



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA

ANÁLISIS METODOLÓGICO DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA
Y SU IMPACTO EN EL AHORRO Y USO
EFICIENTE DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL:
CASO PARTICULAR

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

ENERGÍA – SISTEMAS ENERGÉTICOS

PRESENTA:

I. Q. Eric Javier Siqueiros Valencia



Tutor: Dr. Isaac Pilatowsky Figueroa

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

Presidente:	Dr. Jorge Marcial Islas Samperio
Secretario:	Dr. Isaac Pilatowsky Figueroa
Vocal:	Dr. Ruben José Dorantes Rodríguez
1er Suplente:	Dr. Juan José Ambriz García
2do Suplente:	Dr. Fabio Manzini Poli

Lugar donde se realizó La tesis:

CENTRO DE INVESTIGACION EN ENERGIA-UNAM

TUTOR DE TESIS

Dr. Isaac Pilatowsky Figueroa

Firma

ANÁLISIS METODOLÓGICO DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA
Y SU IMPACTO EN EL AHORRO Y USO
EFICIENTE DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL:
CASO PARTICULAR

Eric J. Siqueiros Valencia

PRESENTACIÓN

En este trabajo se presenta un estudio de las metodologías que existen para la gestión energética en el ramo industrial, centrándose en un caso particular, en una empresa ubicada en Morelos de giro alimenticio. En el trabajo se hace una investigación en el marco nacional e internacional sobre la gestión energética en las industrias, así como los requerimientos para llevar a cabo un correcto manejo de la energía de un ramo que participa significativamente en el consumo mundial y nacional.

Una vez que se identificaron las metodologías se realizó un estudio más enfocado en el caso particular, primero entendiendo cómo es la operación de la empresa, qué tipo de productos fabrica, qué tipos de equipos y/o procesos se llevan a cabo, con qué tecnología cuenta y cuál es su nivel de involucramiento en el manejo de sus recursos energéticos, encontrando que, a pesar de que tanto la alta dirección como la gerencia muestra un interés por hacer un buen uso de sus recursos, no se cuenta con el conocimiento suficiente para llevar a cabo un programa integral de uso eficiente de energía.

Se encontró que uno de los principales problemas para llevar a cabo un programa de este tipo es la falta de instrumentación de la planta en la actualidad, sin embargo, se buscaron datos históricos de consumos de combustibles, gas L.P., por ejemplo y de los consumos eléctricos. También se tuvo acceso a los reportes de producción de cada una de las áreas y se estableció contacto con los Supervisores y Operadores respecto a las medidas de control que actualmente se utilizan.

Con los datos que se pudieron obtener se llevó a cabo un análisis de las relaciones que tienen los consumos energéticos con la producción, para de esta manera, encontrar las mejores condiciones de operación de los equipos, también se sugirió incrementar el nivel de instrumentación para poder tener un mejor control de los consumos y detectar fácilmente un desvío en éstos.

Durante el trabajo se contó con la colaboración de todo el personal de la empresa, facilitando los datos que tenían disponibles y permitiendo llevar a cabo una buena parte del trabajo en sus instalaciones.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Introducción
- 1.3 Justificación
- 1.4 Objetivo General
- 1.5 Objetivos Particulares
- 1.6 Estructura del trabajo
- 1.7 Marco Internacional y nacional sobre el consumo energético en la industria
- 1.8 Estrategias para el ahorro y uso eficiente de la energía en la industria.
- 1.9 Equipos eficientes, co y trigeneración

CAPITULO II GESTION ENERGÉTICA

- 2.1 Gestión de la energía en la industria
- 2.2 Metodologías para el diagnóstico energético
- 2.3 Requerimientos para la gestión energética (instrumentación, medición, involucramiento)

CAPITULO III CASO PARTICULAR DE ESTUDIO

- 3.1 Descripción de la empresa
 - 3.1.1 Antecedentes de la empresa
 - 3.1.2 Estructura
 - 3.1.3 Descripción general del proceso
- 3.2 Descripción de las áreas
 - 3.2.1 Líquidos
 - 3.2.2 Básicos
 - 3.2.3 Secados
 - 3.2.4 Mezclas

3.2.5 Emulsiones

3.3 Servicios energéticos

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN Y EL CONSUMO ENERGÉTICO

4.1 Características de la Producción

4.2 Consumo de energéticos

4.3 Aplicación de la metodología de gestión

4.4 Propuesta de metodología de gestión energética

4.5 Aplicación de la metodología de gestión

CONCLUSIONES

5.1 Resultados obtenidos

BIBLIOGRAFÍA

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Consumo mundial de energía por sector.

Tabla 1.2 Consumo nacional de energía por sector.

Tabla 2.1 Equipos comerciales para la medición de parámetros operacionales en la industria para el análisis energético.

Tabla 3.1 Equipos de destilación del área de básicos

Tabla 3.2 Equipos para extracciones en básicos

Tabla 3.3 Capacidad de los secadores por aspersión.

Tabla 3.4 Capacidad de las mezcladoras de polvos

Tabla 3.5 Capacidad equipos de emulsiones

Tabla 3.6 Características de las calderas de vapor

Tabla 4.1 Costos de gasLP y electricidad en el año 2010

Tabla 4.2 consumo en los diferentes períodos de acuerdo a tarifa HM.

Tabla 4.3 Consumo de gas anual

INDICE DE FIGURAS

- Figura 2.1 Diagrama de los elementos a analizar en una metodología
- Figura 2.2 Diagrama de bloques para una auditoría energética
- Figura 2.3 Etapas del análisis global energético
- Figura 3.1 Diagrama de los departamentos de producción de la planta.
- Figura 3.2 Plano planta de producción.
- Figura 3.3 Diagrama de flujo para recepción de materia prima
- Figura 3.4. Diagrama de flujo para la fabricación de sabores líquidos.
- Figura 3.5 Diagrama de flujo para la fabricación de concentrados y destilados.
- Figura 3.6. Diagrama de flujo de extracciones
- Figura 3.7 Diagrama de flujo de secados
- Figura 3.8 Diagrama de flujo de mezclas
- Figura 3.9 Diagrama de flujo de Emulsiones
- Figura 4.1 Evolución anual de la producción.
- Figura 4.2 Figura de la distribución en % de ton de los productos en la planta.
- Figura 4.3 Distribución de producción en 2008 y 2009
- Figura 4.4 Producción anual de líquidos
- Figura 4.5 Producción anual de emulsiones
- Figura 4.6 Producción anual de secados
- Figura 4.7 Producción anual de básicos
- Figura 4.8 Producción anual de mezclas.
- Figura 4.9 Producción mensual promedio 2006-2010
- Figura 4.10 Producción mensual promedio 2006-2010 de líquidos y emulsiones
- Figura 4.11 Producción mensual promedio 2006-2010 de básicos y secados.
- Figura 4.12 Producción mensual promedio 2006-2010 de Mezclas.
- Figura 4.13 Distribución del costo del consumo de gas LP y electricidad global.
- Figura 4.14 Distribución de tanques para utilización de gas LP
- Figura 4.15 Consumo gas LP anual de 2006 a 2010.
- Figura 4.16 Consumo mensual promedio de gas LP de 2006 a 2010
- Figura 4.17 Usos de combustibles líquidos en la empresa.
- Figura 4.18 Distribución por usos del consumo de gas en 2008.
- Figura 4.19 Distribución por usos del consumo de gas en 2009.
- Figura 4.20 Consumo mensual promedio de las calderas de 2006 a 2010
- Figura 4.21 Consumo mensual promedio de los secadores de 2006 a 2010

Figura 4.22 Consumo mensual promedio del oxidador térmico de 2006 a 2008

Figura 4.23 consumo de electricidad anual del 200 a 2010

Figura 4.24 Consumo de electricidad y producción de 2006 a 2010

Figura 4.25 Consumo mensual promedio de electricidad 2006 a 2008

Figura 4.26 Principales usos de la energía eléctrica en la empresa

Figura 4.27 figura de producción vs consumo de gas en secados.

Figura 4.28 consumo de gas LP en los secadores vs producción del área en 2006.

Figura 4.29 consumo de gas LP en los secadores vs producción del área en 2007.

Figura 4.30 Consumo de gas LP en los secadores vs producción del área en 2008.

Figura 4.31 Consumo de gas LP en los secadores vs producción del área en 2009.

Figura 4.32 Líneas de regresión de secados para los años 2006, 2007, 2008 y 2009.

Figura 4.33 Gráfica de Índice de consumo vs producción para el área de secados.

Figura 4.34 Gráfica de Índice de consumo de secados por año.

Figura 4.35 Gráfica Cusum para los años 2008 y 2009 en secados.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La crisis petrolera en la década de mil novecientos setenta tuvo un gran impacto en el sector energético mundial, ya que en este lapso los precios del petróleo se elevaron bruscamente, esto provocó cambios importantes en cuanto al uso de energía y de la demanda: los países industrializados implantaron una política de ahorro y de diversificación de fuentes de suministro, con lo que se logró incrementar el nivel de eficiencia energética [13].

Debido a que las acciones en principio mayoritariamente en países desarrollados, con el tiempo se tradujo en una menor competitividad por parte de los países en vías de desarrollo, ya que cuentan con una menor eficiencia energética.

En la literatura se encuentran trabajos enfocados hacia el uso eficiente de energía en diferentes sectores industriales. Zafer Ultu (2008) realiza un estudio sobre el uso de la energía en la industria de Turquía en 2008, mientras Muller (2007) propone dos métodos para evaluar el uso de la energía en una planta de alimentos en Suiza, encontrando oportunidades importantes para el ahorro energético. Monteagudo (2005) presenta una metodología para el estudio de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía, que consiste en la aplicación de herramientas técnico-organizativas, para la gestión energética en las industrias. Christoffersen et al (2006) realizaron un análisis empírico sobre el uso de la energía en la industria manufacturera de Dinamarca encontrando que menos del 14 % del total de los casos estudiados (304) hacían una gestión en cuanto al uso de la energía. Rosen (2007) presenta un estudio donde se explora la colaboración de los análisis de exergía como un indicador del uso de energía, bajo esta línea existen diversos trabajos en donde se incluyen estudios termoeconómicos. Valero et al (2004) presentan un trabajo en donde mediante el método TADEUS (Thermoeconomic approach to the diagnosis of malfunction in energy utilization system) se analiza un planta de generación de ciclo combinado.

En México se han estructurado programas para mejorar la eficiencia energética, pero no ha sido fácil ya que al ser un país productor de hidrocarburos se han venido usando los recursos energéticos de una forma poco eficiente. En 1984 se creó el Programa Nacional de Energéticos (PRONE), el cual tenía entre otros objetivos:

- Garantizar la autosuficiencia energética presente y futura del país.
- Ahorrar energía y promover su uso eficiente.
- Alcanzar un balance energético más racional.

Para 1989 se creó la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), ésta tiene como fin promover el uso eficiente en el país en sus diversos campos. También se ha creado el Fideicomiso para el ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) el cual cuenta con programas de apoyo para promover el ahorro de energía eléctrica.

En Noviembre de 2008 queda constituida la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), tomando el lugar de la CONAE, el cual es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, y al igual que la CONAE tiene por objeto promover la eficiencia energética y el aprovechamiento sustentable de la energía.

1.2 Introducción

El uso de la energía es en gran medida un factor condicionante para el desarrollo económico de un país.

El uso de la energía en el sector industrial representa una tercera parte del consumo total a nivel mundial [8], éste ha mostrado un incremento del 61% desde 1970 al 2004, debido a esto y al ritmo de crecimiento que se ha observado en la demanda de este sector, se vuelve muy importante el evaluar y diagnosticar el uso eficiente de la energía en este sector.

En México el sector industrial representa el 28% del consumo final de la energía de acuerdo con los datos de la Secretaría de Energía, SENER en el Balance de Energía 2009. En este caso se consideran a las industrias con un mayor consumo, como la metalúrgica, petroquímica, cementera, etc. El análisis de los diferentes métodos para llevar cabo un uso eficiente de los recursos energéticos puede ayudar en buena medida a las industrias a ser más competitivas así como también disminuir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

Existen sectores industriales con diferentes requerimientos energéticos de acuerdo con los volúmenes y tipo de proceso que desarrollan.

En los últimos años, a partir de 1980 se han desarrollado métodos para la evaluación del uso eficiente de la energía con el fin de encontrar ahorros y disminuir el impacto ambiental que se tiene por los procesos industriales. Estos métodos/diagnósticos (J. J. Ambriz, 1992) se pueden establecer en tres niveles A, B y C, los cuales dependen de los resultados que se pretendan lograr, ya que en algunos casos únicamente se requerirá un mejor manejo del uso de los energéticos y concientizar al personal de ello, mientras que en un nivel más avanzado se necesitan cambios hacia tecnologías más eficientes, incluso impactaría la infraestructura de la empresa.

Las energías renovables han incrementado su presencia en la aportación energética en cuanto a generación eléctrica y/o calor doméstico, pero no se ha tenido una contribución significativa para el sector industrial, en donde en muchos casos pueden ser una excelente opción para minimizar costos de operación e impacto ambiental debido al uso de combustibles fósiles.

Algunos sectores industriales no requieren un gran consumo de energéticos para sus procesos. En el caso de algunas empresas de aditivos para alimentos o saborizantes, los procesos se llevan a cabo sin la necesidad de altas temperaturas y presiones, siendo el uso final de mayor consumo de combustibles el calentamiento de agua a 70 °C para limpieza de equipos y utensilios.

La eficiencia energética es un aspecto importante a considerar para la competitividad de cualquier tipo de empresa, incluyendo en este concepto de eficacia los diferentes aspectos energéticos: consumo eléctrico, de combustibles fósiles y otras fuentes de energía alternativas. Previamente, es necesario conocer la situación de la empresa, requiriéndose mediciones de los diferentes flujos energéticos, a través de la aplicación de metodologías de diagnóstico y poder controlar y proponer medidas tendientes al ahorro energético y a la disminución del impacto ambiental.

Se han identificado indicadores para evaluar el desempeño energético a nivel industrial a continuación se presentan algunos de ellos [21]:

Indices de consumo:

- Energía consumida / Producción realizada
- Energía consumida / Servicios prestados
- Energía consumida / Area construida

Indices de Eficiencia:

- Energía teórica / Energía real
- Energía producida / Energía consumida

Indices Económico-Energéticos:

- Gastos Energéticos /Gastos Totales
- Gastos energéticos/Ingresos (ventas)
- Energía total consumida/Valor de la producción total realizada (Intensidad Energética)

1.3 Justificación

En el presente trabajo se propone analizar metodologías para la gestión energética y explorar su aplicación a una empresa del sector alimenticio..

Con ello se pretende identificar los puntos de mayor consumo de energéticos así como oportunidades de ahorro. Es importante mencionar que debido al tipo de industria que se va analizar, la mayoría de los procesos son de un bajo requerimiento de calidad de energía térmica (temperaturas promedio de 70 °C), . No obstante, sí existen procesos de alto consumo como los secados por aspersión y la generación de vapor a 8 kg/cm² en calderas para el calentamiento de agua para limpieza, lo cual impacta los costos de producción. Además del consumo de energía eléctrica tanto para procesos productivos, como para administrativos.

Este tema es de particular importancia ya que existe un potencial de ahorro en diversos sectores industriales, en especial en el sector de la alimentación, razón por la cual es necesario el explorar metodologías para materializar estos potenciales de ahorro y uso eficiente.

El explorar las metodologías y aplicarlas debería de permitir: a) optimizar el consumo energético, reduciendo por ello sus costos, b) aumentar el tiempo de vida media del equipamiento industrial, asegurando su funcionamiento en las condiciones más adecuadas y c) mejorar el aspecto competitivo al reducir los costos de producción, entre otros beneficios, d) contribuir a la conservación del medio ambiente, ya que al reducir el consumo energético, se disminuyen las emisiones de CO₂, establecidos con su relación con el cambio climático, contribuyendo la empresa al bienestar social y ambiental.

1.4 Objetivo General

El objetivo del presente estudio es el analizar las diferentes metodologías para la determinación de la gestión energética en procesos industriales, y explorar su aplicación, para proponer medidas conducentes a un uso racional de la energía y a una disminución en las emisiones de contaminantes y proponer medidas de ahorro energético con viabilidad y rentabilidad económica en una empresa del sector de la alimentación.

1.5 Objetivos específicos

1. Análisis bibliográfico relacionado con: a) el panorama mundial y nacional del consumo energético en el sector industrial, en especial en el sector de la alimentación
2. Análisis de las diferentes metodologías de diagnóstico energético en el sector industrial.
3. Explorar la aplicación de metodologías para la gestión del ahorro y uso eficiente de la energía en el sector de la alimentación.

1.6 Estructura del trabajo

El trabajo presenta un análisis de las diferentes alternativas para los diagnósticos y la gestión energética, en el sector industrial y la exploración de su aplicación a una empresa del sector de alimentación; enfocándose particularmente en el área de consumo de gas LP, de la empresa en donde se laboró.

Se tomarán los datos históricos de consumo energético para realizar el diagnóstico de dicha empresa.

Marco Internacional y nacional sobre el consumo energético en la industria

A nivel internacional, el incremento de la eficiencia energética es un tema en común entre muchos países y sus gobiernos. Buscando beneficios económicos, una menor dependencia de los combustibles fósiles e incremento de la competitividad así como disminuir el impacto al medio ambiente.

El consumo energético industrial ha crecido considerablemente las últimas décadas, el sector químico y petroquímico han duplicado su demanda desde 1971 a 2004, siendo los sectores que más consumo tienen.[18]

El incremento en la demanda energética industrial se ha dado más en los países con economías emergentes, por ejemplo China representa el 80% del total del crecimiento en los últimos veinticinco años. También la eficiencia energética ha mejorado significativamente debido a la aparición y aplicación de nuevas tecnologías y porque las instalaciones nuevas son diseñadas de mejor manera, aunque éste incremento de eficiencia no se ha dado en las economías emergentes al mismo ritmo.[8]

Los dos países que presentan una mejor eficiencia energética industrial son, Japón y Corea, aunque esto tiene que ver con los recursos naturales disponibles, la situación de cada país, precios de la energía y políticas energéticas y ambientales. [19]

Desde 1990 hasta 2005 el consumo energético global incremento 23% mientras que las emisiones de CO₂ se elevaron 25%. [8]

Como se mencionó anteriormente, el sector industrial representa una tercera parte del consumo total de la energía en el mundo, [19]; la situación en México es similar con una participación en el consumo de 28%.

El consumo mundial de energía por sector en el 2008 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1.1 Consumo mundial de energía por sector.

Sector	Porcentaje
Transporte	26%
Industria	33%
Residencial, comercial y público	29%
Servicios	9%
otros	3%

Fuente: Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency *Key Insights from IEA Indicator Analysis 2008*.

En el consumo nacional por sector, tomado del Balance Nacional de Energía 2009, se tienen los siguientes valores.

Tabla 1.2 Consumo nacional de energía por sector.

Sector	Porcentaje
Transporte	49%
Industria	28%
Residencial, comercial y público	20%
Agropecuario	3%

Fuente: Balance Nacional de Energía 2009

1.7 Estrategias para el ahorro y uso eficiente de la energía en la industria en México.

Como se menciona anteriormente en México existen diversas instituciones creadas con el fin de promover e impulsar el ahorro y uso eficiente de la energía, para ello se han estructurado programas para mejorar la eficiencia energética por ejemplo:

- De normalización
- Asistencia Técnica
- Promoción y difusión
- Diseño y desarrollo de programas

Desarrollados por la CONAE.

El Fide también ofrece diversos servicios para el apoyo al ahorro y uso eficiente de energía, entre otros están:

- Diagnósticos energéticos
- Incentivos para promover el uso de equipos de alta eficiencia eléctrica.
- Financiamiento para la sustitución de equipos y proyectos.
- Reconocimiento a equipos con sello Fide.

Otros programas importantes que se han creado son: el Programa de Ahorro de Energía Eléctrica (PAESE), el Programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI-FIPATERM) y el Programa Institucional de Uso Eficiente y Ahorro de Energía de Pemex.[19]

En 2007 se crearon cinco programas más, los cuales estaban enfocados al ahorro de electricidad y disminución de consumo de combustibles, entre ellos el Programa en instalaciones industriales, comerciales y de servicios, apoyado con las iniciativas del Fide y la CONAE, para ese año se estima que se lograron ahorros de 1,012 GWh/año y se evitaron 0.82 MtCO₂ en el consumo de energía eléctrica. En cuanto a la energía térmica se estima que fueron 4.14 Mbep's/año, logrando evitar 1.36 MtCO₂/año.

1.8 Equipos eficientes, co y trigeneración

Una alternativa para la conservación energética en la industria es la cogeneración, la cual se define como la producción secuencial de energía eléctrica y/o mecánica y de energía térmica aprovechable en los procesos industriales a partir de una misma fuente de energía primaria.

El Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía señala que en 2009, el potencial de cogeneración de energía eléctrica representó el 6.5% de la capacidad eléctrica instalada, y que el potencial de cogeneración se encuentra concentrado principalmente en cinco sectores, entre los que destacan la industria petroquímica y la de alimentos. Los potenciales de cogeneración en los 5 ramos son: petroquímica (2,036 MW), alimentos (1,675 MW), papel y de la celulosa (1,506 MW), PEMEX (1,121 MW) y azucarera (991 MW).

Los sistemas de cogeneración pueden clasificarse de acuerdo con el orden de producción de electricidad y energía térmica en:

- Sistemas superiores
- Sistemas inferiores

Los sistemas superiores de cogeneración más frecuentes, son aquellos en los que una fuente de energía primaria (como el gas natural, diesel, carbón u otro combustible similar) se utiliza directamente para la generación de energía eléctrica en el primer proceso, y a partir de la energía química del combustible se produce un fluido caliente que se destina para generar la energía mecánica y la energía térmica resultante, el denominado calor residual como vapor o gases calientes, es suministrada a los procesos industriales ya sea para secado, cocimiento o calentamiento, que constituyen el segundo escalón del proceso. Este tipo de sistemas se utiliza principalmente en la industria textil, petrolera, celulosa y papel, cervecera, alimenticia y azucarera, entre otras, donde sus requerimientos de calor son moderados o bajos con temperaturas de 250 °C a 600 °C.

Mientras que en los sistemas inferiores, la energía primaria se utiliza directamente para satisfacer los requerimientos térmicos del primer proceso del escalón y la energía térmica residual o de desecho, se usa para la generación de energía eléctrica. Los ciclos inferiores están asociados con

procesos industriales en los que se presentan altas temperaturas como el cemento, la siderúrgica, vidriera y química. En dichos procesos se obtienen calores residuales con temperaturas del orden de 900 ° C que pueden ser utilizados para la producción de vapor y electricidad.

CAPITULO II

2. GESTION ENERGÉTICA

2.1 Gestión de la energía en la industria

La gestión energética puede concebirse como un esfuerzo organizado y estructurado para conseguir la máxima eficiencia, en el suministro, conversión y utilización de los recursos energéticos.

La energía, en cualquiera de sus formas, constituye un eslabón estratégico para la consolidación del desarrollo económico de un país, así como para lograr un mejor nivel de vida en su población. De la misma manera, el uso de la energía eléctrica y/o térmica normalmente representa uno de los costos con mayor incidencia en los procesos productivos industriales. Es por ello que los empresarios deben de tomar en cuenta y optimizarla para evitar desperdicios en su uso y proponer llevar a cabo una mejor y gestión y administración de los recursos, estas acciones implican cambios en la forma de pensar y actuar de aquellas personas que están directamente relacionadas con el manejo de los procesos consumidores de energía así como los propios consumidores finales.

