



Facultad de Ingeniería Mecánica



Tesis en opción al grado de Máster en Eficiencia Energética.

**“CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA Y EVALUACIÓN DE OPORTUNIDADES
DE AHORRO DE ENERGÍA EN LA EMPRESA PROVINCIAL DE LA
INDUSTRIA ALIMENTICIA CIENFUEGOS”**

AUTOR: Ing. Marlen Sosa Forcelledo

TUTOR: Dr. Mario A. Álvarez Guerra Plasencia.

Cienfuegos. Cuba

2010

DECLARACIÓN JURADA

Por medio de la presente declaro ante el Comité Académico de la Maestría en Eficiencia Energética, que la Tesis presentada es de mi propia autoría, que no contiene material escrito por otra persona, al no ser el referenciado debidamente en el texto, y que ni en su totalidad, ni parte de ella, ha sido aceptada para el otorgamiento de cualquier otro grado científico en instituciones nacionales o extranjeras.

Fecha: _____

Firma del Autor: _____

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Por medio de la presente apruebo que la Tesis titulada "Caracterización energética y evaluación de oportunidades de ahorro de energía en la Empresa Provincial de la Industria Alimenticia Cienfuegos", del autor Ing. Marlen Sosa Forcelledo, sea presentada al Acto de Defensa en opción al Título de Máster en Eficiencia Energética.

Para que así conste firmo la presente en la Ciudad de _____, a los _____ días del mes de _____ de 20_____.

Firma del Tutor: _____

SÍNTEISIS

SÍNTESIS

En el presente trabajo se realiza la caracterización energética de la Unidad Básica Económica Productiva, perteneciente a la Empresa Provincial de la Industria Alimenticia de Cienfuegos, utilizando las herramientas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

A partir de este análisis se identifica la Fábrica de Pastas Alimenticias La Prosperidad como el mayor consumidor energético y, dentro de esta, la operación básica de secado. Por ello se realizan diagnósticos energéticos de las tecnologías de secado utilizadas y se determinan y evalúan oportunidades de ahorro de energía asociadas a las mismas.

ÍNDICE

INDICE

Resumen

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1 ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO	4
1.1 Panorama energético mundial.....	4
1.1.1 Consideraciones sobre el sector energético cubano	5
1.1.1.1 Programas y acciones nacionales llevados a cabo en nuestro país dirigidos al uso racional de la energía.	6
1.2 Caracterización de la Industria alimentaria en el mundo.....	10
1.2.1 Operaciones fundamentales de la Industria Alimenticia y sus implicaciones energéticas.	12
1.2.2 La industria alimentaria en Cuba	15
1.3. Producción de pastas alimenticias	20
1.3.1 Importancia de la fabricación de pastas alimenticias.....	20
1.3.2 Características generales de las pastas alimenticias y su fabricación	21
1.3.2.1 Descripción del Proceso de Producción de Pastas Secas.....	22
1.3.3 Proceso de secado	25
1.3.3.1 Procesos de secado industrial más utilizados en la actualidad.	27
1.3.3.2 Métodos de diseño de los secaderos.....	28
1.3.3.3 Parámetros del secado	30
CONCLUSIONES PARCIALES.....	33
CAPITULO 2 CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA EMPRESA PROVINCIAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA	34
2.1 Características generales de la empresa.....	34
2.2 Descripción general de la Unidad Básica Económica Productiva	35
2.2.1 Direccionamiento Estratégico de la Unidad Básica	35
2.2.2 Estructura de la Unidad Básica.....	36

2.3 Caracterización Energética del Centro.....	36
2.3.1 Estructura de consumo de portadores energéticos del centro.	37
2.3.2 Determinación de los principales portadores energéticos.	40
2.3.3 Caracterización de la gestión energética de la Unidad Básica.....	42
2.3.4 Estratificación de energía eléctrica.....	43
2.4 Estudio de caso Fábrica de Pastas Alimenticias La Prosperidad	46
2.4.1 Características generales de la fábrica.....	46
2.4.2 Estructura General de Gastos de la Prosperidad	48
2.4.3. Estructura de consumo de La Prosperidad.....	48
2.4.3.1 Estratificación del consumo de fuel oil	49
2.4.3.2 Estratificación del consumo de electricidad	49
2.5 Identificación de los operarios y jefes que deciden en la eficiencia energética	51
CONCLUSIONES PARCIALES.....	51
CAPÍTULO 3 ESTUDIO DEL PROCESO DE SECADO	54
3.1 Sistema de secado con vapor	54
3.1.1. Descripción	54
3.1.2. Determinación del índice de consumo.....	55
3.1.3 Comportamiento histórico de los índices de consumo	56
3.1.4 Resultados del diagnóstico energético	58
3.2 Sistema de secado con resistencias eléctricas.....	59
3.2.1. Descripción	59
3.2.2 Determinación del índice de consumo.....	65
3.2.3 Comportamiento histórico del índice de consumo.....	65
3.2.4 Diagnóstico energético realizado al área de los secaderos eléctricos.	67
3.2.5 Análisis de la humedad del producto final.	68
3.2.6 Diagnóstico del sistema eléctrico.....	69

3.3 Análisis comparativo de las tecnologías de secado	73
3.4 Cálculo del ahorro estimado por la disminución de índices de consumo al utilizar solo los secaderos eléctricos.....	74
3.5 Estrategias de operación con secaderos eléctricos.	74
3.5.1 Propuesta de estrategia de operación en horario diurno.....	75
3.5.2 Propuesta de estrategia de operación en horario nocturno.....	77
CONCLUSIONES PARCIALES.....	78
CONCLUSIONES GENERALES.....	80
RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El mundo actual enfrenta varios problemas globales, entre ellos el problema energético, asociado al aumento de precios y el agravamiento de los problemas de abastecimiento de las principales fuentes de energía (el petróleo y el gas) y el deterioro ambiental asociado y la crisis alimentaria, asociada al crecimiento de la población y la creciente demanda de productos alimenticios. Para las empresas dedicadas a la producción y comercialización de estos renglones esto representa la exigencia de nuevos métodos en los procesos de elaboración y conservación de los alimentos que permitan garantizar la calidad, reducción del tiempo de preparación y homogeneidad de los productos.

Según la literatura consultada la industria alimentaria mundial deberá aumentar la capacidad de adaptación a los nuevos intereses de los consumidores y, por otra parte, ante la diversificación de la demanda de bienes de consumo alimentarios industriales, tendrá que garantizar la disminución de los costos de producción (donde están incluidos los energéticos) y la calidad del producto con vistas a asegurar una buena posición en el mercado.

En los últimos años el Ministerio de la Industria Alimenticia cubana creció a un ritmo del 10% promedio anual, teniendo un importante peso en el consumo energético nacional. Diversos estudios han permitido identificar potenciales de ahorro de energía como: cambio de equipos consumidores por otros más eficientes, recuperación de residuales, utilización de sistemas de regulación y control y otros.

Entre los bienes alimenticios industriales que realiza la Empresa Provincial de la Industria Alimenticia en la provincia de Cienfuegos se encuentra la producción de repostería, pan, conservas de frutas y vegetales y pastas alimenticias. Para ello cuenta con varias unidades de producción subordinadas a una Unidad Básica

Económica Productiva, dentro de las que destaca la Fábrica de Pastas Alimenticias La Prosperidad como mayor consumidor energético.

Para la fabricación de pastas alimenticias se utilizan diferentes tecnologías productivas asociadas a diferentes portadores energéticos como la electricidad y el fuel oil. Por esta razón, resulta necesario implementar programas de ahorro de energía en estas instalaciones dirigidos a la reducción de los costos energéticos.

Diversos estudios muestran la existencia de importantes potencialidades de ahorro a partir de la selección y explotación adecuada de los sistemas tecnológicos, especialmente en el caso de los sistemas de secado. Es común en instalaciones de este tipo operar los sistemas de forma inadecuada, centrándose las principales causas en el desconocimiento de mecanismos de selección y regímenes de explotación adecuados de los secaderos y su equipamiento asociado. Estos elementos, combinados con las pobres prácticas de gestión energética encarecen innecesariamente el costo de producción de las empresas del sector alimenticio.

Problema Científico:

El consumo energético de la Unidad Básica Económica Productiva, perteneciente a la Empresa Provincial de la Industria Alimenticia de Cienfuegos, manifiesta una tendencia creciente y por tanto resulta necesario su caracterización energética y la evaluación de oportunidades de ahorro de energía asociadas al proceso productivo de su principal entidad productiva: la Fábrica de Pastas Alimenticias La Prosperidad.

Hipótesis

Utilizando las herramientas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente puede realizarse la caracterización energética de la empresa seleccionada y determinar las oportunidades de ahorro de energía asociadas al proceso productivo que contribuyan a la obtención de ahorros de energía significativos y el incremento de la eficiencia energética en este sector.

Objetivo General

Caracterización energética de la Unidad Básica Económica Productiva y la evaluación de oportunidades de ahorro de energía asociadas al proceso productivo de la fabricación de pastas.

Objetivos específicos:

- Realizar la caracterización energética de la Unidad Básica Económica Productiva, perteneciente a la Empresa Provincial de la Industria Alimenticia de Cienfuegos.
- Realizar la caracterización energética de la Fábrica de Pastas Alimenticias La Prosperidad, mayor consumidor energético de la UBEP.
- Realizar diagnósticos energéticos de las tecnologías de secado utilizadas y determinar oportunidades de ahorro a implementar.
- Valorar las potencialidades de ahorros que se esperan con la aplicación práctica de estas oportunidades.

CAPÍTULO I

CAPITULO 1 ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

1.1 Panorama energético mundial

Actualmente, se vive una crisis energética mundial ante la cual se deben encontrar soluciones prácticas antes de que se agoten los combustibles fósiles, es decir, antes que la situación siga empeorando.

Por esto es que el debate mundial acerca de las medidas que se deben tomar está en proceso y va evolucionando día a día. Los planteamientos van desde si se debe producir más energía hasta cambiar el modelo de desarrollo de la sociedad, de encontrar alternativas viables económica y ambientalmente, hasta la transición hacia otras formas de energía. La cuestión es saber si realmente existen formas de energías realmente viables para la vida diaria y en qué afectará esto la vida del ser humano.

La crisis energética es una situación económica grave, causada por el aumento de precios y el agravamiento de los problemas de abastecimiento de las principales fuentes de energía (el petróleo y el gas). Esta expresión surgió luego de la brusca subida de precios del petróleo en 1973, que afectó a muchos países del mundo. El aumento de los precios derivó en problemas de abastecimiento y escasez de combustible.

Se distinguen tres cuestiones fundamentales a la hora de analizar el origen de esta crisis: la dificultad para obtener un suministro de energía; el creciente aumento de la población y el alto consumo de energía per cápita, sin olvidar de mencionar las cuestiones ambientales involucradas.

Para hacer frente a esta crisis se han ido creando estrategias o posibles soluciones que logren un menor gasto energético mundial. Según un informe de Greenpeace [1], estas son:

- La reducción de las emisiones de dióxido de carbono.
- un drástico ahorro de energía.

- la modificación de los vehículos (es decir, que funcionen con energía eléctrica y de carácter renovable).
- el total reemplazo de la energía obtenida a través de recursos no renovables por renovables.

Es necesario tener en cuenta que estos cambios suponen, en el tiempo, un ahorro muy importante para las economías nacionales, además de la gran capacidad de suministro a medida que las tecnologías para la obtención de energías renovables vayan avanzando.

La crisis energética se ha propagado mundialmente afectando a todos en mayor o menor medida, pero dejando consecuencias que, de una manera u otra, tienen secuelas drásticas en la vida de todos.

