidas en el cobre del rotor P_{RCL}) y la restante se convierte de potencia eléctrica en mecánica (P_{CONV}). Por ultimo, las perdidas por rozamiento propio y por rozamiento con el

aire ($P_{F\&W}$) y las perdidas misceláneas P_{MISC} se restan. La potencia restante es la de salida del motor P_{OUT}.

Entonces pueden hallarse las perdidas en el cobre del estator, las perdidas en el núcleo y las perdidas en el cobre del rotor. Las perdidas en el cobre del estator en las tres fases están dadas por.

$$P_{SCL} = 3I^2{}_1 R_1$$

Las pérdidas en el núcleo están dadas por:

$$P_{NUCLEO} = 3E^2{}_1 G_C$$

De modo que la potencia en el entrehierro puede encontrarse como:

$$P_{AG} = P_{IN} – P_{SCL} - P_{NUCLEO}$$

Después que se han restado las perdidas en el cobre del estator, las perdidas en el núcleo y las perdidas en el cobre del rotor de la potencia de entrada del motor, la potencia restante se convierte de potencia eléctrica en mecánica. Esta potencia convertida, que a veces se denomina potencia mecánica desarrollada, esta dada por:

$$P_{CONV} = 3I^2R ¨(1 – s)/s$$

Por ultimo si se conocen las pérdidas por rozamiento propio, con el aire y las pérdidas misceláneas se puede hallar la potencia de salida por:

$$P_{OUT} = P_{CONV} – P_{F\&W} - P_{MISC}$$

No es necesario el análisis detallado de todas las pérdidas, ni el cálculo del consumo con cargas distintas a la nominal. Excepto en los casos en que el motor

esté muy sobredimensionado y se precise calibrar con exactitud las protecciones o conocer el consumo para determinar carga.

La carga mecánica ofrece un par resistente (τ_R) a una velocidad angular (ω_m) igual al par útil (τ_u) suministrado por el eje del motor; para ello, la red suministra una potencia eléctrica (P_e).

$P_e = \sqrt{3}\, U_L * I_L \cos \varphi$ (watts)

Donde:

P_e = Potencia activa en W de entrada al motor.
UL = Tensión de línea de la red eléctrica (voltios).
IL = Intensidad de línea de la red eléctrica (amperios).

Por otro lado, la potencia de salida (Ps) o potencia útil (Pu) es igual a la de entrada multiplicada por el rendimiento del motor, es decir

$Ps = \eta \, . \, Pe$

En cuanto al consumo de energía reactiva (Qe), es importante destacar que este sea lo más pequeño posible (ángulo de desfase entre tensión e intensidad pequeño); y el rendimiento que sea lo más alto posible.

2.2.2 Opciones de Mejoramiento. Un alto porcentaje del consumo de la energía eléctrica generada en la planta se debe al funcionamiento de los motores eléctricos. Es significativo el hecho de que los motores eléctricos, suministren en su mayor parte, la energía que mueven los accionamientos industriales, por lo que la operación y mantenimiento de los motores en la industria, representan uno de

los campos más fértiles de oportunidades en el ahorro de energía, que se traducen en una reducción en los costos de producción.

El ahorro de energía comienza desde la selección apropiada de los motores. Siempre hay uno adecuado a las necesidades que se tienen, tanto en lo que respecta a su tipo por condiciones de operación, así como por su tamaño o potencia. Los mayores ahorros de energía eléctrica se obtienen cuando el motor y su carga operan a su máxima eficiencia. Como opciones de mejoramiento se encuentran:

- **Elección correcta de la potencia de motor.** El rendimiento máximo se obtiene cuando este opera entre el 75% y el 100% de su potencia nominal y cae bruscamente para cargas reducidas o cuando trabaja sobrecargado.

- **Sustitución de motores antiguos o de uso intenso.** Los costos de operación y mantenimientos de motores viejos o motores que por su uso han depreciado sus características de operación, pueden justificar su sustitución por motores de alta eficiencia.

- **Revisión de Instalaciones.** Efectuar correctamente las instalaciones eléctricas y el montaje de los motores su carga, bajo criterios de diseño de las Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas como la NTC 2050[8] y/o el RETIE[9], en sus capítulos referentes a motores, así como las recomendaciones de los fabricantes, las cuales son consulta obligada para asegurar el funcionamiento adecuado de los equipos bajo determinadas condiciones de trabajo.

- **Ventilación.** La ventilación adecuada del motor evita sobrecalentamiento en sus devanados. Por tal motivo es importante revisar el estado de los

[8] ICONTEC. Código Eléctrico Colombiano - Norma Técnica NTC2050. Bogotá 1998.
[9] COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución No.180318. Anexo - Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Bogotá. 2004

ventiladores del motor y evitar en lo posible la concentración de motores en locales reducidos o en lugares que puedan dificultar su ventilación.

- **Arranque de motores.** Verificar el tipo de configuración de arranque; lograr que las conexiones de arranque sean de configuración en estrella-delta, ya que se requiere menor cantidad de corriente para arrancar y se presentan reducciones de los consumos.

- **Cambio de motores de baja eficiencia.** La mayoría de motores eléctricos poseen eficiencias que oscilan entre un 70 a 80%. No obstante, dada la pérdida de la vida útil de la máquina estas eficiencias pueden caer hasta un 60% con el paso del tiempo, haciéndose necesario su reemplazo, ya sea por motores nuevos de las mismas características o por motores de alta eficiencia, los cuales a pesar de ser mas costosos son una excelente alternativa de inversión en el mediano plazo, ya que su costo es fácilmente recuperable con el ahorro obtenido en consumo de energía.

- **Mantenimiento.** En este aspecto se aconseja conservar ajustados y limpios los contactores, arrancadores, contactos y demás conexiones relacionadas con el motor. Así mismo, revisar continuamente y reemplazar, cuando sea necesario, los rodamientos y demás elementos mecánicos, a fin de evitar sobrecalentamientos innecesarios o vibraciones, además de verificar y ajustar la nivelación de los equipos, el balanceo de las poleas, el alineamiento de los ejes, el tensado de las bandas.

2.3 REDES DE DISTRIBUCION DE VAPOR

Las redes de distribución de vapor, son sistemas importantes en los procesos industriales, ya que constituyen el enlace entre una fuente de generación de energía secundaria como la caldera y los puntos de consumo.

En el recorrido de estas redes se encuentran diferentes puntos donde se maneja la energía calórico, en los cuales hay frecuentemente pérdidas de energía, haciéndose entonces necesario la aplicación un plan de ahorro de energía[10].

2.3.1 Conceptos Básicos. El sistema de distribución de vapor consta de los siguientes elementos:

- Tuberías: las tuberías serán por lo general en acero cuya cedula dependerá de la presión del vapor. Para conservar en buenas condiciones el vapor que se esta transportando, debe ir aislada con su respectiva protección mecánica.

- Válvulas: la línea de vapor tendré diferentes tipos de válvulas según su aplicación y presión tales como: compuerta, paso indirecto, de aguja, globos y de control. Dentro de las funciones principales de estas válvulas se pueden enumerar:

  - Regular el caudal.
  - Cortar o dar paso al flujo.
  - Antirretorno.
  - Ventilación.
  - Retención.

- Filtros: con el fin de retener algunas partículas tales como limaduras de hierro, partículas de soldaduras y otras suciedades. Por tal razón en la práctica se coloca el filtro inmediatamente de cada trampa. La suciedad tiene un efecto igualmente nocivo sobre los medidores, válvulas reductoras y todas las válvulas de regulación automática.

[10] Comisión Nacional Para el Ahorro de Energía, (México), (documento en línea)

- Trampas de vapor: las trampas para vapor tienen como objeto proporcionar un control automático de la descarga de condensados y el aire sin perdidas de vapor. Estos equipos están capacitados para distinguir entre el vapor y el condensado en forma automática. Hay cuatro grupos principales de trampas de vapor:

  - Termostaticas: distinguen entre el vapor y el condensado por diferencia de temperatura, las cuales operan sobre un elemento termostatito que actúa una válvula.
  - Mecánicas: este tipo de equipo distingue entre el vapor y el condensado, mecánicamente por la acción de un flotador en un balde, por la diferencia de densidades.
  - Termodinámicas: este tipo trabaja con la velocidad y distingue entre el vapor y el condensado debido a la velocidad mucho mayor del vapor a través de la trampa.
  - Tipo mixto: en este grupo se consideran las de tipo de impulso y trabajan en una amplia gama de presiones, pero dejan escapar el vapor si no hay condensado en el sistema y no dan un cierre hermético.

- Reductores de presión: la mayoría de las calderas están diseñadas para producir vapor a presión alta y en los puntos alejados de consumo, se instalan válvulas reductoras de presión normalmente con controles neumáticos y obtener una presión constante de baja presión y así, se aprovecha con mayor eficiencia el calor latente del vapor.

Para realizar los diseños de redes de redes de distribución de vapor de tipo industrial, es necesario identificar el tipo de material o tubería empleada para el transporte de vapor, siendo el carbón el mas utilizado en las industrias, gracias a que sus características lo permiten y es bastante apropiado para diseños sencillos

de redes que no requieran un alto nivel de complejidad. El procedimiento planteado por este método es el siguiente:

1. Identificar el material que se quiera utilizar. Tubo de acero. Si los tubos de aceros son nuevos o usados pueden ser utilizados a una presión cuyo efecto produzca una tensión circunferencial menor de 414 bar (6000 psi), donde no se ejecuten espiras o curvas cerradas, si un examen visual indica que el tubo está en buenas condiciones y libre de grietas en la costura, y otros defectos que causarían pérdida. Así mismo, si deben ser soldados, los tubos de acero que no han sido fabricados con una especificación aceptada, deberán también pasar los ensayos de soldabilidad. No obstante, los tubos de acero que no han sido usados previamente, podrán ser utilizados como tubos de reemplazo en un tramo de red o ramal si han sido fabricados de acuerdo con la misma especificación que el tubo usado en la construcción de ese tramo.

2. Calcular el espesor de tubo de acero. El tubo debe ser diseñado con suficiente espesor de pared, o debe ser instalado con protección adecuada, para soportar previsibles cargas y presiones externas que puedan serle impuestas después de instalado.
La presión de diseño para tubos de acero se determina de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{2S.t}{D} xFxExT$$

Donde:
P: Presión de diseño en megapascales
S: Tensión de fluencia en megapascales
D: Diámetro nominal exterior de la tubería en milímetros.
t: Espesor nominal de pared de la tubería en milímetros.

3. Calcular el espesor nominal de pared para tubos de acero. Si el espesor nominal de la pared del tubo de acero no es conocido, el mismo se determinará por medición de espesores de cada tira de tubo en los cuatro cuadrantes de un extremo. Sin embargo, si hay más de 10 barras de tubo, y éstos son de grado, tamaño y espesor uniformes, se medirá solamente el 10% de las tiras, pero nunca menos de 10. El espesor de las tiras que no son medidas, deberá ser verificado por aplicación de un calibre ajustado al espesor mínimo encontrado en la medición.

4. Calcular el Factor de diseño (F) para tubos**.** El factor de diseño a usarse se determinará de acuerdo con la tabla siguiente.

Clase de trazado	***Factor de diseño (F)***
1	0,72
2	0,60
3	0,50
4	0,40

5. Calcular el Factor de variación por temperatura (T) para tubos**.** Factor de temperatura a usarse en la fórmula de diseño de la sección se determinará como sigue:

Temperatura del gas en		***Factor de reducción por temperatura (T)***
°C	***°F***	
121 o menos	250 o menos	1,00
149	300	0,967
177	350	0,933
204	400	0,900
232	450	0,867

Para temperaturas intermedias del gas, el factor se determina por interpolación.

2.3.2 Opciones de Mejoramiento. En las redes de vapor se detectan varios puntos de perdidas de energía, dentro de los cuales se destacan:

- **Aislamiento Térmico.** Es una de las principales causas de perdidas de energía debido a la gran cantidad de calor que escapa por las tuberías sin aislamiento o debido o una mala selección del aislante. Un adecuado diseño de aislamientos térmicos involucra:

✓ El material debe resistir químicamente a los gases o líquidos que procesa cada industria o el ambiente a que se encuentre expuesto.
✓ Debe buscarse una buena resistencia mecánica suministrada por el mismo material o por su recubrimiento final.
✓ Un adecuado espesor del aislamiento.
Por su importancia se dedicará mas adelante un numeral específico a este tema.

- **Trampas de vapor.** La operación eficiente de cualquier sistema de vapor, requiere trampas para el condensado bien diseñadas y mantenidas periódicamente. Solamente en esta forma el vapor condensado y el aire serán removidos en forma automática tan rápidamente como se acumulan, sin desperdiciar el vapor. Las fallas mas comunes en las trampas de vapor, son causadas por mal funcionamiento o porque han sido mal seleccionadas. En estos elementos se presenta uno de los mayores desperdicios de energía tanto por el vapor vivo que se dejan escapar como por el mal manejo del condensado acumulado en las líneas de vapor.

- **Escapes de Vapor.** Los escapes que normalmente se presentan en las válvulas y en las uniones; las trampas de vapor son factores importantes en el ahorro de energía; su mal funcionamiento, equivocada selección o mala instalación, producirán grandes pérdidas.

Para su correcta selección, es aconsejable recurrir a los catálogos especializados de las diferentes fábricas, para seleccionar la trampa mas adecuada de acuerdo con el servicio y condiciones de vapor. Considerando que las trampas estén funcionando bien, se aconseja un cuidadoso y permanente mantenimiento con el fin de evitar pérdidas de energía. En las trampas de vapor, además de su buen funcionamiento, lo más importante, es la recuperación de todos los condensados.

2.4 RECURSO HÍDRICO

Uso eficiente del agua. Este término contiene tres aspectos importantes: el uso, la eficiencia y el agua. El uso significa que es susceptible a la intervención humana, a través de alguna actividad que puede ser productiva, recreativa o para su salud y bienestar. La eficiencia tiene implícito el principio de escasez que debe ser bien manejado, de manera equitativa, considerando aspectos socio-económicos y de género.

El uso eficiente del agua implica, entonces, cambiar la manera tradicional de afrontar el incremento de la demanda de recursos, “predecir y abastecer” hacia una gestión estratégica e integral de la demanda de agua, que implica modificar las prácticas y los comportamientos de los diferentes sectores de usuarios del agua, para maximizar el uso de la infraestructura existente, de tal manera que se puedan aplazar las grandes inversiones en el sector y se pueda aumentar la cobertura hacia sectores necesitados y vulnerables, de cara a las metas de desarrollo del milenio.

2.4.1 Conceptos Básicos. Los usos de agua pueden clasificarse en tres categorías:

- **Usos consuntivos.** Es el agua empleada en diversas operaciones pero que no es descargada a los sistemas de drenaje o alcantarillado. Equivale al agua

que se pierde por evaporación, por ejemplo, en sistemas de enfriamiento; la que se infiltra al subsuelo, como por riego de jardines.

- **Usos no consuntivos**. Es el agua empleada en operaciones rutinarias, como son: servicios sanitarios, llaves, y procesos de lavado, la cual, ya utilizada, se descarga a la red de alcantarillado sanitario.

- **Pérdidas.** Es el agua que no es aprovechada para algún servicio; por ejemplo: fugas en tuberías y válvulas de la red de distribución y en estructuras tales tanques de almacenamiento; también, las fugas y goteos en muebles sanitarios, medidores, grifos y otros elementos. En esta categoría se puede incluir el desperdicio, caso del agua empleada en exceso.

2.4.1 Opciones de Mejoramiento

- **Recirculación**: Esta acción consiste en utilizar el agua en el proceso donde inicialmente se usó. En general, la primera vez que el agua ha sido utilizada, cambia sus características físicas y químicas y, por lo tanto, podría requerir algún tipo de tratamiento. Es necesario entonces conocer la calidad del agua demandada por el proceso en cuestión, el nivel de degradación de su calidad en el mismo y, por ende, el tipo de tratamiento necesario.

Uno de los usos industriales en que se emplea la recirculación es el enfriamiento de equipos que generan calor. La recirculación también se utiliza en los procesos de lavado que tienen por objeto remover residuos o elementos contaminantes de los productos o equipos fabricantes; en este caso es necesario establecer el sistema de tratamiento adecuado para la remoción.

- **Reuso:** Es aprovechamiento de las aguas residuales tratadas en actividad diferente a la que las originó. El reuso puede hacerlo quien efectúa la actividad que las generó, en uno o varios de sus procesos o servicios menos exigentes en

calidad, pero generalmente lo hace un usuario diferente que puede utilizar el agua por gravedad disminuyendo el consumo de energía para llevar este recurso al sitio o sitios donde van a ser aprovechadas.

La recirculación y el reuso de aguas deben ser una parte integral del proceso industrial. Este aspecto debe ser analizado para cada actividad específica, por cada industrial.

Sin embargo, existen actividades comunes en las cuales la recirculación y/o el reuso del agua han sido exitosos como las siguientes:

- Refrigeración y enfriamiento (recirculación)
- Procesos (reuso y recirculación)
- Mantenimiento de pisos (reuso)

Los procesos de refrigeración y enfriamiento consumen grandes cantidades de agua, necesaria para un eficiente intercambio de calor. En algunos sistemas el agua es utilizada solo una vez para esta operación y es descargada al cuerpo de agua a temperaturas elevadas. Casi siempre, estas aguas pueden ser recirculadas varias veces al sistema de refrigeración, si se dispone de un sistema apropiado de enfriamiento que bien puede ser un depósito del tamaño adecuado o una torre de enfriamiento. Puesto que los sistemas de enfriamiento no requieren de agua de una calidad muy alta, esta puede ser recirculada varias veces sin detrimento en la efectividad del sistema.

El reuso en el sector industrial implica una inversión económica especialmente en la adecuación de las instalaciones para la separación de las líneas de desagüe, en el bombeo y en el tratamiento de las aguas en algunos casos. Esta inversión es, en muchos casos, compensada con la reducción de los costos de operación que

se obtienen como consecuencia de la disminución de consumos de agua, de algunas materias primas, y de los montos de las tasas retributivas.

- **Mantenimiento.** En cuanto al mantenimiento de las instalaciones de agua se recomienda verificar continuamente el estado de los aparatos y de la griferia, en particular los sellos, empaques y conexiones. Cualquier desperfecto debe ser corregido de inmediato. Así mismo, se debe revisar periódicamente el estado de las tuberías para detectar humedades que seguramente son debidas a malas conexiones entre los tubos o a rotura de los mismos.

Otras opciones tenidas en cuenta para el mantenimiento, consisten en el reemplazo de los tramos que presenten potenciales daños ya sea por la corrosión del agua o por eventuales esfuerzos mecánicos; revisar continuamente el estado de las válvulas y hacer las reparaciones que así lo ameriten; además de revisar y hacer programas de cambio de los empaques y conexiones de los equipos que tengan una carga de agua dentro del proceso.

2.5 AISLAMIENTO TÉRMICO

Como se mencionó anteriormente, el asilamiento térmico es un factor importante a la horade establecer potencialidades de ahorro energético ya que pro este medio se pierde por lo general una gran cantidad de energía en el sector industrial.

2.5.1 Conceptos Básicos. No todas la propiedades de los materiales de un aislamiento influyen como criterio de diseño en una aplicación especifica y otras hay necesidad de consultarlas directamente con los fabricantes. Describimos a continuación las más frecuentes requeridas.

- **Propiedades Térmicas de los Aislamientos.** Las propiedades térmicas son la primera consideración en la selección correcta de un aislamiento.

- **Temperaturas Límites.** Es el rango de temperaturas, mínimo y máximo, dentro del cual el aislamiento debe conservar todas sus propiedades.