Es frecuente encontrar que en las empresas no se mide el consumo de energía relacionado con el producto y se carece de indicadores que permitan valorar el costo por unidad de producción o servicio[8]; adicionalmente, no se controla el tipo de potencia de una máquina y su tiempo de operación, en relación con el valor del consumo energético. Lo mismo sucede con el uso de la energía térmica, no se determina el consumo de combustible, sus características, eficiencia, cantidad requerida y los impactos que genera.

Para lograr una adecuada gestión de la energía existen diversos caminos, uno que parece fácil pero requiere de una inversión importante es la implementación de tecnologías de bajo consumo, otro que requiere de un menor e incluso nula inversión es el cambio de hábitos en el uso final de la energía con la tecnología

existente, esto implica transformaciones en la forma de pensar y actuar de las personas que manejan los procesos y consumen energía.

Es normal pensar que para un empresario la segunda opción parecerá más atractiva y se deberán agotar todos esos potenciales de reducción de costos energéticos antes de hacer una inversión significativa. Es muy importante tener en cuenta que para lograr avances en la materia se debe consolidar un sistema que garantice el óptimo aprovechamiento y evaluación real de la recuperación del dinero invertido.

Es un hecho que muchos de los problemas asociados con la energía en las empresas no sólo obedecen a cuestiones técnicas, sino también se deben al desconocimiento y a la estructura deseada para coordinar los esfuerzos y obtener un sistema sostenible de su uso eficiente. En general una pequeña o mediana empresa que no maneja y controla sus consumos energéticos, no conoce a fondo la relación entre energía consumida y producción. [16]

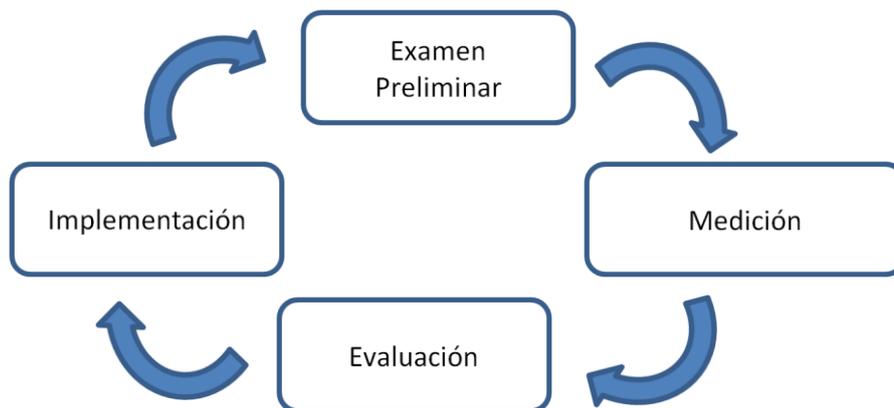


Figura 2.1 Diagrama de los elementos a analizar en una metodología

Fuente: Gestión energética Herramientas para el control de variables por proceso 2001.

2.2 Metodologías para el diagnóstico energético

La energía como insumo estratégico en el desarrollo económico de una empresa es de gran importancia. La creciente demanda de energía implica un cuidadoso diagnóstico a efecto de optimizar su uso y poder contar con una oferta adecuada a mediano y largo plazo, evitando presiones innecesarias que impidan o frenen el desarrollo equilibrado.

Un diagnóstico energético es un estudio que permite determinar dónde y cómo se utiliza la energía, aunque no es la solución directa al control en el uso de la energía, si es una herramienta muy útil para lograr un mejor control, ya que a través de él se identifican los puntos del proceso donde se está dando un mal uso y aquellos en donde existen oportunidades de ahorro [13].

La importancia de los diagnósticos radica en que son la base de información para lograr el establecimiento de políticas energéticas adecuadas.

Estos pueden ser muy diversos y variar de acuerdo con la aplicación que se les dé; se han determinado tres niveles para distinguirlos, éstos nos indican la profundidad que van a tener. [6]

Los diagnósticos nivel A son los más generales, también son los que menos inversión requieren por parte del usuario ya que básicamente se orientan a la administración de la energía y en la concientización del personal para el buen uso de los recursos energéticos. Para este nivel se requiere información como consumos y tipos de combustibles, con ello se puede tener una idea cualitativa de los puntos de ahorro que se pueden tener y en la mayoría de los casos únicamente se requiere de cambios en la forma de operación y mantenimiento a los equipos.

Los de nivel B proporcionan información sobre el consumo por áreas o procesos específicos de operación, identificando los subsistemas de mayor desperdicio energético. Con este nivel se pueden determinar metas específicas por departamento, al ser más específico y cuantitativo también es más costoso que el de nivel A.

El último nivel es el C y éste tiene como fin proporcionar información precisa y comprensible, de todos los procesos, entradas y salidas de energía, así como las pérdidas en cada uno de los equipos. Para este nivel es necesario contar con una instrumentación fina para la adquisición de datos, es por ello que es el más costoso de los tres pero también el que permite analizar y detallar todas las pérdidas de energía.

Previo a realizar y llevar a cabo alguna metodología de este tipo es importante hacer que el personal tome parte del proyecto, es decir, que los directivos de la industria se involucren de tal manera que se pueda concientizar todo el personal laboral, para dar uso adecuado al agua, los combustibles y a la electricidad. Se sugiere la integración

de un equipo multidisciplinario liderado por los departamentos de seguridad y medio ambiente, producción-mantenimiento ó incluso la dirección general, que oriente la promoción e identificación de las oportunidades para lograr y hacer un mejor uso de los energéticos en la industria en cuestión.

De manera general podemos describir una metodología apoyándonos en un diagrama de flujo de la siguiente manera.

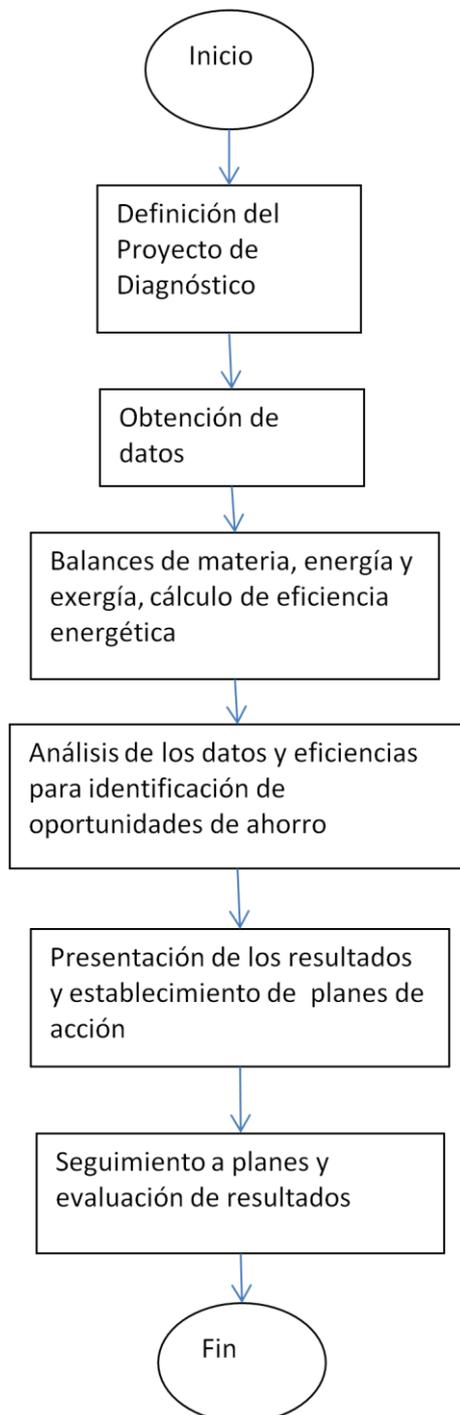


Figura 2.2 Diagrama de bloques para una auditoría energética

2.2.1 Análisis global energético

Para llevar a cabo este análisis además de conocer la operación es necesario tener acceso a datos históricos, tanto de producción, como de consumos energéticos

Una vez que se obtienen los datos, es necesario procesarlos y encontrar relaciones y puntos de mejora, esto es muy dependiente del tipo de operación y la automatización e instrumentación con la que se cuente, aunque es posible tener una idea de los comportamientos en cuanto a consumo si se trabajan los datos de una manera adecuada.



Figura 2.3 Etapas del análisis global energético

2.2.2 Método de análisis por regresión

Existen diferentes métodos para el análisis de los consumos energéticos para la determinación de potenciales de ahorro en el proceso. Un método muy utilizado para este fin es el análisis de regresión.

Este método ayuda a comparar los consumos de energía contra una variable, esta técnica permite tener una relación entre la energía consumida en cierto período y una variable, como la producción. También define el consumo energético en términos de carga base o tasa de consumo fijo y carga variable o consumo de energía que depende de la producción [16]. Lo que se obtiene es una recta y su ecuación de la cual:

$$y = m \cdot x + b \quad (1)$$

Donde:

y: Consumo de energía en el período seleccionado.

x : Producción asociada en el período seleccionado.

m:; Pendiente de la recta que significa la razón de cambio medio del consumo de energía respecto a la producción.

b: Intercepto de la línea en el eje y,

m.x: Es la energía utilizada en el proceso productivo.

El método arroja información importante que posteriormente puede ser utilizada para planear objetivos de operación y consumo de energía en los procesos estudiados. También es posible el cálculo del consumo promedio derivado de la ecuación que se obtiene, con ello se puede identificar los meses que estuvieron por debajo del promedio, y con esos datos trazar una nueva recta, la cual será el objetivo de consumo para el siguiente período.

Carga base

La carga base es la cantidad de energía que se consume cuando la variable analizada es cero, por ejemplo cuando no hay producción. Está representada por el parámetro b de la ecuación (x), que significa la energía no asociada a la producción. Si se logra cuantificar puede ser un buen indicador acerca de cómo se usa la energía en la operación respecto a correr equipos en vacío, luminarias, tener altas temperaturas en equipos que no es necesario etc.

Carga Variable

Por otra parte, la carga variable se define como la cantidad de energía que se necesita por unidad extra de la variable, es decir, cuál es el consumo por una tonelada extra de

producto, también representa la eficiencia del proceso y está definida por la pendiente de la ecuación de la regresión.

Con la información que se obtiene del análisis se puede determinar el porcentaje de energía no asociada (Ena) dividiendo la carga base entre el promedio de la producción con la ec.

$$Ena = (b/x_{prom}).100, \% \quad (2)$$

En donde:

X_{prom} es el promedio de la producción en el periodo analizado.

Diagrama índice de consumo – producción (IC vs. P)

El índice de consumo (IC), se puede definir como el cociente del gasto de un insumo y la producción derivada de éste [16].

El diagrama IC vs P se puede realizar después de obtener un análisis de regresión para una variable y con la ecuación de la regresión, $y = mx + b$ Se obtiene de la función $IC=f(x)$ a partir de:

$$y = mx + b \quad (1)$$

$$IC = y/x = m + b/x$$

$$IC = m + b/x \quad (3)$$

Cuando se gráfica IC vs. P la figura normalmente tiene forma de hipérbola equilátera, con una asíntota en el eje x, al valor de la pendiente m de la expresión $y = f(x)$. Esta figura muestra como el índice de consumo aumenta al disminuir el nivel de la producción realizada. Lo esperado es que en la medida que la producción se reduce debe disminuir el consumo total de energía, pero el gasto energético por unidad de producto aumenta. Esto se debe a que aumenta el peso relativo de la energía no asociada a la producción respecto a la energía productiva. Por el contrario, si hay un aumento en la producción, el gasto por unidad de producto disminuye, pero hasta el valor límite de la pendiente de la ecuación $y = f(x)$.

También se puede encontrar un punto donde comienza a elevarse significativamente el índice de consumo para bajas producciones. Este punto se puede denominar *punto*

crítico. Producciones por encima del punto crítico no cambian significativamente el índice de consumo, sin embargo, por debajo del punto crítico se puede apreciar un incremento mayor.

Esta figura puede ser útil para establecer sistemas de gestión energética, y estandarizar procesos productivos a niveles de eficiencia energética superiores.

Método de análisis CUSUM.

El método CUSUM analiza los cambios acumulados en el uso de la energía durante varios períodos de monitoreo, esta técnica permite identificar los cambios en las tendencias del uso de energía y los niveles de eficiencia. Si un sistema se mantiene en los mismos niveles de eficiencia, no se puede esperar que los niveles de consumo de energía durante los períodos de tiempo evaluados sean exactamente iguales al objetivo. En realidad siempre existirán variaciones, las cuales no se pueden eliminar[14].

La técnica CUSUM, se basa en el cálculo de la varianza acumulada entre el consumo actual de un energético dado y su consumo histórico, para un período acumulado desde una fecha predeterminada. Esta información se puede presentar en forma figura o en tablas, en las cuales, se ilustran las tendencias a largo plazo del comportamiento del consumo de energía.

$$\text{Varianza} = \text{Consumo estándar} - \text{Consumo Actual} \quad (4)$$

Gráficas de control

Las gráficas de control son una herramienta que se basa en los principios del control estadístico de procesos, que se conoce bien en muchas empresas de manufactura. Estas figuras se utilizan para registrar el rendimiento actual, relativo al consumo de energía, así como para resaltar los puntos en los que el rendimiento está fuera de los límites que se consideran apropiados para la operación normal de los procesos. Cualquier desviación que quede fuera de estos límites alerta a la empresa sobre la necesidad de realizar investigaciones y, en su caso, de emprender acciones correctivas.

Los gráficos de control comparan el uso energético actual con el esperado, que se toma a partir de los datos históricos, y el intervalo de control se basa en el consumo de energía durante un período de referencia reciente que se considera representativo del funcionamiento normal. En consecuencia, el intervalo de control debe recalcularse para un nuevo período de referencia cada vez que se produce un cambio significativo en este patrón de consumo de energía. Estos cambios en los patrones se indican mediante el gráfico CUSUM.

Modelos matemáticos para control por objetos

Existen modelos matemáticos que permiten también la aplicación de la tecnología, estos modelos se pueden aplicar a diferentes sistemas que consumen energía, a nivel industrial.

Modelo para secado

Para la operación de secado, la cual consiste en extraer la humedad de un producto, por medio del contacto directo con aire caliente se puede obtener mediante un balance energía y de masa, una relación entre el consumo de combustible y el flujo de aire que se calienta para un secado continuo.

$$C_{sec} = \frac{C_{pa}}{\eta_{calentador} * PCI} * Far(tar, e - Tp) \quad (5)$$

Donde:

C_{sec} : Flujo de combustible consumido (kg/h)

Tar, e : Temperatura de aire en la entrada al secador (°C).

Tp : temperatura promedio del producto (°C).

C_{pa} : Capacidad calorífica del aire (°C).

PCI : Poder calorífico inferior del combustible (GJ/ton)

$\eta_{calentador}$: Eficiencia del calentador.

Far : Flujo de aire (m/s)

Modelo para generación de vapor (en calderas)

Un sistema que es muy utilizado en muchas industrias es la generación de vapor; ésta normalmente se da en calderas, en donde se genera a partir del intercambio indirecto de la energía de los gases de la combustión aire-combustible y el agua.

La relación entre el consumo de combustible y la producción de vapor está dada por:

$$C_{cal} = \alpha V + C_{ocal} \quad (6)$$

Donde:

Ccal: Consumo de combustible, kg/h

V: Flujo de vapor producido, kg/h

Cocal: Consumo base en kg/h o consumo de combustible sin producción de vapor

α : coeficiente de proporcionalidad o rendimiento en este caso kg/kg

$$Cocal = \frac{C_{pL}}{PCI * \eta_c} * \frac{(T_{sat} + T_{ag})}{2t_c} * m_l \quad (7)$$

mL: Masa de líquido en la caldera o capacidad de almacenamiento de agua, kg.

CpL: Capacidad calorífica del agua, kJ/kg °C

PCI: Poder calorífico inferior, kJ/kg

Tsat: Temperatura del vapor saturado en condiciones requerida para el proceso, °C.

Tag: Temperatura del agua alimentada en la caldera, °C

η_c : eficiencia de la caldera

Tc: Tiempo de calentamiento (dato experimental), h

El coeficiente de proporcionalidad (α) se calcula con base en el balance de energía en estado estacionario.

$$\alpha = \frac{(h_v - h_L)}{\eta_c PCI} \quad (8)$$

h_v: Entalpía del vapor producido, kJ/kg

h_L: Entalpía del agua de alimentación, kJ/kg

2.3 Requerimientos para la gestión energética (instrumentación, medición, involucramiento)

Una metodología de gestión energética se puede ajustar de acuerdo con el tipo de organización y su tamaño, así como la estructura administrativa existente, de cualquier forma siempre se buscan los mismos objetivos; mejorar la eficiencia y control del uso de la energía.

Es fundamental contar con un liderazgo dentro de la empresa, ya sea a nivel dirección, gerencia o incluso el jefe de producción, también se debe de reunir a un equipo enfocado al proyecto y que trabaje en conjunto con los objetivos de la institución. El éxito de una implementación depende en gran parte del grado de compromiso que tenga este grupo y la dirección general con el proyecto [15]. Se pueden tomar cuatro pasos para llevar a cabo la implementación y son:

- 1) Cuantificar el costo por unidad de energía.
- 2) Elaborar un listado con las áreas o equipos de mayor consumo energético tengan.
- 3) Identificar áreas de oportunidad para ahorros en los diferentes procesos.
- 4) Calcular el valor de los ahorros energéticos.

Para la obtención de un diagnóstico energético es necesario llevar a cabo mediciones de parámetros operacionales en los diferentes procesos. Con un mínimo de información es posible estimar, no solo las condiciones reales de operación y compararlas con las de diseño, sino también poder estimar las cantidades de energía involucradas. Las variables del proceso a determinar son; el caso de procesos térmicos las temperaturas, los flujos, y presiones de los fluidos de intercambio térmico. También es necesario conocer los flujos eléctricos, para determinar las corrientes, voltajes, resistencias en cada uno de los diferentes dispositivos. Con los parámetros anteriores es posible el cálculo de las potencias energéticas involucradas y así poder hacer cálculos del potencial de ahorro que se podría generar con un correcto uso y manejo de los recursos energéticos. En la tabla 2.1 se enlistan algunos de los equipos más comunes que se utilizan para este tipo de mediciones.

Tabla 2.1 Equipos comerciales para la medición de parámetros operacionales en la industria para el análisis energético.

Equipo	Función	Variable	Rango	Precisión	Resolución
Analizador BACHARACHNSX300	Analizador de gases de combustión	temperatura	0-1093 °C		1°C
		O2	0.1-23.5%	0.6%	0.1%
		CO	0-3800 ppm	5%	1 ppm
		Nox	0-1999 ppm	5%	1 ppm
		SO2	0-1999 ppm	5%	1 ppm
		CO2	1-20%	Calculada	1%
		Eficiencia	1-99%	Calculada	1%
		Exceso aire	1-250%	Calculada	1%
Analizador ECA450	Analizador de gases de combustión	temperatura	0-1093 °C		1°C
		O2	0.1-23.5%	0.6%	0.1%
		CO	0-4000 ppm	5%	1 ppm
		Nox	0-80000 ppm	5%	1 ppm
		SO2	0-1999 ppm	5%	1 ppm
		CO2	1-20%	Calculada	1%
		Eficiencia	1-99%	Calculada	1%
		Exceso aire	1-250%	Calculada	1%
Analizador de gases de combustión TESTO 3251	Medición de concentración de CO	CO	0-40000	20 ppm CO	5% del V.M
TESTO 490	Anemómetro, Termómetro	Temperatura y Velocidad aire	Según sonda	Según sonda	Según sonda
TESTO 400	Multifunción de 2 canales.	Temperatura	(-)200-1370 °C	0.4 °C	0.1 °C
		Humedad	0-100% HR	Según sonda	0.1 % HR
		Presión	10-2000 hPa	0.01 hPa	0.01 hPa
		Velocidad	0-60 m/s	Según sonda	0.01 m/s
		CO	0-500 ppm	5 ppm	1 ppm
		CO2	0-1% Vol	50 ppm	0.01% Vol
		rpm	20-20000 rpm	1 dig.	1 rpm
		Voltaje	0-10 V	0.01 V	0.01 V
		Corriente	0-20 mA	0.04 mA	0.01 mA
TESTO 635	Medidor de humedad y temperatura	Humedad	0-100%	2%	
		Temperatura	(-) -20 - 70°C	0.4%	
		Temp. Superficial	(-)60 - 400°C		
Testotor 171-4	data logger 4 canales	Temperatura	Según sonda	Según sonda	Según sonda
Testotor 171-6	data logger 4 canales	Temperatura	Según sonda	Según sonda	Según sonda
		Humedad	0-100%		
Sonda temperatura TESTO-0600.019	temperatura de contacto	temperatura	(-)20-500°C	0.4 °C	0.1 °C
Sonda velocidad TESTO-0635.1549	Temperatura y velocidad de aire	temperatura	(-)20-70°C	0.4 °C	0.1 °C
		Velocidad	0-10 m/s		0.1 m/s
Sonda velocidad TESTO-0635.6045	Temperatura y velocidad de aire	temperatura	(-)20-320°C	0.4 °C	0.1 °C
		Velocidad	0-20 m/s		0.1 m/s

CAPITULO III

CASO PARTICULAR DE ESTUDIO

3.1 Descripción de la empresa

3.1.1 Antecedentes de la empresa

La industria en donde se trabajó es una empresa suiza, fabricante de sabores y fragancias. A partir de 2008, es la mayor empresa del mundo en su ramo.

Los olores y los sabores de la empresa se desarrollan con mayor frecuencia para la industria de alimentos y de bebidas, pero también se utilizan frecuentemente en artículos para el hogar, así como el aseo y cuidado personal. Los productos de la empresa así como las soluciones son generalmente sobre pedido y, al igual que las fórmulas de sus competidores, siempre se venden bajo estrictos acuerdos de confidencialidad.

La compañía tiene una presencia líder en los principales mercados y opera a través de una red de más de 40 filiales en los mercados maduros y emergentes de Europa, África, Oriente Medio, América y Asia-Pacífico.

Su historia se remonta a 1796, aunque fue fundada como una empresa de perfumería en 1895 en Zurich, Suiza. En 1898 se trasladó a Ginebra, Suiza y se construyó una fábrica de Vernier. En la década de 1960, entró en el ramo de saborizantes.

La empresa donde se realizará el estudio está ubicada en Jiutepec, Morelos y opera desde 1982. El ramo de la empresa es alimenticio, los productos que se manufacturan son saborizantes utilizados en la industria de alimentos en sus diferentes ramas; bebidas, panificación, confitería, savory, snacks, etc.

3.1.2 Estructura de la empresa

La empresa cuenta con diversos departamentos para lograr el desarrollo y aplicación de nuevos sabores, producción y venta de éstos, para ello se cuenta con el área comercial, donde se encuentran los departamentos de Ventas, Mercadotecnia, Creación y Aplicaciones, Recursos Humanos. En el área de Operaciones se encuentran los departamentos de Almacén de materia prima y producto terminado, Planeación y Logística, Servicio a Clientes, Ingeniería, Seguridad y Medio Ambiente, Producción y Mantenimiento.