A pesar de que se formularon planes de acción, como el Protocolo de Kyoto, al que diferentes países se han adherido, o algunos otros han establecido sus propios lineamientos para hacer frente a la crisis, no resulta suficiente ante la inminente escasez de recursos energéticos. [2]

Hay diferentes sectores que tratan de buscar nuevas soluciones. Sin embargo, siguen siendo poco eficaces, considerando las graves consecuencias que conlleva esta crisis. Además se considera que, mientras los diferentes sectores involucrados no coordinen adecuadamente, no se va a llegar a un buen término.

Lo importante es ser conscientes de que el cambio empieza en uno, desde el lugar que ocupe, cuidando su actuar cotidiano, sin derrochar la energía. Se debe ser sensatos y no olvidar que esta crisis fue el resultado de la falta de consideración del hombre y por esto es el responsable de revertirla.

1.1.1 Consideraciones sobre el sector energético cubano

La crisis en el suministro energético a la economía nacional ha repercutido en mayor o menor grado en todos los sectores de la actividad económica. En virtud de las prioridades asignadas a las empresas exportadoras y a los servicios

sociales básicos en cuanto al suministro energético, el impacto sobre el resto de las empresas fue severo. Esta situación ha obligado a la dirección del país a tomar diversas medidas y programas para enfrentar esta crisis, cuyo alcance ha sido global y sectorial.

Teniendo en cuenta la extraordinaria relevancia que la administración de la energía está teniendo como elemento de regulación de la economía (de hecho, en la actualidad constituye el elemento de mayor impacto en el funcionamiento desde el nivel global), resulta de imperiosa necesidad la tarea de perfeccionar los métodos de administración de la energía. Para ello será preciso diseñar y aplicar instrumentos y mecanismos económico-financieros y de planificación energética más adecuados.

1.1.1.1 Programas y acciones nacionales llevados a cabo en nuestro país dirigidos al uso racional de la energía.

A continuación se relacionan las acciones en esta esfera que por su impacto resultan de interés:

1. La extensión del cobro en divisas de los portadores energéticos en el sector productivo (al finalizar el año 2000, el 70% de las empresas estatales realizan el pago del consumo de los portadores energéticos en divisas) lo que supone el establecimiento de precios reales para los energéticos y su alineamiento con los costos de oportunidad. Se ha observado un cambio significativo por este concepto en el comportamiento de los consumidores, en dirección al ahorro y uso eficiente.

2. El lanzamiento a fines de 1997 del Programa de Ahorro de Electricidad de Cuba (PAEC), programa que ha sido el de mayor impacto en la elevación de la eficiencia energética de la economía. El énfasis estuvo de inicio en el sector residencial, en particular en la iluminación y refrigeración, pero después se ha venido extendiendo al sector empresarial y a otras aplicaciones de la energía. Constituye un ejemplo de trabajo coordinado entre diversos organismos e instituciones nacionales, los

gobiernos territoriales, organizaciones populares y sociales y los medios masivos de comunicación.

3. La modernización de las Centrales Termoeléctricas de fuel oil y la conversión a fuel oil del sistema diesel.

4. El aprovechamiento energético del gas natural acompañante para la generación de electricidad y el consumo doméstico, fundamentalmente, lo que en adición a su efecto energético posee un impacto ambiental especialmente beneficioso.

5. La modernización de la producción y distribución de gas manufacturado, sustituyendo el consumo de portadores caros y contaminantes (nafta y coque) por el gas natural, la recapitalización de las redes de distribución y el metraje a nivel de consumidores.

6. Se ha emprendido un programa para la rehabilitación del sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica con el objetivo de reducir las pérdidas en las redes, se aplican medidas para la reducción de los servicios no metrados y un programa anti-fraude, con el correspondiente respaldo legal.

7. La ejecución de un conjunto de programas y acciones sectoriales para la elevación de la eficiencia energética, especialmente en la industria del níquel, el turismo, la industria azucarera, el transporte, las producciones de acero y cemento, la agricultura, la industria mecánica y más recientemente la ligera. En algunos de estos sectores la inversión extranjera ha tenido un importante papel en este sentido.

8. El surgimiento de un conjunto de empresas de servicios de ingeniería energética, que operan en el mercado de la eficiencia energética, básicamente del turismo y del sector autofinanciado en divisas. Ello ha permitido la participación de la banca nacional, aunque aún de manera incipiente, en el financiamiento de inversiones para mejorar eficiencia y para la modernización energética.

9. Mejoras en la planificación energética (basamento más financiero e integración con las proyecciones de ingresos y gastos en divisas) para más de 400 actividades y mejoras en los mecanismos de control del consumo de combustibles ("Control Activo", en el MINAZ y el MINAG fundamentalmente).

10. Mejoras en los servicios de información tecnológica, así como elevación del papel de la asistencia internacional, mediante la cual se desarrollan actualmente acciones de gran significación energética y ambiental, en particular con la asistencia del PNUD, la Unión Europea y la FAO, para la ejecución de Proyectos Demostrativos sobre generación de electricidad a partir del bagazo y los residuos agrícolas cañeros, utilización de otras biomásas y de diversas formas de la energía solar.

11. Se ha logrado avanzar en la electrificación de las zonas rurales y montañosas, básicamente a partir del aprovechamiento de fuentes renovables como la hidroenergía (mini, micro y pequeñas centrales hidroeléctricas) y la utilización de la energía solar en sus variantes térmica, fotovoltaica y eólica.

Los principales efectos de estas medidas comienzan a observarse a partir de 1997, cuando maduran en su conjunto los resultados de los programas implementados

Una de las tareas priorizadas del Estado actualmente, es la Revolución Energética, la cual se ha llevado a vías de hecho a través de diferentes formas:

- Realizando estudios para la aplicación y desarrollo de la energía renovable.
- Elevando la eficiencia en el uso de los portadores energéticos.
- Disminución del consumo eléctrico en la población, a partir de la introducción y cambio de equipos electrodomésticos de bajo consumo, lo que ha permitido también un incremento en la calidad de vida de la familia cubana.[3]

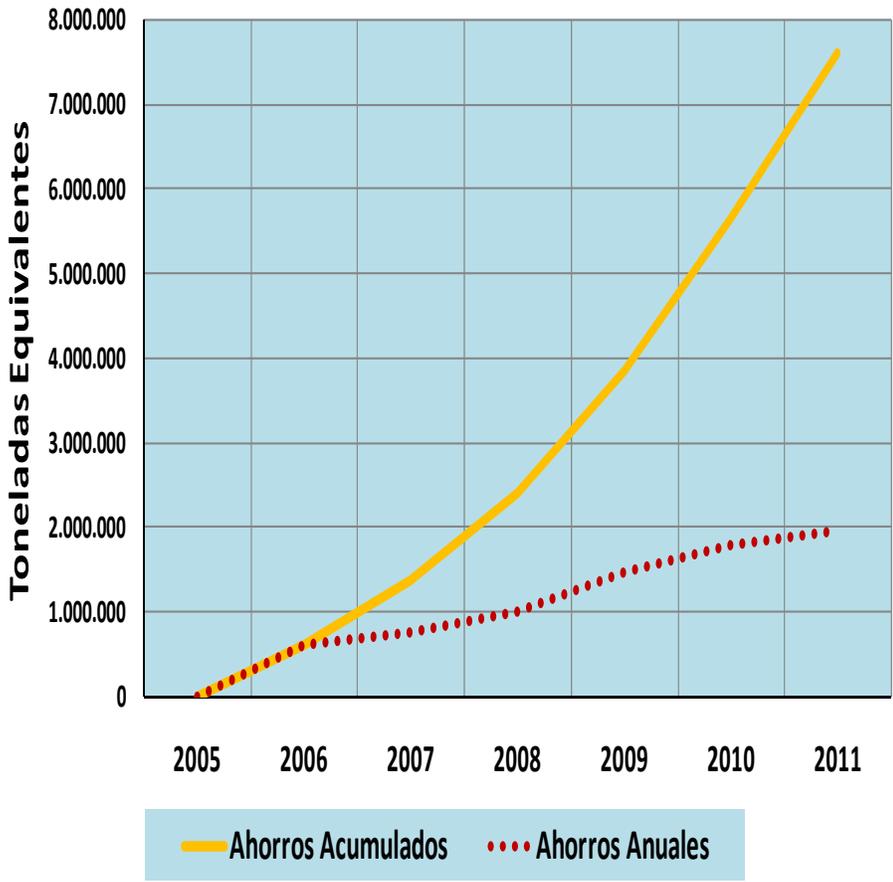


Figura 1.1 Ahorros acumulados y anuales de los programas de la Revolución energética.
Fuente: [3]

El ahorro total alcanzado con los programas de la Revolución Energética entre el 2006 y el 2007 asciende a 2 795 GWh, equivalente a 961 419 toneladas de combustible convencional donde se destacan el resultado de la Estrategia de eficiencia energética en el sector estatal.[3]

Las mejoras de la eficiencia energética se refieren a una reducción en la energía utilizada para un servicio energético dado (calefacción, iluminación, etc.) o para un nivel de actividad. Esta reducción en el consumo de energía no está necesariamente asociada a cambios tecnológicos, dado que también puede resultar de una mejor organización y gestión o de una mejor eficiencia económica

en el sector. La GESTIÓN ENERGÉTICA persigue lograr un uso más eficiente de la energía sin reducir los niveles de producción, sin mermar la calidad del producto o servicio, ni afectar la seguridad o los estándares ambientales.

1.2 Caracterización de la Industria alimentaria en el mundo

La industria alimentaria está integrada por una serie de industrias que se basan en diferentes procesos tecnológicos, donde se utilizan maquinarias y equipos para producir Bienes de consumo alimenticios industrializados (BCAI) con un considerable valor agregado. Entre las más importantes se encuentran la cárnica, la láctea, la de conservas de frutas y vegetales, la de bebidas y licores, la molinera, la confitera y la de pastas alimenticias.

El proceso de globalización que tiene lugar en el mundo está influyendo sobre el consumo alimentario de las distintas naciones; y aunque éstas mantengan en buena parte sus características propias, se va desarrollando un segmento de consumo alimentario que muestra un comportamiento globalizador, con claras tendencias hacia la homogeneización de la dieta, en la cual está presentándose un mayor componente industrializado, con independencia de la situación económica de los países y de sus diferencias en la distribución del ingreso según sean desarrollados o subdesarrollados.

En los países desarrollados la industria alimentaria se caracteriza por formas de distribución en las que se aplican nuevas técnicas de gestión de ventas, la adaptación permanente al mercado y la modernización de las técnicas de producción, embalaje, rotación de inventarios y circulación espacial de los BCAI a partir del óptimo funcionamiento de las cadenas logísticas de transporte y abastecimiento.

El consumo de alimentos en las naciones desarrolladas presenta las siguientes tendencias:

- Sustitución de muchas comidas caseras por industrializadas (sopas deshidratadas, puré de papas instantáneo, comidas preparadas y precocidas, jugos y néctares de frutas en conserva, pastas alimenticias, etc.).
- Crecimiento del consumo de frutas y hortalizas frescas en cualquier estación del año.
- Reducción del consumo de azúcar y de carne de vacuno, así como aumento de carnes blancas, especialmente de pollo. Recuperación del consumo de pescados y mariscos.
- Disminución de la leche fluida (excepto la desnatada). Aumento de los derivados lácteos (distintos tipos de yogures, quesos, helados, etc.). Sustitución de la mantequilla por la margarina. En los países subdesarrollados, sobre todo de las grandes ciudades, también se producen estas tendencias (en particular en los estratos de mayores ingresos). [4]

En los suburbios y barrios marginales de las urbes, así como en las zonas rurales, la situación alimentaria es otra; no se puede hablar aquí de tendencias alimentarias sino de subsistencia sobre la base del modo de vida tradicional.

En la actualidad, el cuidado de la salud personal demanda el consumo de productos más ligeros y naturales que se inscriben en una forma de vida más sana.