- **Conductividad Térmica (factor k).** La conductividad térmica es una propiedad medida experimentalmente, que indica la cantidad de calor que se transfiere a través de un material homogéneo en 1 hora, a través de 1 pie cuadrado de aislamiento, de 1 pulgada de espesor, con una diferencia de temperatura de 1 °F. La medición exacta de la conductividad térmica es muy importante para los materiales que con frecuencia se comparan sobre esta base.
El American Society for Testing and materials (astm), ha establecido métodos normalizados para medir el f

- **Propiedades Mecánicas y Químicas de los Aislamientos.** Además de las propiedades térmicas se deben considerar otras cuando se está seleccionando el aislamiento para una aplicación específica.

- **Alcalinidad o Acidez** (pH). Los aislamientos no deben contribuir a la corrosión cuando hay atmósferas corrosivas.

- **Apariencia.** Importante en áreas expuestas y para códigos de identificación.

- **Capilaridad.** Es importante considerar cuando los aislamientos pueden quedar en contacto con líquidos peligrosos o inflamables o simplemente en áreas de lavado.

- **Coeficiente Global de Transmisión de Calor (factor u).** Determina la conductancia global de calor a través de un sistema de aislamiento. Mide los BTU transmitidos por hora, por cada pie de superficie, por grado Fahrenheit,

transmitidos desde el aire en el lado caliente hasta el aire en el lado frío y a través de toda la estructura térmica.

$$FactorU = \frac{BTU}{Hora} * Pies2 * F$$

$$(\frac{W}{Wt2C})$$

- **Emisividad.** Indica la propiedad de un material de emitir o absorber calor como energía radiante.

Es muy importante este concepto cuando la temperatura superficial sobre el aislamiento debe ser regulada para controlar la condensación o para protección personal.

- **Resistencia Térmica (factor R).** Determina la resistencia de un material o de toda una estructura térmica para retardar el paso del calor a través de ella.

$$FactorR = Hora * Pies2 * \frac{F}{BTU}$$

$$R = \frac{Espesor}{FactorK}$$

$$Rt = \frac{1}{C} = \frac{1}{U}$$

Para realizar el cálculo del espesor económico de los aislantes térmicos de tipo industrial para tuberías transportadoras de vapor vivo, es común emplear el método propuesto por la marca FIBERGLASS, el cual es bastante apropiado para cálculos sencillos respecto a los aislantes térmicos que no requieran un alto nivel de complejidad. El procedimiento planteado por este método es el siguiente:

1. Hallar el costo del calor durante la vida útil del proyecto. Esta cifra es

resultante de la suma de los siguientes costos:

Costo del combustible requerido incluida la predicción de precios del mismo durante la vida útil del proyecto y gastos de operación y mantenimiento (1,1 x A x Ch).

$$\text{Precio de la energía } CH = \frac{T * 10^6}{E * H}$$

H: Poder calorífico del combustible.

E: Eficiencia de caldera (en decimales)

T: Precio actual del combustible puesto en planta

Costo causado por uso de la caldera (CK).

$$CK = \frac{B\,\text{Pr}}{Q}$$

B: Factor de amortización anual para la inversión en Equipo

$B = \frac{i_2(1+i_2)^{N_2}}{(1+i_2)^{N_2}-1}$; N_2: Vida útil del Equipo

Q: Producción de calor esperada

P_r: Inversión en caldera

2. Calcular el factor que representa las pérdidas de calor evaluadas en costo anual (D).

Tuberías: $D = 0{,}524 \text{ X } 10^{-6}\ K\Delta T$

Donde:

$\Delta T = Tp - Ta = \Delta T$; diferencia de temperaturas

Tp: Temperatura de Operación

Ta: Temperatura ambiente

3. Calcular la relación óptima entre costo anual de pérdidas de calor y el costo de la inversión, para obtener la pendiente de la curva de los precios de los

aislamientos instalados a diversos espesores. Los precios se expresan como pendientes así:

C_2 = Costo del aislamiento instalado con un espesor L_2.
C_1 = Costo del aislamiento instalado con un espesor bajo L_1.

$$m = \frac{c_1 - c_1}{L_2 - L_1}$$

4. Calcular las pendientes, para obtener la primera es necesario considerar L_2 como máximo espesor posible sin anidar y L_1 el menor espesor disponible en tuberías; que será usada para espesores que no requieren más de una capa de cañuelas (m_1). La segunda pendiente se calcula en caso de requerir mayor espesor de aislamiento con el mayor y menor espesor posible de cañuelas para dos capas de cañuelas. De igual forma se calculara una tercera pendiente m_3.

5. Calcular el factor z. Cuando se han calculado varias pendientes m, será necesario calcular varios factores z.

Para tuberias.
$Zp = D/1,1 \text{ X } m\ B_3$

Con el factor Z y la variable KRS que esta dada por la resistencia térmica de la chaqueta y el valor de conductividad térmica del material aislante medio a la temperatura media de operación, se puede leer el resultado del espesor óptimo económico en cada una de las curvas

Parámetro Kps

El valor típico de la variable resistencia térmica de la chaqueta Rs es 0,7 h pies^{2º}

ºF/Btu: KRs

6. Verificar si el espesor leído puede aplicarse con una sola capa. De no ser posible repita la lectura con el factor 2 correspondiente a 2 capas y verifique de nuevo, así sucesivamente.

2.5.1 Opciones de Mejoramiento.

- **Fallas de Aislamiento.** Normalmente estas fallas se presentan en las tuberías que se quedan desnudas por reparaciones que se han efectuado en algún tramo y no colocan nuevamente el aislamiento o no lo colocan por encontrarse en mal estado. Otra de las fallas muy frecuentes, es el deterioro que se presenta en las láminas galvanizadas instaladas sobre el aislamiento, que se dañan por golpes o por oxidación y no se reponen a tiempo, causando un deterioro notable en el aislamiento.

- **Control de la Temperatura.** En cualquier sistema de aislamiento térmico, el control de la temperatura es esencial para mejorar drásticamente la eficiencia del mismo, este control se puede hacer de forma manual, verificar constantemente que no haya condensados en las recubiertas del aislante.

- **Mantenimiento.** En cuanto al mantenimiento de las instalaciones del aislante térmico se recomienda verificar continuamente el estado de los elementos que lo conforman, en particular los codos., tees y válvulas. Cualquier desperfecto debe ser corregido de inmediato. Así mismo, se debe revisar periódicamente el estado de la fibra de vidrio (tipo de aislante) para cerciorarse que este en óptimas condiciones en su eficacia de trabajo.

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

3.1 LA ORGANIZACIÓN

LECHESAN S.A es una empresa dedicada al procesamiento de productos lácteos, refrescos y agua, esta ubicada en el km 2 Autopista a Floridablanca.

En 1.957, surge la idea por parte de un grupo de ganaderos de la región de Santander y Sur del Cesar de crear una Empresa que diera solución a la falta de mercado y comercialización de la leche cruda. Una pasteurizadora fue la opción más acertada para procesar y distribuir en todo el territorio, la leche que se recogía en los hatos.

Fue así como los señores Hipolito Pinto, Julio Martín Acevedo, Ernesto San Miguel y Zoilo Santamaría crearon la Cooperativa Santandereana de Leches, adquirieron un local para su funcionamiento en la calle 56 con carrera 31 de la ciudad de Bucaramanga y consolidaron la idea que solucionó en gran parte las necesidades de los productores de leche cruda y de los consumidores potenciales de leche pasteurizada.

En 1.959, se establecieron las labores de recepción de leche cruda y la producción, distribución y venta de leche pasteurizada; la Cooperativa recibió el nombre de **LECHESAN Ltda.** y el producto se distribuyó en botellas de vidrio de 750 ml. y 250 ml. Posteriormente se comercializó la leche pasteurizada LA PAMPA, envasada en cajas de cartón con un recubrimiento de cera. Con la presentación de estos productos, se dio inicio a la comercialización en ciudades como Cúcuta y Socorro.

LECHESAN Ltda. se había constituido como la Empresa de mayor crecimiento y esto exigió la ampliación de su estructura física. Por esto el 7 de diciembre de 1.971 se iniciaron labores en la planta donde actualmente funciona, y así mismo se inauguró el Centro de Acopio ubicado en San Alberto, Cesar. La distribución de la leche se realizó durante 3 años con el sistema puerta a puerta, en la que se entregaba el producto en cada hogar por medio de tiqueteras que eran adquiridas con anterioridad; posteriormente la compañía inició la distribución directa.

En 1.973, la razón social fue modificada a **PASTEURIZADORA SANTANDEREANA DE LECHES S.A. LECHESAN S.A.** Esta etapa dio inicio a la distribución de la leche pasteurizada en bolsa en presentaciones de 250 ml, 500 ml, 750 ml.

En 1.980, se incursionó con la presentación de 1.000 ml. En los años siguientes se implementaron estrategias que garantizaron el incremento en el consumo del producto, y se comenzó la distribución por medio de un canal indirecto manejado por distribuidores o contratistas quienes han asumido desde entonces el compromiso de que el producto llegue a todos los establecimientos del mercado y a todos los consumidores.

En 1.990, **LECHESAN S.A.** deja el monopolio del mercado. La Compañía inició el montaje de una nueva planta Pasteurizadora ubicada en la región de Simijaca (Cundinamarca), cuya razón social es INDUSTRIA COLOMBIANA DE LACTEOS LTDA., INCOLACTEOS LTDA. La cual utilizó la Tecnología de Ultrapasteurización con envases Tetra-Pak, a la vez incursionó en el mercado de Santa fé de Bogotá con leche pasteurizada en bolsa.

En los años siguientes, **LECHESAN S.A.** presentó otros productos como el yoghurt de frutas en bolsa, arequipe, leches batidas con pulpa de frutas, agua en bolsa , refrescos en bolsa y en 1999 la LECHE LIGHT (Semidescremada).

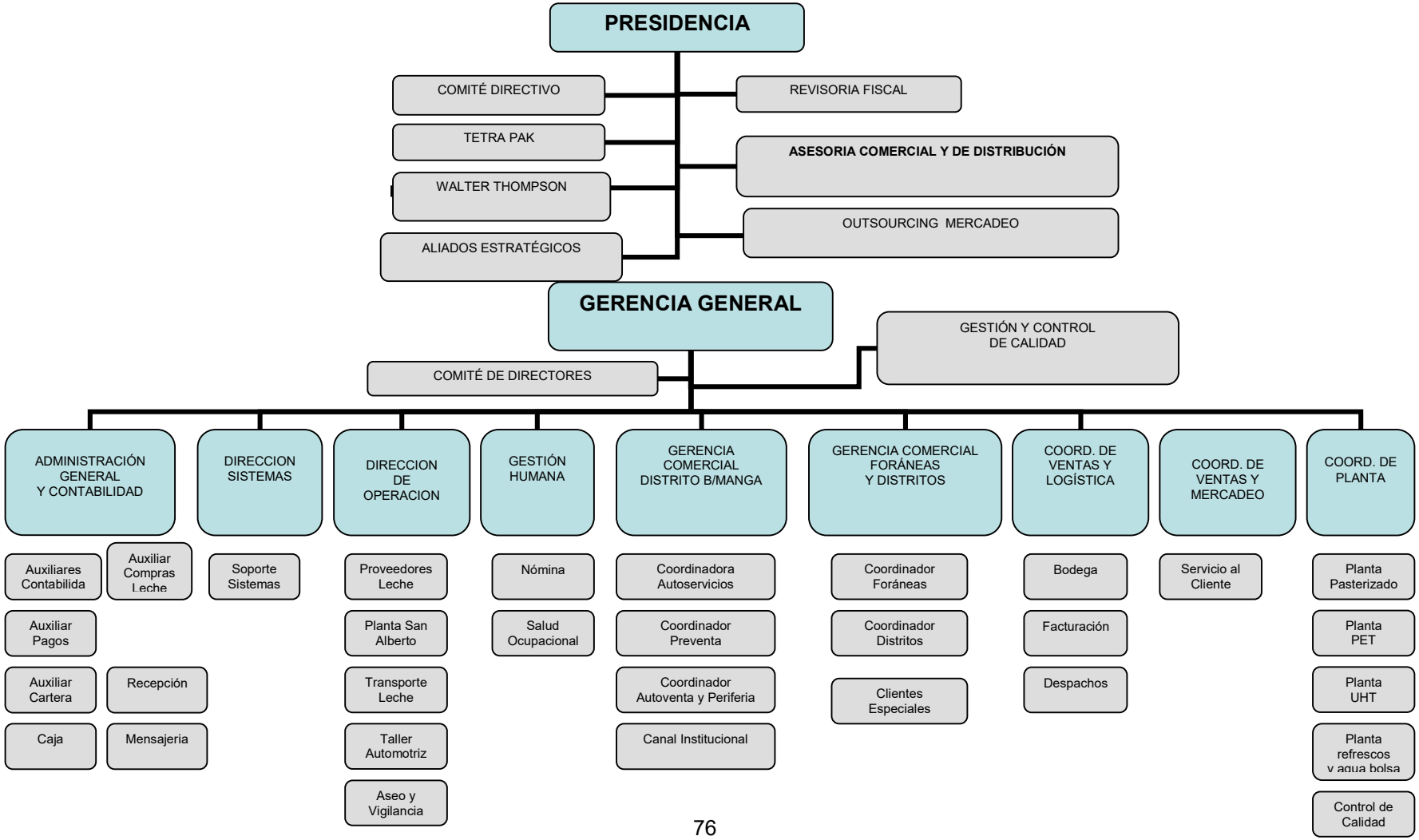
A finales de 2003 implementa la Preventa y se convierte en un programa exitoso para cubrir eficazmente el mercado de Bucaramanga y su área metropolitana.

En el año 2004 comienza el envase de agua CALIFORNIA en botella, en presentaciones de 500 ml y 1500 ml; y la producción de leche larga vida en envase Tetra fino de 200 ml y 900 ml, entera y semidescremada.[11]

En la figura 7 se puede apreciar la estructura organizacional de LECHESAN S.A.

[11] Tomado de la pagina en Internet de la empresa www.lechesan.com.co

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA



3.2 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTOS PRINCIPALES

LECHESAN S.A. cuenta actualmente con cuatro líneas de producción dedicadas a al procesamiento de lacteos y bebidas. Estas son::

- Línea de leche UHT[12]
- Línea de leche pasteurizada.
- Línea de agua en bolsa.
- Línea de agua y refresco Tampico PET[13].

En la línea de leche UHT se procesa leche entera y semidescremada ultrapasteurizada en empaques TETRAFINO marca TETRA PACK en presentaciones de 900 y 200 cc. Esta planta de UHT, inicio a operar el 26 de mayo de 2004, es una planta muy nueva con tecnología de punta.

En la línea de leche pasteurizada se produce leche entera y semidescremada en empaques de polietileno en presentaciones de 1000, 500, 250 cc.

Para la línea de agua en bolsa se manejan dos presentaciones que son; la tipo "cojín" 600 cc y la tipo "boli" 300 cc en empaques de polietileno.

En la planta PET se procesan los productos en botellas plásticas, el agua y el Tampico se manejan en presentaciones de 500 y 1500 cc.

[12] U.H.T. Ultra High Temperatura. Proceso de ultrapasterización que se realiza por encima de los 134 C, cuyo objetivo es, en primer lugar, destruir todos los microorganismos que puedan ser causa de enfermedades (patógenos) y en segundo término, disminuir el número de aquellos agentes microbianos que puedan afectar la calidad del producto y sus derivados

[13] P.E.T. Tereftalato de Polietileno es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromático. Su denominación técnica es Polietilén Tereftalato o Politereftalato de etileno.

Otros productos de marca LECHESAN S.A como el yogurt, arequipe, kumis, quesillo semidescremado son elaborados en las diferentes empresas que conforman el consorcio con LECHESAN S.A.

3.3 CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA EMPRESA

La caracterización energética es la etapa fundamental en el proceso de implementación de un sistema de gestión energética integral. Permite conocer la manera como la empresa administra y utiliza todo el recurso energético en cada uno de sus procesos productivos.

Con la caracterización energética se conocen las debilidades del sistema de administración de la energía y se identifican las perdidas, los lugares donde se producen y los potenciales de su reducción sin implementar nuevas tecnologías. Así mismo, permite identificar períodos de tiempo en los se presentan irregularidades en la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción.

Para la realización de esta caracterización energética en LECHESAN S.A. se utilizaron simples análisis estadísticos basados en información de los consumos de energía y producción durante el mismo periodo de tiempo. Infortunadamente, esta información no está disponible en un horizonte de tiempo suficiente (Enero a Septiembre de 2005) para garantizar un adecuado análisis energético. Sin embargo, este análisis permite establecer algunas conclusiones importantes en torno al comportamiento energético de la empresa que antes eran desconocidas por la gerencia y que influyen significativamente en su productividad.

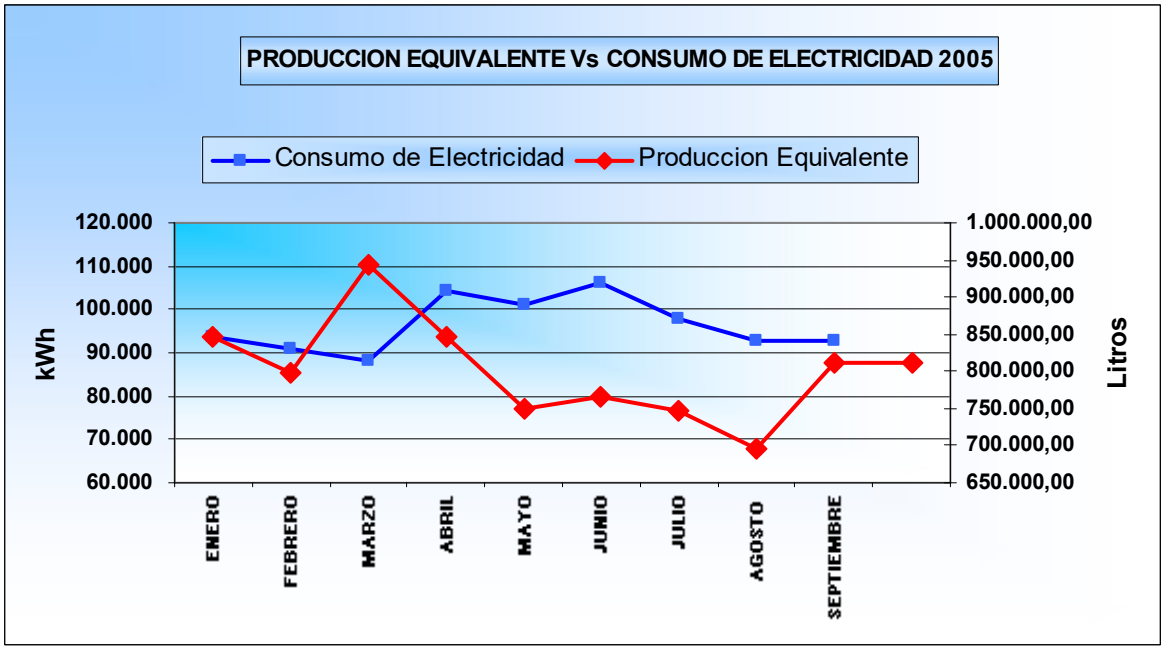
El consumo promedio de energía eléctrica en LECHESAN S.A. es de 1.150.000 kW/h al año que le cuestan a la empresa aproximadamente $280.000.000. esto puede observarse en la tabla 8.

Tabla 8.Consumo de los Energéticos y su Valor Correspondiente.