En las instalaciones trabajan 260 empleados, de los cuales 85 se encuentran en el departamento de Producción, divididos en los diferentes módulos y turnos de trabajo.

En el departamento de Producción se cuenta con 5 módulos, Básicos, Líquidos, Emulsiones, Secados y Mezclas.

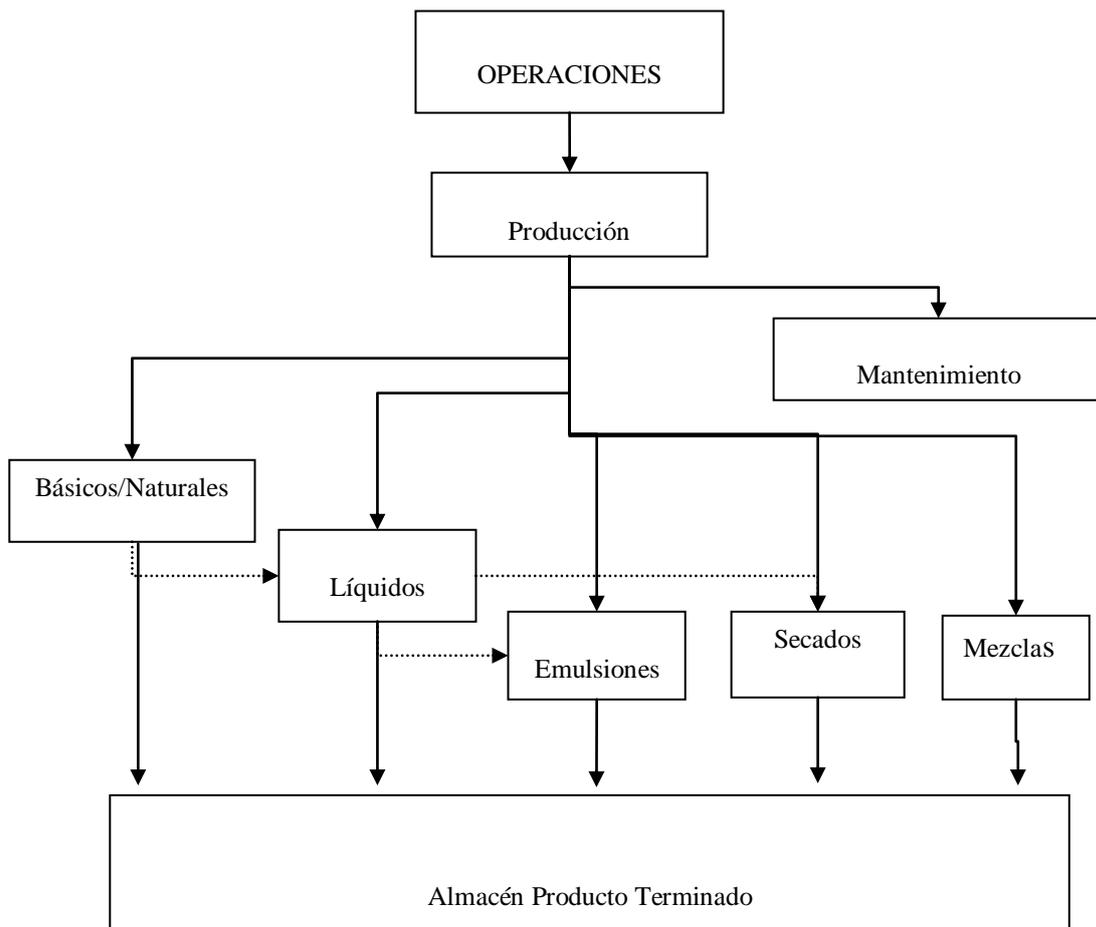


Figura 3.1 Diagrama de los departamentos de producción de la planta.

3.1.3 Descripción general del proceso

Es importante mencionar que a diferencia de muchas industrias de manufactura, en la empresa se trabaja por pedido, es por ello que la producción se hace por lotes. El proceso inicia cuando el departamento recibe un pedido del cliente, el cual especifica la cantidad que se requiere, después Planeación y Logística evalúa la factibilidad de su producción de acuerdo al tipo de producto que sea (líquido, emulsión, secado, mezcla física o básico) la capacidad y ocupación de los equipos. Una vez que se realiza esto, Planeación genera una orden de proceso (PO), vía sistema, y con toda la información necesaria equipo en el que se fabricará, cantidad, lote o batch, etc; en Producción, el Supervisor del módulo correspondiente imprime las PO, al hacer esto se genera una solicitud al Almacén de las materias primas que se requieren para el día y se transfieren físicamente y por sistema a Producción. Ya que se fabricó el producto, éste es enviado a laboratorio de control de calidad para asegurar que cumple con las especificaciones requeridas y de ser así se pasa al departamento de embarques, para su envío al cliente.

Previo a cualquier fabricación, el departamento de recepción de materia prima da entrada a los materiales y los ubica en un almacén para que éstos aparezcan como disponibles para uso del departamento de Planeación de la Producción.

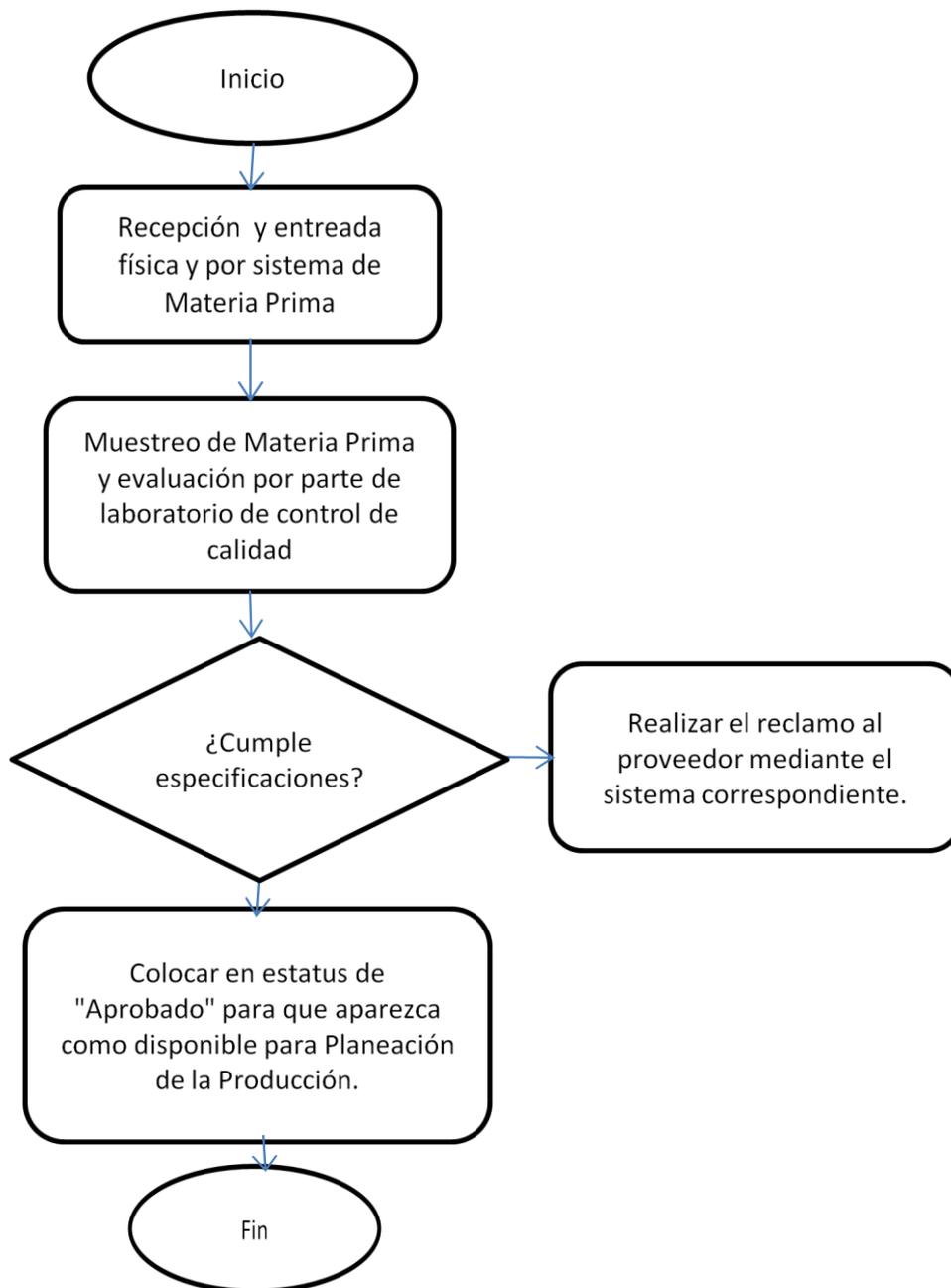


Figura 3.3 Diagrama de flujo para recepción de materia prima

3.2 Descripción de las áreas

3.2.1 Líquidos

Esta área es en donde se manejan la mayor cantidad de materias primas, en donde para la elaboración de un sabor es necesario mezclar las cantidades requeridas de ingredientes que marca cada fórmula. Los materiales que se utilizan están en diferentes presentaciones y de acuerdo con su naturaleza se almacenan y se manejan de diferente manera, por ejemplo, algunos tienen que estar en refrigeración, por lo que se tiene una cámara fría que mantiene una temperatura de 4°C en promedio.

La mayoría de los materiales se encuentran a temperatura ambiente almacenados en estantes, la cantidad y tipo de empaque puede variar de acuerdo con el volumen de uso y las características de los productos.

Entre todas las materias primas que se utilizan existen algunas que debido a su alta viscosidad se les incrementa la temperatura para poder facilitar su manejo al vaciarlas al tanque de proceso, estas materias pueden estar en cualquiera de las presentaciones que se mencionaron anteriormente, siendo la de latas de aluminio la que predomina.

Este módulo trabaja de Lunes a Viernes, dos turnos de 7 a 15 horas y de 15 a 23 horas, en cada turno trabajan 3 operadores que realizan las mezclas de los ingredientes de acuerdo con la fórmula del material a fabricar, posteriormente se llevan a un área de agitación, donde se cuenta con 4 agitadores mecánicos, el promedio de materiales que lleva una orden de producción es de 25, aunque esto puede ser muy variado ya que hay mezclas sencillas de 2 ingredientes hasta algunas que llegan a los 75. Las cantidades, al ser un proceso por lotes y por pedido también son muy variadas, siendo el mínimo de venta de 20 kg y como máxima capacidad se cuenta con un tanque de capacidad de 25, 000 l. Por esta razón en el módulo se cuenta con una cantidad considerable de tanques, aproximadamente 100 de diversas capacidades: 20, 100, 300, 500, 1000, 2000 y 3000 l, para los tanques móviles, y seis tanques fijos con capacidad de 3000 (2), 5000, 7000, 12000 y 25000 l, también hay un operador en cada turno que se dedica a envasar los productos previamente mezclados. El envasado se realiza utilizando una bomba de succión y una báscula para controlar el peso de cada empaque, el peso normal de envasado es de 20 kg por unidad.

Una de las complejidades que tiene este módulo además de la fabricación de los productos es la limpieza de los tanques y utensilios (cucharones, agitadores manuales, jarras de acero inoxidable, para ello existe un área de lavado, en donde, se llevan los

tanques una vez que se finalizó de envasar el material, ahí un operador es encargado de hacer la limpieza manual de los tanques, utilizando una mezcladora de agua-vapor para obtener en la manguera el agua a 70 °C y con un detergente mediante un espumador, previamente autorizado por el laboratorio de calidad y el departamento de Seguridad y Medio Ambiente. La cantidad de tanques lavados al día varía de acuerdo con el volumen y cantidad de órdenes de producción; el promedio es de 100 tanques/día.

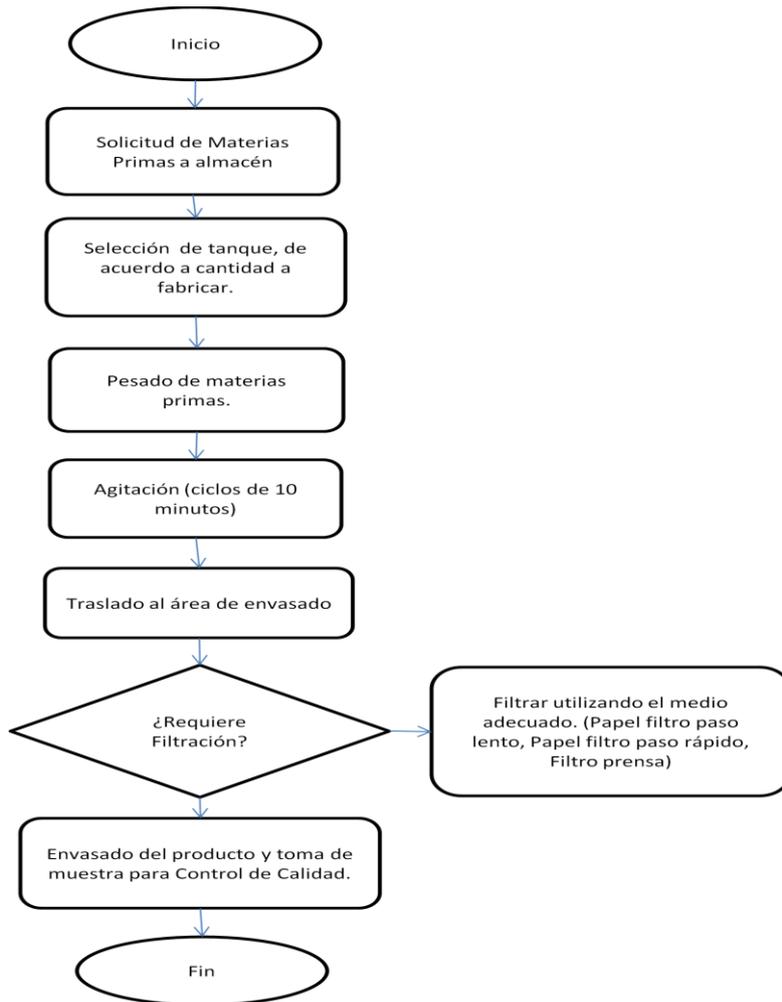


Figura 3.4. Diagrama de flujo para la fabricación de sabores líquidos.

3.2.2 Básicos

En este módulo de producción se llevan tres tipos de procesos; el principal es la concentración de aceites esenciales, mientras que también se realizan extracciones y

en menor proporción productos de reacción y rectificación. La mayoría de los productos que se producen en Básicos son para uso interno. Se trabaja de Lunes a Viernes, tres turnos, contando con tres operadores por turno y un auxiliar en tiempo mixto (8 a 17 horas).

Los servicios que se utilizan en el área al igual que el resto del departamento son vapor a 8 kg/cm², aire comprimido a 3 kg/cm² para actuadores, agua, aire acondicionado y el consumo eléctrico en motores, luminarias y equipo de control.

3.2.2.1 Concentrados

La concentración de aceites esenciales (naranja, toronja, mandarina) se lleva a cabo utilizando vacío, desde 20 mmHg hasta 2 mmHg, el vacío se logra mediante un sistema de eyectores de cuatro etapas, los cuales requieren de vapor a una presión de 8 kg/cm². Debido al tipo de proceso y la naturaleza de los materiales, las temperaturas que se utilizan no deben de ser altas, regularmente se mantienen menores de 100 °C, El arreglo común encontrado en esta área es:

- Reactor enchaquetado con agitación
- Columna de destilación
- Condensador
- Tanques recibidores

Este módulo cuenta con 10 equipos de destilación denominados A00, para sus procesos, en la siguiente tabla se muestran las capacidades.

Tabla 3.1 Equipos de destilación del área de básicos

Equipo	Capacidad (l)
A001	700
A002	40
A003	60
A004	70
A005	120
A006	7570
A008	2839
A009	1900
A011	600
A012	568

El módulo cuenta con doce reactores/destiladores enchaquetados con su columna de destilación, esta área es en donde se utiliza el menor número de materias primas, se cuenta con un tanque para el almacenamiento de un aceite esencial el cual suministra al módulo, también se pueden recibir en tambores con capacidad de 200 kg. El proceso de fabricación es cargar al reactor de acuerdo a la cantidad a fabricar y ajustar las condiciones de operación especificadas en las instrucciones de fabricación en donde se especifica el vacío necesario, temperaturas del reactor y columna, (para llevar a cabo la destilación se utiliza vapor por medio de la chaqueta) y la cantidad de cortes de acuerdo al material, para obtener fracciones, algunas de esas fracciones son utilizadas posteriormente como materia prima o para venta. Una vez que se tiene el concentrado en el tanque se toma muestra para enviar a Control de Calidad y si es aprobado se envasa directamente del tanque.

La limpieza se lleva a cabo mediante el uso de agua caliente y un detergente previamente autorizado por el laboratorio de calidad y el departamento de Seguridad y Medio Ambiente, en ocasiones es necesario vaporizar el equipo y la columna para eliminar olores del producto fabricado.

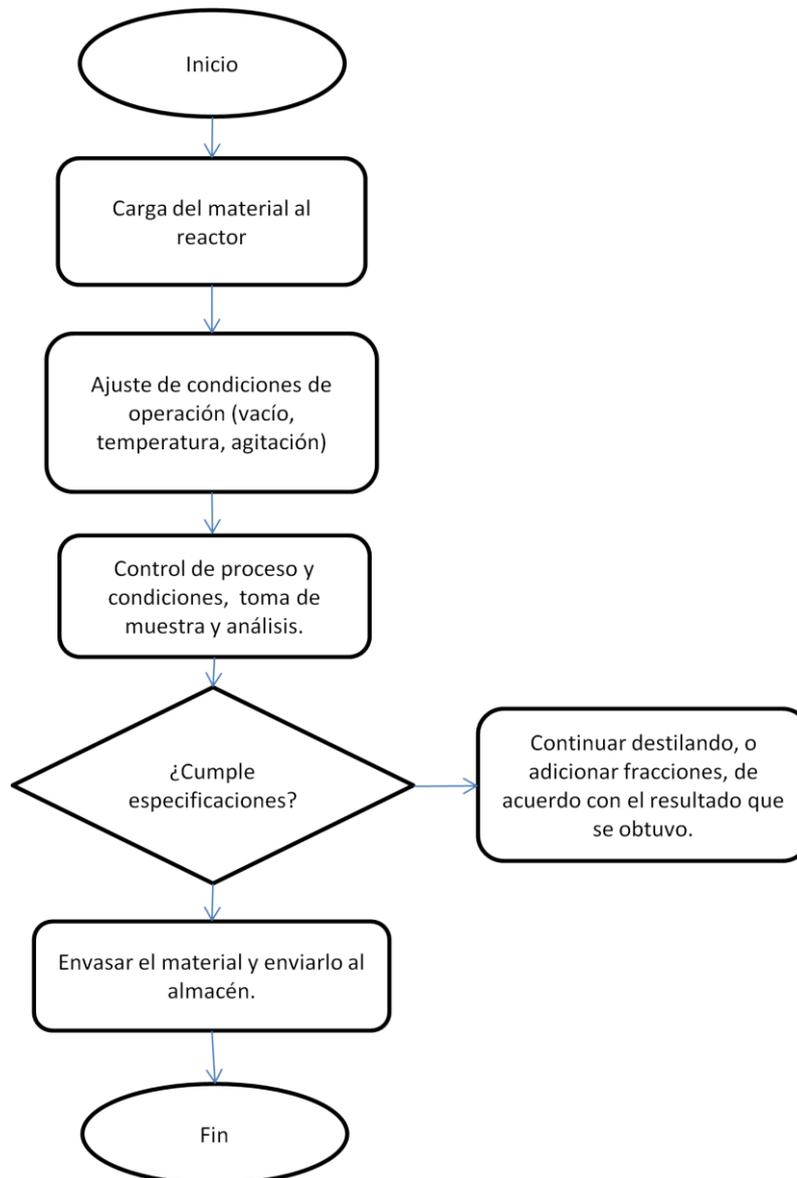


Figura 3.5 Diagrama de flujo para la fabricación de concentrados y destilados.

3.2.2.2 Extracción

La extracción se utiliza para separar una sustancia que puede disolverse en dos solventes no miscibles entre sí que están en contacto. Para la fabricación de extracciones el módulo cuenta con cuatro extractores su arreglo es muy similar al de los destiladores, contando con chaqueta, columna, condensador y tanques de recepción, con la diferencia de que los extractores cuentan con un falso fondo, el cual consiste en una malla de acero inoxidable donde se depositan el material que se va a extraer, normalmente es de origen natural (cacao, café, Jamaica, etc.).

Tabla 3.2 Equipos para Extracciones en Básicos

Equipo	Capacidad (l)
A103	2734
A104	2734
A106	7570
A107	7570

El proceso consiste en cargar al equipo el material y posteriormente adicionar la solución o el solvente con el que se va a realizar la extracción, dependiendo del producto a fabricar y la concentración que se requiera se deja en reflujo por un tiempo y a una temperatura determinada previamente. Una vez que el proceso de extracción termina, se concentra el extracto para obtener los grados Brix requeridos.

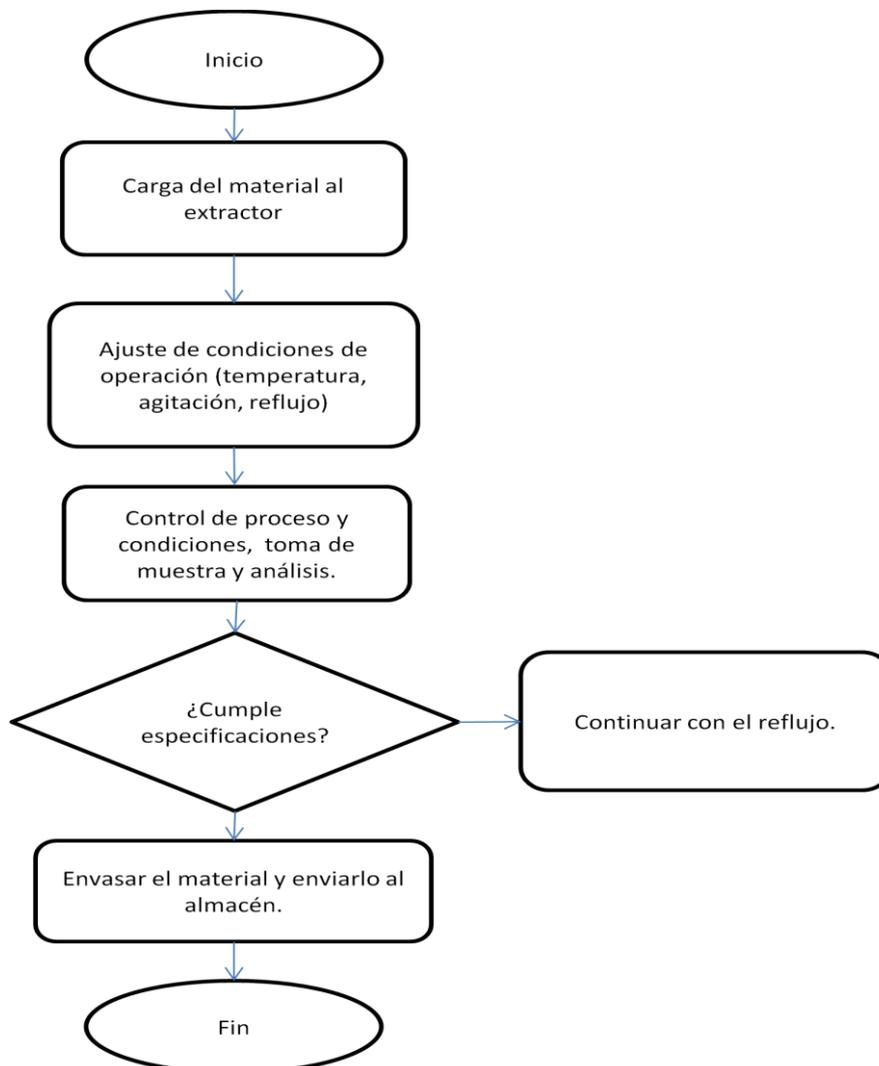


Figura 3.6. Diagrama de flujo de extracciones

3.2.3 Secados

Un secado por aspersión tiene como objetivo remover agua de un material a secar. Para el caso que se estudia se prepara una solución, en donde se disuelve en agua un material que funcione como encapsulante del sabor, como puede ser el almidón y algún acarreador, como dextrinas de maíz para ayudar al secado, estos dos materiales son polvos, después se adiciona una base líquida la cual contiene el sabor para que se encapsule. Esta solución se bombea a alta presión, de 3000 a 3800 psi, a la cámara de secado, donde es atomizado por una boquilla antes de ingresar; a la cámara entra una corriente de aire impulsada por un ventilador y a una temperatura de 180 °C, esta temperatura se logra mediante el calentamiento del aire por medio de un quemador que utiliza gas LP.