La industria alimentaria en el mundo ha diversificado mucho su producción. Este rasgo se corresponde con demandas cada vez más específicas y la adecuación de un proceso de asignación de valor con el que se busca satisfacer necesidades según criterios de gusto, edad, nivel de ingresos, salud y modo de vida. El creciente valor agregado en la producción, con base en productos diferenciados, es la respuesta a la diversificación de la demanda.

En un país en desarrollo, la Industria Alimentaria representa entre un 3 y 4 % del total de la energía utilizada en ese país (sin incluir servicios, ni transporte), esta

cifras ponen al relieve el alcance real del peso energético del sector y delimita los posibles objetivos de mejora energética a definir en el mismo. Esta industria se basa en una estructura empresarial muy particular por su atomización y consiguiente escaso dimensionamiento, pues tienen gran peso las incidencias negativas de tanta dispersión, por conllevar notables imposibilidades técnicas y financieras. Otro importante factor a tener en cuenta es la estrecha vinculación industria-materia prima, este depende de sectores primarios en condiciones de íntima dependencia, de forma que uno y otro de transmiten sus dificultades y repercusiones, de cambios tecnológicos, económicos y financieros. Es bueno señalar el escaso grado de desarrollo tecnológico alcanzado por el sector, indudablemente menor que otras áreas industriales.

Esto representa una notable desventaja, son pocas las posibilidades de encausar los desarrollos tecnológicos del mismo, con criterios diferentes a las otras áreas industriales, basados en el uso racional de la energía y en la aplicación de fuentes alternativas que están al alcance de la alimentación.

Se vislumbra que para el futuro esta industria representará más de la mitad del total de entidades empresariales en funcionamiento. Destacando en este marco la necesidad de estudiar en profundidad la repercusión energética de las operaciones y los procesos básicos de la industria e incluso los aspectos especiales que representan en determinados subsectores (Lácteo, Bebidas, Conservas frías, Maltería y Café) igualmente interesa examinar posibilidades de aplicación de fuentes alternativas (energía solar, eólica) y la revisión de procesos con vista al ahorro energético.

1.2.1 Operaciones fundamentales de la Industria Alimenticia y sus implicaciones energéticas.

En esta industria se ponen en práctica 4 operaciones fundamentales de la ingeniería alimentaria, que son agrupadas como sigue según el **Nacional Collage of Food Techology** y que implican consumos energéticos:

- Operaciones previas: (Obtención, transporte y almacenamiento de materias primas, limpieza selección y clasificación).
- Operaciones de transformación: (Reducción o cambio de tamaño, tamizado, mezcla y emulsión, filtración, estrujado, centrifugación y cristalización y conversión por tratamiento térmico).
- Operaciones de conservación: (Esterilización, pasterización, secado, congelación, irradiación y almacenamiento).
- Operaciones auxiliares: (Higiene y asepsia, agua, residuales, y transporte).

Por lo general casi la totalidad de los alimentos que ingiere el hombre, están sometidos algunas de esas operaciones, que implican cada una de por sí gastos energéticos, existiendo en ellas mismas un importante potencial de ahorro energético. [5]

Las operaciones de preparación, absorben un por ciento importante del total del consumo energético del sector alimentario, por lo que debemos prestar máxima atención, a la propuesta de soluciones energéticas óptimas para los procesos involucrados en ellas.

Dentro de las operaciones de conservación se enmarcan 2 propiamente dichas, esterilización y pasterización, además por otra parte hay operaciones de conservación que buscan otros objetivos, evaporación, deshidratación, congelación, irradiación y almacenamiento. Estas operaciones son en general importantes consumidoras de energía y por ello se prestará especial atención al examen de los procesos que los definen, a fin de identificar los procesos energéticos fundamentales.

En la siguiente figura podemos observar la estructura energética más común en la industria alimentaria, en ella están presente cada uno de los portadores energéticos, materias primas e insumos que intervienen en sus procesos, así como la interrelación de cada uno con las operaciones que se realizan.

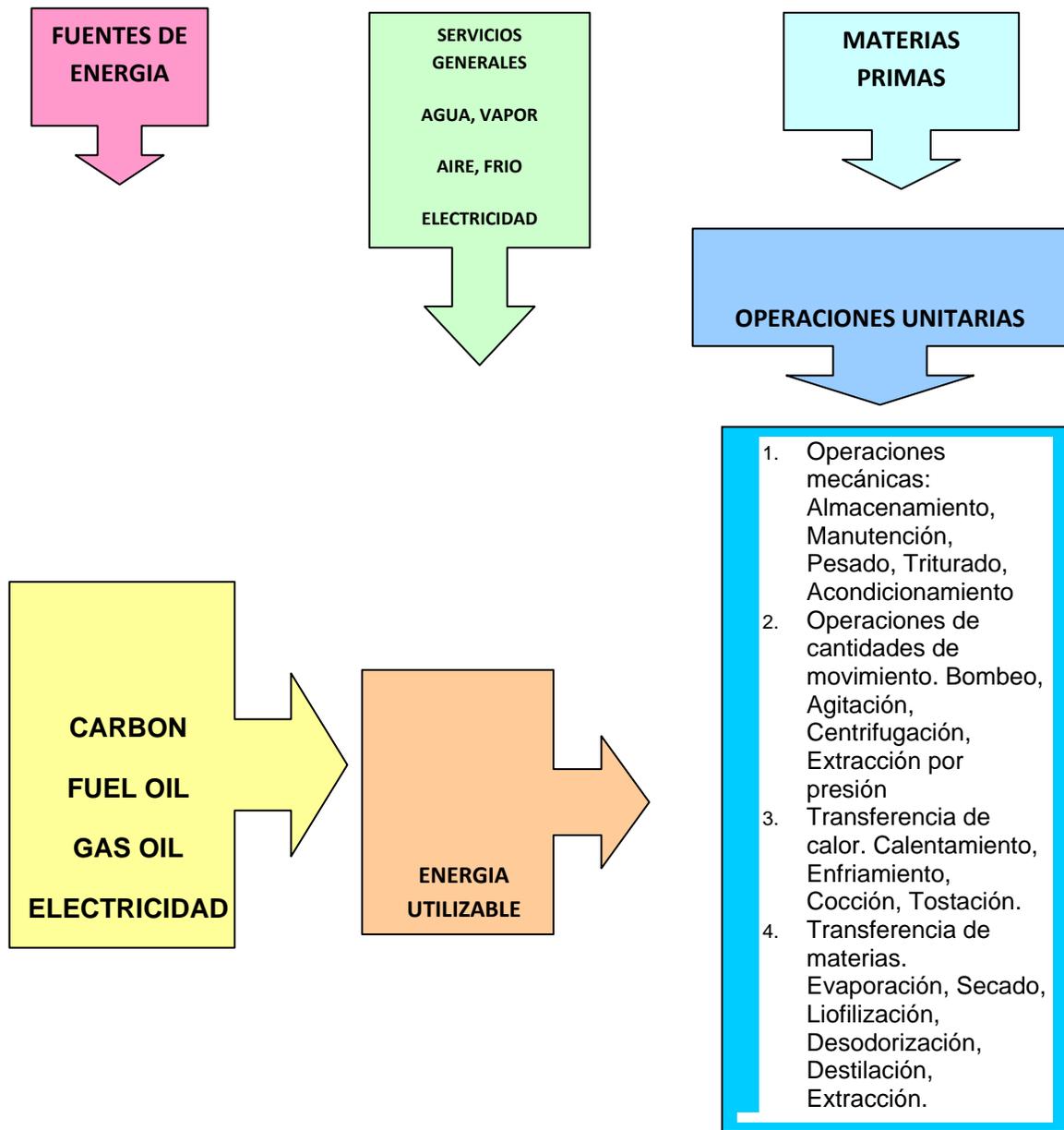


Figura 1.2 Estructura energética de una industria alimentaria. Fuente:[6]

Las principales alternativas generales de mejoras energéticas dentro del sector; según los procesos y operaciones antes descritas son:

- Correcto dimensionamiento y uso de instalaciones y materiales (vapor, electricidad, agua, presión, aire, frío, equipos e instalación).

- Recuperación de calor, siempre que sea posible (gases de combustión, condensados, aires y productos).
- Utilización de residuos y productos como fuentes energéticas y aplicación siempre que sea posible y viable, de la energía solar y mecánica, en vez de la térmica.
- Eliminar todas las pérdidas térmicas (fugas de vapor, agua, aire, manipulación transporte y canalizaciones inútiles o evitables, radiaciones electricidad, iluminación y acondicionamiento inadecuado, etc.).
- Utilización exigente de sistemas de regulación y control (sobre calderas, máquinas, bombas, compresores y transmisores).
- Utilización del calor directo (siempre que el producto o la tecnología lo permita) agua caliente, en vez de vapor, turbinas a contrapresión, bombas de calor, efectos múltiples de evaporación, técnicas de separación moderna (osmosis inversa, ultrafiltración, etc.) y otras técnicas de ahorro energéticos siempre que sean posible.
- Mentalización y colaboración del personal acerca de la necesidad de reducir drásticamente los consumos energéticos.

1.2.2 La industria alimentaria en Cuba

La industria alimentaria en Cuba está integrada por las industrias cárnicas, lácteas, de aceite, de conservas de frutas y vegetales, molinera, confitera, de bebidas y licores, pastas alimenticias así como por la distribución de esas producciones.

El Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL) es el organismo rector de la actividad en el país y produce gran parte de estos bienes. Antes de 1959 la industria alimentaria nacional presentaba en general poco desarrollo con tecnologías atrasadas y eminentemente artesanales, con la excepción de

contadas empresas que operaban con capital norteamericano o de otro país, o bien de subsidiarias estadounidenses. La producción nacional de la industria alimentaria no llegaba a cubrir las necesidades de consumo de la población, por lo que el país se convirtió en un importador casi absoluto de bienes de consumo alimenticios industriales.

Con el proceso de nacionalización de la industria por el gobierno revolucionario se crearon las condiciones necesarias para comenzar un gran desarrollo de la industria alimentaria desde los primeros años de la Revolución, iniciándose la agrupación de las fábricas por sectores especializados, así como mejoras en las instalaciones existentes y el comienzo de algunas inversiones en el sector.

El 27 de octubre de 1965, mediante la Ley No. 1.185, se crea el MINAL, organismo que concentró la producción de BICAI tanto para el consumo nacional como para la exportación del país. En 1972, con la incorporación de Cuba como miembro efectivo al sistema de integración económica de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas y los países socialistas, conocido por Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME), así como con la posibilidad de adquirir algunos créditos capitalistas, el MINAL experimentó notables transformaciones tecnológicas y organizativas. Lo anterior permitió realizar grandes cambios estructurales y multiplicar el nivel de las capacidades existentes antes de la Revolución, con incrementos notables de producción industrial hasta 1989. [5]

A partir de 1989, con la desaparición del campo socialista y la URSS y el recrudecimiento del bloqueo económico por parte de los EE.UU. (Ley Torricelli, promulgada en 1992), el gran déficit de recursos financieros que impactó desfavorablemente a toda la economía nacional afectó sensiblemente a los sectores agropecuario y azucarero (tener presente que las producciones de estos dos sectores son la base de materias primas de la industria alimentaria), esto trajo como consecuencia la peor crisis económica que se haya dado en toda la existencia de este sector en Cuba. Ante toda la situación descrita anteriormente la industria alimentaria se vio forzada a concretar estudios de redimensionamiento y

racionalización industrial, de reordenamiento empresarial y laboral, y a comenzar una reconversión tecnológica.