	CONSUMO ENERGÍA ELECTRICA (kWh)		CONSUMO GAS M^3		CONSUMO AGUA M^3	
	PROMEDIO	VALOR	CONSUMO NETO	VALOR	CONSUMO	VALOR
Dic-03	70.213	17.204.230	5.080	2.532.000	3.220	4.358.760
Ene-04	71.334	17.682.964	5.013	2.522.380	3.192	4.373.050
Feb-04	76.534	18.060.379	5.847	2.948.490	3.192	4.451.310
Mar-04	72.939	17.795.654	7.163	3.571.780	3.712	5.171.890
Abr-04	82.351	19.683.047	7.996	3.904.000	3.712	5.235.710
May-04	82.972	23.065.305	6.982	3.504.070	4.069	5.841.690
Jun-04	96.655	21.494.566	8.213	4.135.370	4.069	5.841.690
Jul-04	99.461	23.836.737	11.441	5.735.890	4.954	7.105.200
Ago-04	106.589	23.365.795	10.371	5.123.940	4.954	7.105.310
Sep-04	103.044	24.358.616	11.727	5.702.420	5.467	7.838.110
Oct-04	104.065	27.471.779	11.868	5.785.390	5.467	7.838.130
Nov-04	108.674	26.317.205	11.335	5.199.540	4.921	7.111.755
Dic-04	106.209	23.201.606	9.500	4.405.410	4.921	7.111.755
Ene-05	93.585	23.373.438	8.262	3.747.650	4.862	6.974.260
Feb-05	90.964	21.265.334	8.592	4.809.190	4.862	6.974.260
Mar-05	87.953	24.753.115	12.010	6.823.480	5.792	8.308.292
Abr-05	104.285	23.883.361	11.750	6.653.590	5.792	8.308.292
May-05	101.214	25.463.112	12.823	7.248.550	6.678	10.235.318
Jun-05	106.321	22.200.957	11.687	6.571.860	6.678	9.871.350
Jul-05	97.801	23.384.050	12.192	6.623.710	5.379	7.957.910
Ago-05	92.542	23.448.530	11.717	6.492.160	5.379	8.202.290
Sep-05	92.808	22.729.348	12.085	7.036.550		
Oct-05	94.922	23.650.746				
Nov-05	102.023	22.732.028				
Dic-05	100.636	25.332.386				

A partir de esto datos se estableció una producción equivalente en litros, debido a que se manejan diferentes tipos de productos en la empresa, y es necesario establecer indicadores de consumo. En la Gráfica 1, se presenta un comparativo del consumo de energía eléctrica con respecto a la producción equivalente durante el periodo de estudio (Enero a Septiembre de 2005).

Grafica 1: Producción equivalente Vs Consumo energía eléctrica



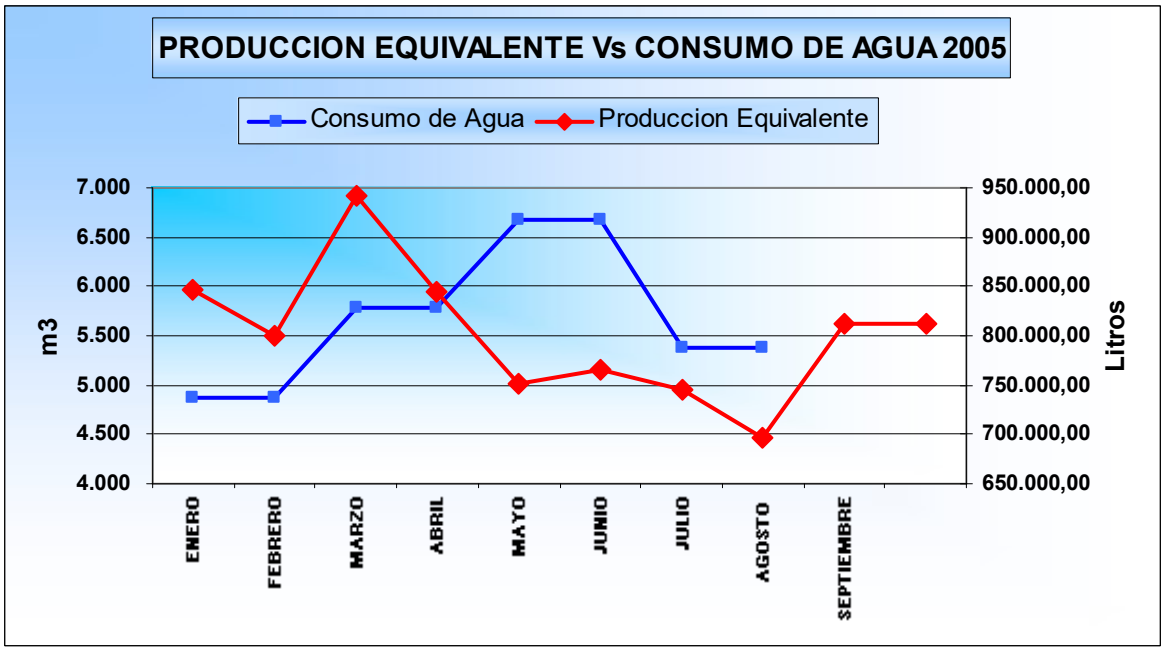
De la grafica 1 se observa que es notable el incremento de kWh en el mes de marzo de 2005, debido en parte a una negociación de maquila por dos días con la empresa FRESKALECHE para procesar y envasar sus productos lácteos como consecuencia a los cambios climatológicos presentados en Bucaramanga en la zona de Chimitá, sus instalaciones resultaron inundadas, y debieron acudir a esta estrategia para cumplir con su compromisos comerciales. Para satisfacer las necesidades y el contrato se debió trabajar las jornadas hasta altas horas de la noche.

Esta maquila y la gran demanda de los productos (se incrementó un 14% aproximado de producciones anteriores) en ese mes le representó a la empresa un alza de 16000 kWh en el consumo de energía eléctrica en el mes que corresponde al 16% de toda la energía consumida en la planta, analizando los estadísticos y corroborando las facturas, fue aproximadamente $ 1.000.000.

En cuanto al agua en LECHESAN S.A. se consumen 65.000 m ^{3} al año que le cuestan a la empresa aproximadamente $90.000.000. Se utiliza fundamentalmente en el proceso de generación de vapor y en los procesos de limpieza usuales en cualquier industria en este tipo. En la tabla 8 se pueden observar estos consumos y sus costos.

Así mismo, en la gráfica 2 se presenta un comparativo entre la producción equivalente y el consumo de agua.

Grafica 2: Producción equivalente Vs Consumo de agua 2005



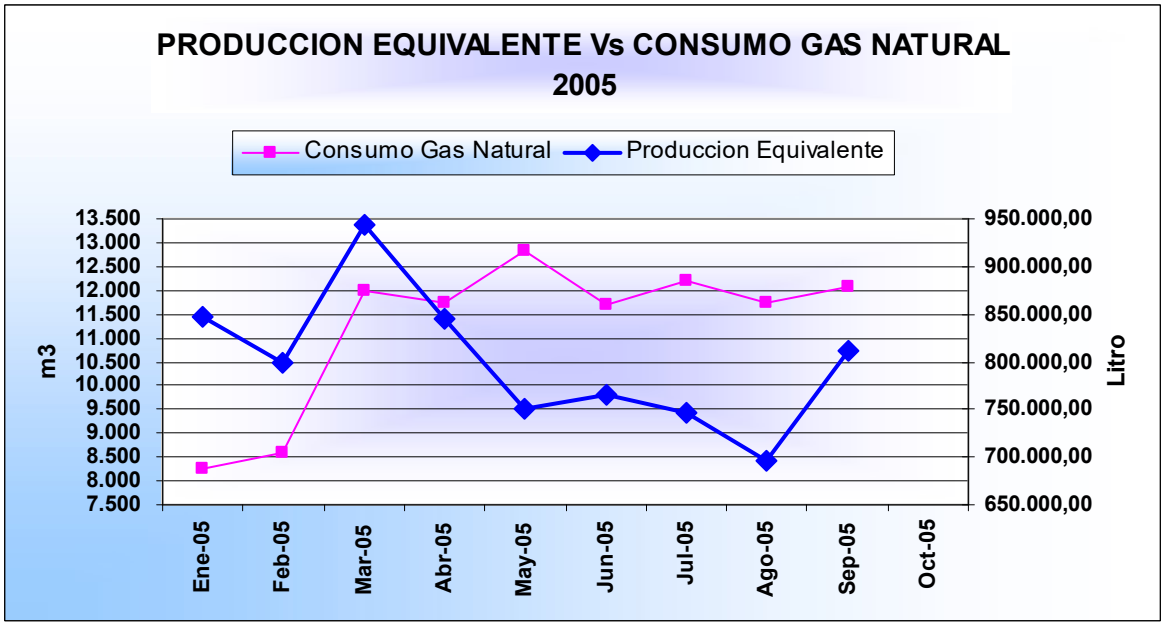
El consumo de agua en la empresa a partir del mes de julio ha disminuido aproximadamente 1.300 m^3, lo que representa un ahorro de $ 1.500.000 y la producción ha seguido constante. Esta reducción de 15% se explica como consecuencia de las campañas de concientizacion a los operarios que se realizaron durante los meses junio y julio. Se recomienda continuar con la implementación de estas campañas de manera permanente ya que se puede seguir disminuyendo el consumo, haciéndole ver a los empleados que si hacemos

un buen uso del recurso la empresa va a tener mejorías y ahorros, por ende satisfacer un poco mas sus necesidades.

Con relación al gas natural, se utiliza como combustible para la generación de vapor a través de las calderas. La empresa cuenta con tres calderas, dos marca CONTINENTAL de capacidad 70 y 40 HP, la otra marca TITUSVILLE de capacidad 40HP. La continental de mayor capacidad hace parte de la planta UHT, su tiempo de operación aproximado es de 15 horas al día de lunes a jueves, cuando esta en funcionamiento esta planta. Las dos restantes son alternadas por meses, son utilizadas en el área de pasteurizado más que todo y operan 15 horas día promedio de lunes a domingo.

El consumo promedio de gas natural en LECHESAN S.A. es de 100.000 m3 durante el año en curso que le cuestan a la empresa aproximadamente $56.000.000. Este consumo fue estimado a partir de las facturas de compra del año en curso y se puede observar en la tabla 8. Con la información anterior y la producción equivalente se realizó la gráfica 3.

Grafica 3: Producción equivalente Vs Consumo Gas Natural

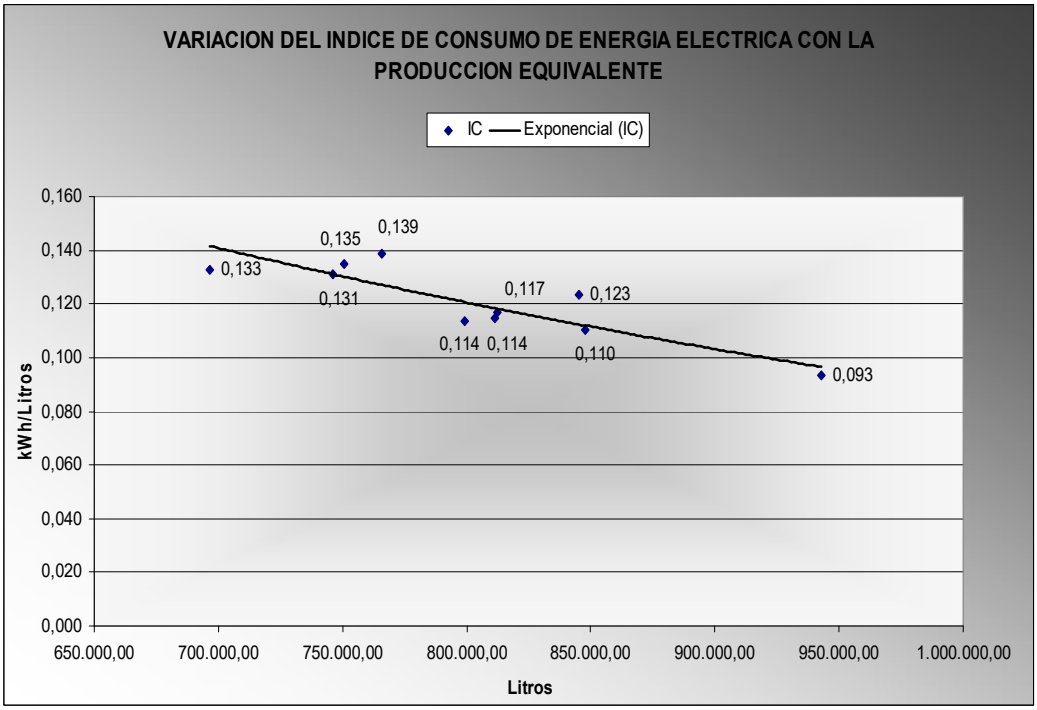


La variación del consumo en m^3 de gas natural mes a mes depende de la cantidad de vapor que se utilice para el procesamiento de leche, en este caso se incluyen las plantas UHT y Pasteurizado. Al igual que en el caso de electricidad, en el mes de marzo se observa un alto incremento en el consumo debido a que se produjo o se procesó un promedio de 161.000 litros adicionales, lo que se vio reflejado en un costo aproximado de $ 2.000.000.

El valor promedio de consumo durante el periodo analizado es de 96.386 kWh/mes, con un valor promedio de producción equivalente de 802.299,10 litro.

A partir de la información anterior y considerando unidades equivalentes de energía (kWh), se establecieron indicadores de consumo con respecto a la producción equivalente. Como se puede observar en la gráfica 4.

Grafica 4. Variación del índice de consumo de energía eléctrica con respecto a la producción

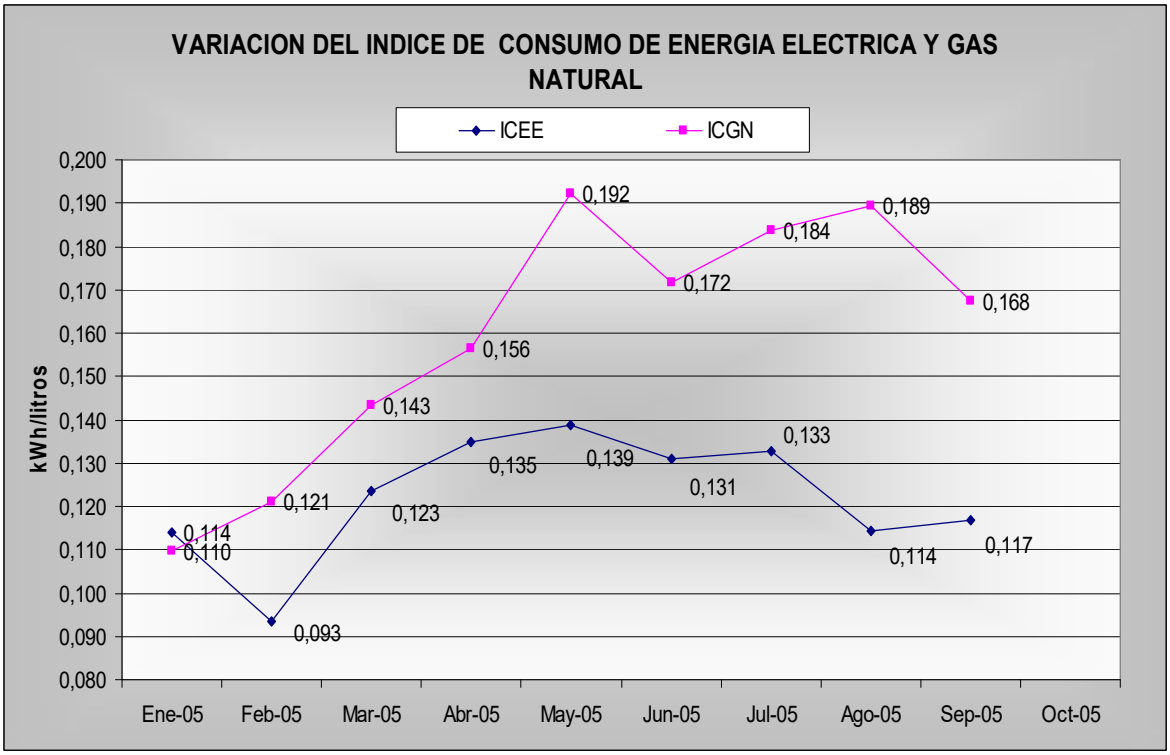


El índice de consumo de enérgica eléctrica de la empresa varía con respecto al nivel de producción en un rango de 0,133 a 0.0993 kWh/litro con un valor promedio de 0,121 kWh/litro. La tendencia del índice de consumo de la empresa es: $\mathbf{IC = 0{,}418e^{-2E-06X}}$.

Debido a la falta de datos, la tendencia de la curva no es realista, ya que mostraría una reducción en el consumo a medida que se aumenta la producción. Es decir si se aumentara la producción hasta valores muy elevados el consumo de energía sería nulo. Una mejor interpretación de esta tendencia sería que la empresa esta sobredimensionada para el nivel de producción que tiene. Es decir, al operar a plena capacidad sería más eficiente.

En la gráfica 5 se presenta un comparativo de la variación del índice de consumo en energía eléctrica y gas natural.

Grafica 5. Variación del índice de consumo de energía eléctrica en el tiempo



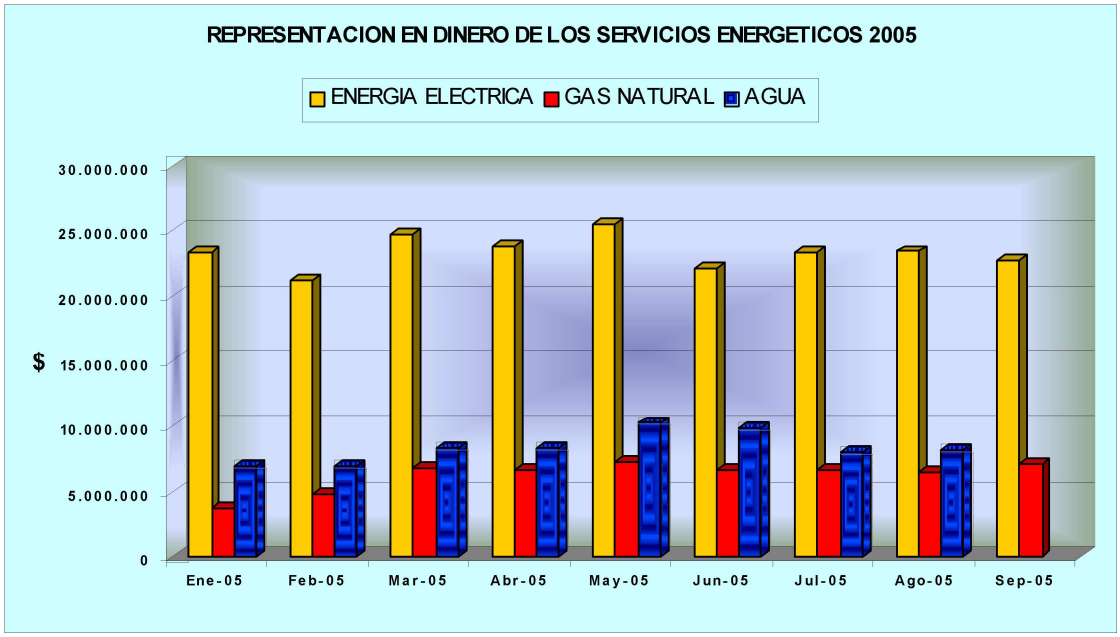
Dentro del periodo analizado, el mes en el que la empresa ha consumido mas eficientemente la energía eléctrica con respecto a la producción ha sido el de agosto y de Gas natural el mes de Septiembre.

4. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Este diagnostico se realizó con el propósito de obtener un conocimiento más detallado y fiable del consumo energético de todas las áreas de la empresa y con base en esto plantear unas opciones de uso racional y eficiente de la energía en las que se presenten mayores oportunidades de ahorro. A continuación se realizará un análisis general de los energéticos que intervienen en los procesos de la planta (incluida agua), para posteriormente realizar el diagnóstico por procesos productivos.

En la gráfica 6, se presenta un comparativo de los costos de energéticos utilizados en toda la planta, incluyendo el edificio administrativo y las áreas comunes.

Grafica 6: Costos mensuales de los energéticos en la planta



En la grafica 6 se observa que la energía eléctrica es el energético de mayor costo para la empresa. En total los costros de producción asociados a energía tienen un valor promedio de $33.000.000 al mes.
Dentro de los proyectos desarrollados por la empresa para disminuir el impacto de la energía eléctrica en sus costos, se ha analizado la modalidad de contrato de suministro de electricidad con la ESSA[14], a fin de obtener una tarifa de energía más competitiva.