En el módulo se trabaja los 7 días de la semana, tres turnos (7/24), en cada turno trabajan 3 operadores.

Se cuenta con cinco secadores por aspersión de diferentes capacidades, que van de los 30 kg/hr a los 150 kg/hr. El arreglo de estos equipos es el siguiente:

- Quemador (gas LP)
- Boquilla
- Cámara
- Cono
- Ciclón
- Ventilador de Transporte
- Recepción/tamiz

Tabla 3.3 Capacidad de los secadores por aspersión.

Equipo	Capacidad (kg/h)
Secador-1	35
Secador-2	40
Secador-3	150
Secador-4	60
Secador-5	100

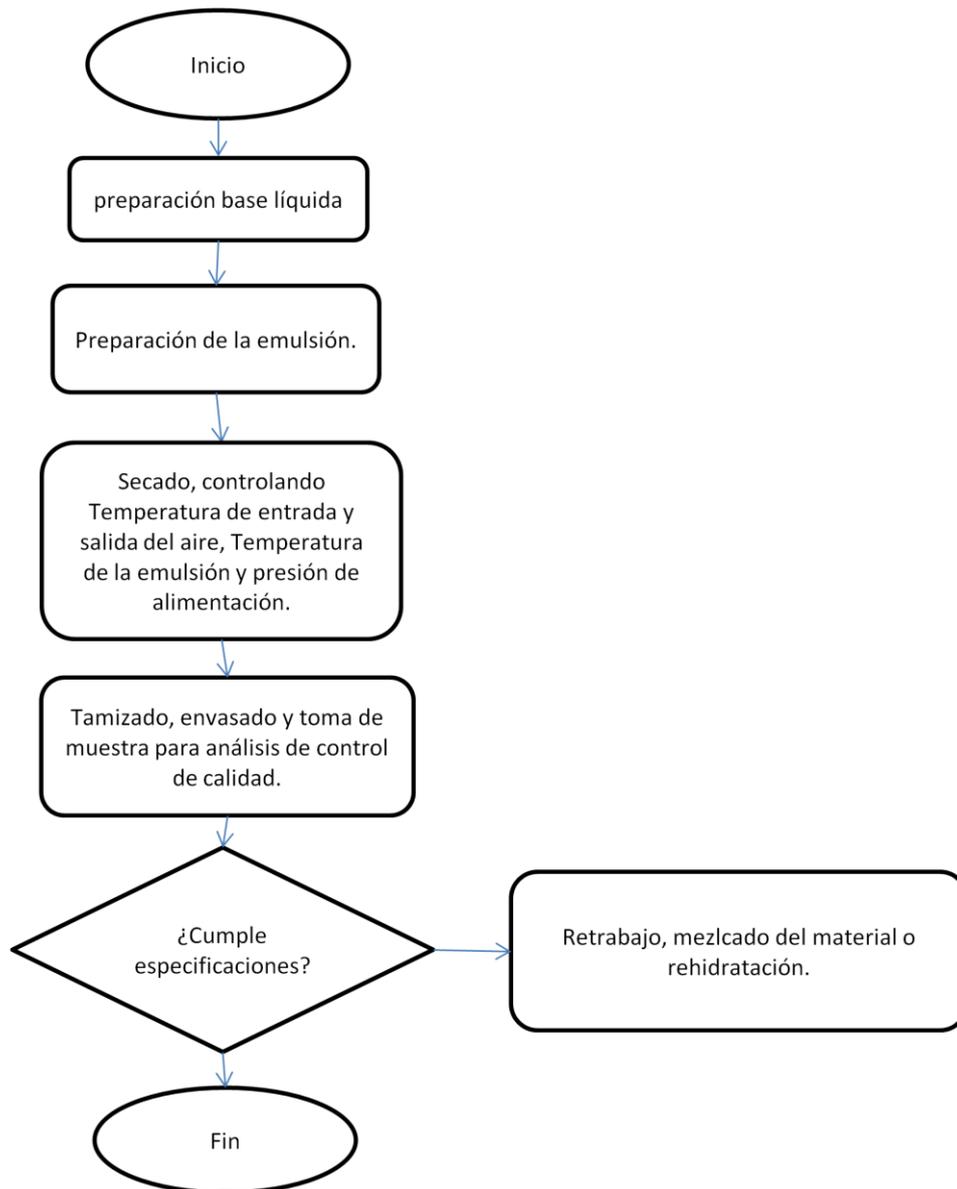


Figura 3.7 Diagrama de flujo de secados

La limpieza de los secadores S-1, S-2 y S-4, se lleva a cabo de forma manual, desarmando el equipo y utilizando agua caliente a presión a 70°C, en ocasiones, si el producto que se fabricó tenía un olor muy potente o tenía mucho color, es necesario vaporizar el equipo, ésto se hace dejando una corriente de vapor durante un tiempo determinado, el proceso de limpieza puede llevar de 4 a 6 horas, contando el desarmado y armado del equipo.

Los secadores de mayor capacidad S-3 y S-5, tienen un sistema de lavado en sitio (CIP por sus siglas en inglés), este sistema consiste de dos tanques de 2000 l en los cuales se prepara la solución para la limpieza, agua y detergente. En los equipos se colocan lanzas, las cuales son boquillas y por donde pasa la solución con el

detergente a presión y a una temperatura de 70°C. El método normal de limpieza consiste en tres ciclos, en los cuales se consume toda el agua de los tanques por cada ciclo, pre enjuague, limpieza y enjuague final.

3.2.4 Mezclas de polvos

En este módulo se procesan productos que consisten en una mezcla de dos o más materiales sólidos, en ocasiones es necesario dispersar una base líquida en algún material. Se trabaja los 7 días de la semana en tres turnos, de 7 personas cada uno.

Para llevar a cabo las mezclas de los materiales hay 5 mezcladoras de las cuales se pueden obtener tres tipos de mezclado “arado” que es un tipo de mezclado rápido y con una alta fricción, “listón” el cual es un mezclado de menor fricción pero que lleva más tiempo en homogenizar la mezcla y Ruberg que es una tecnología alemana de alta calidad, que da una ventaja en cuanto al tiempo en el que se logra una mezcla completamente homogénea sin un exceso de fricción que pueda dañar al producto. La selección del equipo a utilizar va de acuerdo a la naturaleza del producto a mezclar. El arreglo de componentes que se puede encontrar en los equipos es el siguiente:

- Tolva de recepción
- Cápsula de mezclado
- Detector de metales en línea
- Tamiz

Tabla 3.4 Capacidad de las Mezcladoras de polvos

Equipo	Capacidad (kg)
Mezcladora-1	500
Mezcladora-2	250
Mezcladora-3	50
Mezcladora-4	500
Mezcladora-5	600

También el área tiene una sección de envasado desacoplado para las mezcladoras M-1 y M-5, en el resto de los equipos se envasa en línea.

El proceso consiste en adicionar todos los materiales de acuerdo con la fórmula del producto a fabricar, en el equipo, y dar un tiempo de mezclado dependiendo el equipo

y el material a fabricar, normalmente van de 5 a 25 minutos, después, al igual que en Secados se pasa el producto por un tamiz y finalmente es envasado.

Actualmente, la limpieza de estos equipos se hace de forma manual a las mismas condiciones que los secadores, aunque por la naturaleza de los materiales que se procesan, en ocasiones, puede llevar más tiempo la limpieza y es necesario vaporizar para eliminar olores.

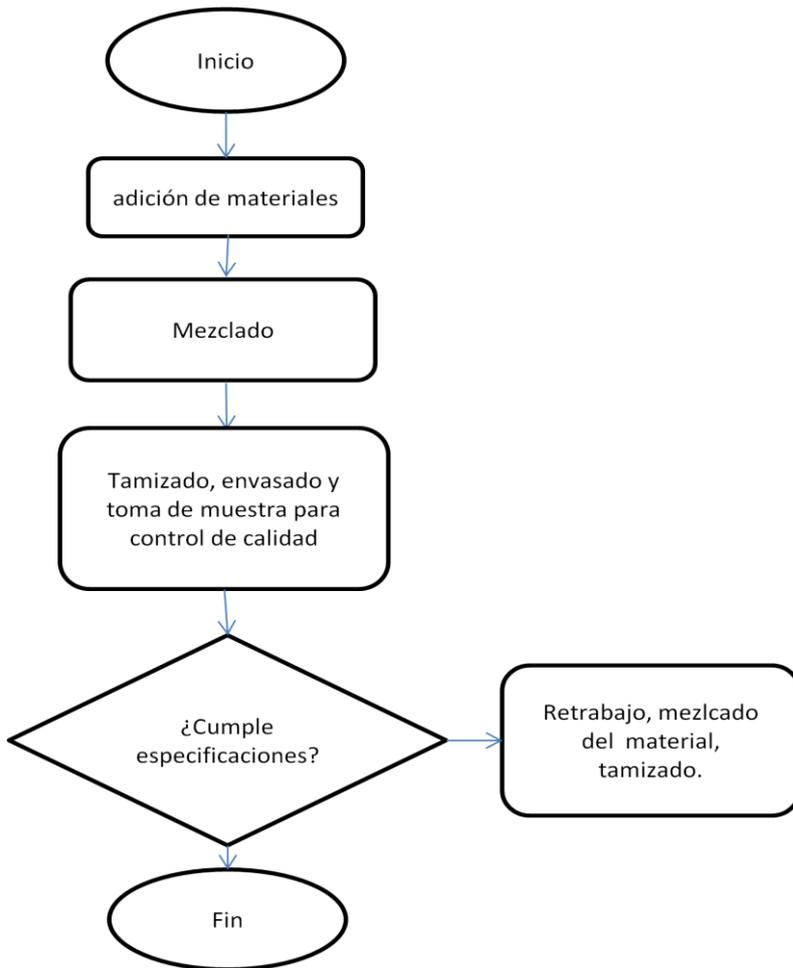


Figura 3.8 Diagrama de flujo de mezclas

3.2.5 Emulsiones

Una emulsión consiste en una mezcla homogénea de dos líquidos inmiscibles, en el caso que se estudia, se mezclan una fase acuosa con una fase oleosa, en esta última es en donde se adiciona la base con el sabor, cada fase se pesa y prepara en tanques diferentes, después se adicionan a un tanque y se hace pasar por un homogeneizador, el cual trabaja a presiones de 2500 a 3000 psi, y cuenta con válvulas de homogenización, dependiendo la naturaleza y características del producto se puede

pasar una o dos veces, pero cuidando que la temperatura no exceda los 40°C. Se tiene disponibles dos equipos para la fabricación.

Tabla 3.5 Capacidad equipos de Emulsiones

Equipo	Capacidad (L)	Capacidad (kg/h)
SH1	5000	1600
SH2	2500	1600

Esta área trabaja al igual que Mezclas y Secados 7x24, con dos operadores por turno. El arreglo del equipo para la fabricación de emulsiones consiste en lo siguiente:

- Tanque de preparación de pre-mezcla, con agitador
- Incorporador de polvos
- Homogeneizador
- Tanque de recepción con agitador y chaqueta

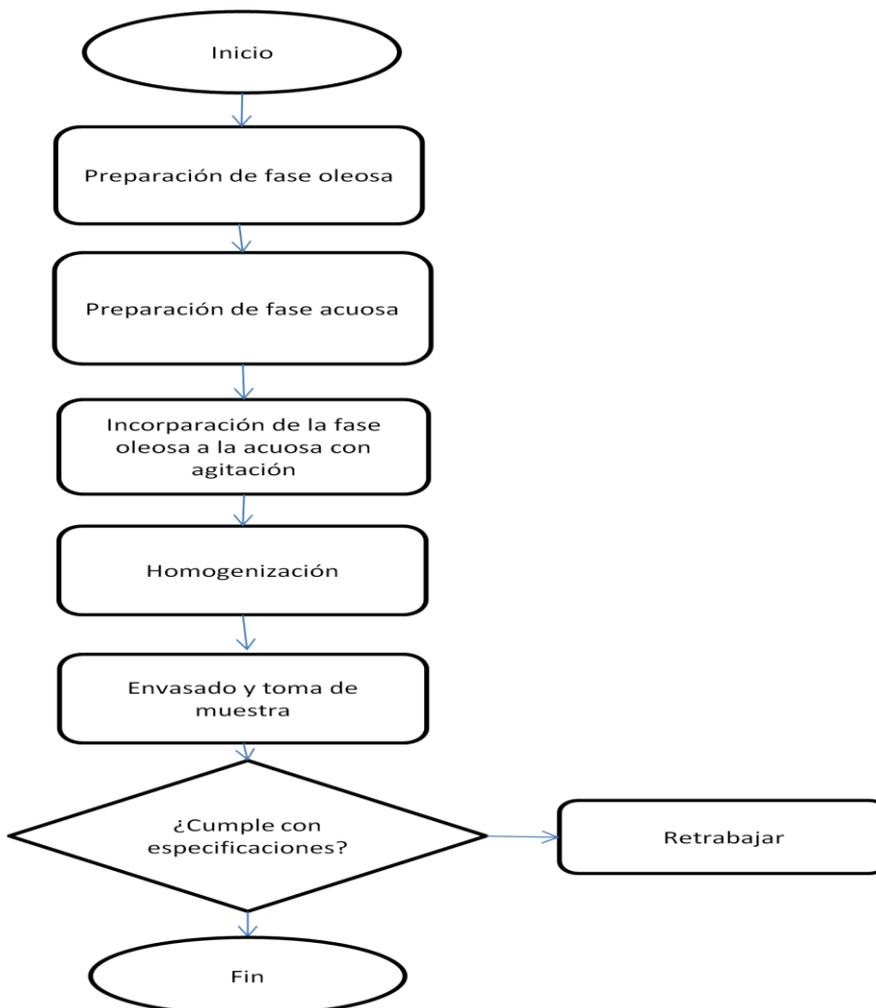


Figura 3.9 Diagrama de flujo de emulsiones

Debido a la cantidad de productos que se manejan en el área, la frecuencia de lavado puede ser ligeramente menor que el resto de los módulos, sin embargo, hay materiales que por llevar una cantidad considerable de colorantes hacen que la limpieza sea tardada, ya que es necesario desarmar las líneas y hacerles recircular una solución de agua-detergente. Los tanques también se lavan de esta manera y sólo en ocasiones en las que es muy crítico se tiene que tallar por dentro.

Servicios energéticos

La empresa cuenta para la generación de vapor para los procesos con dos calderas marca Cleaver-Brooks, a continuación se presentan sus principales características en la tabla.

Tabla 3.6 Características de las calderas de vapor

	<i>Caldera I</i>	<i>Caldera II</i>
HPC	200	100
Modelo	CR-200-250	B-200-100
Serie	MX-5834	MX-6917
Voltaje	220 V	220 V
Presión max.	10.5 kg/cm ³	10.5 kg/cm ³
Presión normal	8.8 kg/cm ³	8.8 kg/cm ³
Capacidad-Galones Normal	1284 (4 851 L)	610
Capacidad-Galones Inundado	1665 (6310 L)	715
Agua-Peso Normal	10680 Lbs	5085 Lbs
Agua-Peso Inundado	13880 Lbs	5960 Lbs

Estos equipos consumen gas LP como combustible. No operan de manera simultánea, la caldera grande, con capacidad de 200 HPC, opera de lunes a viernes las 24 horas, esto es debido a que en esos días todos los módulos de producción están en operación. Los fines de semana dejan de trabajar los módulos de básicos y líquidos, y se apaga la caldera 1, con la caldera 2 es suficiente para los módulos que operan sábados y domingos.

Para la generación de aire comprimido se cuenta con dos compresores de tornillo marca Gardner Denver, el aire se ocupa en los actuadores de las válvulas y en martillos de las cámaras de secado, a una presión de 3 kg/cm².

En cuanto a la generación de frío en la cámara fría que se encuentra en el almacén se disponen de dos compresores para refrigeración (temperaturas de 0 a 5 °C) y dos más para congelación (temperaturas de 0 a -14 °C), los cuatro compresores son de pistones. Finalmente para una pequeña cámara fría en producción se cuenta con un compresor más de pistones.

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN Y EL CONSUMO ENERGÉTICO

4.1 Características de la Producción

La producción anual está definida por el número de pedidos que los clientes ingresen; la capacidad instalada varía en cada uno de los módulos de producción y está definida principalmente por la cantidad de equipos y su capacidad, además es altamente influenciada por la mano de obra disponible, debido a que muchos procesos y actividades se realizan de forma manual.

A continuación se muestra como se ha comportado la producción de total de las cinco áreas de la planta.

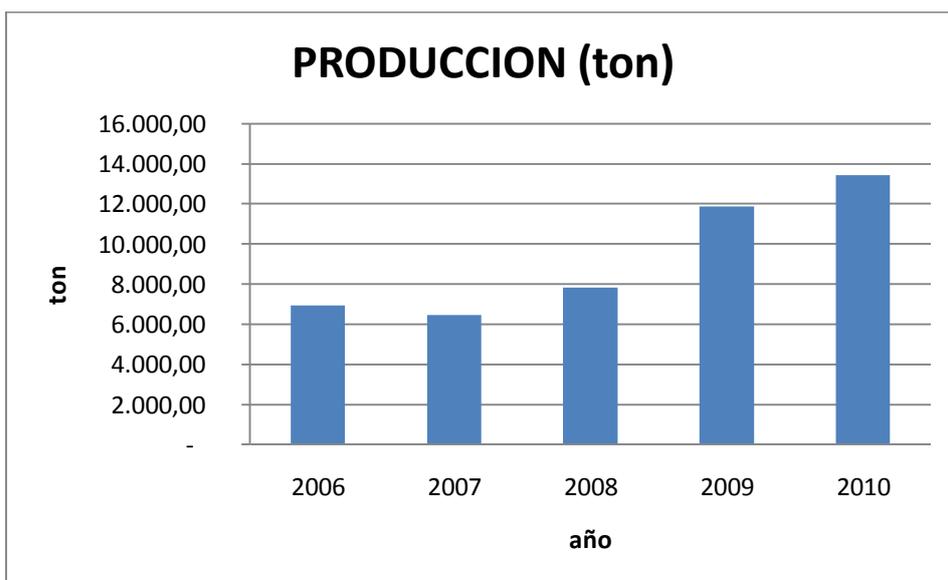


Figura 4.1 Evolución anual de la producción.

El incremento de 52% del año 2008 al 2009 se debe a la adquisición de una industria competidora, el impacto que se tuvo en los módulos afectó principalmente al módulo de mezclas con un aumento de 240% en el volumen de producción.

También se obtuvieron los datos de producción por área de los años 2006 al 2010 y a continuación se muestra la distribución de la producción en cada una de éstas, para

ello se obtuvo el promedio de producción en tons de cada módulo a lo largo de los últimos 5 años.

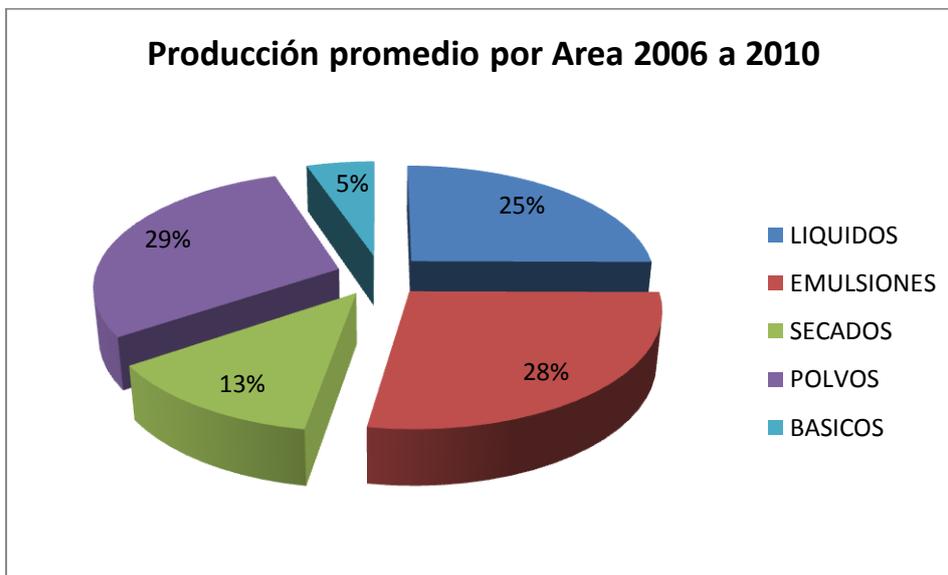


Figura 4.2 Figura de la distribución en % de ton de los productos en la planta.

La figura 4.2 indica que los módulos con mayor participación en la producción son Mezclas y Emulsiones, sin embargo, como se había mencionado, en el año 2008 hubo un aumento muy importante en el área de mezclas debido a que se absorbió el tonelaje de producción de otra empresa. Es por ello que se realizó la misma figura pero ahora tomando únicamente los valores para el año 2008 y otra para el 2009.