Durante los primeros años del período especial, los programas de ahorro de energía tuvieron un marcado retroceso, a causa de los trastornos de la crisis. Aún así, los trabajos en el "Programa Nacional de Fuentes Nacionales de Energía" se retomaron a partir de 1994, utilizando como referencia los parámetros alcanzados en 1989 y 1990, a fin de recuperar los niveles perdidos. Por otra parte, se abrieron otros cauces de acción, con el objetivo de incluir las nuevas formas de organización productivas (cooperativas, empresas mixtas) en estos esfuerzos. No obstante, la línea central continúa siendo el control estricto del aspecto energético en las empresas estatales, que se regula por medio de diferentes tipos de directrices

Desde 1995 viene ocurriendo una recuperación de las inversiones, al tener las uniones de empresas un mayor acceso a la administración de las divisas, así como a una reanimación de los préstamos de la banca nacional. Esta tendencia permitirá realizar las adecuaciones tecnológicas necesarias para reconvertir la industria técnica y energéticamente.

Como complemento de las acciones anteriores se impone orientar el desarrollo acelerado de la producción mediante el uso más eficiente de los combustibles y las materias primas, junto con un riguroso control de los gastos y un aprovechamiento óptimo de las capacidades que permitan realmente hacer más con menos.

El Ministerio de la Industria Alimenticia ha venido incrementando la atención a la actividad de economía energética, lo que se ha evidenciado en reducciones progresivas de los indicadores de consumo en general del sector. Esto ha sido el resultado de la implementación de medidas de carácter organizativas y la eliminación de despilfarro y en menor grado, en medidas de carácter técnico, tecnológico e inversiones. El ordenamiento y materialización exitosa de estos objetivos a cada nivel solo es posible lograr, mediante el trabajo organizado en programas de trabajo para el uso racional de la energía.

En consecuencia, la Resolución 33/86 de nuestro Ministerio puso en vigor el “Reglamento para la Actividad Energética en el Ministerio de la Industria Alimenticia” establece la confección de los programas correspondientes a cada uno de los niveles administrativos subordinados en el Sistema del Ministerio.

A solicitud de los órganos centrales del estado, la Junta Central de Planificación (JUCEPLAN), Comisión Nacional de Energía, Comisión Nacional del Sistema de Dirección de la Economía, ya posteriormente en el año 1989 se comienza a trabajar en lograr la elaboración de las normas de consumo por cada una de las empresas, para cada producción o servicio, estableciéndose mecanismos para control de esta importante y compleja tarea.

Ya en los años 90 en el MINAL se comienzan los trabajos de diagnóstico a principales actividades de transporte, refrigeración y calderas de todas sus industrias, las soluciones propuestas van encaminadas al aumento de la eficiencia energética como tal, influenciada por las mejoras de los indicadores fundamentales que la componen como: índices de consumo, intensidad energética, etc., como resultado de soluciones dadas a motores eléctricos, motobombas y sistemas de refrigeración.

En el período 2000-2003 se centró la atención dentro del MINAL a perfeccionar las formas y métodos de lograr la reducción de los consumos a partir de herramientas más novedosas en el tema; según las experiencias prácticas obtenidas en nuestras empresas, ya se cuenta con personal preparado para llevar a cabo programas de mejoras en este sentido, logrando cuantificar medidas que representan ahorros considerables de recursos energéticos y financieros; ya en estos años se proponen medidas de ahorro concretas para alcanzar mayores resultados de gestión energética en el sector tales como:

- Acercar los consumos energéticos en las producciones fundamentales a medidas internacionales.

- Disminuir no menos de un 3 % el consumo energético en todo el sector productivo.
- Asumir gradualmente el financiamiento en divisa del consumo de energía en un 54 % del consumo total.
- Profundizar en el movimiento de salas de calderas y de refrigeración eficientes, declarando en este período los bloques energéticos eficientes como forma superior de eficiencia energética.

Además se realiza la proyección estratégica del área energética con los siguientes objetivos:

- Máximo aprovechamiento de las fuentes de energía.
- Diagnóstico tecnológico para la actualización del equipamiento que funcionan fuera de parámetros eficientes.
- Profundidad en la cultura de ahorro energético y de agua.
- Revitalización de las Comisiones de Energía en todas las estructuras del sector.
- Proyecciones encaminadas a lograr escalones superiores en la eficiencia energética.

Y algo muy fundamental la motivación del personal para que sienta como suyo, la importancia del ahorro de energía de la empresa y el papel que juega en cada uno, en la reducción de los gastos energéticos, con la proyección de reglamento de estimulación salarial, a aquellas áreas y puestos mayores consumidores.

Durante los años. 2004-2009 la política energética en general y muy específicamente en el sector alimentario, proyecta sus estrategias sobre las acciones dirigidas, a aprovechar con eficiencia el consumo de la energía eléctrica, siempre teniendo en cuenta niveles encaminados a la satisfacción de las necesidades y el impacto sobre el sistema ecológico.

La eficiencia energética es la fuente más barata, ya que generalmente la inversión principal está realizada y solo hay que alcanzar el potencial de ahorro aprovechable, sin invertir o con inversiones menores de rápida recuperación. Se considera que en el equipamiento o la tecnología empleada, es donde existen las potencialidades de ahorro, ya que tanto su estado técnico como la explotación definen los rangos de pérdidas que se producen, cuya restitución ocasiona gastos y ahorros a mediano plazo.

En el sector se han ido alcanzando resultados superiores de mejoras energéticas que cuentan con bases de datos de estudios realizados y métodos de cálculo elaborados por entidades especializadas en la rama energética, así como experiencias de trabajos en la Industria Cárnica de técnicos y especialistas. Es a partir de estos años que dentro de las misiones del Programa de la Revolución Energética en el país se comienza a la preparación de las condiciones para implementar en el sector productivo y de servicio la tarea de generalización de la “Gestión por la Eficiencia Energética del Sector Estatal” para el desarrollo de la Tarea “Puestos Claves y Gestión Total Eficiente de la Energía”.

1.3. Producción de pastas alimenticias

Dentro de las producciones de la industria alimenticia tienen un peso fundamental la producción de pastas alimenticias.

1.3.1 Importancia de la fabricación de pastas alimenticias

La pasta más comúnmente conocida como “Fideos y tallarines” es un producto que se consume en todos los estratos sociales y en todas las zonas del planeta, las personas de todas las edades: niños, adultos y ancianos, la consumen por ser un alimento disponible, fácil de preparar e incluir en cualquier receta, muy digerible y nutricionalmente buena.

Anualmente se producen a nivel mundial aproximadamente 9.400 Millones Ton/Año

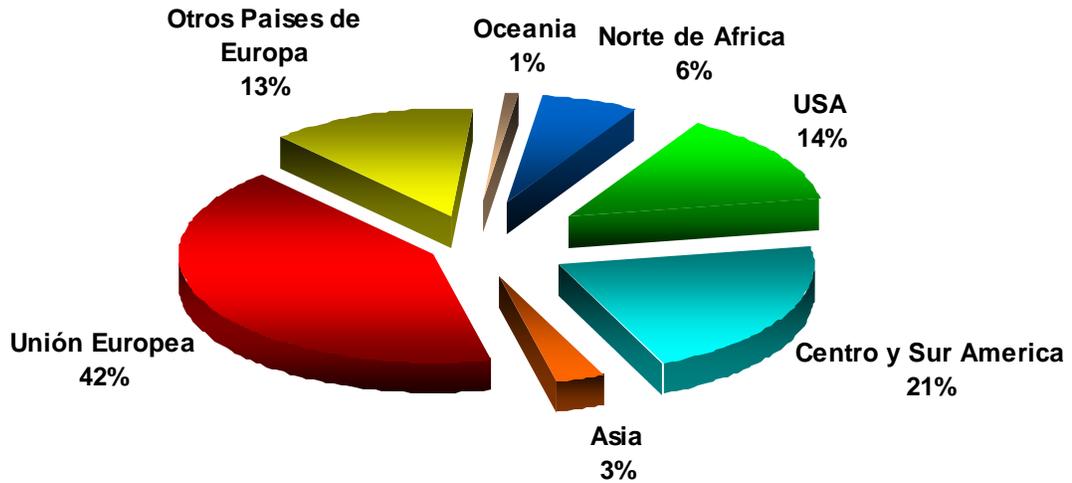


Figura 1.3 Producción mundial de pasta. Fuente: UNIFI 2001 [7]

La industria alimentaria cubana ha desarrollado en los últimos años la producción de pastas alimenticias, modernizando algunas plantas existentes e instalando otras en diferentes lugares de nuestro país, con el fin de incrementar los niveles de entrega y la calidad de las mismas.

1.3.2 Características generales de las pastas alimenticias y su fabricación

La pasta es un alimento elaborado a partir de subproductos del trigo que sufre un proceso de mezcla-amasado no fermentado, moldeado y secado cuando es el caso de pastas secas. Las pastas secas contienen un porcentaje muy bajo de humedad 11-13% lo cual permite que se conserven durante largos períodos (tiempo de vida útil: 1 año).

Tabla 1.1 Parámetros físico químicos de las pastas secas.

Parámetros físico químicos de las pastas secas.		
PARÁMETRO	MÍNIMO	MÁXIMO
% Humedad		13,0
% Contenido de Cenizas		0,85
% Almidón	0,20	0,45
% Acidez		0,50
% Proteína	12,50	

1.3.2.1 Descripción del Proceso de Producción de Pastas Secas

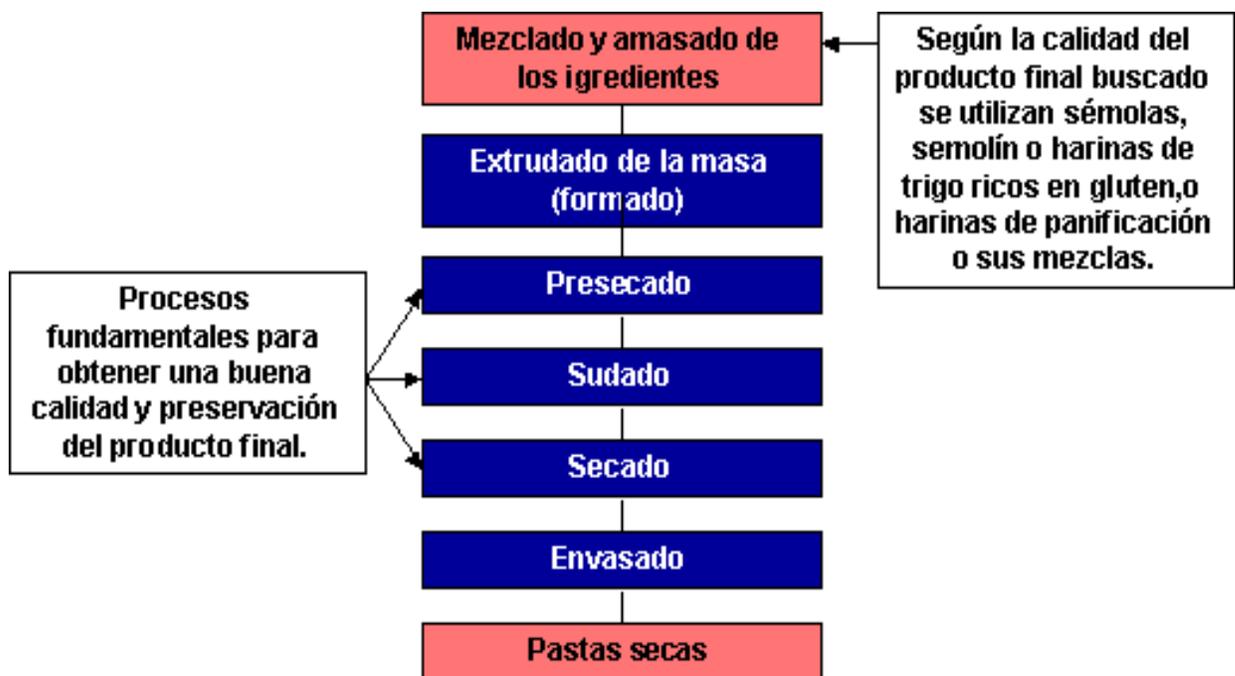


Figura 1.4 Diagrama del proceso típico de elaboración de pastas secas. [6]

Según algunos autores, [8] [9], el proceso de producción de pastas alimenticias sigue los siguientes pasos:

Recepción de materias primas.- La harina, sémola y demás ingredientes como huevo en polvo, vitaminas y minerales son recibidos en las bodegas, los lotes son identificados y a la llegada se recibe certificado de análisis del proveedor.