Con respecto al agua se puede observar en la gráfica 6 que a partir del mes de Junio el consumo ha disminuido gracias a las campañas de concientización a los operarios, hablando directamente con los implicados en el uso de este recurso y colocando avisos alusivos a la campaña, generando un ahorro significativo en dinero a la empresa ($1.500.000 mensuales) y lo mas importante, la preservación del liquido.

El consumo de gas natural en los últimos meses se ha hecho constante gracias a que las producciones no han variado significativamente, pero, cabe resaltar que esos consumos se podrían disminuir si se hacen una serie de pruebas con las calderas para reducir la presión de entrada del gas a las mismas. Se comprobó mediante mediciones directas que la caldera Continental de 70HP puede trabajar a 10 Psi, por lo contrario los otras dos calderas siendo de menor capacidad (40HP) no arrancan con esa presión de 10 Psi. Actualmente se recibe el gas por parte de la empresa comercializadora a una presión de 20 Psi. Una solución viable y rápida seria cambiar los reguladores de presión por unas de mayor capacidad y hacer las pruebas de funcionamiento delante de operarios de la empresa comercializadora de gas para convencerlos de su conveniencia.

[14] ESSA. Electrificadota de Santander S.A E.S.P

4.1. PROCESO PRODUCTIVO DE LA LECHE PASTEURIZADA

La leche llega a la planta en carrotanques proveniente del centro de acopio ubicado en San Alberto (Cesar), se toma una muestra y se analiza en el laboratorio. Si la leche cumple con los parámetros establecidos por control de calidad, es recibida y bombeada hacia los tanque 1, 2 y 3 de almacenamiento de leche cruda. Estos tanques son isotérmicos para garantizar que la temperatura de la leche se mantenga entre 4 y 5ºC, a la cual es recibida. También, cuentan con agitadores para uniformizar la leche contenida en ellos.

De los tanques de leche cruda, la leche es bombeada hacia las clarificadoras con el fin de reducir el contenido de grasa y retirar cualquier suciedad que pueda contener. Esta operación se realiza con una clarificadora de 7000 RPM y una capacidad de procesar 7.000 litros de leche por hora.

Inmediatamente cumplida esta operación la leche circula por el pasteurizador. Allí, es sometida a un tratamiento térmico, cuyo objetivo es, en primer lugar, destruir todos los microorganismos que puedan ser causa de enfermedades (patógenos) y en segundo término, disminuir el número de aquellos agentes microbianos que puedan afectar la calidad de la leche y sus productos derivados.

Este tratamiento térmico se realiza en un intercambiador de placas paralelas utilizado por su alta velocidad de transferencia y su facilidad de limpieza.

Esta operación se cumple en cuatros etapas: precalentamiento, calentamiento, preenfriamiento y enfriamiento.

El precalentamiento se realiza por intercambio de calor con la leche ya pasteurizada alcanzado una temperatura de alrededor de 50ºC. El calentamiento se realiza con agua caliente, la cual alcanza esta condición por el intercambio de

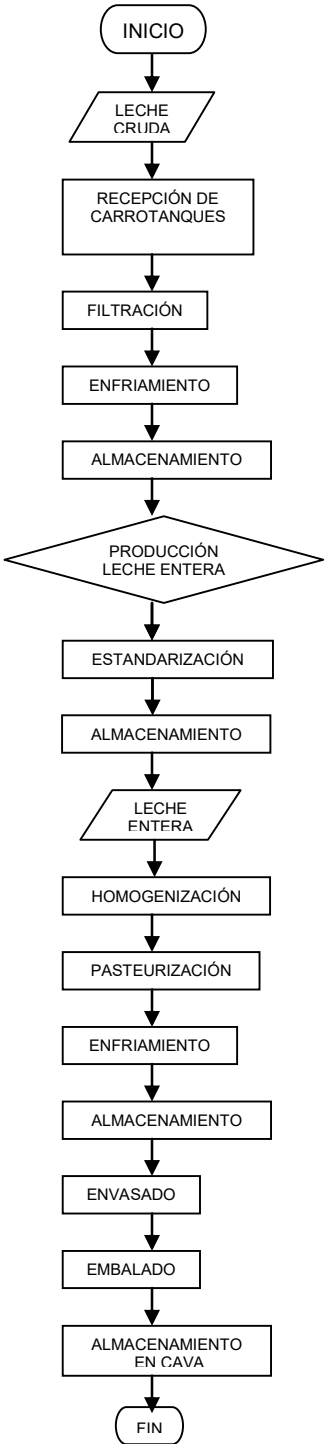
calor con vapor saturado, allí la leche alcanza la temperatura de pasteurización, alrededor de 78°C por un lapso de 15 segundos. El pre y el enfriamiento se realiza con agua helada proveniente del banco de hielo, la leche en esta etapa alcanza una temperatura de 6 - 4°C.

El pasteurizador es uno de los equipos que mas demanda agua helada y vapor de la planta.

En esta operación se utilizan dos bombas de 4,5 y 6,3 Kw respectivamente, utilizadas para manejar el producto y otra para el agua caliente.
Una vez cumplido el tratamiento térmico, la leche pasa por el homogenizador Niros Soavi para ser sometida a alta presión para romper los glóbulos de grasa hasta volverlos diminutos para garantizar la distribución homogénea de las partículas de grasa y mejorar la digestibilidad, luego de haber terminado el proceso de homogenizado la leche es bombeada hacia el tanque numero 7 y hacia el tanque numero 5 cuando se requiere para procesar leche larga vida, en donde se almacena un tiempo determinado hasta seguir con la siguiente operación que es envasado.

En la figura 8 se puede observar el diagrama de flujo del proceso productivo de la leche pasteurizada y en a tabla 9 se relacionan todos los equipos de proceso y de servicios auxiliares que intervienen para el procesamiento de leche pasteurizada y el refresco Tampico. Así mismo en la gráfica 7, se presenta un comparativo del consumo de los equipos que conforman esta área.

Figura 8: Proceso productivo de la leche pasteurizada

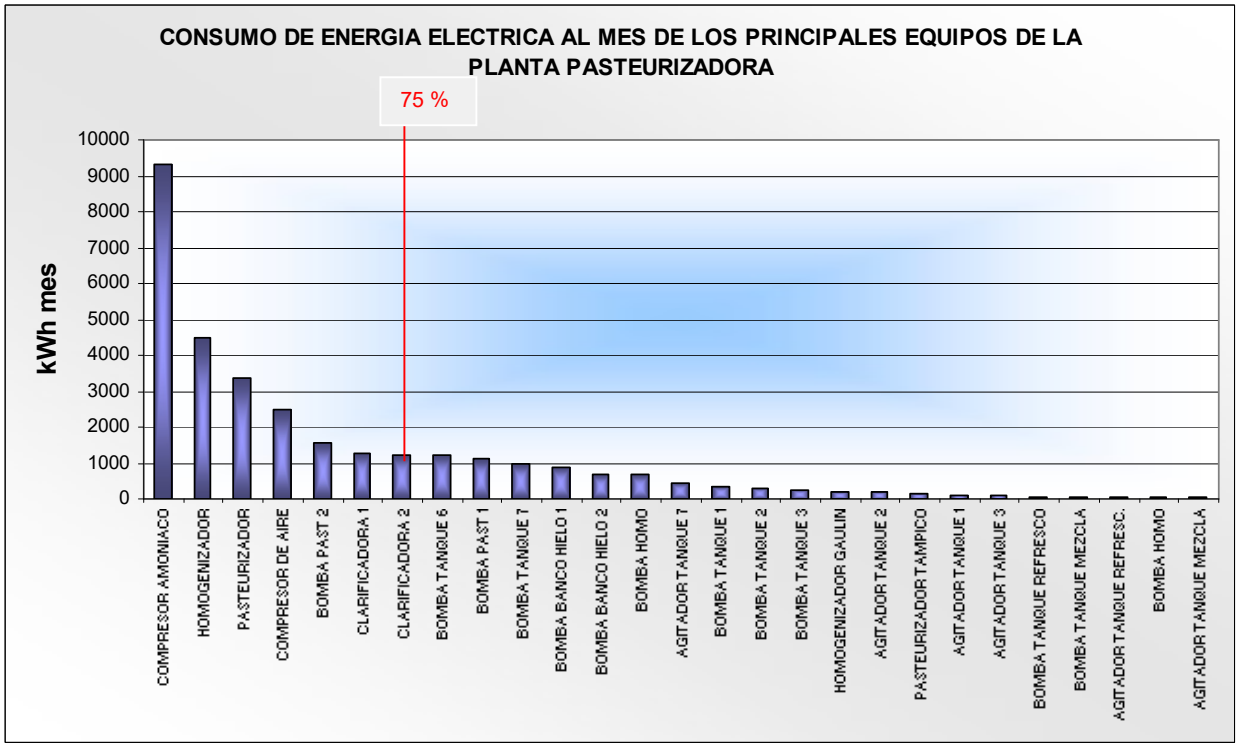


Fuente: Departamento de producción.

Tabla 9. Equipos que intervienen en el proceso productivo de la leche pasteurizada y del Tampico

EQUIPO	VOLTAJE (V)	POTENCIA (kW)	CONSUMO PROMEDIO MENSUAL (kWh/mes)
PASTEURIZADOR	220	13,5	3348
BOMBA PAST 1	220	4,5	1116
BOMBA PAST 2	220	6,3	1562,4
COMPRESOR DE AIRE	220	10,1	2504,8
HOMOGENIZADOR	220	18,1	4488,8
BOMBA HOMO	220	2,8	694,4
BOMBA TANQUE 1	220	3,8	353,4
BOMBA TANQUE 2	220	2,9	269,7
BOMBA TANQUE 3	220	4,1	254,2
AGITADOR TANQUE 1	220	1	93
AGITADOR TANQUE 2	220	2,1	195,3
AGITADOR TANQUE 3	220	1,2	74,4
CLARIFICADORA 1	220	10,3	1277,2
CLARIFICADORA 2	220	9,8	1215,2
BOMBA TANQUE 6	220	4,9	1215,2
COMPRESOR AMONIACO	220	30,1	9331
BOMBA BANCO HIELO 1	220	3,1	868
BOMBA BANCO HIELO 2	220	2,3	694,4
BOMBA TANQUE 7	220	4	992
AGITADOR TANQUE 7	220	1,7	421,6
PASTEURIZADOR TAMPICO	220	8,5	136
HOMOGENIZADOR GAULIN	220	12,7	203,2
BOMBA HOMO	220	2,5	40
BOMBA TANQUE MEZCLA	220	4	64
AGITADOR TANQUE MEZCLA	220	2,1	32
BOMBA TANQUE REFRESCO	220	4,5	72
AGITADOR TANQUE REFRESC.	220	2,9	46,4

Grafica 7: Consumo promedio de energía eléctrica al mes de los principales equipos de la planta pasteurizadora



De la gráfica 7 se observa que 7 cargas representan el 75% del consumo de esta área. Están cargas son: Compresor de amoniaco del banco de hielo, el homogenizador Niros soavi, el pasteurizador, el compresor de aire y las dos clarificadoras.

4.2 PROCESO PRODUCTIVO DE LA LECHE UHT

Para este proceso es necesario realizar primero un proceso de pasteurización a la leche. Leche que se almacena en el tanque numero 5 para ser bombeada hacia los equipos que intervienen en la ultrapasteurización. Esta se realiza en tres etapas: precalentamiento, homogenización y ultrapasteurización.

El precalentamiento se efectúa con agua caliente en un intercambiador de calor de tubos a igual temperatura que en la termización. Esto se realiza con el fin de incrementar el tiempo de intercambio térmico pues en la etapa de ultrapasteurización es muy corto el tiempo y la leche no logra alcanzar la temperatura requerida.

Después del precalentamiento la leche pasa por un homogenizador cuya función es reducir el tamaño de los glóbulos de grasa y evitar que estos se vuelvan a fusionar. Este equipo consume una potencia eléctrica de 50 kW.

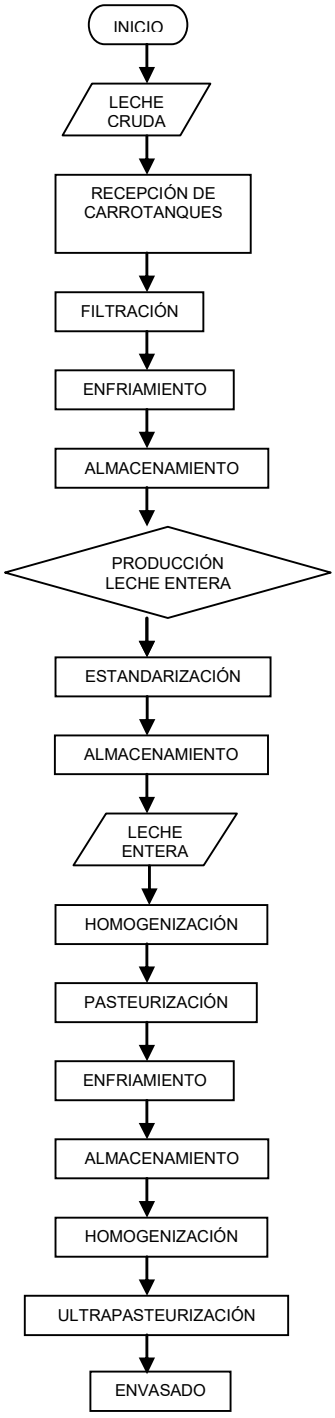
La leche homogenizada circula por la etapa de ultrapasteurización en donde se eleva la temperatura hasta 130ºC durante 4 segundos.

La leche ultrapasteurizada continúa a una etapa de enfriamiento hasta finalmente alcanzar la temperatura de envasado.

El envasado se realiza en dos maquinas, TETRA FINO de 900 y 200 cc, pero no se utilizan las dos al mismo tiempo, depende de la programación que se haga de la producción.

Al igual que en anterior proceso, en la figura 9 se puede observar el diagrama de flujo del proceso productivo de la leche ultrapasteurizada y en a tabla 6 se relacionan todos los equipos de proceso y de servicios auxiliares que intervienen para el procesamiento de leche ultrapasteurizada. Así mismo en la gráfica 8, se presenta un comparativo del consumo de los equipos que conforman esta área.

Figura 9: Proceso productivo de la leche ultrapasteurizada



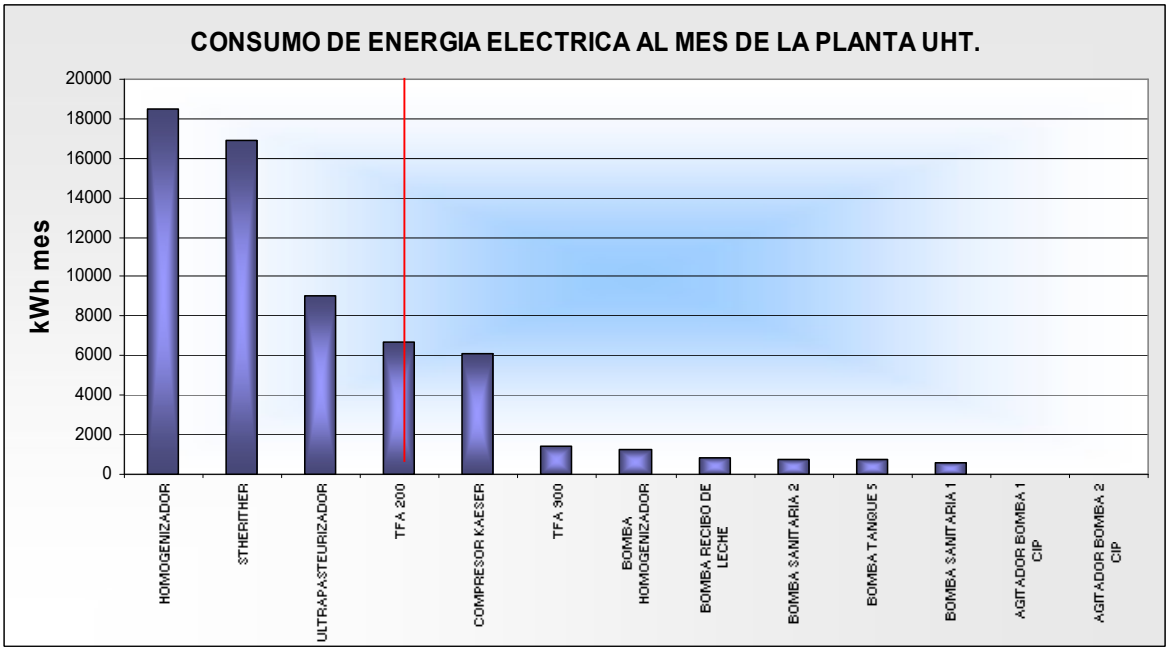
Fuente: Departamento de producción.

Tabla 10. Equipos que intervienen en el proceso productivo de la leche Ultrapasteurizada

EQUIPO	VOLTAJE (V)	POTENCIA (kW)	CONSUMO PROMEDIO MENSUAL (kWh/mes)
HOMOGENIZADOR	220	50	18500
COMPRESOR KAESER	220	32	6144
ULTRAPASTEURIZADOR	220	25	9000
TFA 900	400	21,6	1382,4
TFA 200	400	35	6720
BOMBA RECIBO DE LECHE	220	2,8	806,4
BOMBA SANITARIA 1	220	2	576
BOMBA SANITARIA 2	220	2,5	720
AGITADOR BOMBA 1 CIP	220	0,5	36
AGITADOR BOMBA 2 CIP	220	0,5	36
BOMBA TANQUE 5	220	3	720
STHERITHER	400	47	16920
BOMBA HOMOGENIZADOR	220	3,5	1260

En la tabla 10 se relacionan todos los equipos de proceso y de servicios auxiliares que intervienen para el procesamiento de leche larga vida o leche UHT.

Grafica 7: Consumo promedio de energía eléctrica al mes de los equipos de la planta UHT



El homogenizador, el stherither, el Ultrapasteurizador y la maquina envasadora TFA 200, suman el 81% de la energía eléctrica consumida en la planta UHT.

4.3 PROCESO PRODUCTIVO DEL TAMPICO

El proceso se inicia con el mezclado de los ingredientes en un mezclador. Se le adiciona agua y se envía a los tanques de preparación 9 y 10 en donde se agitan durante el tiempo que estipule el ingeniero de alimentos encargado de la producción.

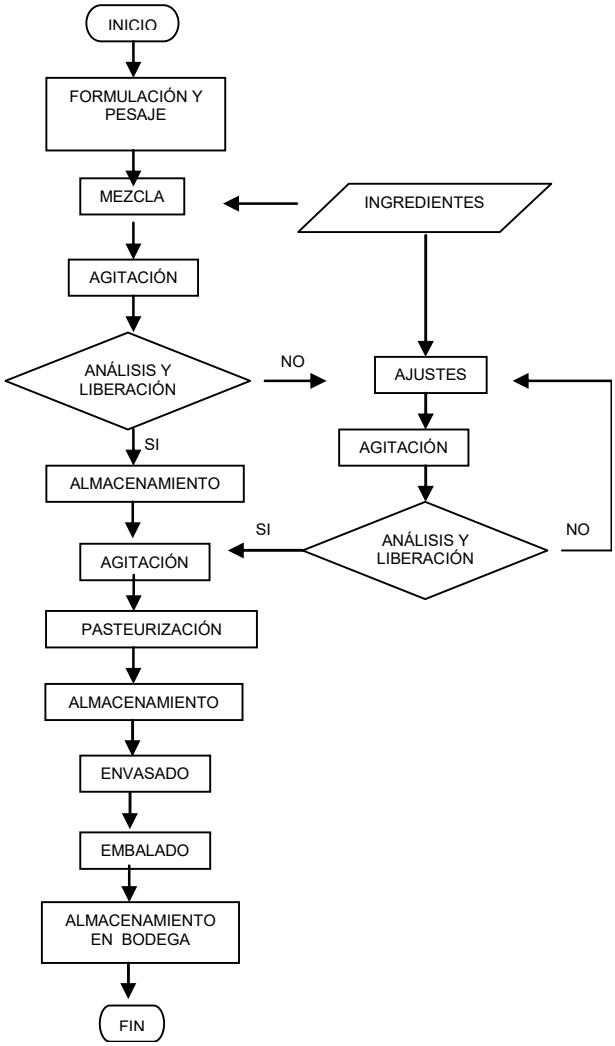
Una vez el producto alcanza el punto deseado en la preparación se toma una muestra y se envía al laboratorio para ser analizada y verificar si se encuentra dentro de los estándares de calidad de la empresa.