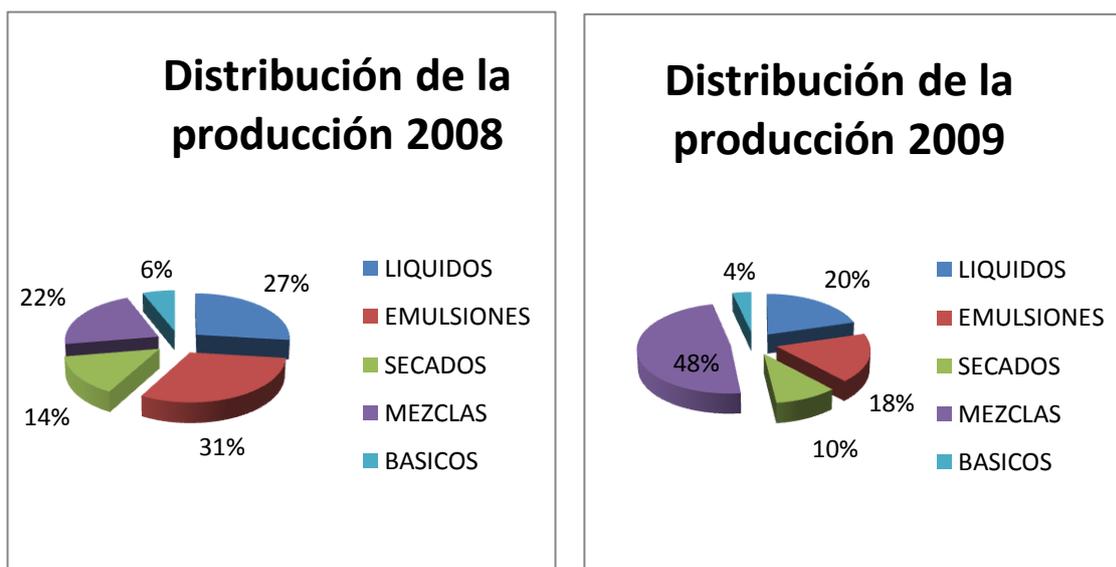


Figura 4.3 Distribución de producción en 2008 y 2009

Tomando los datos por año, se aprecia que a partir del 2009 la producción del módulo de Mezclas representa el 48% del total de los kg procesados en la planta, Emulsiones pasó a ser el tercer módulo en cuanto a impacto en la distribución de producción quedando debajo de Líquidos.

También se obtuvieron los datos de cada módulo desde el 2005 hasta el 2010 y la forma como se han comportado.

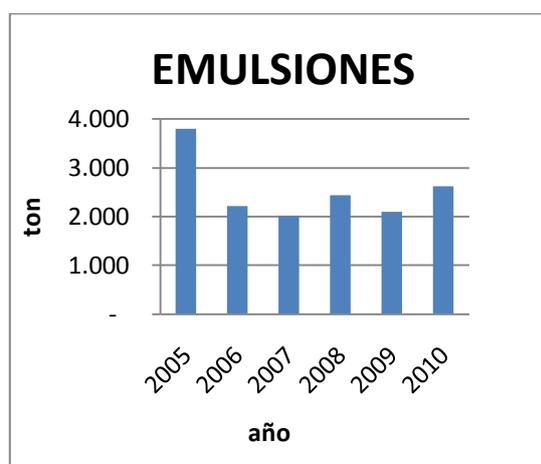
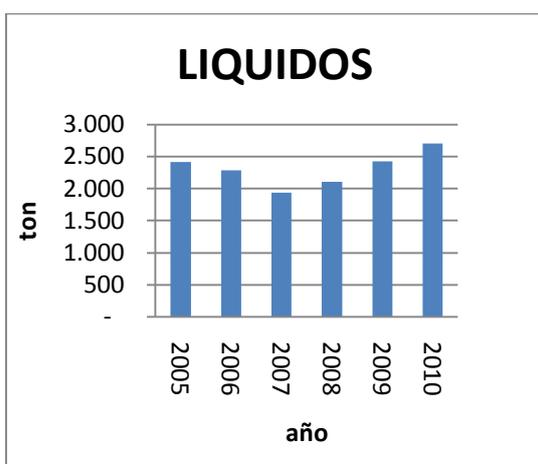


Figura 4.4 Producción anual de líquidos

Figura 4.5 Producción anual de emulsiones

Se puede notar en las figuras 4.4 y 4.5 que los módulos de Líquidos y Emulsiones presentan un comportamiento diferente durante los 5 años graficados, aunque a partir del 2007, Líquidos ha incrementado su producción consistentemente, mientras que Emulsiones presenta un comportamiento irregular.

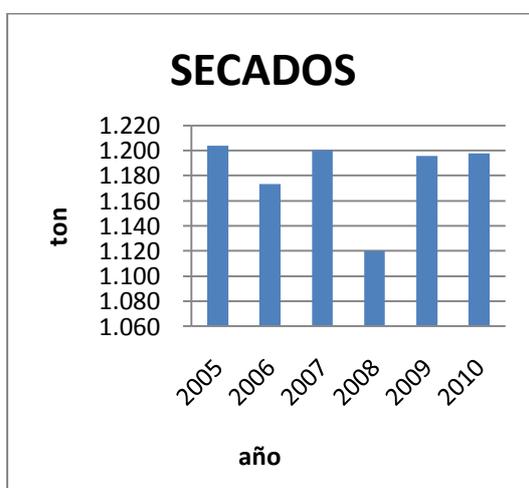


Figura 4.6 Producción anual de secados

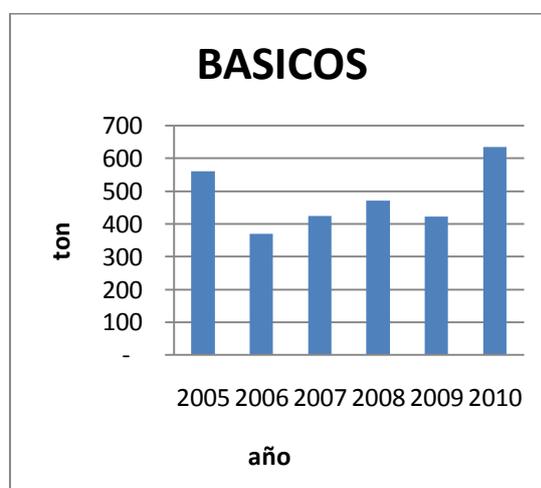


Figura 4.7 Producción anual de básicos

Secados y Básicos también muestran un comportamiento irregular, de acuerdo con las figuras 4.6 y 4.7, en el módulo de secados se observa una caída de 7% respecto al año anterior en 2008, aunque 2009 y 2010 se comportaron de forma regular, ésta es un área en la que sus procesos de secado requieren de gas para producir. Básicos es también un módulo que se puede considerar de un consumo alto por el tipo de procesos y tuvo un incremento de producción de 50% en el 2010 respecto al año anterior

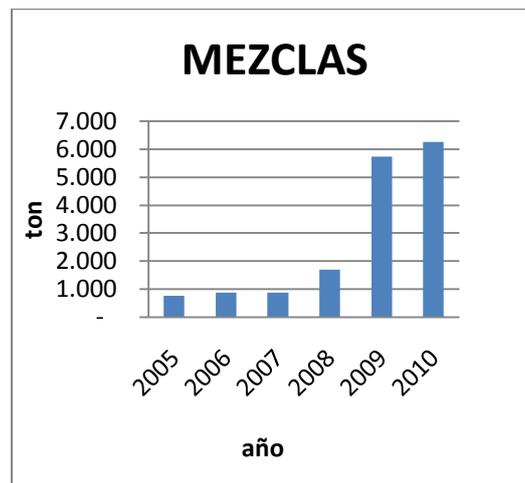


Figura 4.8 Producción anual de mezclas.

Con estas figuras se puede notar que cada módulo de producción tiene un comportamiento diferente en los últimos 5 años, como se había mencionado antes el cambio más significativo es en mezclas a partir del año 2009, con un aumento de 240%, como se observa en la figura 4.8.

Al igual que los consumos energéticos y debido a las estacionalidades de los productos de los diferentes módulos, es necesario analizar el comportamiento a lo largo del año de la producción, con el fin de identificar si todos coinciden en los picos de demanda o si existe una distribución de estos picos a lo largo del año en las diferentes áreas.

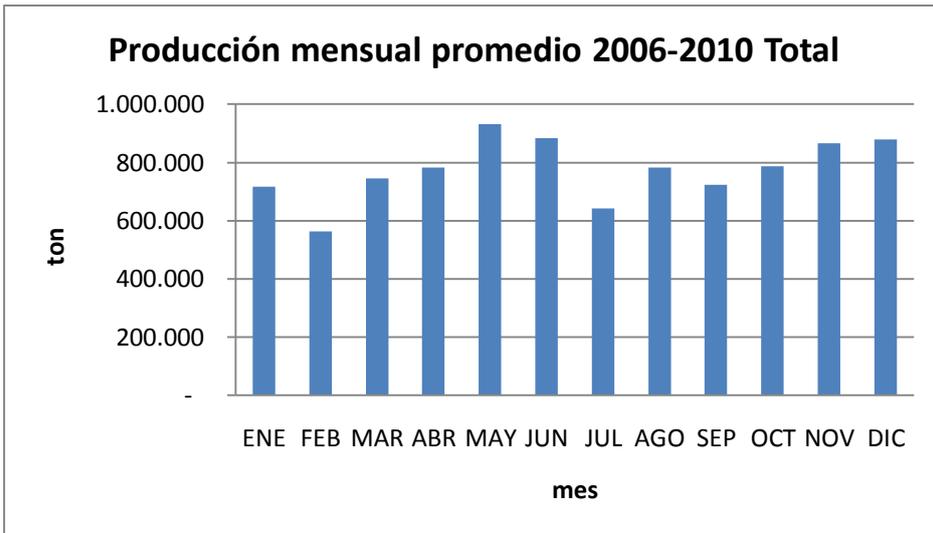


Figura 4.9 Producción mensual promedio 2006-2010

El comportamiento de la producción durante el año presenta variaciones, en la figura 4.9 se observa que el mes de mayor producción es Mayo, y para el último tercio del año hay una tendencia a incrementar.

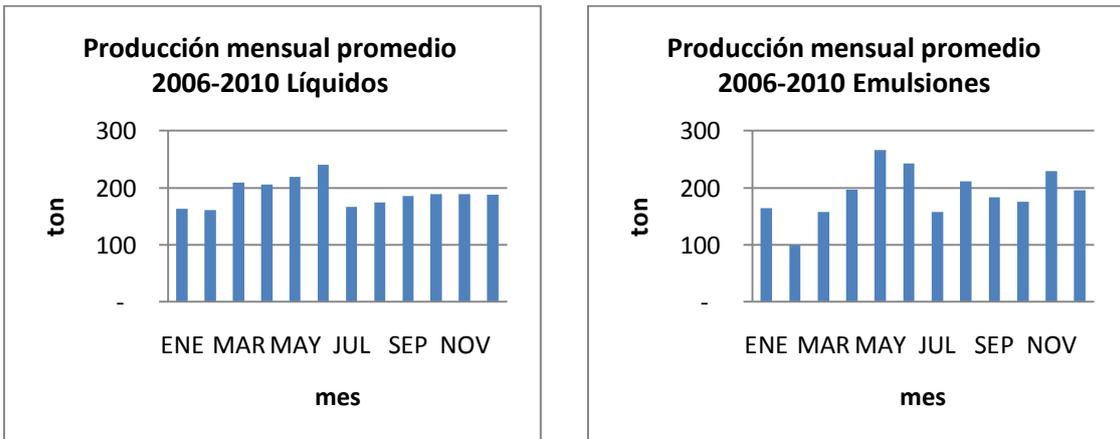


Figura 4.10 Producción mensual promedio 2006-2010 de líquidos y emulsiones

Los módulos de líquidos y emulsiones que se ven en la figura 4.10 muestran comportamientos diferentes, aunque ambos tienen Mayo y Julio como los meses de mayor tonelaje de producción.

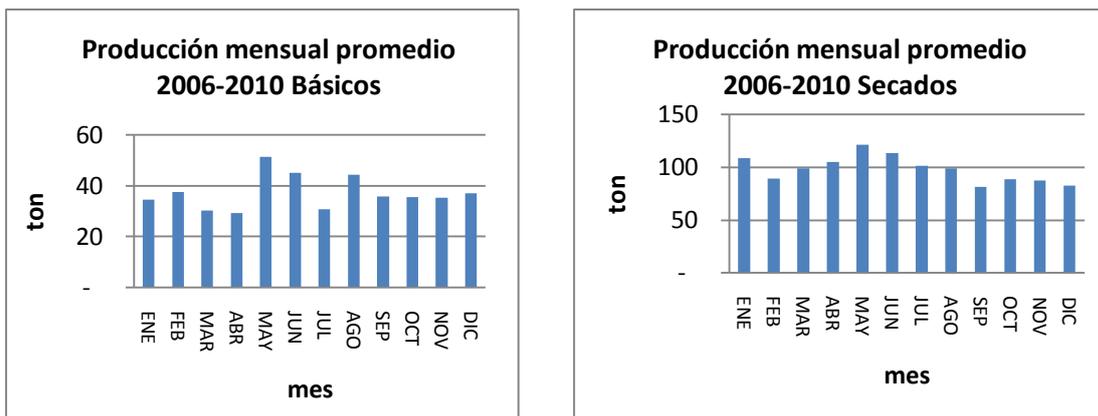


Figura 4.11 Producción mensual promedio 2006-2010 de básicos y secados.

En la figura 4.11 se puede ver la diferencia en cuanto a toneladas de producción mensual de cada módulo, siendo mayor la producción de Secados, aunque nuevamente se identifica al mes de Mayo como el de mayor producción, en el caso de Secados a partir de ese mes comienza a disminuir la carga hasta el final de año, mientras que Básicos se comporta de manera más inestable teniendo un incremento en Agosto para finalmente terminar el año más estable.

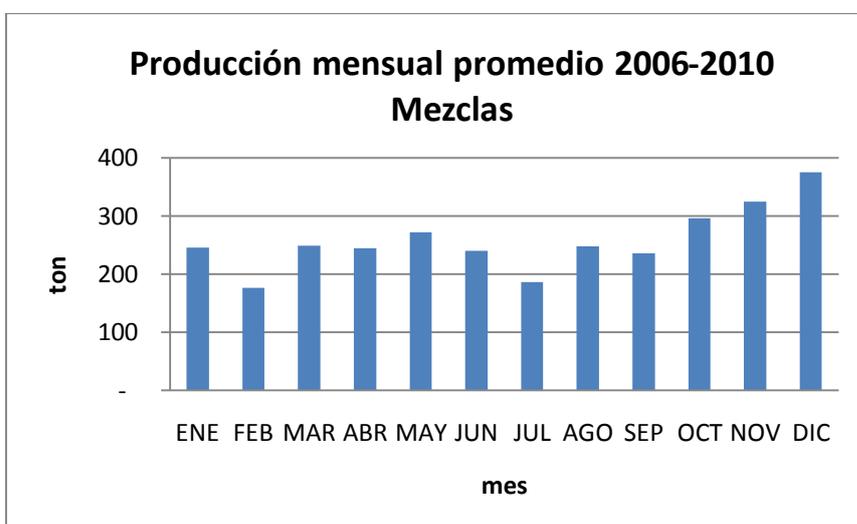


Figura 4.12 Producción mensual promedio 2006-2010 de Mezclas.

El módulo de Mezclas tiene un comportamiento diferente al resto de los departamentos de producción, ya que a diferencia de éstos Mayo no es el mes de mayor producción, aunque sí el más alto del primer semestre. Para final de año se observa un incremento constante hasta llegar a su máximo en el mes de Diciembre.

INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA

4.2 Consumo de energéticos

Como se mencionó anteriormente debido al giro de la industria y a los procesos descritos en el capítulo III, para la producción de saborizantes en esta planta no es necesario un uso intensivo de energéticos, como en otro tipo de industrias, por ejemplo la química. Los consumos requeridos para la producción de saborizantes son básicamente gas LP para la operación y energía eléctrica para los edificios administrativos, los laboratorios, motores, bombas y compresores para la planta. También se cuenta con una planta de emergencia con capacidad de 100 kVA que opera con diesel. El uso de energías renovables es limitado, aunque para iluminación se utilizan domos solares y en los vestidores se cuenta con calentadores solares planos, pero están fuera de uso.

La empresa cuenta con dos subestaciones, cada una con un transformador de 500 kVA y capacidad de 2000 A y 1200 A.

Se tomaron los costos del consumo de gas LP y de electricidad para el año 2010 y se muestra su distribución en la siguiente figura:

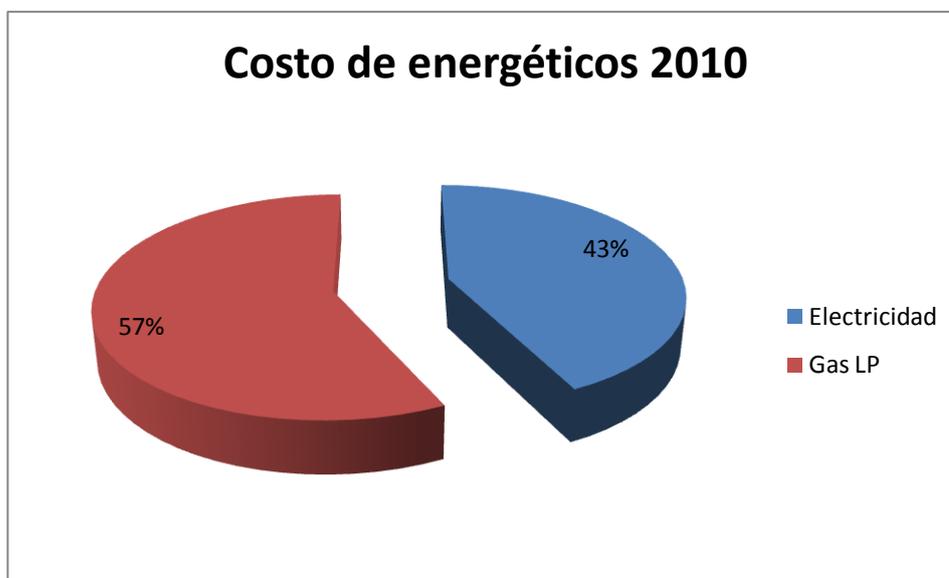


Figura 4.13 Distribución del costo del consumo de gas LP y electricidad global.

Como lo muestra la figura 4.13 el costo del gas es mayor al costo de la energía eléctrica, sin embargo, la distribución de estos costos es más equitativa que su utilización.

En la siguiente tabla se muestran los valores en pesos MN, que se pagó en 2010.

2010		
	Electricidad	Gas LP
Enero	\$ 403.591,01	\$ 456.716,23
Febrero	\$ 372.161,00	\$ 422.602,45
Marzo	\$ 495.506,81	\$ 548.227,14
Abril	\$ 433.016,71	\$ 529.332,11
Mayo	\$ 479.039,92	\$ 671.477,24
Junio	\$ 439.586,95	\$ 546.570,00
Julio	\$ 428.502,90	\$ 447.731,59
Agosto	\$ 471.121,01	\$ 652.306,38
Septiembre	\$ 425.111,19	\$ 617.079,42
Octubre	\$ 404.369,38	\$ 623.722,92
Noviembre	\$ 410.937,16	\$ 657.158,52
Diciembre	\$ 356.007,98	\$ 676.679,57

Tabla 4.1 Costos de gasLP y electricidad en el año 2010

Como se observa en la tabla 4.1 las cantidades son considerables y el ahorro en el consumo de ambos también aportaría un ahorro económico en la empresa.

4.1.1 Gas LP

La empresa cuenta con 8 tanques de gas, con una capacidad de 5,000 litros cada uno, éstos son recargados por una pipa tres veces a la semana. En el siguiente esquema se muestra la distribución y asignación que tienen los tanques.

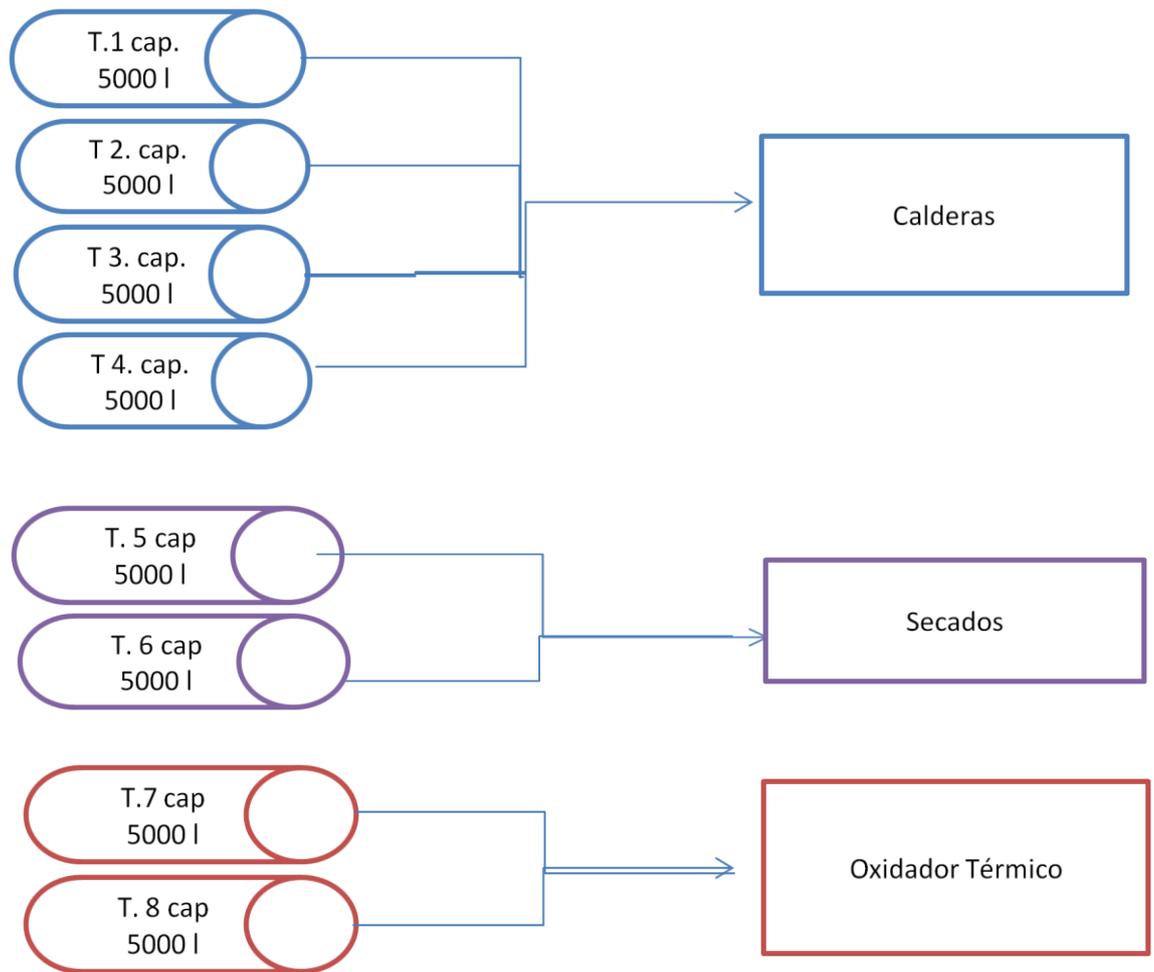


Figura 4.14 Distribución de tanques para utilización de gas LP

Se tomaron los valores de los consumos generales de gas LP, de los años 2006 hasta el 2010 basados en las facturas de las recargas que se hacen a los tanques de gas, y que se observan en la figura 4.14. Se puede notar un ligero descenso en el consumo en 2009. En esta figura se puede apreciar además el comportamiento anual del consumo.