En el caso de las harinas cada lote a su llegada es inspeccionado previo a su ingreso verificando a través del cernido que el lote no llegue contaminado por plagas.

Almacenamiento de materias primas.- Las materias primas de acuerdo a su naturaleza son almacenadas en bodegas específicas donde esperan su inspección y análisis físico – químico microbiológico. Después de ellos son aprobados para su uso en el proceso. Las condiciones de almacenamiento son controladas.

Tamizado.- Una vez que la harina o sémola ha sido aprobada para ser usada, es tamizada con el objeto de separar las impurezas que pueden encontrarse en ella así como también cualquier otro objeto extraño.

Dosificación.- La dosificación de las materias primas en las cámaras de mezclado y amasado se hace automáticamente por empuje con aire a través de tuberías. Se dosifica sémola o harina en un 70%. La formulación de los ingredientes va de acuerdo al tipo de fideos que se va realizar. El huevo deshidratado, las vitaminas y minerales siempre se incorporan junto con el agua.

Amasado.- La mezcla de harina o sémola con agua y demás ingredientes se las realiza en cámaras de amasado las cuales tienen vacío (60-65 mm Hg.), que facilitará que las proteínas del trigo no se destruyan y forme un gluten consistente que facilite luego el moldeado, el vacío también permite la incorporación de las vitaminas en esta etapa.

La masa que se forma al paletear los ingredientes unos contra otros es homogénea y posee aproximadamente en esta etapa un 30% de humedad por lo que es muy maleable. La masa será llevada a los moldes para darles el formato programado.

Moldeado.- A través de tornillos sin fin la masa pasa al moldeado. El moldeado consiste en extruír o hacer pasar por presión la masa a moldes para obtener la

forma deseada. Estos moldes se cambian dependiendo del formato que se desea realizar.

Las pastas largas son cortadas, niveladas y extendidas sobre varillas para ser transportadas al secadero. Para las pastas cortas se utilizan moldes circulares con cuchillas rotativas. Dependiendo de la forma de la pasta los dispositivos son mecánicamente diferentes, por ejemplo en el caso de pasta corta troquelada (lazos) el equipo poseerá rodillos que laminarán la masa y luego pasará por el troquel de lazo el cual le dará la forma final.

Secado.- Este es el proceso básico de las Pastas secas, consta de tres etapas:

a) Encartado: Le quita a las pastas un 1% de humedad, tiene importancia porque al endurecerlas superficialmente permite el transporte de la misma a través del secado y evitará su deformación.

b) Presecado: Elimina 30-40% de humedad en 60-90 minutos mediante circulación de aire caliente alternando con etapas de reposo y tiene varias funciones: por un lado evita el crecimiento de bacterias y por otro conserva mejor la coloración de la pasta al evitar la acción de las enzimas que degradan el color.

c) Secado: También con aire caliente y humedad controlada. Durante este proceso el fideo sufre una contracción de un 10%: si se hace muy rápido se seca primero la parte externa, y al continuar el secado de la parte interna, no es acompañado por la parte externa y la pasta se resquebraja. Este proceso en la actualidad ha evolucionado y cada vez es más rápido por la tecnología aplicada, antes demoraba hasta 4 días, ahora se hace aproximadamente en 6-24 horas, dependiendo de la tecnología utilizada.

Almacenamiento de Producto terminado.- El producto terminado puede pasar directamente a las envasadoras a través de cangilones, este es el caso generalmente de la pasta larga la cual sale del secadero fría y se corta fuera del secadero e inmediatamente se envasa en máquinas automáticas.

Las pastas cortas generalmente se llevan a través de bandas transportadoras a silos de almacenamiento hasta su envasado

Empaquetado.- Se lo puede realizar en empacadoras automáticas, con selladoras de mordaza metálica calientes. El material de empaque que se usa proviene del fabricante en rollos y la propia máquina forma la funda, pone el producto y sella. Generalmente se usa laminados de plásticos (Polipropileno-poliéster).

Palletizado.- Una vez empacado el producto, este es embalado en su material secundario (Funda o cartón) y es palletizado siguiendo las normas planteadas para este proceso. Los pallets con el producto son llevados a las bodegas destinadas para este fin.

Almacenamiento.- El producto ingresa a la bodega una vez que el departamento de calidad ha aprobado su ingreso. Las bodegas son monitoreadas en limpieza y ventilación así como se verifica la rotación del producto para la distribución del mismo a los puntos de expendio.

1.3.3 Proceso de secado

El secado es la primera operación en importancia en un proceso de producción de pastas alimenticias ya que en el pueden producirse modificaciones importantes en los constituyentes y desde el punto de vista energético es el que más interesa por ser el de mayor demanda de energía. [8]

El secado industrial que se define, como la separación de pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo. Este proceso se realiza mediante un proceso mecánico a través de prensas o centrifugas, o mediante evaporación con ayuda de un efluente térmico.

Durante el secado es necesario remover la humedad libre desde la superficie y también humedad desde el interior del material. El proceso se hace transfiriendo

calor, por medio una circulación de aire caliente, este calor provoca la evaporación del agua desde la superficie.

El vapor de agua se difunde a través de una película de aire superficial y es removido por el flujo de aire. Esto crea una región con presión de vapor más baja a la superficie de la pasta y se forma un gradiente de presión de vapor del agua entre el interior y el exterior. Este gradiente es la fuerza motriz para la eliminación del agua desde la pasta.

La capa de aire alrededor de la pasta actúa como barrera y su extensión depende sustancialmente de la velocidad del aire en los alrededores.

La curva de secado de la pasta puede tener formas diferentes según las tecnologías utilizadas.

Cuando se pone la pasta en el secadero hay un pequeño periodo de calentamiento hasta que el producto llegue a la temperatura del bulbo húmedo.

Luego el secado inicia, durante la primera fase se estima que el agua migre desde el interior de la pasta hacia la superficie con la misma velocidad con que se evapora de la superficie. La velocidad de pérdida de agua en el tiempo no varía y se habla de periodo a velocidad constante de secado. Esta fase dura hasta que la pasta llega a un contenido de humedad que se conoce como 'humedad crítica'. Desde este punto se entra en la fase que se conoce como 'periodo a velocidad en disminución'. En esta fase de secado, la superficie ya no es alimentada a suficiencia por el flujo interno y empieza a secarse. Su temperatura sube hacia la temperatura de bulbo seco del aire y la capa de aire alrededor de la superficie se aleja de la saturación.

La velocidad de secado disminuye progresivamente y en esta fase las diferencias de estado térmico, de humedad y consecuentemente de propiedades visco elásticas generan la acumulación de tensiones en la pasta. La velocidad de pérdida de agua llega a ser totalmente dependiente de la transferencia de masa de agua al interior del producto. Esta velocidad depende principalmente de la

temperatura y del grosor de la pasta y no depende directamente de la velocidad del aire ni de su humedad relativa ya que ocurre al interior del producto. [8]. La temperatura del aire y la humedad relativa del aire en contacto con la superficie determinan la humedad de equilibrio de la misma. Si ponemos un producto, o una porción del mismo como la superficie, con un contenido de humedad más bajo de su condición de equilibrio respecto a las condiciones del ambiente, al final el va a absorber humedad hasta llegar a la condición de equilibrio.

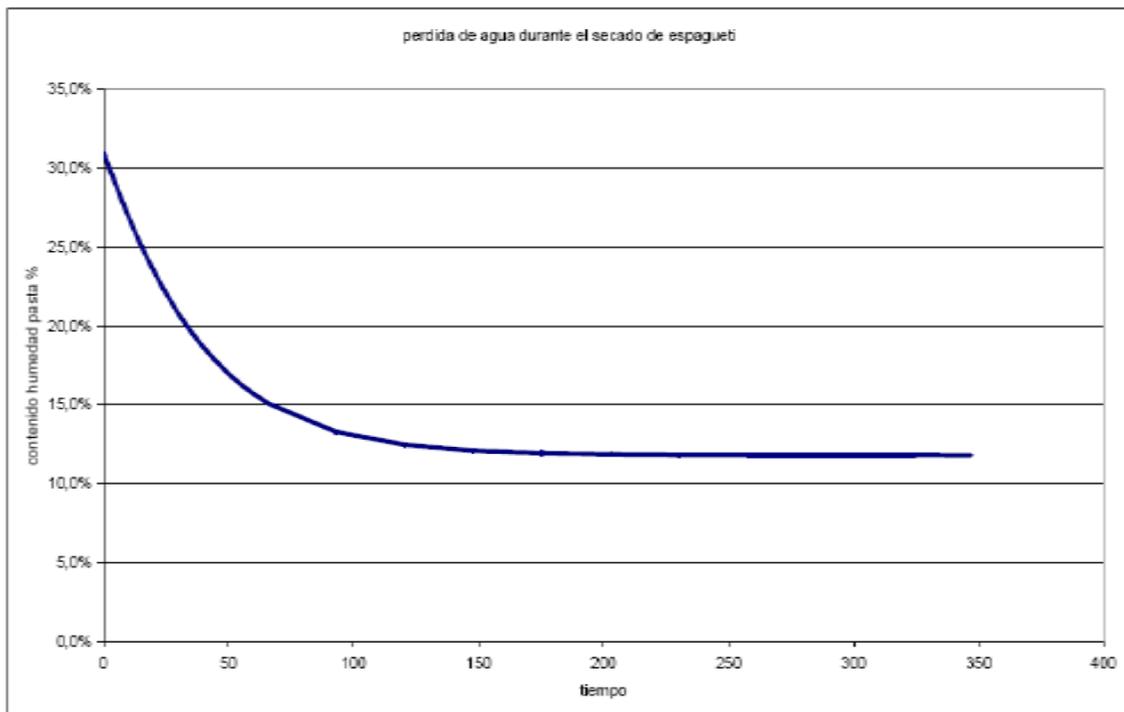


Figura 1.5 Curva típica del proceso de secado [8]

1.3.3.1 Procesos de secado industrial más utilizados en la actualidad.

Para la clasificación de secadores no existe una forma única de clasificar el equipo de secado debido a la gran variedad de materiales que se secan y a los muchos tipos de equipos que se utilizan, no existe una sola teoría de secado que comprenda todos los materiales y tipos de secadores. Algunos secadores son continuos, otros operan por cargas; unos mantienen agitado el material a secar y otros no. Para reducir la temperatura de secado puede operarse a vacío. Existen

secaderos que pueden operar con cualquier tipo de material mientras que otros presentan limitaciones en la alimentación.

Las variaciones en forma y tamaño de los materiales a secar, del mecanismo de transferencia de calor que se requiere para evaporar el líquido, los mecanismos de flujo de humedad a través del sólido, de la humedad de equilibrio, impiden que pueda hacerse un tratamiento único. Los secadores en su mayoría no son diseñados por los usuarios, sino que son adquiridos a compañías especializadas en el diseño y fabricación de este tipo de equipos. En el diseño de secaderos una variable importante es el tiempo que se requiere para secar el material en las condiciones existentes en el secadero, ya que esto determina el tamaño del equipo que se necesita para obtener una eficacia determinada.

La forma de variación de temperatura en los secadores depende de:

- Tiempo de secado.
- Naturaleza y contenido de líquido del material.
- Temperatura del medio de calefacción.
- Temperatura final que toleran los sólidos secos.