Una vez dado el visto bueno de control de calidad el producto se bombea a la operación de pasteurizado. Aquí intervienen los mismos equipos que para el pasteurizado de la leche.

Inmediatamente el producto es pasteurizado se envía a la planta PET que es el área de llenado en donde se utilizan equipos para envasar en botellas de 500 y 1500 cc.

En la figura 10 se puede observar el diagrama de flujo del proceso productivo del jugo Tampico. Debido a que los equipos son compartidos con la pasteurizadora, no se presentan tablas de equipos ni de consumo energético.

Figura 10: Proceso Productivo del Tampico



Fuente: Departamento de producción

4.4 SERVICIOS GENERALES O COMUNES

Estas áreas se pueden considerar como no asociadas al proceso de producción de la empresa y son: las bodegas, el almacén de materias primas y suministros, el casino, el taller.

En estas áreas el consumo de energía eléctrica en gran medida esta asociado al sistema de iluminación en horas de producción.

5. PLANTEAMIENTO DE OPCIONES DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA

En este capítulo se presentan las opciones de URE consideradas por el autor como aquellas de más fácil implementación, bajo costo y mayor potencial de ahorro. Se mostrará la situación actual de la planta en torno a la opción propuesta y se presentará una descripción de la opción de URE como solución. En el Capítulo 6 se presentarán los cálculos correspondientes de cada una de las opciones planteadas, en cuanto al potencial técnico de ahorro de energía.

5.1 SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS INEFICIENTES

5.1.1 Situación Actual. En el diagnostico energético, se observó que la mayoría del tiempo las iluminarías de toda la planta se encuentran encendidas en horas donde no se hace necesario tenerlas. Esto representa un gasto innecesario de energía para la empresa.

Los niveles de iluminación en la mayoría de zonas de la planta son demasiados elevados. Tales niveles se comprobaron mediante el uso de un luxometro y se comprobaron con las tablas de los niveles mínimos de iluminación.

Tabla 11. Niveles de Iluminación

NIVELES DE ILUMINACIÓN PLANTA LECHESAN S.A BUCARAMANGA					
NIVELES DE ILUMINACION MEDIDO				NIVEL NORMA	
ÁREA	PUNTO	NIVEL NATURAL LUXES	NIVEL ARTIFICIAL LUXES	NORMA 2400 ARP	NORMA IEC
LABORATORIO	Fisicoquímico		460		
	Microbiológico		460		
	Oficina		160	300-500	200
OFICINAS	Ing. Lizcano		240		
	Soporte		190	300-500	200
TALLER		960		300-500	150
BODEGAS	CALIFORNIA	900		300-500	150
	INSUMOS	1300		300-500	150
	LECHESAN	1100		300-500	150
				300-500	
ENVASADO		1000		300-500	300
PLANTAS	PASTEURIZ.	830		300-500	300
	PET		420	300-500	300
UHT	Envasado		280		
	Equipo Proc.		190		
	Empacado	480			
	Bodega	160		300-500	
CUARTO COMP.		210	250	300-500	200
CAVA			210	300-500	300

A continuación se presenta un estudio realizado en LECHESAN S.A del número de lámparas y el tipo. Así mismo, se estimo el consumo diario y su costo, considerando un precio de energía valor de 240 $/kWh y 10 horas de trabajo diarias por lámpara.

Tabla 12. Inventario de Lámparas

ILUMINACION PLANTA LECHESAN S.A BUCARAMANGA			
	TIPO LUMINARIA		
SECCION	VAPOR DE MERC. 250 W	FLUORES.T12 40 W	FLUORESC. T12 75 W
PLANTA ELECT.		2	
TALLER		4	
CUARTO COMP.		4	
ENVASADO	6	1	
BODEGAS			44
PET		10	
PASTEURIZADO	4	2	
UHT	13		
CAVA		11	
LABORATORIO			14
OFICINAS			2
TOTAL LAMPAR.	23	34	60
CONS KW	5,75	1,36	4,5
TOTAL KWh/dia	116,1		
$ TOTAL DIA	27864		

5.1.2 Descripción de la opción de URE. A continuación se presentan algunas opciones por secciones en la planta.

Laboratorio

- Niveles de iluminación por debajo de los limites permisibles en la zona de la oficina según las normas 2400 (ARP) y la IEC.
- Limpiar las lámparas periódicamente.
- Se recomienda cambiar lámparas T12 2 x 40 W por T8 2x 32 W.

Oficinas Administrativas

- Niveles de iluminación por debajo de los límites permisibles según las normas 2400 (ARP) y la IEC.
- Se recomienda cambiar lámparas T12 2 x 75 W por T8 2 x 59 W.

Taller

- Niveles de iluminación cumplen los límites permisibles según las normas 2400 (ARP) y la IEC.
- Se recomienda cambiar lámparas T12 2 x 40 W por T8 2x 32 W pero si es necesario.

Envasado

- Niveles de iluminación cumple los límites permisibles según las normas 2400 (ARP) y la IEC.
- Limpieza de lámparas y luminarias.
- Se recomienda revisar posibles cambios de lámparas de vapor de mercurio 250 W por Sodio alta presión balasto pot cte. Bajas perdidas 150 W.

Planta PET

- Niveles de iluminación por debajo de los limites permisibles según las normas 2400 (ARP) y la IEC.
- Se recomienda revisar posibles cambios de lámparas T12 2 x 40 W por T8 2x 32 W

Planta UHT

- Niveles de iluminación por debajo de los limites permisibles según las normas 2400 (ARP) y la IEC.
- Se recomienda revisar posibles cambios de lámparas de vapor de mercurio 250 W por Sodio alta presión balasto pot cte. Bajas perdidas 150 W.

Cuarto Compresores

- Niveles de iluminación por debajo de los limites permisibles según las normas 2400 (ARP) y la IEC.
- Se recomienda revisar posibles cambios de lámparas T12 2 x 75 W por T8 2 x 59 W**.**

Cuarto Frío

- Niveles de iluminación por debajo de los limites permisibles según las normas 2400 (ARP) y la IEC.
- Se recomienda revisar posibles cambios de lámparas T12 2 x 75 W por T8 2 x 59 W.

A continuación, la tabla 13 es una representación de las características técnicas de las lámparas existentes en la planta, así mismo, las recomendaciones de lámparas por las cuales se sustituirán las ineficientes. También, se muestra un cuadro comparativo de las opciones recomendadas contra el caso base

Tabla 13. Tipos de lámparas Existentes en la planta y recomendaciones

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Fluorescente	Tubo T12 40W
Lúmenes Iniciales	2850
Vida Nominal	9000 hr
Balasto	Electromagnético Convencional
Vida Nominal	20000 hr
Factor del balasto	0,73 - 0,88

RECOMENDACIONES	
1	Fluo. T8 arranque rápido balast. Electrónico Premium 2x32 W
2	Fluo. T8 arranque rápido balast. Electrónico estándar 2x32 W
3	Fluo. T8 arranque rápido balasto ahorrador 2x32 W

Cuadro comparativo de las opciones recomendadas contra el caso base									
	Potencia (W)	Consumo (KW/h-vida)	Costo Operativo $ - vida	Ahorros			Vida años	Lúmenes Iniciales	Diferencia en Lúmenes
				$ - vida	KW/h vida	%			
Caso base	100	2400	130500				3,2	2850	
Caso 1	59	1416	205320	142680	984	41	8,5	3050	7%
Caso 2	62	1488	215760	132240	912	38	8,5	3050	7%
Caso 3	72	1728	250560	97440	672	28	8,5	3050	7%

Tipos de lámparas Existentes en la planta y recomendaciones

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Fluorescente	Tubo T12 75W
Lúmenes Iniciales	6200
Vida Nominal	12000 hr
Balasto	Electromagnético Convencional
Vida Nominal	20000 hr
Factor del balasto	0,73 – 0,88

RECOMENDACIONES	
1	Fluo. T8 arranque rápido balast. Electrónico Premium 2x59 W
2	Fluo. T8 arranque rápido balast. Electrónico estándar 2x59 W
3	Fluo. T8 arranque rápido balasto ahorrador 2x59 W

Cuadro comparativo de las opciones recomendadas contra el caso base

	Potencia (W)	Consumo (KW/h-vida)	Costo Operativo $ - vida	Ahorros			Vida años	Lúmenes Iniciales	Diferencia en Lúmenes
				$ - vida	KW/h vida	%			
Caso base	180	2700	313200				4,3	6200	
Caso 1	105	1575	228375	163125	1125	41	5,3	6000	-3%
Caso 2	111	1665	241425	150075	1035	38	5,3	6000	-3%
Caso 3	120	1800	261000	130500	900	33	5,3	6000	-3%

Tipos de lámparas Existentes en la planta y recomendaciones

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Lámpara	Vapor de mercurio 250 W
Lúmenes Iniciales	1300
Vida Nominal	24000 hr
Balasto	Autorregulado
Vida Nominal	50000 hr
Factor del balasto	

RECOMENDACIONES	
1	Sodio alta presión balasto pot cte. Bajas perdidas 150 W

Cuadro comparativo de las opciones recomendadas contra el caso base

	Potencia (W)	Consumo (KW/h-vida)	Costo Operativo $ - vida	Ahorros			Vida años	Lúmenes Iniciales	Diferencia en Lúmenes
				$ - vida	KW/h vida	%			
Caso base	290	6960	1009200				8.5	13000	
Caso 1	175	4200	609000	400200	2760	39	8.5	16000	23%

5.2 REEMPLAZO DE MOTORES SOBREDIMENSIONADOS

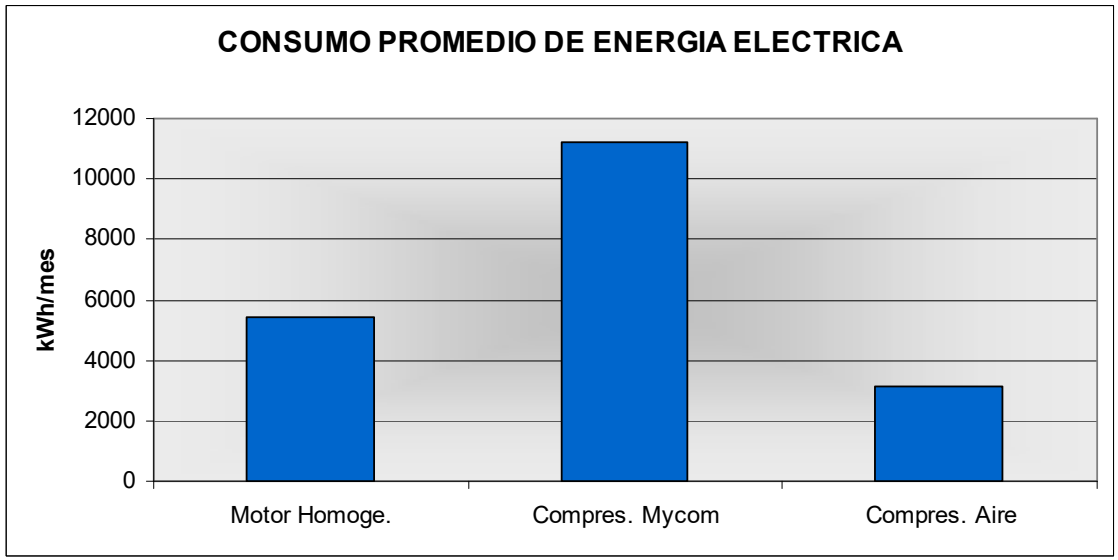
5.2.1 Situación Actual. Actualmente en la planta se encuentra una serie de motores de gran capacidad que están sobredimensionados y sus condiciones de trabajo no son las óptimas. En la siguiente tabla se pueden observar la potencia y el consumo promedio mensual de energía eléctrica de estos equipos.

Tabla 14 Consumo de energía eléctrica de algunos motores

EQUIPO	VOLTAJE (V)	HP	POTENCIA MEDIDA (kW)	Horas dia	CONSUMO PROM. (kWh/mes)
Motor Homog.	220	70	18.1	15	5430
Compr. Mycom	220	50	30.1	12	11197,2
Compr. Aire	220	24	10.1	10	3131

El motor del compresor Mycom opera aproximadamente 12 horas al día durante todo el mes, mientras que el compresor de aire 10 horas al día, y el motor del homogenizador trabaja 20 días al mes. Por lo que el mayor consumo al mes lo presenta el compresor de amoniaco Mycom, como puede observarse en la gráfica 8.

Gráfica 8 Consumo de energía eléctrica de algunos motores



5.2.2 Descripción de la opción de URE. Se propone el cambio de estos motores por unos de menor capacidad nominal y de alta eficiencia encontrados en el mercado que se adapten a las condiciones realmente requeridas. En la tabal 15 se presentan los nuevos motores propuestos y sus referencias,basados en la linea de motores eficientes X$D-ULTRA® de General Electric®, los cuales son totalmente cerrados para evitar las incrustaciones de polvo y en algunos casos la filtración de agua por estar en sitios húmedos dentro del proceso productivo.

Tabla 15 Motores propuestos para reemplazo

EQUIPO	VOLTAJE (V)	HP (anterior)	HP (sugerido)	Eficiencia
Motor Homog.	220	70	25	93,6%
Compr. Mycom	220	50	40	94.4%
Compr. Aire	220	24	15	92,4%

Adicionalmente se propone llevar un registro periódico de las variables eléctricas de todos los motores de la planta con el propósito de llevar un historial detallado de la maquina y de esta forma poder detectar de manera oportuna cualquier cambio en su comportamiento o eficiencia.

La inversión necesaria para la adquisición de los tres motores es de $15.074.400 la instalación y los trabajos para poner en funcionamiento los motores se cuenta con el equipo de mantenimiento.

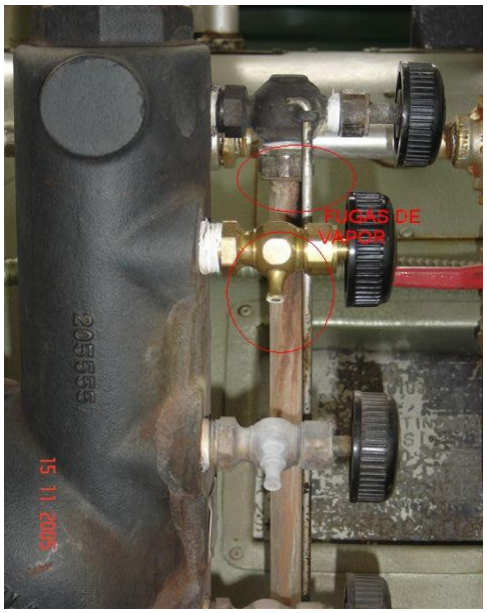
Con la adaptación de los nuevos motores se consigue un ahorro energético de un 15% en el compresor mycom, el homogenizador 14% y de un 13% en el motor del compresor de aire. En total se consigue un ahorro económico de $ 9.469.700 anuales.

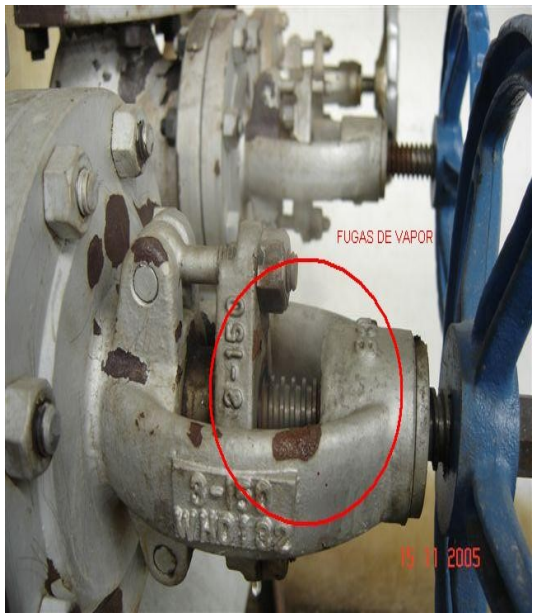
5.3 IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA DISMINUCION DE PERDIDAS DE VAPOR AIRE COMPRIMIDO

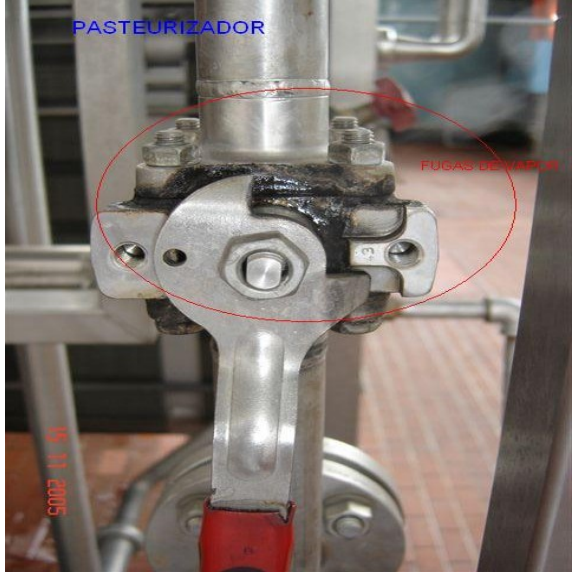
5.3.1 Situación Actual. En las áreas productivas de la planta se pudo apreciar una gran cantidad de focos de pérdidas en los sistemas de distribución de vapor, aire comprimido y pérdidas por calor .por cada m3 de aire comprimido en la tubería que presenta fugas se pierde 1.180 kWh-mes.

La empresa no cuenta con un adecuado programa de mantenimiento de sus equipos claves para el proceso productivo, se actúa básicamente por reacción y no se planifica según los requerimientos técnicos de sus equipos. Esto incrementa el número de paradas innecesarias debido a fallas en los equipos carentes de mantenimiento preventivo.

Figura 11: Fugas de vapor en la planta pasteurizadora







5.3.2 Descripción de la opción de URE. Se propone el diseño con el apoyo del departamento de mantenimiento un programa con el fin de reducir los focos de pérdidas hasta un 60% que representa en dinero $170.000 mensual en todos los sistemas de distribución y utilización de recursos energéticos dentro de la empresa.

Realizar un programa de mantenimiento representa una inversión que a mediano y largo plazo acarreará ganancias no sólo para la empresa quien a quien esta inversión se le revertirá en mejoras en su producción, sino también el ahorro que representa en seguridad industrial.

El personal de mantenimiento es el directamente implicado con los casos de fugas y deterioros de los equipos, son los encargados reducir las reparaciones mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados en este caso empaques y válvulas, si la segunda y tercera no se realizan, la tercera es inevitable.

5.4 REUTILIZACIÓN DEL AGUA

5.4.1 Situación Actual. Como se pudo observar durante el diagnostico energético realizado en las diferentes áreas de la empresa pasteurizadora Santandereana de Leche LECHESAN S.A., el desperdicio de agua es notable.

Hay ubicadas en toda la planta una serie de mangueras en diferentes lugares, sin embargo se presenta mal uso de las mismas cuando se están utilizando para las diferentes actividades como el lavado de pisos y de los tanques al finalizar la jornada de producción.

En la lavadora de cestillos se desperdicia aproximadamente 367 m^3 al mes de agua que nos serviría, siempre y cuando se le diera un reuso por ejemplo en el lavado de pisos, lo cual, según estimaciones previas hechas en la empresa se estiman en dejar de utilizar 60 m^3 al mes.

Figura 12: Lavadora de cestillo vista por debajo

En las plantas UHT y PET se desperdicia agua en el proceso de lavado. El caudal de agua que se desperdicia es aproximadamente 215 m^3 al mes, y es vertida al alcantarillado aún con cierta temperatura (aproximadamente 87C).