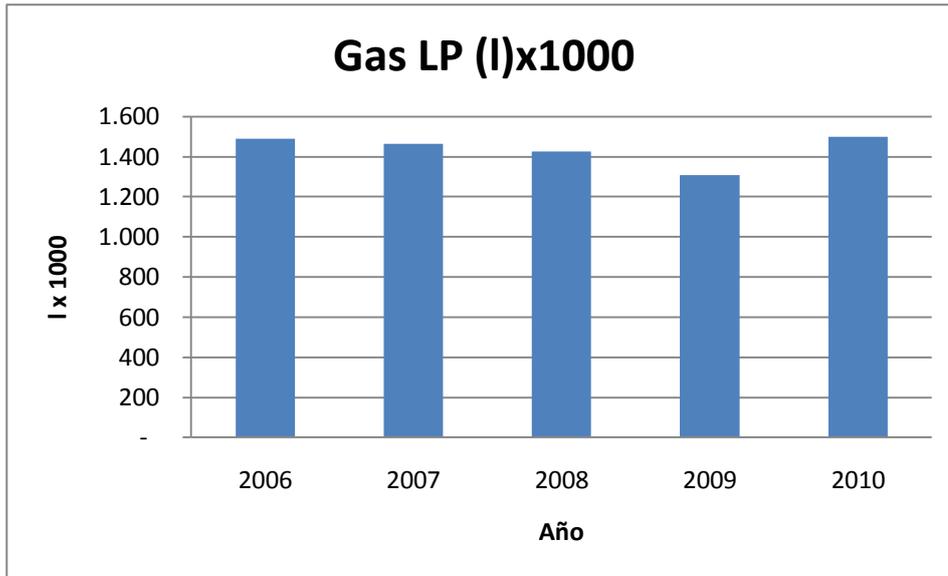


Figura 4.15 Consumo gas LP anual de 2006 a 2010.

Para tener un mejor panorama del comportamiento de los consumos y poder identificar picos de demanda, se tomaron los promedios mensuales del mismo lapso de años.

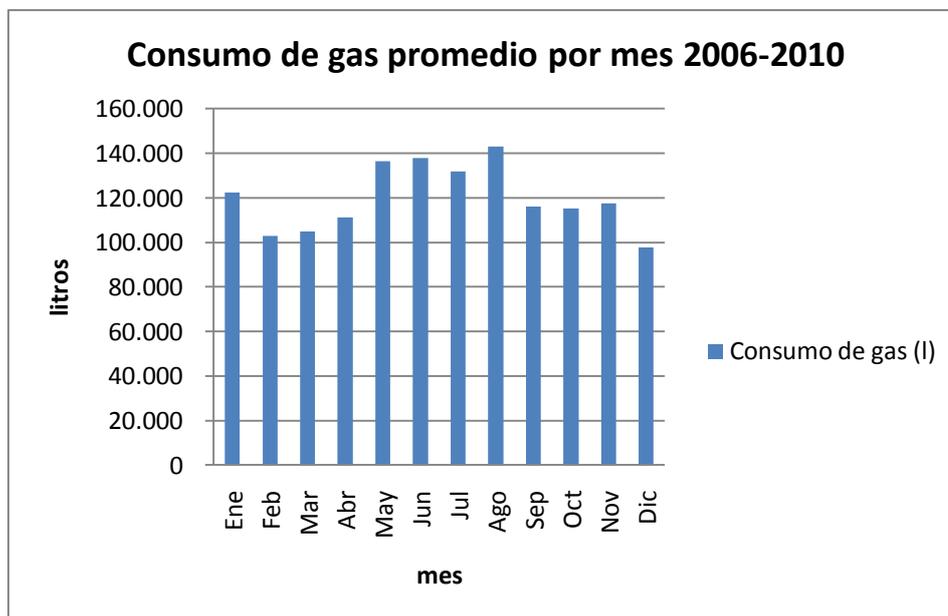


Figura 4.16 Consumo mensual promedio de gas LP de 2006 a 2010

En la figura 4.16 se puede notar que el consumo mensual del gas LP en la planta no es constante durante el año, se puede apreciar además que sí existen picos de consumo, en este caso en el segundo tercio del año (Mayo, Junio, Julio, Agosto).

El gas es utilizado como energía primaria para tres propósitos, siendo éstos: la generación de vapor, para lo cual se cuenta con dos calderas, como combustible para quemadores de los secadores por aspersión y finalmente como combustible en el oxidador térmico, el cual tiene como fin eliminar olores fuertes y/o desagradables al ambiente provenientes de la corriente de desecho de los secadores por aspersión.

Después de revisar los procesos y el tipo de equipamiento y actividades podemos encontrar que los usos más frecuentes para este energético son:

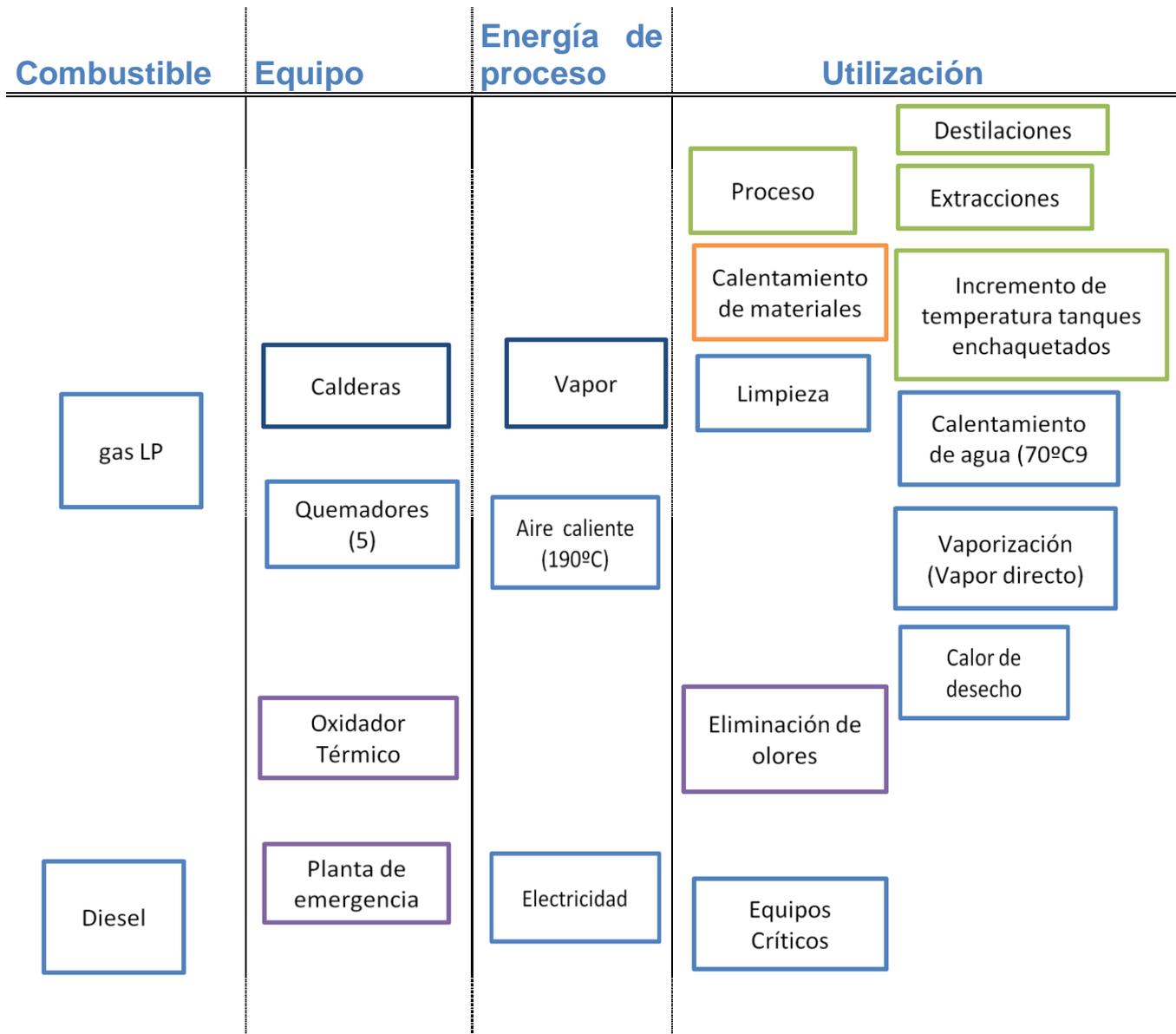
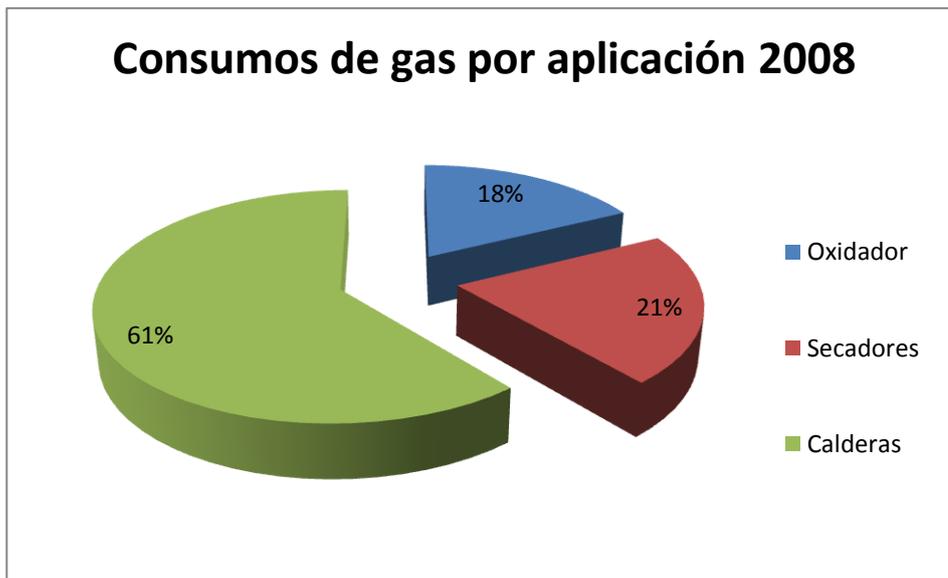


Figura 4.17 Usos de combustibles líquidos en la empresa.

A continuación se muestra la distribución del consumo de gas en porcentaje por equipo en el año 2008.



Grafica 4.18 Distribución del consumo de gas por equipo en 2008.

De la figura 4.18 claramente sobresale el alto consumo que requiere la generación de vapor en las calderas respecto a las otras dos aplicaciones, lo cual da un indicio de cuál es el/los equipos y procesos que tienen un mayor impacto en el gasto energético.

Se realizó la misma figura para el año 2009, ya que se encontró que a partir de esa fecha se dejó de utilizar el Oxidador Térmico, nótese de la figura 4.16 que en ese año el consumo general disminuyó ligeramente.

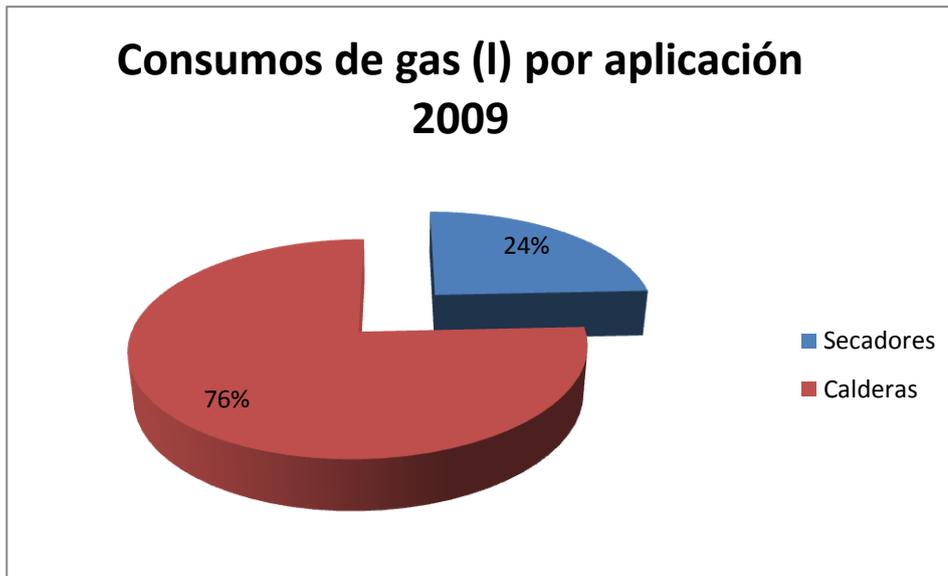


Figura 4.19 Distribución por usos del consumo de gas en 2009.

El impacto que representa la generación de vapor es más notorio, con respecto al incremento de los Secadores, confirmando que un área importante de oportunidad para el ahorro y gestión de la energía en la empresa es la generación de vapor.

Para visualizar de una mejor manera este comportamiento se tomaron los promedios de los consumos mensuales de gas en las calderas, nuevamente con la finalidad de identificar períodos de incremento de consumo.

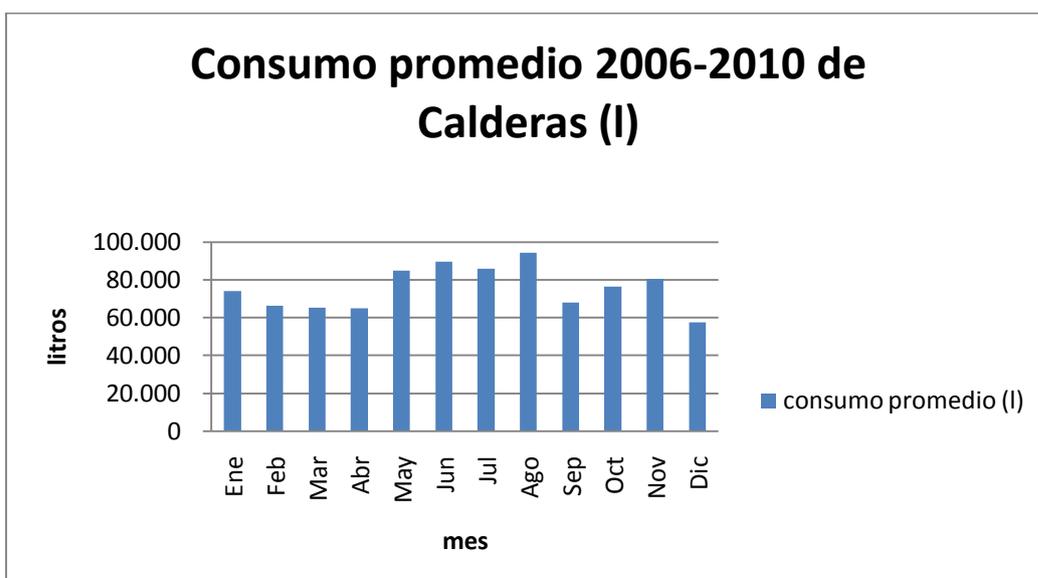


Figura 4.20 Consumo mensual promedio de las calderas de 2006 a 2010

En la figura 4.20, de las calderas y debido al alto porcentaje que representa del consumo general de gas LP en la planta, también se puede notar un incremento en el segundo cuatrimestre, siendo Agosto el mes de mayor consumo.

De igual forma se tomaron los promedios mensuales de los años 2006 al 2009 para el consumo de gas en los secadores por aspersion, es importante mencionar que a diferencia del vapor generado en las calderas, los secadores trabajan de acuerdo con la demanda de producción, se esperaría que el consumo tenga una relación significativa con el volumen de producción del mes.

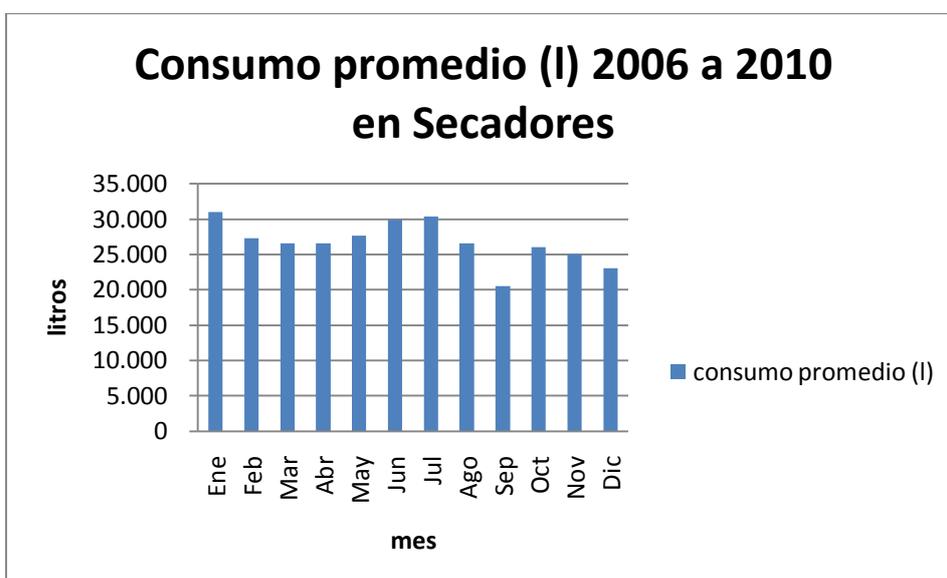


Figura 4.21 Consumo mensual promedio de los secadores de 2006 a 2010

El comportamiento del consumo mensual muestra un parecido con el de la producción, aunque a diferencia de la producción se puede apreciar que Enero es un mes de alta demanda de gas LP.

Finalmente se realizó el mismo análisis promediando los consumos mensuales del Oxidador Térmico, cabe señalar que éste dejó de estar en operación a partir del año 2008, debido a cuestiones de seguridad y de operación en la planta. El consumo esperado del Oxidador tendrá que tener una relación con el volumen y cantidad de órdenes de Secados, ya que es un equipo cuya función es eliminar los olores de la corriente de salida de los secadores.

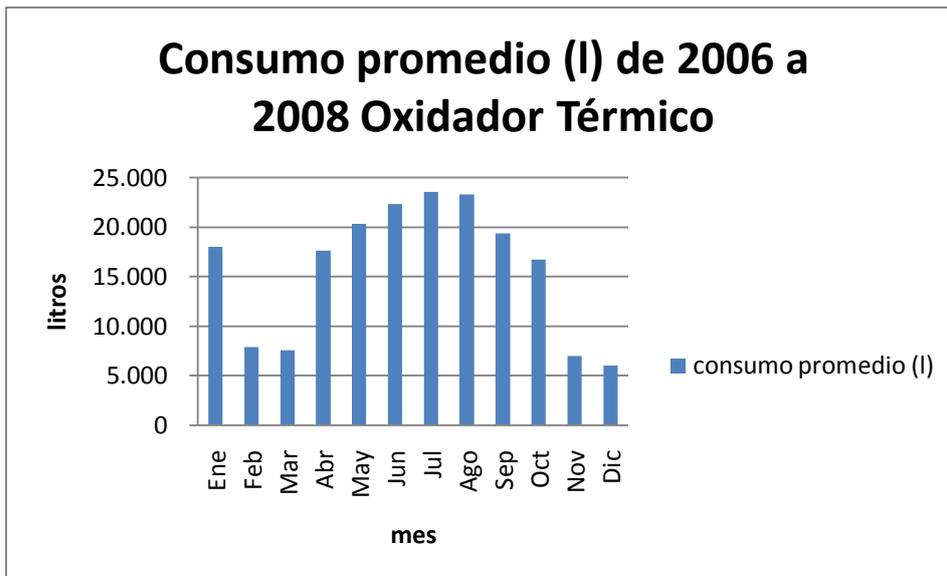


Figura 4.22 Consumo mensual promedio del oxidador térmico de 2006 a 2008

Con la excepción del mes de Enero, se observa que el consumo es ascendente hasta el mes de Julio, donde tiene su máximo valor y a partir de ese momento se vuelve descendente hasta el final de año, el comportamiento del mes de Enero se puede entender debido al alto consumo que se tuvo en los secadores ese mes.

4.3 Consumo de electricidad

De igual forma que se hizo para los consumos de gas, para el consumo de electricidad se tomaron los valores de los años 2006 hasta el 2010, y se observan en la figura 4.23. El tipo de tarifa que tiene la empresa es HM (horaria).

Se puede notar que no presenta variaciones importantes durante el período analizado. Con esta figura se puede apreciar el comportamiento anual del consumo, sin embargo para tener más claro el comportamiento que se da a través del año.

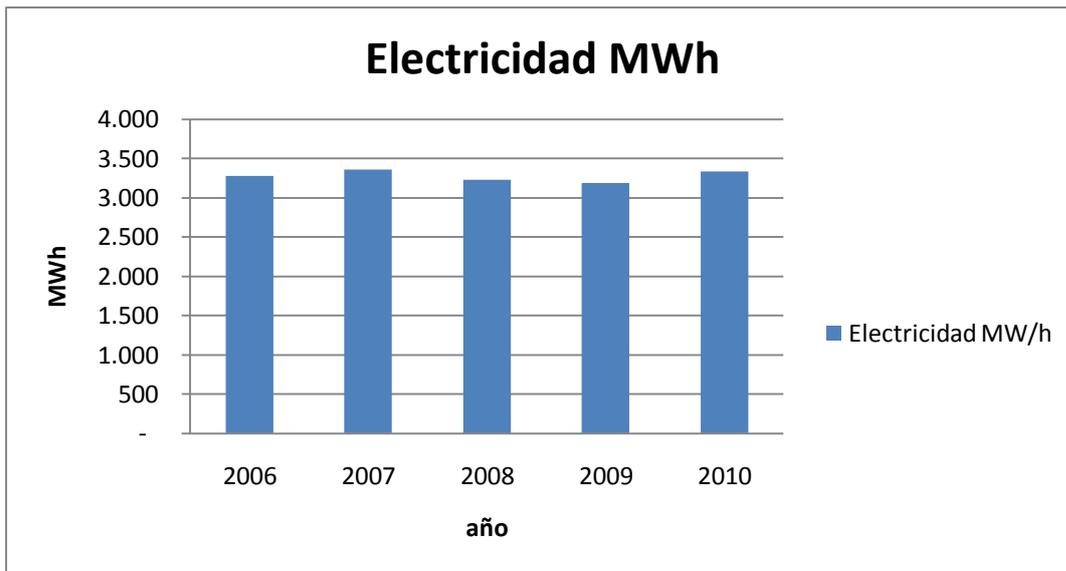


Figura 4.23 consumo de electricidad anual del 200 a 2010

En la figura 4.23 se nota que a lo largo de los últimos cinco años no hubo una variación muy grande en cuanto al consumo eléctrico en la planta.

Se graficó el consumo eléctrico junto con la producción total de la planta, en la siguiente figura se muestra el comportamiento de ambos.