1.3.3.2 Métodos de diseño de los secaderos

Los secadores se diseñan partir de los siguientes métodos:

1. Método de operación:

- Por lotes, o semilotes: esta operación denominada secado por lotes, generalmente es un proceso en semilotes, donde una cierta cantidad de sustancia que se va a secar se expone a una corriente de aire que fluye continuamente lo que da lugar a que se evapore la humedad. Ocurre cuando el equipo se carga con el elemento a secar, el cual permanece en el equipo hasta que se seca; posteriormente, el secador se descarga y se vuelve a cargar con un nuevo lote.

- Continuo: en los secadores continuos como su nombre lo indican la sustancia que se va a secar y el agente secador pasan continuamente a través del equipo. Generalmente, no se utilizan métodos normales por etapas; en todas las operaciones ocurre el contacto continuo entre el elemento secador y la sustancia que se seca.
- 2- Método de obtención del calor necesario para la evaporación de la humedad:
- Secadores directos: el calor se transmite completamente por contacto directo del elemento a secar con el elemento secador dando lugar a la evaporación. En el proceso el gas y el sólido pueden fluir en paralelo, a contracorriente o tangencialmente a la trayectoria del sólido. Si el calor no se proporciona dentro del secador ni se pierde hacia el entorno, el proceso es adiabático; entonces, el gas perderá calor sensible y se enfriará mientras la humedad evaporada absorbe calor latente de evaporación.
 - Secadores indirectos: el calor se transmite de forma indirecta con el gas que se utiliza para acarrear la humedad a evaporar. Ejemplos de ello se aprecian cuando puede transmitirse el calor por conducción a través de una pared metálica en contacto con la sustancia, por exposición de la sustancia a radiación infrarroja o por un calentamiento dieléctrico donde el calor se genera dentro del sólido mediante un campo eléctrico de alta frecuencia.
- 3- Naturaleza de la sustancia que se va a secar. Se considera la de mayor influencia pues la forma física de la sustancia y los diferentes métodos de manejo necesarios determinan el secador que se va a utilizar.

La sustancia puede ser:

- Sólido rígido: madera
- Material flexible: tela, papel
- Sólido granular: masa de cristales, pasta, lodo ligero.
- Solución.

1.3.3.3 Parámetros del secado

Los parámetros que influyen en la tasa de secado, cuando se seca con aire forzado son: la temperatura y la humedad relativa ambiente, el flujo de aire de secado, el contenido de humedad inicial y de equilibrio del producto y dado el caso, la velocidad de dicho producto dentro del secador. Los parámetros de secado citados no son independientes. Esto quiere decir que influyen en la tasa de secado como un conjunto de factores y no aisladamente. El manejo adecuado de dichos parámetros permite determinar el equipamiento apropiado para las condiciones específicas de secado. La interdependencia entre los parámetros hace que el dimensionamiento y la optimización de los secadores se realicen con cautela. Por otra parte, el conocimiento de dicha interdependencia permite desarrollar nuevas tecnologías de secado. [9]

- Condiciones del aire ambiente:

A la temperatura y la humedad relativa del aire ambiente, muchas veces no se les da importancia para el secado a altas temperaturas. Estos parámetros tienen poca influencia sobre la tasa de secado; en cambio, determinan la cantidad de energía necesaria para alcanzar la temperatura de secado. Cuanto menor sea la temperatura ambiente, mayor será la cantidad de energía necesaria para calentar ese aire, lo que determina un mayor costo del secado.

- Temperatura de secado: La temperatura del aire de secado es el parámetro de mayor flexibilidad en un sistema de secado a altas temperaturas e influye significativamente en la tasa y la eficiencia de secado y en la calidad del producto final. Entre los productores de pasta hay dos grandes corrientes. Los partidarios de la temperatura baja (35°C - 50°C) dicen que así la pasta conserva mejor el sabor, y tiene una textura más agradable, porque la temperatura alta le da la consistencia de un chicle. Tardan entre 30 y 36 horas en secar la pasta, según el formato. Por otro lado, los defensores de la temperatura alta (70°C - 90°C) o muy alta (90°C - 120°C) ven la ventaja de que así se eliminan los microbios, con lo que la pasta se puede conservar mucho más tiempo. La pasta larga se seca en seis

horas, y la corta en dos. También hay fabricantes que usan una temperatura media (50°C - 70°C).

- Humedad inicial del producto:

El contenido de humedad inicial también influye en la tasa de secado. Cuanto más elevado sea el contenido de humedad de un producto, mayor será la cantidad de agua evaporada por unidad de energía. Con elevados contenidos de humedad, las fuerzas de adsorción de la estructura celular del material sobre las moléculas de agua, son menores que cuando el contenido de humedad del producto es más bajo. En consecuencia, se utiliza un mayor porcentaje de energía disponible.

- Flujo del producto dentro del secador: La velocidad con que el material pasa por el secador, denominada con mayor frecuencia flujo de masa o tiempo de residencia del producto en el secador, puede influir en la tasa de secado, la eficiencia del proceso y la calidad final del producto. Si el flujo de masa aumenta, el producto final será, en general, de mejor calidad. Por otra parte, hay un aumento del consumo de energía específica, esto es, de la energía que se necesita para evaporar una unidad de masa de agua y una disminución de la eficiencia térmica del secado, porque los granos que pasan por el secador con mayor velocidad pierden menos humedad y el secado puede resultar insuficiente. El manejo adecuado de la velocidad del producto tiene importancia fundamental en el secado.

Un elemento importante luego de la clasificación es la selección adecuada de secadores para lo que debe considerarse la facilidad y seguridad de operación, el equipo debe proporcionar la velocidad y formas especificadas, los costos de operación y mantenimiento no han de ser excesivos, debe permitir el control de la contaminación y debe minimizarse el consumo de energía y como la decisión final está determinada por los costos de inversión y operación también es preciso que el secadero opere con seguridad y economía. Para lograr una solución efectiva es preciso alcanzar un compromiso con el fin de seleccionar el secadero óptimo para un determinado servicio

El secado es el paso más delicado en la elaboración de la pasta. Si se hace demasiado deprisa, la parte exterior encoge antes que la interior, y la pasta puede resquebrajarse. Si se hace demasiado lentamente, se puede deformar, y los microbios pueden enmohecerla. La velocidad del secado depende de la temperatura.

El proceso de secado es una parte crucial del proceso de producción para las pastas de alta calidad. La humedad, la corriente de aire y la temperatura se controlan cuidadosamente según la pasta pasa por los diferentes moldes. Los sistemas modernos de secado a alta temperatura consiguen una pasta con mejor color y calidad a la hora de cocinar. En general, el producto se seca hasta obtener una humedad del 13% aproximadamente.

CONCLUSIONES PARCIALES

- 1- El problema energético mundial tiene gran importancia. El previsible agotamiento de los combustibles fósiles y el daño irreversible que se ocasiona al medio ambiente, exigen la adopción de nuevas estrategias en materia de energía.
- 2- Desde el año 2006 se desarrolla en Cuba la Revolución Energética poniéndose en práctica nuevos conceptos para el uso racional y eficiente de la energía en todos los sectores de la economía, entre los que se ha destacado la implantación de sistemas de gestión en las empresas mayores consumidoras del país.
- 3- Según la literatura consultada la industria alimentaria mundial deberá aumentar la capacidad de adaptación a los nuevos intereses de los consumidores y, por otra parte, ante la diversificación de la demanda de bienes de consumo alimentarios industriales, tendrá que garantizar la disminución de los costos de producción (donde están incluidos los energéticos) y la calidad del producto con vistas a asegurar una buena posición en el mercado.
- 4- En los últimos años el Ministerio de la Industria Alimenticia creció a un ritmo del 10% promedio anual, teniendo un importante peso en el consumo energético nacional. Diversos estudios han permitido identificar potenciales de ahorro de energía como: cambio de equipos consumidores por otros más eficientes, recuperación de residuales, utilización de sistemas de regulación y control y otros.
- 5- La producción de pastas alimenticias constituye uno de los principales renglones productivos dentro de la industria alimenticia, Dentro de sus operaciones fundamentales, el secado constituye uno de los más consumidores de energía, por lo que el establecimiento de tecnologías y estrategias operacionales más eficientes, permitirá un uso más racional de los portadores energéticos.

CAPÍTULO II

CAPITULO 2 CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA EMPRESA PROVINCIAL DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

2.1 Características generales de la empresa

La Empresa Provincial de la Industria Alimenticia de Cienfuegos (EPIA), con domicilio legal en Avenida 64, # 4922 entre 49 Y 51 en el municipio de Cienfuegos, provincia de Cienfuegos subordinada al Consejo de Administración del Poder Popular Provincial y perteneciente al Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL), se crea el 1 Enero del 1977 con estructura provincial, atendiendo establecimientos en el municipio cabecera. La EPIA se clasifica como una industria panificadora, teniendo además como producciones generales a las conservas de diferentes productos, repostería, elaboración de pastas alimenticias y otros no derivados de la harina.

En el aspecto tecnológico la empresa no se encuentra en su mayor desarrollo, pues la generalidad del equipamiento data de inicios del siglo pasado, aún cuando debemos señalar que se ha iniciado un proceso de revitalización tecnológica en diferentes surtidos, con la introducción de revolvedoras, hornos eléctricos, sobadoras, máquinas selladoras al vacío y tecnología de pastas; equipos que nos introducen poco a poco en el campo de la tecnología de punta en esta actividad. Actualmente la empresa tiene un amplio surtido de productos, los que son elaborados de acuerdo al destino previamente contratado con los clientes. Los productos destinados a la moneda nacional satisfacen la canasta básica y las necesidades de los organismos y en el caso de los de CUC son solicitados por la cadena Oferte y Turismo, siendo este último un lineamiento de trabajo priorizado por la Entidad y el Ministerio el cual se ha extendido de la Dirección a cada Unidad Básica Económica y se encuentra en explotación por todas las áreas contando con personal calificado para ello.

En la década del 90 la empresa no escapó a los embates del Período Especial que provocó un significativo deterioro en su estado constructivo y el equipamiento tecnológico, obligada a desconectar algunos de sus quemadores y trabajar con leña y los que quedaron funcionando fueron adaptados para el consumo de mezcla diesel –fuel oil, debido a las restricciones económicas del país en materia de combustible.

La Empresa cuenta con una estructura organizativa constituida por la Dirección de la Empresa y 10 Unidades Básicas Económicas (UBE) que agrupa a un total de 2528 trabajadores. En este trabajo abordaremos específicamente una de ellas: La Unidad Básica Económica Productiva

2.2 Descripción general de la Unidad Básica Económica Productiva

La Unidad Básica Económica Productiva perteneciente a la Empresa Provincial Alimenticia con domicilio legal en Avenida 64, entre 57 Y 59 # 5703 en el municipio de Cienfuegos, provincia de Cienfuegos, se crea con una estructura municipal atendiendo establecimientos en el municipio cabecera.

En el aspecto tecnológico desde el año 2006 ha introducido modernos equipos entre los que tenemos: revolvedoras, hornos eléctricos, sobadoras, así como secaderos de pastas alimenticias.

2.2.1 Direccionamiento Estratégico de la Unidad Básica

Misión

Satisfacer necesidades de alimentos de la población, con una imagen de calidad, a través de los Organismos que prestan servicios a la red de Comercio y Gastronomía, también ofertar productos a la red minorista destinada a al recaudación de CUC, para ello cuenta con un personal calificado, con experiencia en la actividad, trabajo en equipo, sostenido y estable que propicie la dirección participativa y considerando el factor humano como clave del éxito.

Visión

Es una empresa líder en el municipio de Cienfuegos en algunos surtidos, produciendo y comercializando una amplia gama de productos en moneda nacional y libremente convertible, satisfaciendo las expectativas del cliente.