Figura 13: Homogenizador y equipo proceso de la planta UHT

En la siguiente tabla 16 se muestra un resumen de los consumos de agua promedio mensual, en cada proceso de la planta.

Tabla 16.Entradas de Agua en la Planta

▪ TOTAL DE ENTRADAS	
Etapa	**Cantidad m^3 /mes**
DESCARGA DE CARROTANQUES	72,57
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	260.16
LAVADO DE CLARIFICADOR	44
LAVADO PASTERIZADOR	115.56
MAQUINAS ENVASADORAS	62.79
LAVADOR CESTILLOS	367.72
AGUA DE ENFRIAMIENTO	12.75
USO DOMESTICO	123.82
CAFETERIA	4.176
LAVADO PISO CAVA	12.6
ENFRIAMIENTO PISTONES HOMOGENIZADOR	56
LAVADO TUBERÍAS Y MAUINAS ENVASADORAS	84
FUGAS DE AGUA EN GRAL	57
LAVADO PLANTA DE AGUA	18
CALDERA	445
LABORATORIO	2.6
LAVADO DE CANTINAS	17
LAVADO DE CARROS REPARTIDORES	83
○ **PRODUCTO**	24.6
TORRES DE ENFRIAMIENTO	216
LAVADO PISOS DE PRODUCCIÓN	60
EMPUJE DE LECHE	25

Fuente: LANDINEZ S, Diana M. Programa de Uso Eficiente del Agua en la Pasteurizadora Santandereana de Leche “LECHESAN“

5.3.2 Descripción de la opción de URE. Se plantea el diseño de un programa de reuso o reutilización de agua acorde a la situación actual de la empresa con el propósito de utilizar y minimizar las pérdidas en el sistema de acueducto.

La implementación de válvulas reductoras de presión para una de las puntas de las mangueras seria una solución práctica y económica para reducir estos desperdicios.

La planta UHT es la de mayor índice de desperdicio de agua de toda la empresa, en el lavado intermedio y final de los equipos de proceso (1,2 litros por segundo), se recomienda utilizar el liquido rico en calor mandándolo hacia la lavadora de cestillos donde nos ahorraríamos el uso de vapor para calentar el agua para lavar las canastas en un 30 % de generación de vapor equivalente a 53.419,88 Kcal, representado en dinero $493.150 mensuales, para esto se cuenta con un tanque de descarga para esta agua, pero en el momento no esta en uso por malos cálculos de ingeniería y de un buen diseño. La tubería de descargue esta ubicada en la parte intermedia del tanque, cuando sobrepasa ese nivel el agua se devuelve al equipo de proceso, por eso se tomo la decisión de desconectar esa tubería.

Se propone colocar el tanque horizontalmente para hacer un buen uso del mismo. Cambiando los hábitos de consumo agua, haciendo que el personal que labora allí, reporte las fugas detectadas en los inodoros, grifos, utilizando la mínima cantidad de agua que se extrae por las llaves de agua, asegurarse de que llaves y válvulas queden bien cerradas y sin fugas después de utilizarlas.

5.5 MONTAJE DE AISLAMIENTO TERMICO

5.5.1 Situación Actual. La empresa cuenta con tuberías en acero al carbón de 2 pulgadas que conducen flujos de vapor generados por las calderas, estas tubería se encuentran sin ninguna protección o recubrimiento de aislantes térmico, lo que genera unas perdidas de calor que son traducidas en dinero para la empresa.

Como ejemplo de lo anterior, en la figura 14 se puede notar que en la planta UHT la tubería esta al descubierto transmitiendo calor hacia la cabina de envasado.

concluye que el flujo de aire que entra no es el mejor en temperaturas para el recinto.

Figura 14: Tubería descubierta cuarto de calderas y planta UHT

5.5.2 Descripción de la opción de URE. Además de las pérdidas de calor por falta de aislamiento térmico, desde el punto de vista de la salud del personal las temperaturas del ambiente de trabajo son demasiado altas. Se recomienda instalar aislantes térmicos en la tubería ubicada desde la caldera hasta la planta U.H.T, con especificaciones de 2" en acero al carbón a fin de disminuir las perdidas de calor. Con esta opción se tendrían unos ahorros del 87% reflejado en dinero para la empresa en reducción de compra de gas. Así mismo, las inversiones necesarias para este aislamiento se estiman en $ 319.220 solamente el materia del aislante (fibra de vidrio). Para tal opción se hicieron una serie de cálculos descritos en el potencial técnico donde estimula los costos de energía y el espesor optimo del aislante.

5.6 DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTION ENERGETICA INTEGRAL

El sistema de gestión energética integral que se plantea esta diseñado para garantizar a la empresa, que a bajos costos, pueda esta tener la capacidad para

mejorar eficientemente los recursos energéticos y, de esta forma, reducir sus costo por consumo.

Este sistema planteado se diseña, teniendo en cuenta el tamaño y la estructura de la empresa, y las áreas identificadas con mayor potencial de ahorros de energía y los lineamientos presentados en el capítulo 1.

En este orden de ideas se propone una estructura administrativa para el desarrollo del esquema de gestión energética, como primer paso dentro del desarrollo de este concepto nuevo en la empresa.

SISTEMA ESTRUCTURAL Y PROCEDIMENTAL GENERAL

ÓRGANO	INTEGRANTES	MISIÓN	FUNCIONES
Consejo energético	Gerente de planta, Jefe de producción, Jefe de mantenimiento y coordinador de energía.	Coordinar y guiar todas las actividades del programa de mejoramiento de la eficiencia energética de la empresa.	➢ Actuar como líder y promotor del movimiento hacia la eficiencia energética, dirige, controla, viabiliza y da seguimiento al programa de mejoramiento. ➢ Definir políticas y decidir inversiones para el mejoramiento de la eficiencia energética. ➢ Aprobar las normas, indicadores, metodología, pruebas importantes, nuevos sistemas que sean necesario implantar en función del programa. ➢ Evaluar la actividad de los grupos de trabajo. ➢ Brindar asesoría energética a todas las actividades operativas y a los proyectos relacionados al sistema energético.
Grupo URE	Especialistas de calidad, contabilidad, coordinador de energía y delegado del jefe de mantenimiento.	Diseñar y aplicar un programa de mejoramiento de la eficiencia energética de la empresa.	➢ Elaborar el programa, la estrategia y dar seguimiento a su implantación. ➢ Investigar y desarrollar la tecnología necesaria para implantar el programa. ➢ Establecer metas de eficiencia energética y ahorro de energía. ➢ Determinar los costos que implica el incremento de eficiencia, conservación y ahorro de energía. ➢ Disminuir el consumo de energía sin afectar la producción y los servicios. ➢ Evaluar periódicamente la marcha del programa. ➢ Evaluar, diagnosticar y dar prioridades a los problemas vitales de la eficiencia energética. ➢ Diseñar e implantar un sistema de inspección a la eficiencia energética.

ÓRGANO	INTEGRANTES	MISIÓN	FUNCIONES
Grupos intersectoriales	Especialistas y operarios vinculados al programa de mejoramiento energético de cada una de las áreas críticas.	Ejecutar las alternativas del programa de mejoramiento de la eficiencia energética de la empresa en las áreas mas criticas.	➢ Medir flujos energéticos. ➢ Registrar las condiciones de operación de equipos, instalaciones y procesos. ➢ Efectuar balances de materia, energía. ➢ Efectuar balances termoeconómicos. ➢ Calcular índices energéticos o de productividad y actualizar los de diseño. ➢ Determinar potenciales de incremento de la eficiencia energética. ➢ Recopilar y procesar la información estadística sobre los consumos y la eficiencia energética.

6. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL TÉCNICO

6.1 SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS INEFICIENTES

ILUMINACION PLANTA LECHESAN S.A BUCARAMANGA			
	TIPO LUMINARIA		
SECCION	VAPOR DE MERC. 150 W	FLUORES.T8 32 W	FLUORESC. T8 59 W
PLANTA ELECT.		2	
TALLER		4	
CUARTO COMP.		4	
ENVASADO	6	1	
BODEGAS			44
PET		10	
PASTEURIZADO	4	2	
UHT	13		
CAVA		11	
LABORATORIO			14
OFICINAS			2
TOTAL	23	34	60
CONS KW	3,45	1,088	3,54
TOTAL KWh/dia	80,78		
$ TOTAL DIA	19387,2		

Considerando que actualmente la empresa consume 116,1 kWh/dia y paga por Iluminación $27.864 por día, con solo sustituir las lámparas actuales por unas de mayor eficiencia, el ahorro en energía sería de 35,32 kWh/día, lo cual equivale a un 30% de ahorro por iluminación. En dinero, estaría ahorrando diariamente $8477, lo que implica que en un año (365 días de operación continua) dejaría de pagar al ESSA por energía eléctrica $3´094.105.

En las Tabla 17 y 18 se presenta un resumen de los beneficios económicos de esta opción de URE y sus costos.

Tabla 17 Resumen Beneficios Económicos del Cambio de Lámparas

Total de Watios instalados actual	11,61 kWh
Horas de operación al año	2880 h
Costo de kWh	240 kWh
Costo de operación anual	$8.024.832
Total kW propuesta	8,078 kWh
Costo de operación	$5.583.513
Valor ahorrado al año	$2.441.318,4
% de ahorro	30%

Tabla 18 Costo de Inversión

CANTIDAD	TIPO LAMPARA	CONSUMO (W)	VALOR LAMPARA	VALOR BALASTO	VALOR TOTAL
28	FLUOR. T8 32	32	4200	15500	$ 551.600
17	FLUOR. T8 59	59	6200	15500	$ 368.900
20	SODIO	150	27000	15500	$ 850.000
COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN					$1.770.500

6.2 REEMPLAZO DE MOTORES SOBREDIMENSIONADOS

- **Motor Homogenizador**

Antes 70 HP

18,1 kW * 15 h = 271,5 kWh * 240 $\frac{\$}{kWh}$ = 65160 $\frac{\$}{dia}$

Después 25 HP

15,47 kW * 15 h = 232,05 kWh * 240 $\frac{\$}{kWh}$ = 55692,3 $\frac{\$}{dia}$

Ahorro económico por dia

65160 – 55692,3 = 9467,7 $\frac{\$}{dia}$ = 3.455.710 $\frac{\$}{año}$

Ahorro en Energía

271,5 kWh – 232,05 kWh = 39,45 kWh

Ahorro en porcentaje. 14%.

- **Motor Compresor Mycom**

Antes 50 HP

30,1 kW * 12 h = 361,2 kWh * 240 $\frac{\$}{kWh}$ = 86688 $\frac{\$}{dia}$

Después 40 HP

25,50 kW * 12 h = 306,10 kWh * 240 $\frac{\$}{kWh}$ = 73464,40 $\frac{\$}{dia}$

Ahorro económico por dia

86688 – 73464,40 = 13223,6 $\frac{\$}{dia}$ = 4.826.614 $\frac{\$}{año}$

Ahorro en Energía

361,2 kWh – 306,10 kWh = 55,1 kWh

Ahorro en porcentaje. 15%.

- **Motor Compresor de Aire**

Antes 24 HP

10,1 kW * 10 h = 101 kWh * 240 $\frac{\$}{kWh}$ = 24.240 $\frac{\$}{dia}$

Después 15 HP

8,74 kW * 10 h = 87,44 kWh * 240 $\frac{\$}{kWh}$ = 20.987 $\frac{\$}{dia}$

Ahorro económico por dia

24.240 – 20.987 = 3.253 $\frac{\$}{dia}$ = 1.187.345 $\frac{\$}{año}$

Ahorro en Energía

101 kWh – 87,44 kWh = 13,86 kWh

Ahorro en porcentaje. 13%.

6.3 IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS DE VAPOR AIRE COMPRIMIDO

Consumo especifico de energía eléctrica del compresor:

$$e\ \left[\frac{kWh}{m^3}\right] = \frac{Potencia\ \ Compresor\ \ [kW]}{Caudal\ \ de\ \ aire\ \ producido\ \ [m^3/h]}$$

$$e = \frac{32}{325} = 0{,}09848\ \ \frac{kWh}{m^3}$$

Cálculo del caudal fugado:

Se aplicó la siguiente ecuación:

$$Q\ \left[\frac{m^3}{h}\right] = \frac{V[m^3]\times 293}{t[min]\times T[K]}(P_1 - P_2)[bar_{abs}]$$

Donde:

Q : Caudal fugado.

V : Volumen del deposito.

t : Tiempo de duración de la prueba.

P : Presión.

T : Temperatura media del aire.

$$Q = \frac{1\times 293}{1\times 413}(7-6) = 46{,}8\ \ \frac{m^3}{h}$$

Cálculo del consumo de energía eléctrica asociado a las fugas:

$$Consumo \left[\frac{kWh}{mes}\right] = caudal\ \ fugado\left[\frac{m^3}{h}\right] \times consumo\ \ específico\ \ compresor\left[\frac{kWh}{m^3}\right] \times tiempo\ \ operación\left[\frac{h}{mes}\right]$$

$$Consumo = 46{,}8 \times 0{,}09848 \times 256 = 1.180\ \ \frac{kWh}{mes}$$

$$Costo\ \ Consumo = 1.180\ \ \frac{kWh}{mes} \times 240\ \ \frac{\$}{kWh} \cong 283.200\ \ \frac{\$}{mes}$$

Sistema mejorado reducción 60 % de las fugas:

$$Ahorro\ \ energético = 28{,}08\frac{m^3}{h} \times 0{,}09848\frac{kWh}{m^3} \times 256\frac{h}{mes} \cong 707{,}92\frac{kWh}{mes}$$

$$Ahorro\ \ económico = 707{,}92\frac{kWh}{mes} \times 240\frac{\$}{kWh} \cong 170.000\frac{\$}{mes}$$

6.4 REUTILIZACION DEL AGUA

La primera opción para la reutilización del agua es en la lavadora de cestillo, donde la caldera que es la que le proporciona vapor deberá producir menos vapor para lavar las canastas.

La caldera para convertir 1 m^3 de agua en vapor en condiciones normales genera

$$Q = CpmT$$

$$Q = 4{,}217\ \ \frac{Kj}{KgC} 1000Kg(140 - 25C)$$

$Q = 484955Kj$ = 115910 Kcal = 1.070.050 $-mes

En cambio si reusamos el agua rica en calor que se desperdicia en el lavado de los equipos de proceso, la caldera necesitaría menos calor para convertir el mismo flujo de agua en vapor.

$$Q = CpmT$$

$$Q = 4{,}217 \ \frac{Kj}{KgC} 1000Kg(140 - 78C)$$

$Q = 261454Kj$ = 62.490,12 Kcal = 576.900 $-mes

Ahorro Energético

Q = 115.910 – 62.490 Kcal

Q = 53.419,88 Kcal

Ahorro Económico

$ = 1.070.050 – 5.76.900

$ = 493.150

6.5 MONTAJE DEL AISLAMIENTO TÉRMICO

Diámetro Nominal 2” cedula 40

Q = UA ΔT

Q = Calor transferido a través de la tubería.

A = Área de transferencia de calor.

ΔT= Diferencia de temperaturas entre los puntos de transferencia de calor.

U = Coeficiente global de transferencia de calor.

$$\frac{1}{UA} = RT = \frac{1}{h_1 A_1} + \frac{\ln r_2 / r_1}{2\pi\kappa_1 1} + \frac{1}{h_0 A_0}$$

Rt = Resistencia térmica

Donde:

h_i = coeficiente de transferencia de calor por convección en el interior de la tubería.
h_O = Coeficiente de transferencia de calor por convección en el exterior de la tubería.
K_i = Coeficiente de transferencia de calor por conducción en la tubería y depende de la naturaleza del material.
A_i = Área interna de la tubería.
A_O= Área externa de la tubería.

Para 2":
Diámetro exterior = 60,3 mm.
Diámetro Interior = 52,5 mm.

Para la tubería de 2 "

$$\frac{r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}}{2\ {}_1L} = \frac{0.03015 \ln\left(\frac{0.03015}{0.02625}\right)}{2\ {}_1L} = \frac{0.00417}{} \text{ Tiende a cero.}$$

Por lo que para la tubería desnuda se considera

T interna = T de la pared del tubo

Se trabaja con la fórmula de transferencia de calor por convección, asumiendo que la temperatura del vapor se mantiene durante su trayectoria.

T vapor = 152°C = Tw

Cálculo de temperatura de película.

$$Tf = \frac{152 + 56}{2} = 89°C \cong 362.15\ ºK$$

$$B = \frac{1}{T^{o}K} = \frac{1}{362.15} = 2.75 x 10^{-3}$$

Donde B = coeficiente de expansión volumétrica de la temperatura del aire y del anexo B, hallamos

K = 0.031 w/m ºC

$\upsilon = 0.2186 \times 10^{-4}\ m^2$ / s

Pr = 0.692

Donde

v = Viscosidad cinemática.

Pr = Número de Prandt

Del número de Grashof

$$Gr = \frac{gxb\,x\,(Tw - T\alpha)\,x\,d^3}{v^2}$$

Tw = temperatura de pared del tubo

Tα. = Temperatura ambiente

d = diámetro exterior de la tubería.

$$Gr\,\mathrm{Pr} = \frac{9.81x\,2.67\,x10^{3}(152-26)(00603)^{3}}{(0.2186\,x10^{-4})^{2}}\,x\,0.6927 = 1084289.97$$

GrPr = 1084289.97

Del anexo C consideramos las constantes para cilindros horizontales

C=0.53

m =1/4

El número de Nusselt, Nud

$$Nud = c\,(GrPr)m = 0{,}53\,(1084289{,}97)^{1/4} = 17{,}1$$

$$h = \frac{kNud}{d}$$

Donde h = coeficiente de transferencia de calor

$$h = \frac{0.031*17.1}{(0.0603)} = 8.9\frac{w}{m^{2}\,{}^{o}C}$$

La transferencia de calor por unidad de longitud

$$\frac{q}{L} = h\pi d(Tw - T\alpha) = 8.9*\pi*(0.0603)*(152-26) = \frac{w}{m}$$

Para la longitud de 5 m.

212,43 X 5 = 1062,15 w ≅ 3823,8 KJ/h = 913,47 cal/h

Para el tramo después de la estrangulación la temperatura cae a 140 ºC

Tw =140 °C Tα =26 °C

Tf = (140 + 26) /2 = 83 ºC

$$\frac{q}{L} = 185.72 \frac{w}{m}$$

Para una longitud de 29,5 m

Q = 547874 w ≅ 19723,50 Kj/h = 4710,9 Kcal/h .

Pérdidas totales para la tubería desde la caldera hasta la planta UHT.
913,47+ 4710,9 Kcal/h = 5624,37 Kcal/h

Sistemas ETI para el cálculo del espesor económico

La primera parte del cálculo es hallare el costo del calor durante la vida útil del proyecto (M). Esta cifra es resultante de la suma de los siguientes costos:

- Costo del combustible requerido incluida la predicción de precios del mismo durante la vida útil del proyecto y gastos de operación y mantenimiento (1,1 x A x Ch).

- Costo causado por uso de la caldera (CK).

Posteriormente se produce a calcular el factor que representa las pérdidas de calor evaluadas en costo anual (D).

Para lograr una relación óptima entre costo anual de pérdidas de calor y el costo de la inversión, es necesario obtener la pendiente de la curva de los precios de los aislamientos instalados a diversos espesores. Los precios se expresan como pendientes así:

C_2 = Costo del aislamiento instalado con un espesor L_2.
C_1 = Costo del aislamiento instalado con un espesor bajo L_1.

$$m = \frac{c_1 - c_1}{L_2 - L_1}$$

En el caso de tuberías, debe considerarse L_2 como máximo espesor posible sin anidar y L_1 el menor espesor disponible; de esta forma se puede obtener una primera pendiente que será usada para espesores que no requieren más de una capa de cañuelas (m_1). En caso de requerir mayor espesor de aislamiento se calcula la segunda pendiente con el mayor y menor espesor posible de cañuelas para dos capas de cañuelas. De igual forma se calculara una tercera pendiente m_3.