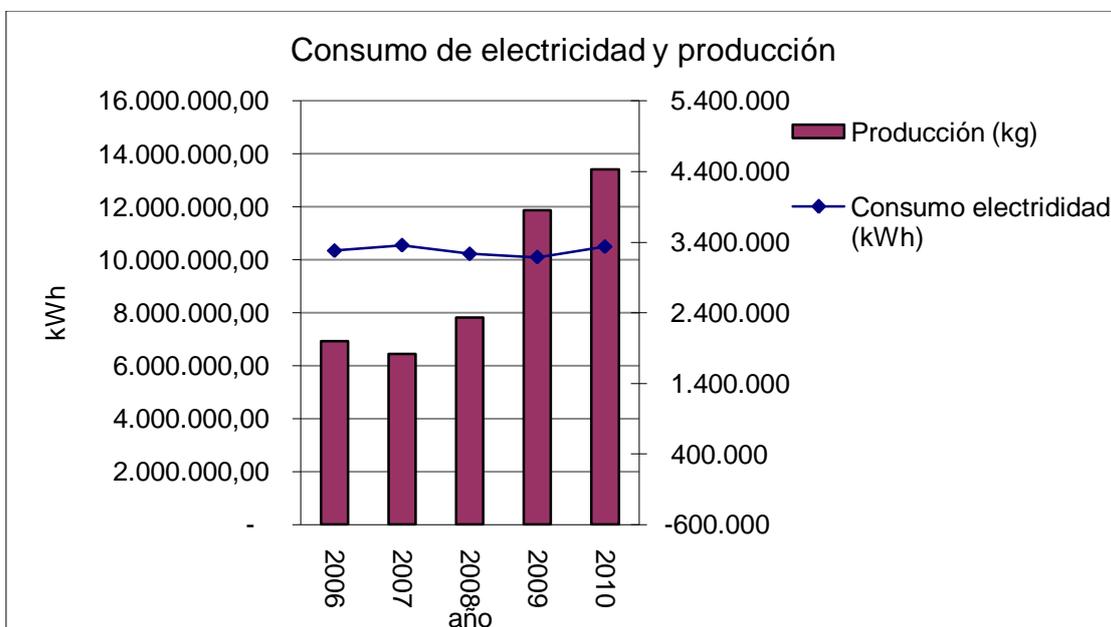


Figura 4.24 Consumo de electricidad y producción de 2006 a 2010

La figura 4.24 muestra que en términos globales de consumo eléctrico y producción, no hay un impacto con el incremento de volumen producido, lo que pudiera explicarse

diciendo que la mayor parte importante del consumo eléctrico se utiliza para fines administrativos y/o conservación.

También se graficó el comportamiento de acuerdo a la tarifa que se maneja, en la cual se identifican tres períodos, base, intermedia y punta, cada uno tiene un costo diferente siendo el de mayor costo el consumo en punta, y el menor en base.

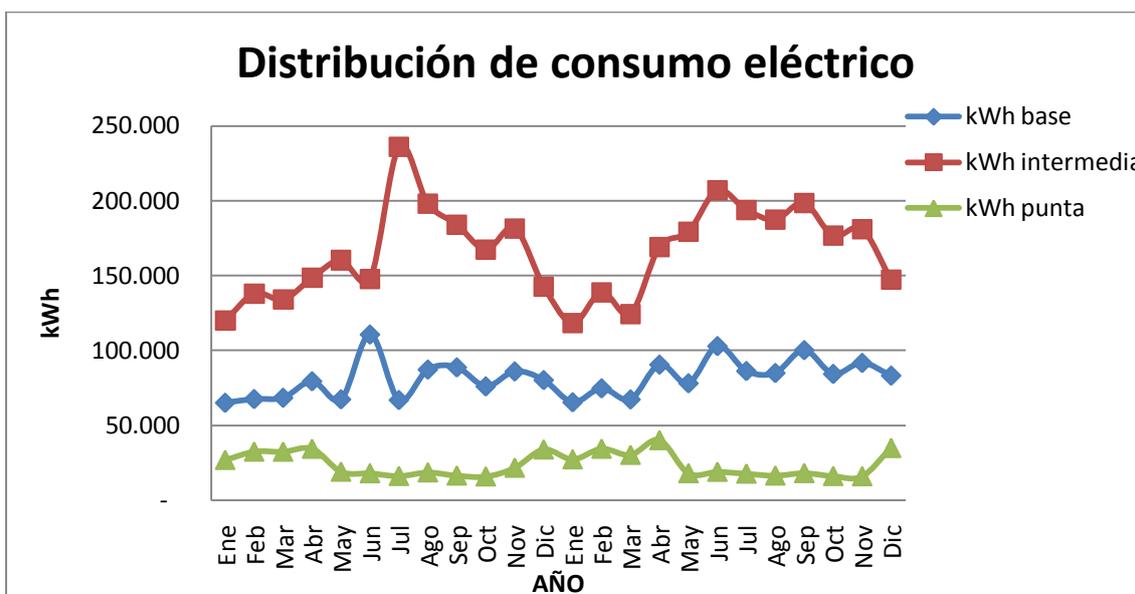


Figura 4.25 Distribución del consumo por período.

Con la figura 4.25 se observa que el mayor consumo se realiza en el período de intermedia, una medida que puede ayudar al ahorro económico, es intentar escalonar y/o reorganizar, en la medida que sea posible sin afectar los objetivos de la empresa, el consumo en los diferentes períodos, por ejemplo tratar de incrementar los procesos de algo consumo eléctrico que se puedan hacer en el período base.

Una distribución más general se muestra en la siguiente tabla.

kWh base	30%
kWh intermedia	61%
kWh punta	9%

Tabla 4.2 consumo en los diferentes períodos de acuerdo a tarifa HM.

A continuación se presenta una figura que representa los promedios mensuales del consumo total eléctrico desde 2006 hasta 2010.

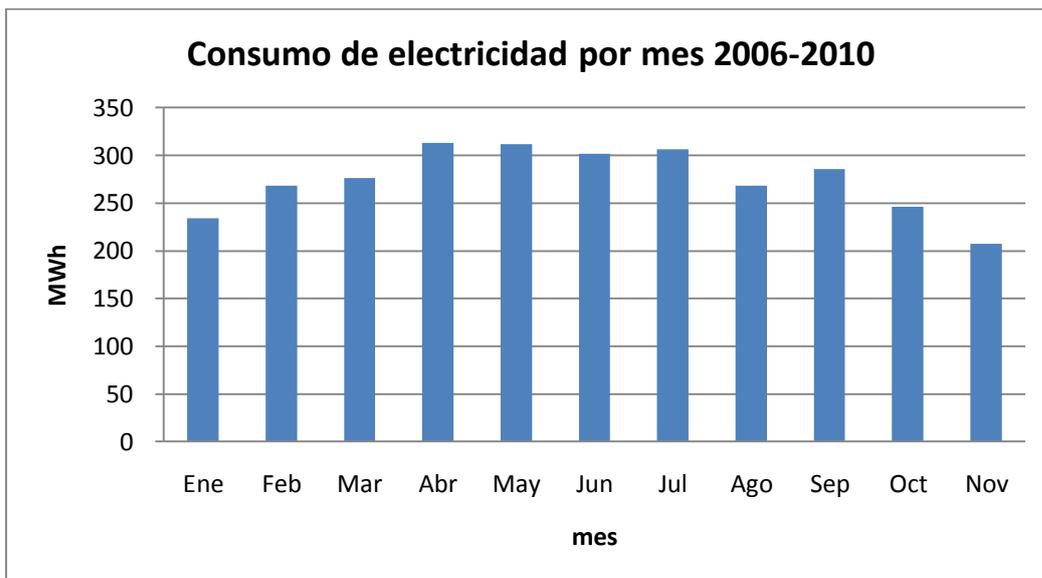


Figura 4.26 Consumo mensual promedio de electricidad 2006 a 2008

El comportamiento del consumo eléctrico durante el año también presenta picos y puntos bajos de manera similar al del gas, con un mayor consumo en el segundo trimestre del año.

En el siguiente esquema se muestra los principales usos de la energía eléctrica:

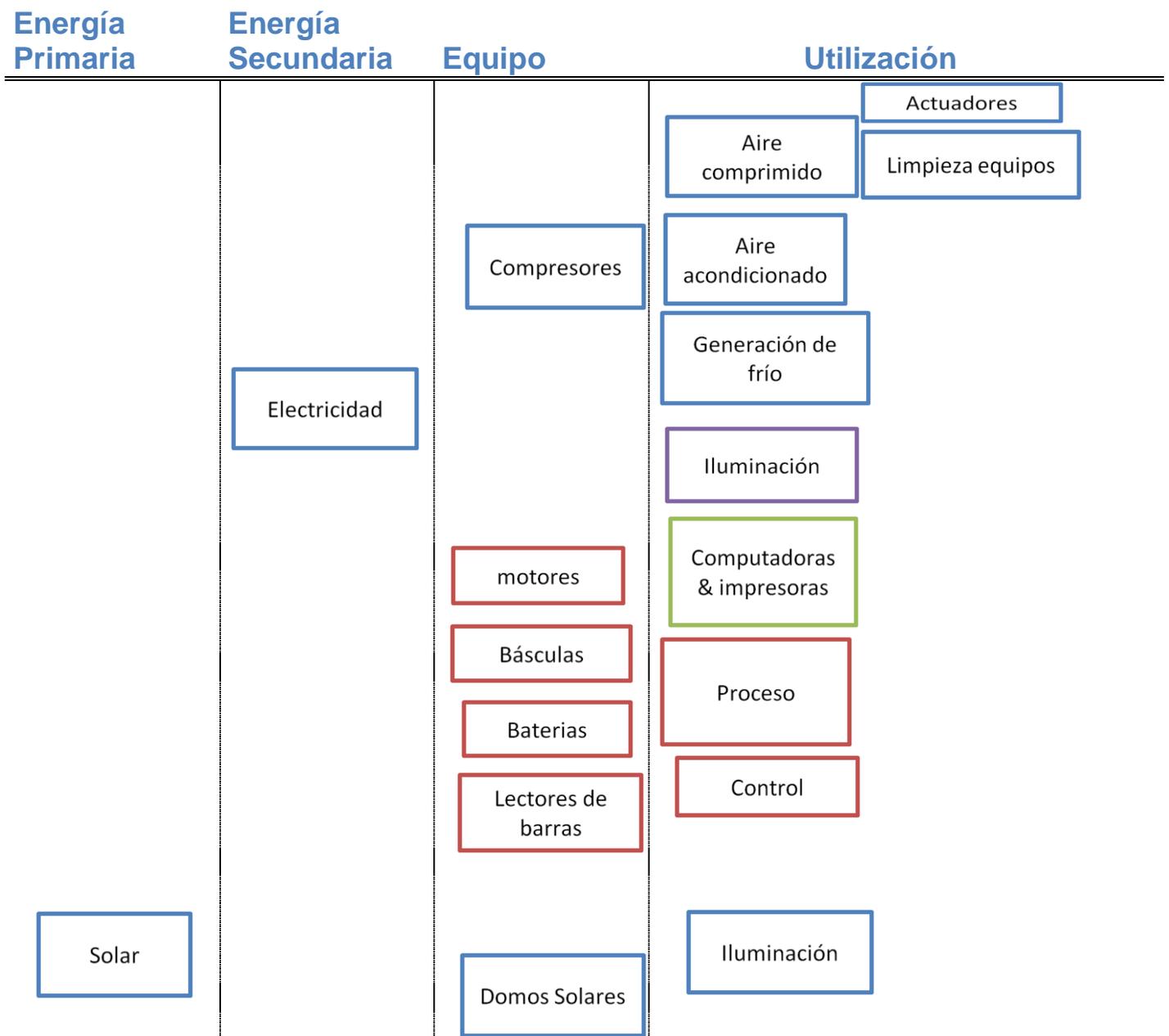


Figura 4.27 Principales usos de la energía eléctrica en la empresa

El consumo eléctrico de la empresa es más difícil de analizar debido a que no se tiene dividido cuánto se utiliza en los edificios administrativos y cuánto en la planta de proceso, sólo se cuenta con el recibo global de la Comisión Federal de Electricidad CFE. Esto es una limitante para encontrar puntos de desperdicio o uso ineficiente. Como se puede apreciar, en la figura 4.27, hay una utilización de energía solar para iluminación, esto es por un proyecto que se realizó en el año 2007, en las áreas de

producción y almacenes y son domos solares. La empresa fabricante de estos domos para iluminación es Ciralight.

Resultados del análisis de regresión

Para llevar a cabo este análisis se tomaron los datos históricos de los kg producidos del 2006 al 2010 en el área de secados, ya que sólo de esa área se conocen los datos de consumo de gas LP y producción, así como de los consumos de los tanques de gas LP que alimentan a los quemadores de los secadores, y de esa forma encontrar una relación entre ambas variables.

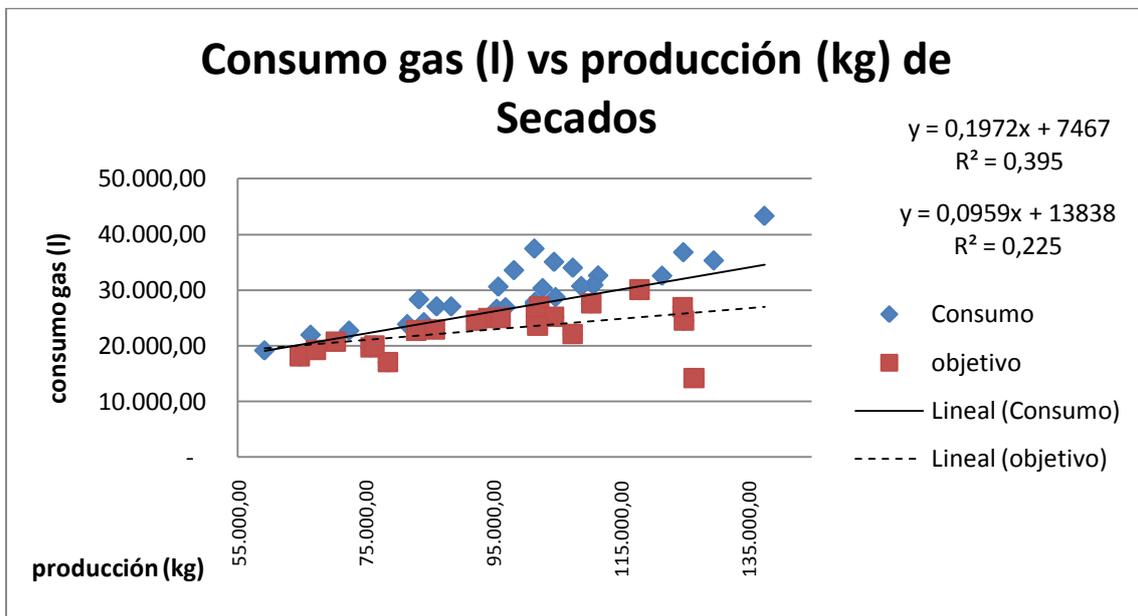


Figura 4.28 figura de producción vs consumo de gas en secados.

En la figura 4.28 se observa una gran dispersión en los resultados, esto puede ser debido a una falta de control en los procesos y la falta de control y supervisión con la que se operan los equipos, ya que se pueden notar meses con un consumo muy alto, pero sin que la producción haya sufrido un incremento considerable, también es probable que se debe a la diversidad de productos, ya que requieren consumos de gas distintos, tomando un periodo tan grande y todos los productos el análisis es muy agregado.

Se tomaron los datos de cada año para hacer nuevamente la correlación y encontrar cual año presenta mayor dispersión, así tratar de entender qué sucedió en dicho período y hacer un análisis de lo ocurrido.

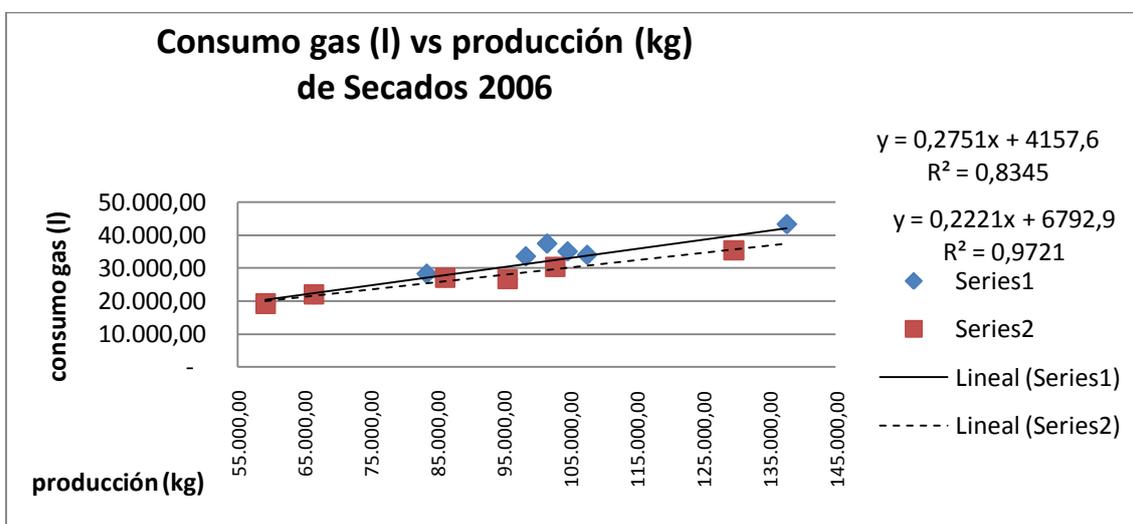


Figura 4.29 consumo de gas LP en los secadores vs producción del área en 2006.

En el año 2006, la correlación entre el consumo de gas de los 5 secadores vs la producción total del área es mejor respecto a la figura 4.28, con un coeficiente de 0.8345. Con la ecuación que se ve en la figura 4.29 se tuvo una carga variable de 0.2751 y una carga base de 4157.6, los consumos de gas LP estuvieron entre 19 199 y 43,350 litros y una producción mensual mínima de 59,205 y una máxima de 137,621 kg.

Se puede determinar el porcentaje de energía no asociada a la producción con la ec.

$$Ena = (b/xprom).100, \%$$

En donde:

Xprom es el promedio de la producción en el periodo analizado.

El valor que se obtiene para el año 2006 es.

$$Ena = (4157.6/31051.58).100, \%$$

$$Ena=13\%$$

Se realizó el mismo análisis para los siguientes años de forma individual a continuación se muestra la figura para el año 2007.

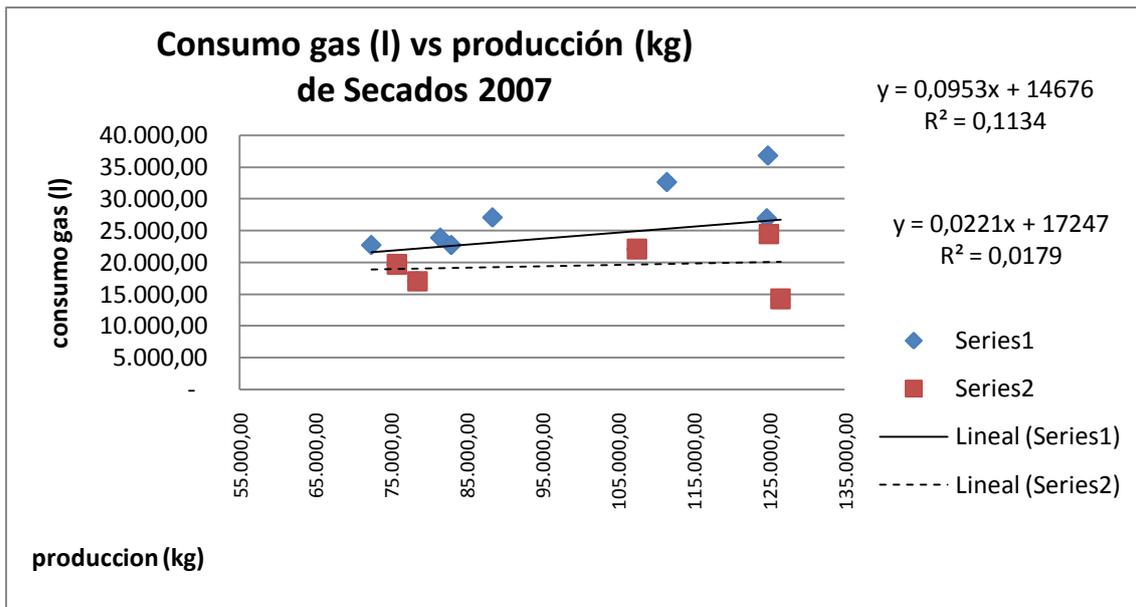


Figura 4.30 consumo de gas LP en los secadores vs producción del área en 2007.

En el año 2007, la correlación entre el consumo de gas de los 5 secadores vs la producción total del área muestra una dispersión alta, con un coeficiente de 0.1134. Con la ecuación de la regresión se puede notar que se tuvo una carga variable de 0.0953 la cual es mucho menor que el año anterior, y una carga base de 14,676, esta vez, mayor a la del 2006, los consumos de gas LP estuvieron entre 14,250 y 36,821 litros y una producción mensual mínima de 72,475 kg y una máxima de 126,560 kg.

Si aplicamos la ecuación de la energía no asociada el valor que se obtiene para el año 2007 es:

$$Ena = (14\ 676/24\ 208).100, \%$$

$$Ena=61\%$$

El valor de la energía no asociada es alto respecto al año 2006, sin embargo, tanto el consumo total como el promedio en ambos años, en el 2007 fue menor, de acuerdo con el método esto se debe a una mejor operación que resultó en un valor muy pequeño para la pendiente o carga variable.

A continuación se muestran las figuras y los valores de las ecuaciones para los siguientes dos años.

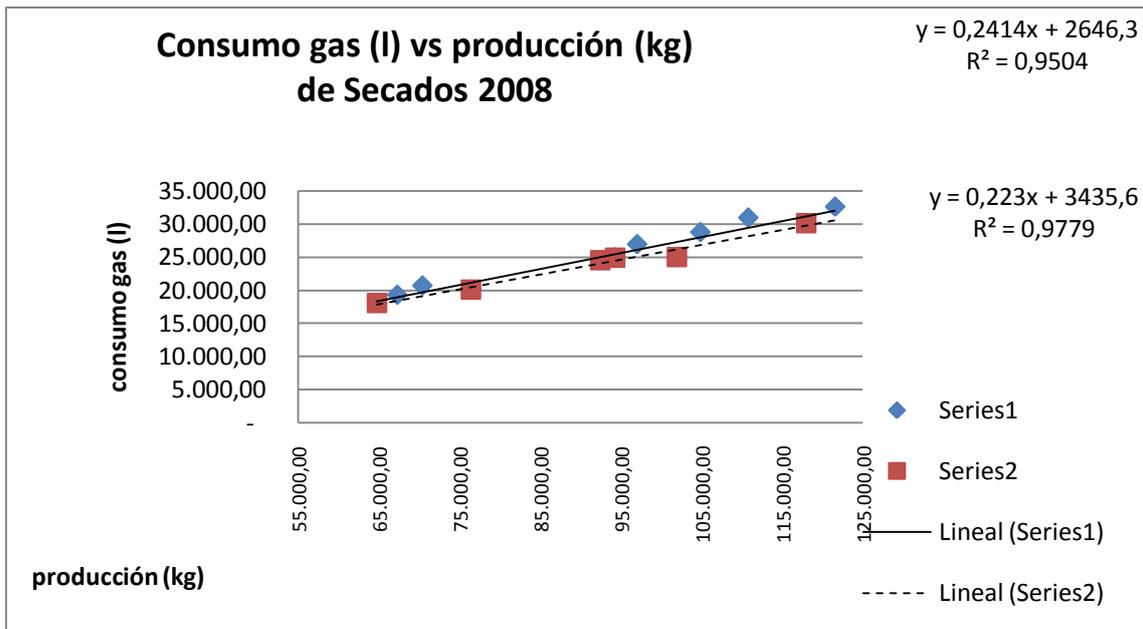


Figura 4.31 Consumo de gas LP en los secadores vs producción del área en 2008.

Para el año 2008, la correlación entre el consumo de gas de los equipos vs la producción total del área nuevamente es de mejor calidad, la ecuación de la recta de la regresión tiene un coeficiente de 0.9504. Con dicha ecuación se ve que se tuvo una carga variable de 0.2414 y una carga base de 2646.3, los consumos de gas LP estuvieron entre 18 070 y 32 602 litros con una producción mensual mínima de 64 748 kg y una máxima de 121 565 kg.