Objeto Social

Efectuar la producción de pan, tortas, galletas, pastas alimenticias y otros productos alimenticios derivados de la harina, así como elaborar conservas de frutas y vegetales.

2.2.2 Estructura de la Unidad Básica

La Unidad Básica Económica Productiva cuenta actualmente con siete unidades productoras de alimentos que listamos a continuación:

- Fábrica de pastas alimenticias "La Prosperidad"
- Fábrica de barquillos "Camilo Cienfuegos"
- Fábrica de conservas de frutas y vegetales "El Faro"
- Dulcería "La Especial"
- Dulcería "La Ceiba"
- Panadería "La Vega"
- Fábrica de pastas alimenticias "La Prestigiosa"

2.3 Caracterización Energética del Centro

Estructura General de Gastos de la Unidad Básica.

En los siguientes gráficos se relaciona la estructura de gastos de los portadores energéticos utilizados para las producciones y su comparación entre ellos y con los gastos totales de la empresa de los años 2007, 2008 y 2009.

Tabla 2.1 Estructura General de Gastos de la Unidad Básica

Estructura General de Gastos de la Unidad Básica						
	Año 2007 (\$)	%	Año 2008(\$)	%	Año 2009(\$)	%
E. Eléctrica	38 287.16	1.12	63 885.04	1.5	83 090.6	0.85
Combustibles	99 331.32	2.90	78 750.99	1.9	101 439.28	1.03
Otros Gastos	3 282 241.4	95.98	3 974 146.0	96.5	9 636 705.1	98.12
TOTAL	3 419 859.84	100.00	4 116 782.0	100.0	9 821 234.9	100.0

Como se observa en la tabla los gastos de portadores energéticos constituyen menos del 4 % de los gastos totales de la Unidad Básica, por lo que no son de las partidas con mayor peso en la estructura general de gastos. Sin embargo, constituye una estrategia importante para mejorar la competitividad de la empresa, trabajar en su reducción, tomando en consideración que en los últimos años los precios de los portadores energéticos se han incrementado con relación a años anteriores y con futuros elevados dado el alza del petróleo a nivel internacional.

El gasto en energía eléctrica en año 2009 se incrementó en un 299.9 % con respecto al 2007, lo cual es el resultado de la implantación de las nuevos equipos, que consumen solamente electricidad, así como incrementos en la producción, debido a que nuevas fábricas pasaron a formar parte de la UBE.

2.3.1 Estructura de consumo de portadores energéticos del centro.

En el proceso productivo se consumen los siguientes Portadores Energéticos:

- Fuel Oil
- E. Eléctrica

- Mezcla Diesel – fuel oil
- Diesel
- GLP
- Carbón
- Diesel Automotor
- Gasolina
- Aceites Lubricantes

La estructura de consumo de portadores energéticos ha experimentado variaciones a lo largo del tiempo debido a los cambios tecnológicos efectuados. Por ello se presenta a continuación un resumen de los últimos 3 años, representativo de esa evolución.

Estructura de consumo de portadores energéticos en los años 2007,2008 y 2009

Tabla 2.2 Estructura de consumo 2007

Año 2007				
Portador	Litros	TEP/año	%	% Acumulado
E. Eléctrica (kWh)	448 691	144.164	45.81	45.81
Fuel oil	54 655	53.073	16.87	62.68
Diesel Productivo	40 652	36.337	11.55	74.23
G.L.P.	45 847	29.085	9.24	83.47
Mezcla Diesel- fuel oil	27 755	24.809	7.88	91.35
Carbón	21 089	16.028	5.09	96.45

Diesel Transporte	10 057	8.989	2.86	99.30
Gasolina	2 210	2.189	0.70	100.00
TOTAL		314.674	100.00	

Tabla 2.3 Estructura de consumo 2008

Estructura de consumo año 2008				
Portador	Litros	TEP/año	%	% Acumulado
E. Eléctrica (kWh)	358 466	115.175	45.60	45.60
Diesel Productivo	100 891	90.181	35.71	81.31
G.L.P.	35 325	22.410	8.87	90.19
Carbón	19 065	14.489	5.74	95.92
Diesel Transporte	8 138	7.274	2.88	98.80
Gasolina	3 054	3.025	1.20	100.00
TOTAL		252.555	100.00	

Tabla 2.4 Estructura de consumo 2009

Estructura de consumo año 2009				
Portador	Litros	TEP/año	%	% Acumulado
E. Eléctrica (kWh)	482 336	154.975	43.38	43.38
Fuel oil	99 496	96.616	27.04	70.42

Diesel Productivo	62 001	55.419	15.51	85.93
G.L.P.	38 533	24.445	6.84	92.78
Carbón	20 669	15.708	4.40	97.17
Diesel Transporte	6 335	5.663	1.58	98.76
Gasolina	4 480	4.437	1.24	100.00
TOTAL		357.263	100.000	

2.3.2 Determinación de los principales portadores energéticos.

Aplicando el principio de Pareto se determinan los principales portadores energéticos, seleccionando aquellos que significan no menos del 75 % del consumo total de energía del centro.

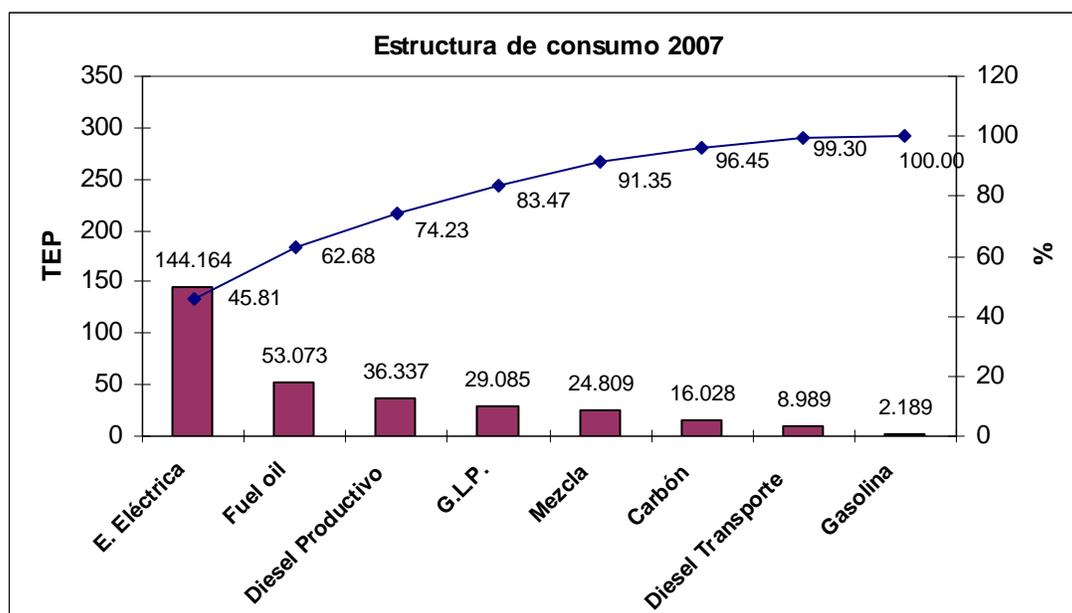


Figura 2.1 Estructura de consumo 2007

La energía eléctrica, el fuel oil y el diesel constituyen un 74.2 % del total del consumo de portadores energéticos en el año 2007

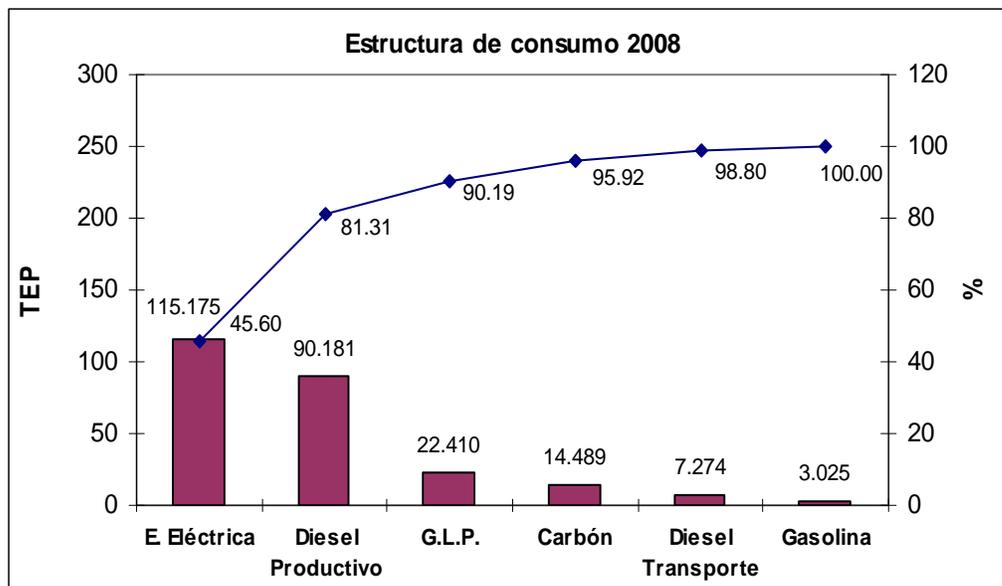


Figura 2.2 Estructura de consumo 2008

La energía eléctrica y el diesel constituyeron el 81.3% del consumo global de la Unidad Básica en el año 2008.

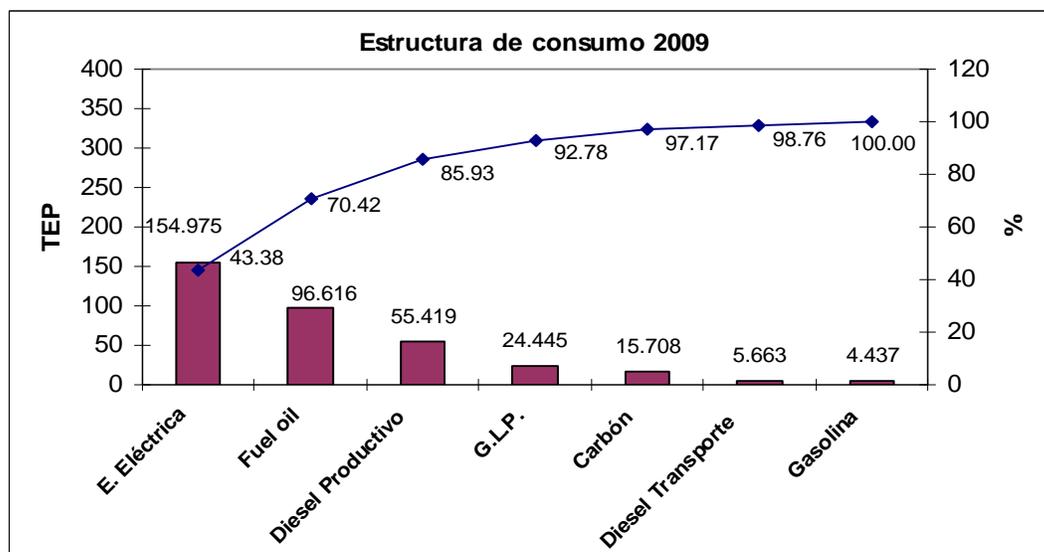


Figura 2.3 Estructura de consumo 2009

En el año 2009 la energía eléctrica, el fuel oil y el diesel constituyeron el 85.9% del consumo global de la Unidad Básica. Como vemos la energía eléctrica es el principal portador consumido en la Unidad Básica durante estos últimos tres años, aproximadamente un 45 % del total, seguido por el combustible de calderas: diesel o fuel oil.