Por ultimo se procede al cálculo del factor z. Cuando se han calculado varias pendientes m, será necesario calcular varios factores z.

Con el factor Z y la variable KRS que esta dada por la resistencia térmica de la chaqueta y el valor de conductividad térmica del material aislante medio a la temperatura media de operación, se puede leer el resultado del espesor óptimo económico en cada una de las curvas que posteriormente se presentan.

Es necesario aclarar que el espesor leído debe coincidir con el número de capas

de cuya pendiente fuera calculado el factor 2. De no ser así debe leerse un nuevo espesor óptimo con el factor 2 calculado con otros números de capas. La cifra cuyo resultado coincida, es efectivamente el espesor de aislamiento térmico óptimo económico para toda la vida útil del proyecto.

Formato para cálculo

Incremento en el costo del combustible

Vida útil del proyecto: N_1

Incremento esperado anual en el costo del combustible en decimales: i_1

$$factor\ A = \frac{(1+i_1)^{N_1} - 1}{i_1 N_1}$$

Costo inicial del combustible

Poder calorífico del combustible: H

Eficiencia de caldera (en decimales): E

Precio actual del combustible puesto en planta:

$$\Pr ecio\ \ de\ la\ energía\ CH = \frac{T * 10^6}{E * H}$$

Costo de la energía

Promedio anual durante la vida útil

Costo Anual sin incluir operación y mantenimiento: A x Ch

Costo Anual promedio durante la Vida útil considerando costos de operación y mantenimiento del 10 % 1,1 (A x Ch)

Costo de calor

Por operación de caldera

Vida útil del Equipo: N_2

Costo de financiación de la inversión en Equipo (en decimales)

Factor de amortización anual para la inversión en Equipo

$$B = \frac{i_2(1+i_2)^{N_2}}{(1+i_2)^{N_2} - 1}$$

Producción de calor esperada Q

Inversión en caldera Pf

Costo del calor Equipo CK = $\frac{B \Pr}{Q}$

Costo de calor

Durante la evaluación del proyecto M =1,1 A x Ch +CK

Cálculo de la temperatura media

Temperatura de Operación: Tp

Temperatura ambiente: Ta

Tp + Ta

Temperatura media *Tm* = $\frac{Tp + Ta}{2}$

Factor de conductividad térmica

Curvas de factor K Vs Tm:K

Diferencia de temperatura

ΔT = Tp - Ta = ΔT

Horas de operación: Y

Cálculo del factor Dp

Tuberías: Dp = 0,524 X 10^{-6} KΔT y M:Dp

Superficies planas: Ds = 10^{-6} ΔT y M

Factor de recuperación del capital invertido en aislamiento

Tasa mínima requerida de recuperación de capital (en decimales) i_3

Periodo de evaluación económica: N_3

$$Factor\ B_3 = \frac{i_{32}(1+i_3)^{N_2}}{(1+i_3)^{N_3}-1} = B_3$$

Pendiente de la curva de precios de aislamiento instalado

$$M = \frac{c_2 - c_1}{L_2 - L_1}$$

Cálculo factor Z

Tuberías Zp = Dp/1,1 X m B_3

Parámetro Kps

El valor típico de la variable resistencia térmica de la chaqueta Rs es 0,7 h pies^{2º} ºF/Btu: KRs

Espesor óptimo económico

Use el factor Z de una sola capa.

Verificar si el espesor leído puede aplicarse con una sola capa. De no ser posible repita la lectura con el factor 2 correspondiente a 2 capas y verifique de nuevo, así

sucesivamente.

Espesor óptimo económico: ETI =

Formato suministrado por Fiberglass Colombia SA

Llenado del formato

Para el Gas Natural

$ 540 / m^3

Costo inicial del combustible P =

Poder calorífico H

$$Valor - actual = Ch = \frac{PX10^6}{EH} = \frac{\$540 / m3}{0{,}75x40{,}5Mj / m3}$$

Ch =$18756,28 / MBtu

Factor A = $\frac{(1+0.3^2)^{10}-1}{0.2X10} = 2.6$ Donde N_2 =10; i=0,2

Costo de la energía

A x Ch = 18756,28 x 5 = $ 93781,4/MBtu

1,1 (A ch) = 268605,28/MMBTU

Costo del calor por operación de los equipos

Costo del calor

N_2 = 5

I_2 = 0,45

$$B = \frac{0.45(1+0.45)^5}{(1+0.45)^5-1} = 0.533$$

Producción de calor esperada

6,177 Kg/h x 10801,4 Kcal/Kg x 3,968 BTU/Kcal x 10 h/día x 5 días / semana x 4 semanas / mes x 8 meses / año x 10^{-6} MMBTU/BTU = 423,6 MMBTU/año.

Costo del calor por equipos = $Ck = \frac{BPF}{Q} = \frac{0.533 x 3500.000}{423.6} = 4403.91$

Costo del calor durante la evaluación del proyecto

M = 1,1 A x ch + Ck = 268605,28+ 4403,91 = 273.009,19 / MMBTU

Cálculo de la temperatura media

Temperatura de operación	Tp = 152 ºC ≅ 305,6 ºF
Temperatura ambiente	Ta = 26ºC = 78,8 ºF
Temperatura media	Tm = 89ºC = 192,2 ºF

Factor de conductividad térmica

Curvas del factor K Vs Tm

$k = 0.28 \frac{BTU}{hpie^{2\,o} F}.pu\lg$

Para la fibra de vidrio que es el aislante utilizado en el proyecto

Diferencia de temperatura

ΔT = Tp – Ta = 226,8 ºF

Horas de operación

Y = 10h/diaria x 5 días/semana x 4 semanas/mes x 8 mese/año =

h/año.

Cálculo del Factor Dp

Dp = 0,524 x 10^{-6} KΔT y M

K = 0,28; ΔT = 226,8; Y = 1600; M = 63630,6-96

Dp = 0,524 x 10^{-6} xx 0,28 x 226,8 x 1600 x 63630,96 = 3387,82

Factor de recuperación de capital invertido en aislamiento

Tasa mínima requerida de recuperación del capital (en decimales) = i_3 =

i_3 = 0,3

n_3 = 10 años

Factor B_3 = $\frac{i_3(1+i_3)^{N_3}}{(1+i_3)^{N_3}-1} = \frac{0.3(1.3)^{10}}{(1.3)^{10}-1} = 0.323$

Los precios en $ / 0.91 metros lineales de dos cañuelas de fibra de vidrios recubiertos con liencillo.

Tabla de precios de la fibra de vidrio

DIÁMETRO TUBERÍA PULG	ESPESOR 1" PRECIOS ($)	ESPESOR 1 ½" PRECIOS ($)
½	4920	9140
¾	5460	9880
1	6020	10840
1 ¼	6920	12040
1 ½	7580	13180
2	8420	14568
3	11440	18560

* Datos suministrados por Fiberglass Colombia

** Los precios ya incluyen el iva y la mano de obra.

$$m = \frac{c_2 - c_1}{L_2 - L_1}$$

$$m_1 = \frac{14568 - 8420}{1\frac{1}{2} - 1} = \$12296$$

Cálculo factor Z

Para tuberías Zp = Dp / 1,1 m B_3

$$Zp = \frac{3387.82}{1.1m\ 0.323} = \frac{9535.09}{12296} = 0.77 = Zp$$

Parámetro KRs

El valor típico de la variable resistencia térmica del liencillo es:

KRs = 0,28

Espesor óptimo económico es menor a 1” pero se selecciona 1”.

DIÁMETRO	ESPESOR ECONÓMICO
2”	1”

Pérdidas de calor en tuberías aisladas con aislamientos de 1” para tubería de 2”

Se supone la temperatura superficial de aislante = 35ºC.

$$Tm = \frac{Ts - Ta}{} = \frac{35 + 26}{2} = 30.5 \qquad B = 0.00329$$

Para el aire a 30,5 ºC

K = 0,0272

v x 10^{-4} = 0,1667

p = 0,702

d = diámetro de la tubería más el espesor del aislante = 0,1111m

$$Gr\,\Pr = \frac{9.81 x 0.00329 x (35-26) x (0.1111)^3 x 0.702}{(0.1667 x 10^{-4})^2}$$

Gr Pr = 1003557.50

C = 0,53 m = ¼

Nud = 0,53 (1003557,50)$^{1/4}$ = 16,77

$$h = \frac{KNud}{d} = \frac{0.2272 x 16.77}{0.1111} = 4.1 \frac{w}{m^{2o}C}$$

$$q = \frac{Tw - T\alpha}{\frac{r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}}{k} + \frac{1}{h}}$$

$$q = \frac{126}{\frac{0.0555 \ln \frac{0.0555}{0.03015}}{0.040} + \frac{1}{4.1}}$$

$$q = 115.53 \frac{kcal}{m^2}$$

Se compara con la pérdida por convención que debe ser igual

q = h(Ts – Tα) y calculamos el valor de ts hasta que nos de igual

9 = 4.1(Ts – 26)

ts = 54,17ºC y se asumió 35ºC.

Se repite el cálculo con t s = 49

$$\frac{49.5+26}{2}=37.75\cong 310.9^{o}K \qquad B=\frac{1}{310.9}=3.21x10^{3}$$

K = 0.02775

Pr = 0.7015

$$Gr\,\Pr=\frac{9.81x3.21x10^{-3}\,x(49.5-26)\,x(0.1111)^{3}\,x0.7015}{(0.1732\,x10^{-4})^{2}}=266697.42$$

Nud = 0.53 $(2366697.42)^{0.25}$ = 20.78

$$h=\frac{2078\,x\,0.2775}{0.111}=5.195$$

$$q=\frac{126}{\frac{0.0555\ln\frac{0.0555}{0.03015}}{0.040}+\frac{1}{5.195}}=121.25\frac{w}{m^{2}}$$

$$q=h(Ts-26)=121.25=5.195(Ts-26)$$

ts = 49.36

Temperatura del aislante 49,5 ºC.

q = 121,25 w/m^2

Q = 125,25 x π x 0.111 x 5= 218,4 W $\cong$ 786,22 kj/h $\cong$ 187,82 kccal/h

Para el otro tramo después de la estrangulación, para un procedimiento similar

Espesor óptimo económico 1”

Tw = 47,5

h = 5,07

q = 109,2

Q = 530,53 kcal/h

Para toda la tubería

Pérdida total tubería aislada = 530,53 kcal/h + 187,82 kcal/h = 718,35kcal/h

Perdida actual = 5624,37 kcal/h

Ahorro = 5624,37 – 718,35 kcal/h = 4906,02 kcal/h

% 87,2 de ahorro

Costo del aislamiento instalado $ 8420 por tramo de 0,91 metros para 5 + 29,5 metros $ 319.220.

Eficiencia del aislante

$$\eta = 1 - \frac{QA}{QS}$$

QA = calor perdido con aislamiento

QS = calor perdido sin aislamiento

$$\eta = 1 - \frac{628.19}{3062.5}$$

$$\eta = 79,5\%$$

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Un aspecto importante en el uso Racional y Eficiente de Energía es la concientización del personal que labora en la planta, por tal razón se propone realizar charlas de capacitación, para informar las acciones que se pueden realizar para ahorrar energía y tomar conciencia de los beneficios que se obtienen utilizar la energía y el agua de forma eficiente.

- Cualquier proceso de gestión requiere de mediciones e información que permitan la toma de decisiones. La gestión energética no es ajena a esto, y para su exitosa implementación es necesario que en las secciones de producción de la planta, se lleven registros históricos de consumo energético y agua a fin de mantener un control continuo de este insumo. A pesar de que esta recomendación requiere de inversión en equipos de medición, la gerencia deberá entender que los beneficios de mantener este control se verán reflejados en la calidad de los procesos.

- La planta posee grandes posibilidades de ahorro de energía debido a sus instalaciones, su distribución, mal uso y equipos con vidas útiles cumplidas. Se pueden realizar opciones URE cuya inversión es relativamente baja para obtener grandes ahorros como se demostró en este trabajo.

- La política de la planta en el aspecto de iluminación era la de desconectar y dejar de prender la mayor cantidad de lámparas posibles, con este proyecto se pretende dar algunas recomendaciones para cambiar lámparas por algunas de mayor eficiencia, hacer mantenimientos de limpiezas en las iluminarías, eliminar balastos que no estén en funcionamiento, disminuir la altura de las lámparas en algunas partes de la planta como en bodegas con propósito de

cumplir los mínimos niveles requeridos en zonas de trabajo y por ende reducir perdidas.

- Mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo se puede obtener un mejor desempeño de todos los equipos y en consecuencia un uso más eficiente de la energía. El mantenimiento que es aplicado actualmente es correctivo.

- La conformación de un organismo que se encargue de la Planeacion y del Control del Uso de Energía en la planta lograría un mejor aprovechamiento, mejores instalaciones y reduciría costos por su consumo.

- Se recomienda la creación de un centro de control y monitoreo para la evaluación del desempeño de los equipos identificados en la auditoria como los principales consumidores. En estos equipos es que se debe centrar el control energético de tal manera que se obtenga un considerable ahorro de los recursos; por otra parte, lograr una gran rapidez de detección y corrección de las causas del incremento de los consumos energéticos.

- Para Calderas y Redes de vapor se recomienda el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo, además de la instalación de aislamiento y la recolección de condensados.

- Para conseguir la optimización en el uso eficiente de la energía (energía eléctrica, gas natural y agua) en LECHESAN S.A no será necesario llevar adelante sacrificios o esfuerzos determinantes, sino que se trata ni más ni menos, que de prestar atención a la correcta utilización de estos servicios esenciales. Con el ahorro aportado por cada consumidor en la planta, por mas

pequeño que sea se podrá contribuir a la conservación de estos indispensables recursos energéticos.

- Sin duda alguna, la energía eléctrica y el gas natural son de uso vital en la operación de los procesos productivos de LECHESAN S.A, por eso es importante saber como emplearlos de manera responsable. Solo si se hace el mejor uso de estos recursos energéticos, la planta podrá crecer y consolidarse en el mercado. En LECHESAN S.A la optimización o el ahorro de energía es una de las claves para disminuir sus costos y lograr el fortalecimiento de su competitividad en el ámbito local y regional.

- Para que la estructura del sistema de gestión Energética propuesta sea racional, se hace necesario que en LECHESAN S.A se conozca la situación energética de los diferentes equipos, procesos y operaciones, para ello es aconsejable realizar una auditoria energética tanto de tipo general como de tipo especifico en profundidad. Se recomienda que esta auditoria se realice en conjunto con personal externo especializado en mediciones y cálculos de energía, así como asesorias relacionadas con los procesos, ya que a mi juicio, existe una insuficiente especialización del personal de la planta en el área de energía.

BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES “ANDI”. EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN. UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Guías para el uso racional de la energía por procesos en la industria. Segunda edición. Medellín.1998.

- Autores Varios. Manual de Auditorias Energéticas. Asociación para la Investigación y Diagnosis de la Energía (AEDIE). Madrid. 2003.

- CASTEJÓN O, Agustín. SANTAMARÍA H, Germán. Tecnología Eléctrica. Primera Edición. España 1993.

- Comisión Nacional Para el Ahorro de Energía, (México), (documento en línea), (citada 1de Diciembre de 2005). Disponible en Internet www.conae.gob .mx

- Empresa de Energía de Bogota S.A, 1997, Seminario Uso Racional de Energía.

- GELVEZ F., Julio Augusto. Ahorro de Energía. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.

- ISA. Manual de Ahorro de Energía en la Industria. Bogota.

- KRUSKA, Martín. Organización de sistemas de Gestión Energética en la Industria. En: Manual de uso racional de energía. Perú. 1998.

- MEZA, Julio y VEGA, Raúl. Uso Racional de la Energía Eléctrica en el sector Metalmecanico. Bucaramanga, 1993. proyecto de Grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.

- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA. Administración y Ahorro de Energía. Primera edición. México D.F.1993.

- RODRÍGUEZ M, Humberto. Eficiencia Energética. Folleto 1- Auditorias Energéticas. SENA. Bogotá. 1999

- Verein Deutscher Ingenieure. VDI3922 Guideline "Energy Consulting for Industry and Business". Alemania,1984.

ANEXOS

Anexo A Cuestionario de Entrada

Anexo B. Propiedades del aire

Propiedades del aire A presión atmosférica				
Temperatura C	**K (W/m C)**	**V x 10^4 (m^2 / s)**	**P (kg /m^3)**	**Pr**
-128.9	0.0137	0.0426	2.462	0.760
-17.8	0.0242	0.1239	1.390	0.711
93.3	0.0313	0.2225	0.969	0.692
204.4	0.0388	0.3487	0.743	0.683
315.6	0.0455	0.4956	0.603	0.686
426.7	0.0519	0.6576	0.508	0.688
537.8	0.0574	0.8388	0.438	0.700
648.9	0.0628	1.0758	0.385	0.712
760	0,067	1.2482	0.344	0.728

Anexo C. Constantes para superficies isotermas

Constantes para superficiesIsotermas			
Geometría	**Gr_f Pr_f**	**C**	**m**
Planos y cilindros verticales	$10^{-1} – 10^4$ $10^4 – 10^9$ $10^9 – 10^{13}$ 10^9 - 10^{13}	0.59 0.021 0.10	¼ 2/5 1/3
Cilindros Horizontales	$0 – 10^{-5}$ $10^{-5} – 10^4$ $10^4 – 10^9$ 10^9 - 10^{12}	0.4 0.53 0.13	0 1/4 1/3
Superficies superior de placas Calentadas o superficie inferior de placas enfriadas	$2 \times 10^4 – 8 \times 10^6$	0.54	1/4
Superficie inferior de placas Calentadas o superficie superior de placas enfriadas	8×10^6 - 10^{11}	0.15	1/3
Superficie superior de placas Calentadas o superficie inferior de placas enfriadas	105 - 1011	0.58	1/5

Anexo D. Cotizaciones de Motores y Lámparas de Iluminación.

ElectroAgro Ltda.

NIT. 804.000.058-3
AVENIDA QUEBRADA SECA No. 18-81 TELS: 6428511 - 6428513 - 6421255
FAX: 6429062 - TALLER: CARRERA 19 No. 30 - 28
BUCARAMANGA - COLOMBIA

Fecha: Enero 16/2006

COTIZACION
Nº 11663

Señor(es) Jesus Tirado

Dirección.

Condiciones de Pago:

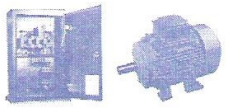
CANT.	DETALLE	VALOR TOTAL
1	MOTOR Electrica TRIFASICA Potencia 50.0HP Velocidad 1750 RPM Tension 220/440V. Totalmente cerrado TEFC. Marca U.S. MOTORS (Americano)	$ 7'497.500 $ 1'199.600 8'697.100
1	MOTOR Electrica TRIFASICA Potencia 30.0 HP. Velocidad 1750 RPM Tension 220/440V. Totalmente cerrado TEFC. U.S. MOTORS. IVA 16%	$ 3'409.000 $ 545.440
		3'954.440

FIRMA, Gustavo.