Si nuevamente aplicamos la ecuación para la energía no asociada y el valor que se obtiene para el año 2008 es:

$$Ena=11\%$$

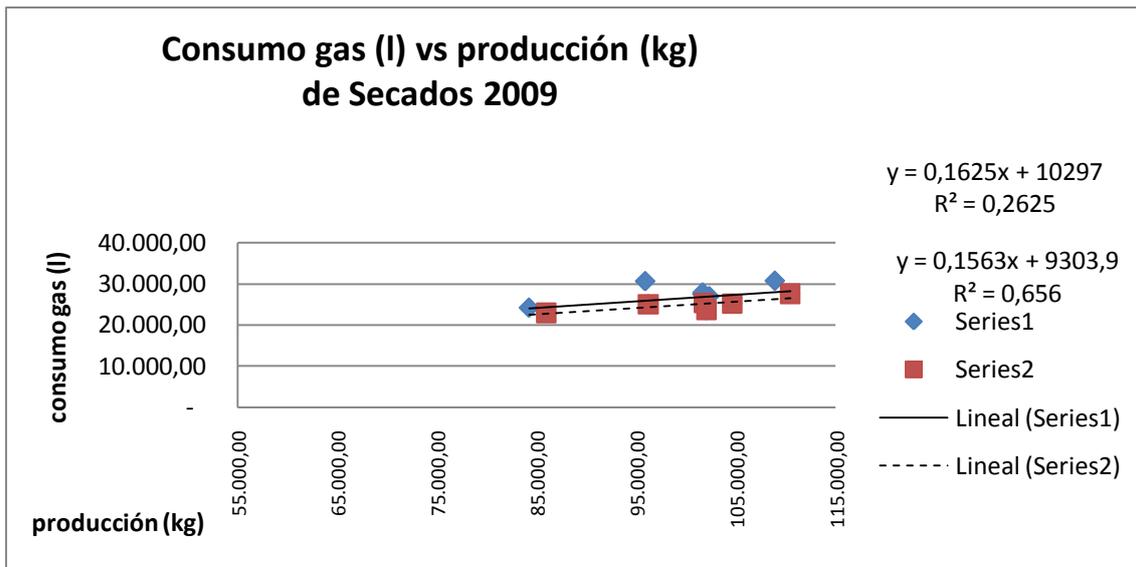


Figura 4.32 Consumo de gas LP en los secadores vs producción del área en 2009.

Finalmente para el año 2009, se tomaron los datos y se obtuvo la correlación entre el consumo de gas de los 5 secadores vs la producción total del área, el coeficiente de regresión fue 0.2625. De la ecuación que se observa en la regresión se nota que hubo una carga variable de 0.1625 y una carga base de 10 297, los consumos de gas LP estuvieron entre 22 949 y 30 750 litros y una producción mensual mínima de 84 219 y una máxima de 110 434 kg.

Aplicando la ecuación de energía no asociada el valor que se obtiene para el año 2008 es:

$$Ena=39\%$$

Para poder hacer una mejor comparación en cuanto a los comportamientos de cada año se graficaron las rectas obtenidas de las regresiones.

En la siguiente figura se muestran dichas rectas y se podría establecer que año tuvo un mejor uso de combustible en el mismo proceso.

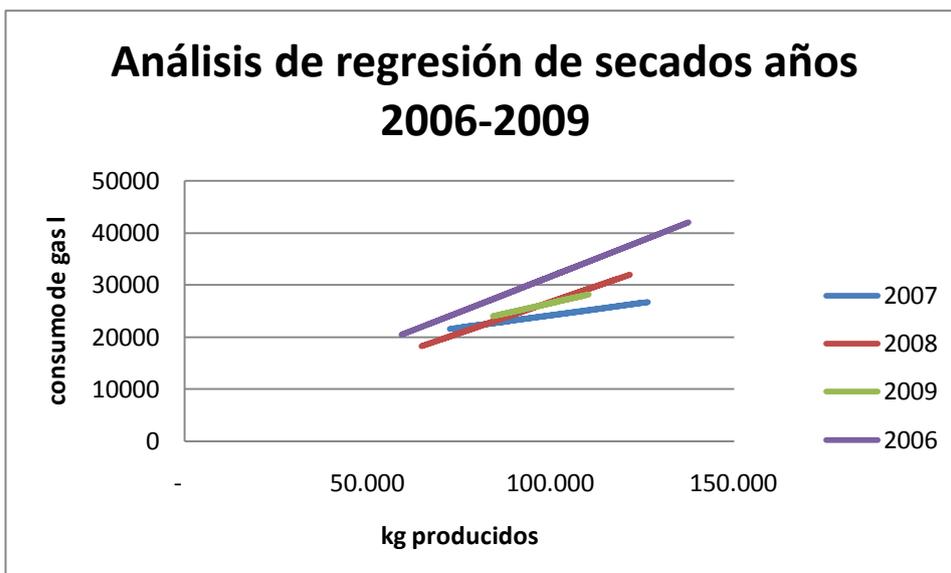


Figura 4.33 Líneas de regresión de secados para los años 2006, 2007, 2008 y 2009.

En la figura 4.33 se puede notar que los años 2008 y 2006 tuvieron un comportamiento muy similar en su carga variable, aunque en 2008 la carga base fue menor, el año con menor variación en cuanto a producción y consumo de gas LP fue el 2009, finalmente en 2007 se observa un menor consumo a pesar de que tiene la carga base y una de mayor magnitud.

A continuación se presenta una tabla con los consumos totales en cada año.

Tabla 4.3 Consumo de gas anual

año	Consumo gas LP (l)
2006	372.619,00
2007	290.500,00
2008	302.021,00
2009	317.852,00

Con la tabla 4.3 se puede comprobar que el año 2007 fue el de menor consumo y tuvo una producción mayor a la de 2008 y 2009. Es importante tomar en cuenta estos análisis para que después se pueda determinar qué factores o condiciones influenciaron para que un año se tuviera un menor consumo energético con una producción mayor y así poder aplicarlos en las metas futuras para la gestión energética de la industria. También es importante notar que en el año 2007 fue cuando se obtuvo un mayor porcentaje de energía no asociada, esto puede ser debido a que

hubo una mayor cantidad de órdenes y hubo que hacer un mayor número de pre-calentamientos.

Diagrama índice de consumo – producción (IC vs. P)

Si aplicamos el índice de consumo para la producción total de los secadores vs el consumo de gas LP obtenemos la siguiente gráfica:

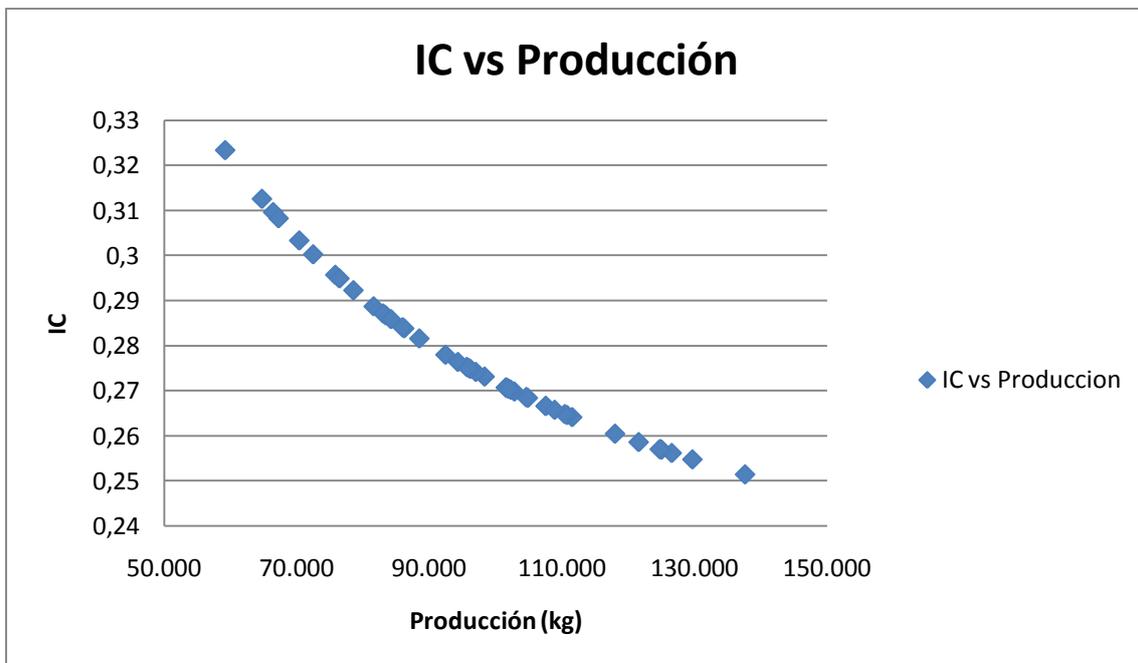


Figura 4.34 Gráfica de Índice de consumo vs producción para el área de secados.

Se realizó la figura 4. 34 IC vs P, para cada año en el departamento de secados y se muestra a continuación.

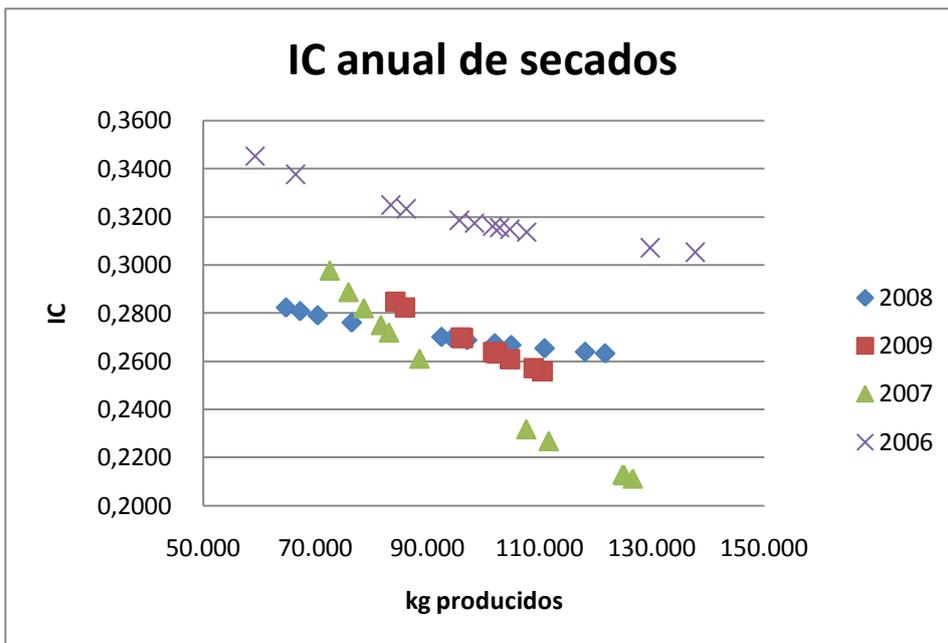


Figura 4.35 Gráfica de Índice de consumo de área de secados por año.

Ahora se puede apreciar que cada año tuvo un comportamiento en cuanto al índice de consumo diferente, también se aprecia que el año 2008 fue el que mantuvo este indicador más constante, mientras que en 2006 fue el más alto de todos, incluso su valor más bajo es aún mayor que el del resto de los años, sobresale que en el año 2007 se encuentran valores de IC menores para prácticamente los mismos volúmenes de producción.

También se realizó una gráfica comparando el índice de consumo de gas LP dividido entre la producción de cada año.

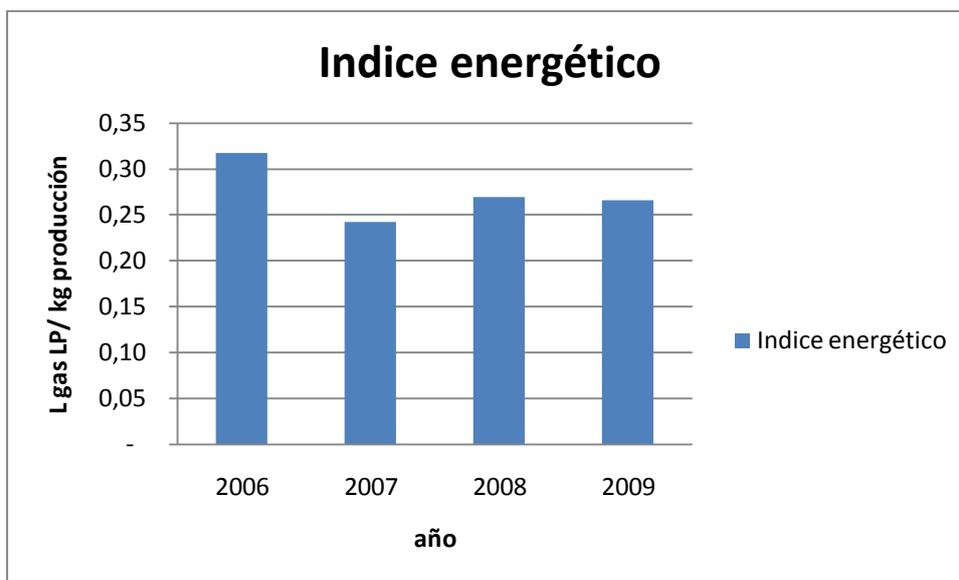


Figura 4.36 Gráfica de Índice energético por año.

Con la gráfica 4.36 se puede notar que en el año 2007 se tuvo el menor consumo por kg producido en el área de secadores.

De acuerdo con las gráficas 4.35 y 4.36 el año 2007 debería ser el año que se tome como objetivo para los siguientes, aunque es necesario revisar que fue lo que provocó el consumo tan alto en la carga base.

Si se toma el año 2007 como base se obtiene la siguiente figura Cusum, en donde se muestran los posibles ahorros que se hubieran logrado de establecer objetivos concretos para esta área.

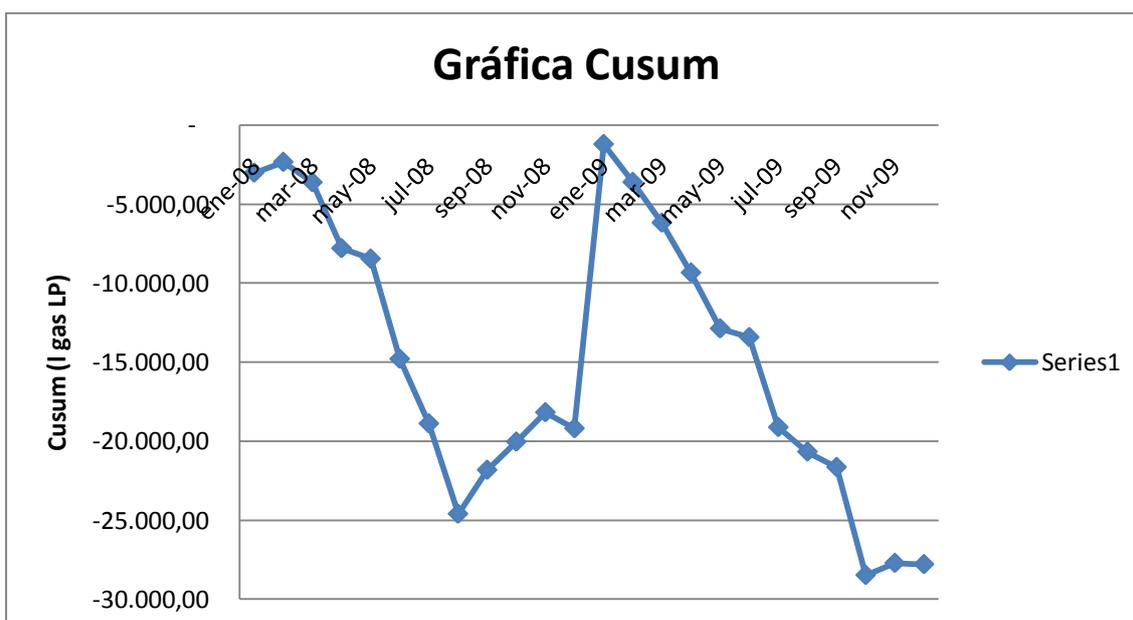


Figura 4.37 gráfica Cusum para los años 2008 y 2009 en secados.

El comportamiento es irregular, ya que a pesar de que hasta octubre consistentemente se tiene una pendiente negativa, el último tercio del año cambia la pendiente. Esto puede ser debido al tipo de proceso, y qué se fabrican una gran variedad de productos, también al hecho de que no se tengan establecidas metas de ahorro energético y producción, pero muestra cómo se ha incrementado el consumo de gas LP en los meses de los años 2008 y 2009.

De haber fijado un objetivo para el 2008 y considerando un comportamiento similar en la variedad y cantidad de productos que se tuvieron en el año 2007, el posible ahorro de gas LP pudo ser del orden de 20,000 l y para el 2009 posiblemente se hubieran logrado ahorrar 27,798 l, estos tipos de análisis permiten entender el comportamiento y tendencias de los consumos, sería importante que en un futuro se tuvieran dentro de los objetivos de la compañía y que fueran monitoreados para buscar tener un consumo óptimo relacionado a los niveles de producción de esta área. También se requiere tener información más desagregada para poder tener datos y tendencias más confiables y cercanas a la realidad.

Para este caso particular sólo es posible hacer un análisis a este nivel para los secadores, ya que es donde se tienen los datos de consumo del área, aunque sería mejor tener el consumo por cada equipo con la instrumentación adecuada, así como el volumen de producción y tener un mejor análisis y fijar objetivos por equipo.

Un aspecto fundamental a tomar en cuenta para la gestión energética es el ambiental, para una industria normalmente el principal objetivo es el de reducir los consumos y así disminuir los costos de producción, algo que con una correcta gestión de la energía se puede lograr.

Para evaluar el impacto ambiental de uno o más procesos se pueden tomar factores de emisión de CO₂ de combustibles, para el gas LP es de 65 kgCO₂/GJ_{PCI} tomado del Informe Inventarios GEI 1990-2006 (2008).

Si se toma el ejemplo del consumo de los secadores y el posible ahorro que se podría lograr mediante la gestión y un mejor control por objetivos se obtiene que en el año 2008 con un ahorro de 19,196 l de gas LP y de 27,798 l, el equivalente en KgCO₂ evitados sería: 1,256.25 kg CO₂.

Este análisis sólo pudo ser realizado en un área de la planta de producción, debido a la falta de datos y control de los consumos de energéticos que se tienen.

CONCLUSIONES

5.1 Resultados obtenidos

Con el presente trabajo se puede notar que es posible observar tendencias y comportamientos de consumo de combustibles en la industria de saborizantes, específicamente el proceso de secado por aspersion, con ello se podrían generar ahorros e implementar metodologías que ayuden a lograr una mejor gestión energética, en este caso, debido a la falta de instrumentación y datos no fue posible hacer un análisis más detallado, también porque se tenían datos muy agregados y no se pudo hacer una separación por productos, sin embargo, en un aspecto general fue posible encontrar relaciones entre los consumos de gas LP y la producción de un área. Esto es un buen inicio ya que a partir de éstas relaciones es posible fijar objetivos en la operación para un uso más eficiente de los energéticos, por ejemplo monitorear el siguiente año para controlar que el índice de consumo no sea superior al esperado u obtenido en un año base.

Debido al tipo de industria y a la flexibilidad en la producción, en cuanto a horarios, variedad de productos, tamaños de lote y variedad de equipos, se puede notar irregularidad en los resultados, todo ello aunado a que no se logró obtener la información desagregada para hacer un análisis más fino, también se encontró una falta de seguimiento y control del uso de los energéticos.

Si bien la forma de operación de la empresa está definida debido al giro y a la exigencia de los clientes, un análisis más preciso de r gestión de la energía requiere de un mayor conocimiento del comportamiento de los consumos de combustibles y energía y su relación con el volumen de producción por tipo de productos cuyos procesos sean similares, evitando así el problema de dispersión, el número de órdenes y el mantenimiento a los equipos.

Para lograr un mejor análisis es recomendable mejorar el nivel de instrumentación que se tiene actualmente, y tratar de medir por separado el consumo del gas LP para el resto de las áreas, también hacer una matriz de los productos y los requerimientos de cada uno, o en su defecto agruparlos de acuerdo a sus características principales y poder evaluarlos de esa manera.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Damien C.A. Muller a, Francois M.A. Marechal a,* , Thomas Wolewinski b, Pieter J. Roux An energy management method for the food industry, 2007 Applied Thermal Engineering 27 (2007) 2677–2686
- [2] Marc A. Rosen, Associate Editor, Exergy and economics: Is exergy profitable?, Exergy, an International Journal 2 (2002) 218–220, Viewpoint article
- [3] Marc A. Rosen, Ibrahim Dincer, Mehmet Kanoglu, Role of exergy in increasing efficiency and sustainability and reducing environmental impact, Energy Policy 36 (2008) 128–137
- [4] Zafer Utlu a, Arif Hepbasli b, Exergoeconomic aspects of sectoral energy utilization for Turkish industrial sector and their impact on energy policies, Energy Policy 2008
- [5] Ricardo Rivero* and A. Anaya, EXERGY ANALYSIS OF INDUSTRIAL PROCESSES, Latin American Applied Research 27:191-20(51 997) REVIEW PAPER
- [6] Ricardo Rivero, Programas Integrales de Ahorro de Energía (Exergia) en la Industria Petrolera, 1996 Revista del IMIQ ISSN 0188-7319
- [7] Balance Nacional de Energía 2009, SENER.
- [8] Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 Emissions, Agencia Internacional de Energía 2007, www.iea.org
- [9] Administración de la energía, CONAE, Dirección de enlace de Programas Regionales Apoyo al sector privado.
- [10] Proceso de identificación de oportunidades de ahorro de energía, CONAE, SENER, Dirección de enlace de Programas Regionales Apoyo al sector privado.
- [11] Pasos para ahorrar energía, CONAE y SENER.
- [12] Elementos Básicos de un diagnóstico energético orientado a la aplicación de un programa de ahorro de energía FIDE.
- [13] Juan José Ambriz García, Hernando Romero Paredes, Administración y ahorro de energía, Universidad Autónoma Metropolitana, 1993.
- [14] Juan Carlos rojas Rodríguez et al. Gestión energética, Herramientas para el control de variables por proceso, Universidad Pontificia Bolivariana, 2001.
- [15] Energy Conservation Program Guide for Industry and Commerce; National Bureau of Standards Handbook 115; U.S. Government Printing Office, Washington: 1974
- [16] Alan Hill B.I.Q, Eduardo Figueroa, Administración de los recursos energéticos, primera edición 2007
- [17] José P. Monteagudo, Oscar G. Gaitan, Herramientas para la gestión energética empresarial, Scientia et Technica Año XI, No 29, Diciembre de 2005.

[18] Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency Key, International Energy Agency Insights from IEA Indicator Analysis 2008.

[19] Assessing measures of energy efficiency performance and their application in industry, International Energy Agency, IEA Information paper 2008

[20] Balance Nacional de Energía 2007, SENER.

[21] *MSc. Ing. Gabriel Hernández Ramírez, MSc. Ing. Reineris Montero Laurencio,* DIAGNÓSTICO Y AUDITORÍA ENERGÉTICA, CEETAM, 2008

[22] www.conuee.gob.mx

[23] www.sener.gob.mx

[24] www.fide.org