Anexo D. Cotizaciones de Motores y Lámparas de Iluminación (continuación)

Industrial de Eléctricos

TABLEROS Y CONTROLES ELECTRICOS



MATERIALES ELECTRICOS EN GENERAL

NIT. 13.748.165-5
HECTOR HORACIO SIERRA C.
GERENTE

Cra. 19 No. 29-13
Tel. 6305728 - 6304977
Fax. 6428023 - B/manga

DISEÑOS - ASESORIAS - MONTAJES INDUSTRIALES - AUTOMATIZACION INDUSTRIAL

SEÑOR(ES): Jesús Tenado

FECHA COTIZACION	DIA	MES	AÑO
	16	01	06

COTIZACION Nº 0928

DIRECCION:

CIUDAD: B/qa

TELEFONO:

CODIGO:

CANT.	DETALLE	V. UNITARIO	VR. TOTAL
	lampara T12-75	6.500	6.500
	" " T12-39	4.500	4.500
	T8 -32	4.200	4.200
	Bombillo 250 Mercury.	18.000	18.000
	" " 150 Sodio	27.000	27.000
		TOTAL $	

VALOR EN LETRAS:

ELABORO:	REVISO:	ACEPTADA:
		Firma y Sello del Comprador

Features
Meets or exceeds NEMA Premium efficiencies
NEMA Design B performance including locked rotor current
Precision Plus balance to .04 ips
GEGARD2000™ insulation system exceeding MG1-31 for drive compatibility
1.15 Service Factor @ 40° C and 3,300 ft altitude; 1.0 Service Factor at 65° C
All cast iron construction
Division II UL listing available from stock
Applications
Designed for moderate to high starting torque applications in the most severe (non-explosive) environments

Hp	RPM	Volts	Frame	NP Full load amps	Cat. No.	Nom. Eff.	G'teed Min. Eff.	List Price	Price Symbol	Wt.	C Dim.	Notes	
.75	1200	230/460	143T	2.8/1.4	M480	80.0	78.5	502	GO-7U1	43	13.4		A
.75	1200	575	143T	1.1	M481	80.0	78.5	502	GO-7U1	43	13.4		A
.75	900	230/460	145T	3.4/1.7		72.0	73.3	693	GO-7U1	48	13.4		A
.75	900	575	145T	1.4		72.0	73.3	693	GO-7U1	48	13.4		A
1	3600	230/460	143T	2.8/1.4		87.5	86.5	475	GO-7U1	43	11.6	TENV	A
1	3600	575	143T	1.1		87.5	86.5	475	GO-7U1	43	11.6	TENV	A
1	1800	230/460	143T	3.0/1.5	M482	86.5	85.5	430	GO-7U1	43	11.6	TENV	A
1	1800	460	143T	1.5	M475	86.5	85.5	430	GO-7U1	43	11.6	TENV	A
1	1800	575	143T	1.2	M483	86.5	85.5	430	GO-7U1	43	11.6	TENV	A
1	1200	230/460	145T	3.6/1.8	M484	82.5	81.5	533	GO-7U1	50	13.4		A
1	1200	460	145T	1.0	M476	82.5	81.5	533	GO-7U1	50	13.4		A
1	1200	575	145T	1.4	M485	82.5	81.5	533	GO-7U1	50	13.4		A
1	900	230/460	182T	4.4/2.2	M9871	80.0	78.5	819	GO-7U1	76	15.9		A
1	900	460	182T	2.2	M9887	80.0	78.5	819	GO-7U1	76	15.9		A
1	900	575	182T	1.8	M9872	80.0	78.5	819	GO-7U1	76	15.9		A
1.5	3600	230/460	143T	4.0/2.0	M486	87.5	86.5	499	GO-7U1	43	11.6	TENV	A
1.5	3600	575	143T	1.6	M487	87.5	86.5	499	GO-7U1	43	11.6	TENV	A
1.5	1800	230/460	145T	4.2/2.1	M492	86.5	85.5	478	GO-7U1	50	11.6	TENV	A
1.5	1800	460	145T	2.1		86.5	85.5	478	GO-7U1	50	11.6		A
1.5	1800	575	145T	1.7	M493	86.5	85.5	478	GO-7U1	50	11.6		A
1.5	1200	230/460	182T	4.8/2.4	M9702	87.5	86.5	604	GO-7U1	76	15.9		A
1.5	1200	460	182T	2.4	M9943	87.5	86.5	604	GO-7U1	76	15.9		A
1.5	1200	575	182T	1.9	M9703	87.5	86.5	604	GO-7U1	76	15.9		A
1.5	900	230/460	184T	6.2/3.2	M9873	80.0	78.5	967	GO-7U1	101	15.9		A
1.5	900	460	184T	3.2	M9888	80.0	78.5	967	GO-7U1	101	15.9		A
1.5	900	575	184T	2.6	M9874	80.0	78.5	967	GO-7U1	101	15.9		A
2	3600	230/460	143T	5.4/2.7	M490	86.5	85.5	532	GO-7U1	50	11.6	TENV	A
2	3600	460	143T	2.7		86.5	85.5	532	GO-7U1	50	11.6	TENV	A
2	3600	575	143T	2.2	M491	86.5	85.5	532	GO-7U1	50	11.6	TENV	A
2	1800	230/460	145T	4.8/2.9	M488	86.5	85.5	526	GO-7U1	50	13.4		A
2	1800	460	145T	2.9	M494	86.5	85.5	526	GO-7U1	50	13.4		A
2	1800	575	145T	2.3	M489	86.5	85.5	526	GO-7U1	50	13.4		A
2	1200	230/460	184T	6.2/3.1	M9704	87.5	86.5	675	GO-7U1	101	15.9		A
2	1200	460	184T	3.1	M9944	87.5	86.5	675	GO-7U1	101	15.9		A
2	1200	575	184T	2.5	M9706	87.5	86.5	675	GO-7U1	101	15.9		A
2	900	230/460	213T	7.6/3.8	M9875	86.5	85.5	1,155	GO-7U1	200	20.1		A
2	900	460	213T	3.8	M9705	86.5	85.5	1,155	GO-7U1	200	20.1		A
2	900	575	213T	3.0	M9876	86.5	85.5	1,155	GO-7U1	200	20.1		A
3	3600	230/460	182T	7.8/3.9	M9713	89.5	88.5	600	GO-7U1	76	15.9		A
3	3600	460	182T	3.9	M9939	89.5	88.5	600	GO-7U1	76	15.9		A
3	3600	575	182T	3.1	M9715	89.5	88.5	600	GO-7U1	76	15.9		A
3	1800	230/460	182T	8.0/4.0	M241	89.5	88.5	583	GO-7U1	76	15.9		A
3	1800	460	182T	4.0	M9941	89.5	88.5	583	GO-7U1	76	15.9		A
3	1800	575	182T	3.2	M9711	89.5	88.5	583	GO-7U1	76	15.9		A
3	1200	230/460	213T	8.8/4.4	M9142	89.5	88.5	820	GO-7U1	200	20.1		A
3	1200	460	213T	4.4	M9111	89.5	88.5	820	GO-7U1	200	20.1		A
3	1200	575	213T	3.5	M9712	89.5	88.5	820	GO-7U1	200	20.1		A
3	900	230/460	215T	10.8/5.4	M9877	86.5	85.5	1,443	GO-7U1	220	20.1		A
3	900	460	215T	5.4	M9708	86.5	85.5	1,443	GO-7U1	220	20.1		A
3	900	575	215T	4.3	M9878	86.5	85.5	1,443	GO-7U1	220	20.1		A

e-GEP-M1000 (3/20/02) **A = Available fall 2002** Data subject to change without notice.

Hp	RPM	Volts	Frame	NP Full load amps	Cat. No.	Nom. Eff.	G'teed Min. Eff.	List Price	Price Symbol	Wt.	C Dim.	Notes
5	3600	230/460	184T	12.6/6.3	M240	90.2	89.5	712	GO-7U1	101	15.9	A
5	3600	460	184T	6.3	M9940	90.2	89.5	712	GO-7U1	101	15.9	A
5	3600	575	184T	5.0	M9722	90.2	89.5	712	GO-7U1	101	15.9	A
5	1800	230/460	184T	12.8/6.4	M242	89.5	88.5	684	GO-7U1	101	15.9	A
5	1800	460	184T	6.4	M9942	89.5	88.5	684	GO-7U1	101	15.9	A
5	1800	575	184T	5.1	M9718	89.5	88.5	684	GO-7U1	101	15.9	A
5	1200	230/460	215T	14.4/7.2	M9143	89.5	88.5	1,165	GO-7U1	220	20.1	A
5	1200	460	215T	7.2	M9112	89.5	88.5	1,165	GO-7U1	220	20.1	A
5	1200	575	215T	5.8	M9717	89.5	88.5	1,165	GO-7U1	220	20.1	A
5	900	230/460	254T	16.2/8.1	M9879	89.5	88.5	1,917	GO-7U1	315	25.6	A
5	900	460	254T	8.1	M9719	89.5	88.5	1,917	GO-7U1	315	25.6	A
5	900	575	254T	6.5	M9880	89.5	88.5	1,917	GO-7U1	315	25.6	A
7.5	3600	230/460	213T	17/8.5	M9144	91.0	90.2	930	GO-7U1	200	20.1	A
7.5	3600	460	213T	8.5	M990	91.0	90.2	930	GO-7U1	200	20.1	A
7.5	3600	575	213T	6.8	M9728	91.0	90.2	930	GO-7U1	200	20.1	A
7.5	1800	230/460	213T	18.4/9.2	M9145	91.7	91.0	924	GO-7U1	200	20.1	A
7.5	1800	460	213T	9.2	M9911	91.7	91.0	924	GO-7U1	200	20.1	A
7.5	1800	575	213T	7.4	M9730	91.7	91.0	924	GO-7U1	200	20.1	A
7.5	1200	230/460	254T	19.6/9.8	M9146	91.7	91.0	1,547	GO-7U1	315	25.6	A
7.5	1200	460	254T	9.8	M9113	91.7	91.0	1,547	GO-7U1	315	25.6	A
7.5	1200	575	254T	7.8	M9726	91.7	91.0	1,547	GO-7U1	315	25.6	A
7.5	900	230/460	256T	23.2/11.6	M9881	89.5	88.5	2,423	GO-7U1	350	25.6	A
7.5	900	460	256T	11.6	M9742	89.5	88.5	2,423	GO-7U1	350	25.6	A
7.5	900	575	256T	9.3	M9882	89.5	88.5	2,423	GO-7U1	350	25.6	A
10	3600	230/460	215T	22.2/11.1	M9147	91.7	91.0	1,090	GO-7U1	220	20.1	A
10	3600	460	215T	11.1	M991	91.7	91.0	1,090	GO-7U1	220	20.1	A
10	3600	575	215T	8.9	M9733	91.7	91.0	1,090	GO-7U1	220	20.1	A
10	1800	230/460	215T	24.4/12.2	M9148	91.7	91.0	1,031	GO-7U1	220	20.1	A
10	1800	460	215T	12.2	M9912	91.7	91.0	1,031	GO-7U1	220	20.1	A
10	1800	575	215T	9.8	M9738	91.7	91.0	1,031	GO-7U1	220	20.1	A
10	1200	230/460	256T	26.2/13.1	M9149	91.0	90.2	1,898	GO-7U1	350	25.6	A
10	1200	460	256T	13.1	M9114	91.0	90.2	1,898	GO-7U1	350	25.6	A
10	1200	575	256T	10.5	M9737	91.0	90.2	1,898	GO-7U1	350	25.6	A
10	900	230/460	284T	27.6/13.8	M9883	90.2	89.5	2,828	GO-7U1	460	28.58	A
10	900	460	284T	13.8	M9736	90.2	89.5	2,828	GO-7U1	460	28.58	A
10	900	575	284T	11.0	M9884	90.2	89.5	2,828	GO-7U1	460	28.58	A
15	3600	230/460	254T	35.2/17.6	M9150	91.7	91.0	1,496	GO-7U1	315	25.6	A
15	3600	460	254T	17.6	M992	91.7	91.0	1,496	GO-7U1	315	25.6	A
15	3600	575	254T	14.1	M9741	91.7	91.0	1,496	GO-7U1	315	25.6	A
15	1800	230/460	254T	36.6/18.3	M9151	92.4	91.7	1,418	GO-7U1	315	34.89	A
15	1800	460	254T	18.3	M9913	92.4	91.7	1,418	GO-7U1	315	34.89	A
15	1800	575	254T	14.6	M9745	92.4	91.7	1,418	GO-7U1	315	25.6	A
15	1200	230/460	284T	39.2/19.6	M9152	91.7	91.0	2,525	GO-7U1	460	28.58	A
15	1200	460	284T	19.6	M9115	91.7	91.0	2,525	GO-7U1	460	28.58	A
15	1200	575	284T	15.7	M9746	91.7	91.0	2,525	GO-7U1	460	28.58	A
15	900	230/460	286T	41/20.5	M9885	90.2	89.5	3,684	GO-7U1	510	28.58	A
15	900	460	286T	20.5	M9742	90.2	89.5	3,684	GO-7U1	510	28.58	A
15	900	575	286T	16.4	M9886	90.2	89.5	3,684	GO-7U1	510	28.58	A
20	3600	230/460	256T	45.2/22.6	M9153	92.4	91.7	1,801	GO-7U1	350	34.89	A
20	3600	460	256T	22.6	M993	92.4	91.7	1,801	GO-7U1	350	34.89	A
20	3600	575	256T	18.1	M9749	92.4	91.7	1,801	GO-7U1	350	34.89	A
20	1800	230/460	256T	26.8/23.4	M9154	93.0	92.4	1,694	GO-7U1	350	34.89	A
20	1800	460	256T	23.4	M9914	93.0	92.4	1,694	GO-7U1	350	25.6	A
20	1800	575	256T	18.7	M9751	93.0	92.4	1,694	GO-7U1	350	25.6	A
20	1200	230/460	286T	52/26	M9155	91.7	91.0	3,083	GO-7U1	510	28.58	A
20	1200	460	286T	26.0	M9117	91.7	91.0	3,083	GO-7U1	510	28.58	A
20	1200	575	286T	20.8	M9755	91.7	91.0	3,083	GO-7U1	510	28.58	A
20	900	460	324T	30.0	M9748	91.0	90.2	4,504	GO-7U	710	32.04	
20	900	575	324T	24.0		91.0	90.2	4,504	GO-7U	710	32.04	

e-GEP-M1000 (3/20/02) **A = Available fall 2002** Data subject to change without notice.

< HOME

Hp	RPM	Volts	Frame	NP Full load amps	Cat. No.	Nom. Eff.	G'teed Min. Eff.	List Price	Price Symbol	Wt.	C Dim.	Notes
25	3600	230/460	284TS	55.6/27.8	M9156	93.0	92.4	2,256	GO-7U1	460	27.2	A
25	3600	460	284TS	27.8	M994	93.0	92.4	2,256	GO-7U1	460	27.2	A
25	3600	575	284TS	22.2	M9838	93.0	92.4	2,256	GO-7U1	460	27.2	A
25	1800	230/460	284T	60.2/30.1	M9157	93.6	93.0	2,162	GO-7U1	460	28.58	A
25	1800	460	284T	30.1	M9935	93.6	93.0	2,162	GO-7U1	460	28.58	A
25	1800	575	284T	24.1	M9759	93.6	93.0	2,162	GO-7U1	460	28.58	A
25	1200	230/460	324T	64.2/32.1	M9158	93.0	92.4	3,668	GO-7U	781	32.04	
25	1200	460	324T	32.1	M9119	93.0	92.4	3,668	GO-7U	781	32.04	
25	1200	575	324T	25.7	M9758	93.0	92.4	3,668	GO-7U	781	32.04	
25	900	460	326T	37.3	M9761	91.0	90.2	5,613	GO-7U	800	32.04	
25	900	575	326T	29.8		91.0	90.2	5,613	GO-7U	800	32.04	
30	3600	230/460	286TS	66.8/33.4	M9159	93.0	92.4	2,653	GO-7U1	510	27.2	A
30	3600	460	286TS	33.4	M995	93.0	92.4	2,653	GO-7U1	510	27.2	A
30	3600	575	286TS	26.7	M9828	93.0	92.4	2,653	GO-7U1	510	27.2	A
30	1800	230/460	286T	71.8/35.9	M9160	93.6	93.0	2,525	GO-7U1	510	28.58	A
30	1800	460	286T	35.9	M9937	93.6	93.0	2,525	GO-7U1	510	28.58	A
30	1800	575	286T	28.7	M9764	93.6	93.0	2,525	GO-7U1	510	28.58	A
30	1200	230/460	326T	76.4/38.2	M9161	93.0	92.4	4,184	GO-7U	800	32.04	
30	1200	460	326T	38.2	M9122	93.0	92.4	4,184	GO-7U	800	32.04	
30	1200	575	326T	30.6	M9834	93.0	92.4	4,184	GO-7U	800	32.04	
30	900	460	364T	43.1	M9767	92.4	91.7	6,564	GO-7U	1122	34.89	
30	900	575	364T	34.5		92.4	91.7	6,564	GO-7U	1122	34.89	
40	3600	460	324T	47.4	M9820	94.1	93.6	3,301	GO-7U	715	32.04	
40	3600	230/460	324TS	94.8/47.4	M9162	94.1	93.6	3,301	GO-7U	715	30.48	
40	3600	460	324TS	47.4	M996	94.1	93.6	3,301	GO-7U	715	30.48	
40	3600	575	324TS	37.9	M9829	94.1	93.6	3,301	GO-7U	715	30.48	
40	1800	230/460	324T	101.6/50.8	M9163	94.5	94.1	3,272	GO-7U	803	32.04	
40	1800	460	324T	50.8	M9915	94.5	94.1	3,272	GO-7U	803	32.04	
40	1800	575	324T	40.6	M9768	94.5	94.1	3,272	GO-7U	803	32.04	
40	1800	460	324TS	50.8	M9916	94.5	94.1	3,272	GO-7U	803	30.48	
40	1200	460	364T	50.4	M9124	94.1	93.6	5,771	GO-7U	1177	34.89	
40	1200	575	364T	40.3	M9835	94.1	93.6	5,771	GO-7U	1177	34.89	
40	900	460	365T	57.1	M9770	93.0	92.4	8,096	GO-7U	1155	34.89	
40	900	575	365T	45.7	M9534	93.0	92.4	8,096	GO-7U	1155	34.89	
50	3600	460	326T	59.7	M9823	94.5	94.1	4,223	GO-7U	748	32.04	
50	3600	230/460	326TS	119.4/59.7	M9164	94.5	94.1	4,223	GO-7U	748	30.48	
50	3600	460	326TS	59.7	M997	94.5	94.1	4,223	GO-7U	748	30.48	
50	3600	575	326TS	47.8	M9839	94.5	94.1	4,223	GO-7U	748	30.48	
50	1800	230/460	326T	125.4/62.7	M9165	94.5	94.1	3,836	GO-7U	814	32.04	
50	1800	460	326T	62.7	M9917	94.5	94.1	3,836	GO-7U	814	32.04	
50	1800	575	326T	50.2	M9765	94.5	94.1	3,836	GO-7U	814	32.04	
50	1800	460	326TS	62.7	M9918	94.5	94.1	3,836	GO-7U	814	30.48	
50	1200	460	365T	63.0	M9126	94.1	93.6	6,700	GO-7U	1155	34.89	
50	1200	575	365T	50.4	M9775	94.1	93.6	6,700	GO-7U	1155	34.89	
50	900	460	404T	68.0	M9773	93.0	92.4	9,769	GO-7U	1580	39.77	
50	900	575	404T	54.4	M9535	93.0	92.4	9,769	GO-7U	1580	39.77	
60	3600	460	364TS	71.7	M998	95.0	94.5	5,877	GO-7U	1100	32.76	
60	3600	575	364TS	57.4	M9847	95.0	94.5	5,877	GO-7U	1100	32.76	
60	1800	460	364T	70.4	M9919	95.0	95.4	5,755	GO-7U	1160	34.89	
60	1800	575	364T	56.3	M9776	95.0	95.4	5,755	GO-7U	1160	34.89	
60	1800	460	364TS	70.4	M9921	95.0	95.4	5,755	GO-7U	1160	32.76	
60	1200	460	404T	73.4	M9128	95.0	94.5	7,794	GO-7U	1600	39.77	
60	1200	575	404T	58.7	M9837	95.0	94.5	7,794	GO-7U	1600	39.77	
60	900	460	405T	80.5	M9778	93.0	92.4	12,000	GO-7U	1600	39.77	
60	900	575	405T	64.4	M9536	93.0	92.4	12,000	GO-7U	1600	39.77	

e-GEP-M1000 (3/20/02) **A = Available fall 2002** Data subject to change without notice.

< HOME