2.3.3 Caracterización de la gestión energética de la Unidad Básica.

Mediante métodos de investigación de observación y encuesta se detectó:

1. Están identificados todos los portadores energéticos que consume el centro y ordenados por prioridad en función de la incidencia de cada uno.
2. Está definido en qué grado influyen los costos energéticos en los costos de producción.
3. Los puestos claves no se encuentran definidos.
4. Se monitorea el índice de consumo: Consumo de cada portador / Tonelada de producción para los diferentes surtidos productivos, en el caso de la energía eléctrica el índice que se monitorea no es por surtido productivo sino por fábrica pues existe un solo metro contador en cada fábrica, no se encuentran establecidos por puestos claves por carecer de la instrumentación necesaria para ello.
5. Se realiza la lectura diaria de electricidad y medición del consumo de combustible pero el análisis de los índices de consumo sólo se realiza decenalmente.
6. Se desconocen los índices de consumo de procesos similares tanto nacional como internacionalmente.
7. No están identificados los operarios ni los jefes que deciden en los consumos.
8. No existe un sistema de atención diferenciada al personal que decide en la eficiencia energética.

9. No se cuenta con un sistema para la motivación y capacitación especializada para los operarios y jefes que deciden la eficiencia energética.
10. Las acciones que se han desarrollado para la concientización de todo el personal que labora en el centro sobre el ahorro de energía son insuficientes.
11. No se conoce cuánta energía se consume de forma fija, independiente del nivel de producción que se realice.
12. Los únicos diagnósticos que se han realizado en los últimos años son de recorrido.
13. Está identificado el banco de problemas energéticos pero no están cuantificados los potenciales de ahorro.
14. No existe plan de inversiones para la elevación de la eficiencia energética.
15. Se desconoce lo que cuesta producir los portadores energéticos secundarios.
16. No se utiliza en el centro ninguna fuente de energía no renovable.
17. La dirección no ha recibido capacitación en materia de eficiencia energética solo la especialista en energía del centro.
18. Se desconocen los impactos ambientales asociados al consumo de energía.

De acuerdo con estos resultados podemos decir que la Empresa clasifica en el nivel de incompetencia consciente.

2.3.4 Estratificación de energía eléctrica

Para este análisis tomamos como base los datos de los dos últimos años, puesto que ellos recogen los consumos que se tienen con las nuevas tecnologías instaladas, dado que algunas comenzaron a funcionar a partir de estos años manteniéndose en la actualidad.

Tabla 2. 5 Estratificación de energía eléctrica año 2008

Estratificación de Energía Eléctrica 2008				
Fábrica	kWh	TEP/año	%	% Acumulado
La Prosperidad	159 039	49.302	44.37	44.37
Vega	65 664	20.356	18.32	62.68
El Faro	52 012	16.124	14.51	77.19
FCA Barquillos	37 442	11.607	10.45	87.64
La Ceiba	16 376	5.076	4.57	92.21
Oficina UBE	13 916	4.314	3.88	96.09
La Especial	8 598	2.665	2.40	98.49
Fca Galletas	5 419	1.680	1.51	100.00
TOTAL	358 466	111.124	100.00	

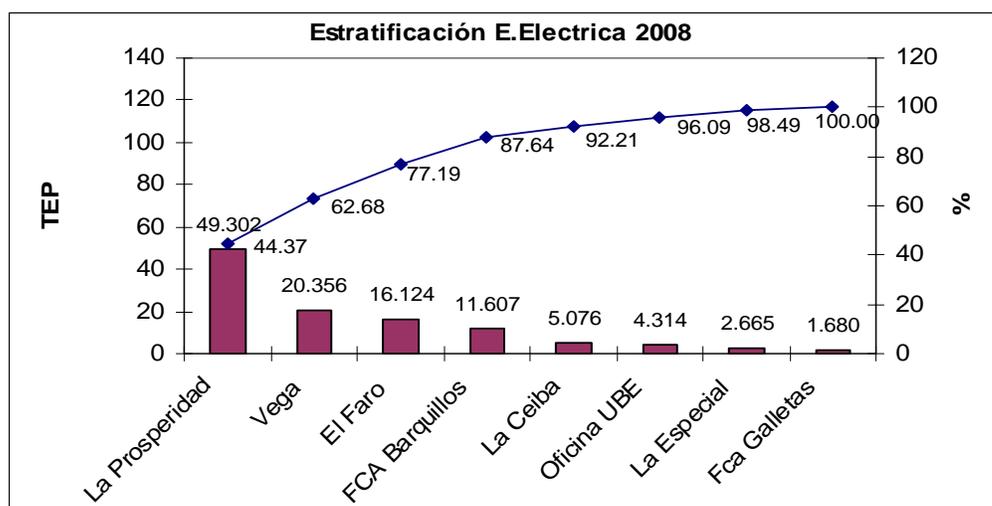


Figura 2.4 Estratificación de energía eléctrica 2008

Tabla 2.6 Estratificación de energía eléctrica año 2009

Fabrica	Kwh.	TEP/año	%	% Acumulado
La Prosperidad	167 700	53.882	34.77	34.77
La Prestigiosa	107 188	34.440	22.22	56.99
El Faro	75 642	24.304	15.68	72.68
Vega	73 854	23.729	15.31	87.99
FCA Barquillos	27 975	8.988	5.80	93.79
Oficina UBE	12 086	3.883	2.51	96.29
La Ceiba	10 549	3.389	2.19	98.48
La Especial	7 322	2.353	1.52	100.00
TOTAL	223 411	154.968	100.00	

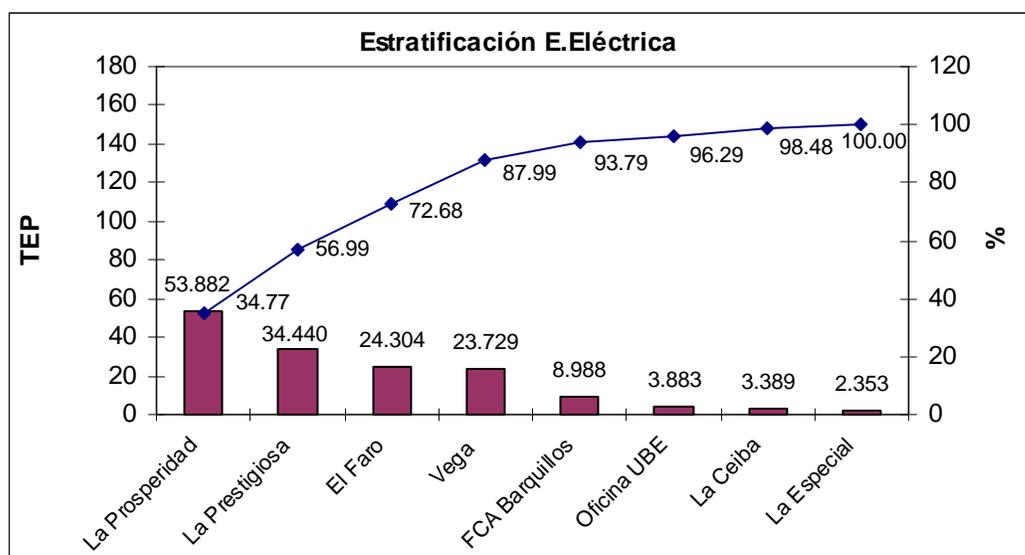


Figura 2.5 Estratificación de energía eléctrica 2009

En ambos años la fábrica de pastas alimenticias La Prosperidad es la principal consumidora de este portador, seguida de la panadería Vega y el Faro en el año 2008 y La Prestigiosa, El Faro y Vega en el año 2009.

Teniendo en cuenta el peso que tiene la energía eléctrica en esta empresa sobre el resto de los consumos energéticos y dentro de ella el lugar que ocupa la fábrica de pastas alimenticias La Prosperidad vamos a realizar un estudio en la misma por las posibilidades de ahorro que nos brinda.

2.4 Estudio de caso Fábrica de Pastas Alimenticias La Prosperidad

2.4.1 Características generales de la fábrica.

Esta fábrica fue inaugurada en el año 1934. El proceso de producción en la misma es discontinuo o por lotes y con el paso del tiempo se le han realizado modificaciones en los equipos que conforman el proceso tecnológico, actualmente el mismo se realiza de la siguiente forma:

Las pastas alimenticias se fabrican con sémola o harina de trigo y agua potable, además de los aditivos que se deseen, color, proteínas, etc. La materia prima recepcionada pasa del almacén a la plataforma de las prensas (cuatro en total con una capacidad de procesar cada una 1050 Kg. de pasta húmeda en 8 horas de producción) y se vierte por los operadores en la tolva de forma manual.

En la tolva de mezcla se une con el agua; la operación de mezclado debe durar de 18 a 20 minutos, luego la masa pasa a la cámara de compresión en la que un husillo la prensa y homogeniza haciéndola pasar a través del molde.

A la salida del mismo las pastas reciben un secado superficial mediante un ventilador acoplado a las máquinas, luego son cortadas y tendidas en dependencia de su tipo, también de forma manual en varillas o tendales para comenzar así el proceso de desecación.

Esta operación se realiza en secaderos o capitulios, los cuales están provistos de ventiladores que impulsan el aire ambiental a través de una superficie de intercambio de calor para calentarse hasta una temperatura pre-determinada. El aire caliente se hace circular sobre las pastas absorbiendo la humedad superficial de las mismas y haciendo que la humedad que se encuentra en el interior avance por transferencia de masa hasta la superficie. Finalmente, el aire saturado de humedad es expulsado al exterior del capitolio por medio de un extractor. Esta operación se dará por culminada cuando el producto tenga una humedad menor que el 13 %, lo que se realiza de forma empírica por los operadores al no existir en la fábrica equipos para determinar la humedad del producto. Ese análisis solo se realiza en el Laboratorio Provincial de la Empresa al día siguiente de realizada la producción.

En los últimos años esta fábrica ha variado su tecnología de secado, identificándose 3 etapas fundamentales:

Etapa 1: Secado con vapor (hasta el año 2006). Existían diez secaderos que utilizaban el vapor de agua como medio calefactor del aire. El vapor era producido en una caldera de fuel oil. El tiempo de secado duraba de 12 a 14 horas.

Etapa 2: Secado mixto con secaderos de vapor y eléctricos (primer semestre año 2007). Se montaron 4 secaderos eléctricos, eliminándose 6 de los anteriores, por lo que se utilizaban indistintamente uno u otro tipo de secaderos (4 de vapor saturado y 4 eléctricos). En estas condiciones la capacidad de secado duplicaba la de moldeado y el secado se realizaba indistintamente en uno u otro tipo de secadero, pues nunca estaban disponibles el 100 % de los equipos de uno u otro tipo por diferentes causas.

Etapa 3: Secado eléctrico (a partir del segundo semestre año 2007 hasta la actualidad). Los secaderos eléctricos tienen una capacidad de secado de

1.050 toneladas de pasta húmeda, obteniéndose 850 kg de masa seca al culminar el proceso. El tiempo de secado es de 8 a 10 horas.

Para todos los análisis que se realicen a continuación nos referiremos a estas tres etapas según el medio calefactor del aire en los secaderos.

2.4.2 Estructura General de Gastos de la Prosperidad

Tabla 2.7 Estructura General de Gastos de la Prosperidad

Estructura General de Gastos La Prosperidad						
	Etapa 1 Año 2006 (\$)	%	Etapa 2 I semestre 2007 (\$)	%	Etapa 3 Año 2009 (\$)	%
E. Eléct.	10 836.57	1.9	4 459.61	1.2	28 880.21	3.45
Combustibles	21 830.39	3.8	13 106.42	3.5	3 030.5	0.36
Otros Gastos	533 970.25	94.3	350 808.77	95.3	805 993.5	96.19
TOTAL	566 637.21	100	368 374.80	100	837 904.21	100

Aproximadamente el 5 % de los gastos de esta fábrica son de portadores energéticos. Como vemos al cambiar una tecnología de secado por otra aumenta considerablemente el gasto de electricidad y disminuye el de combustible, ya que se deja de utilizar fuel oil, solo continua utilizándose carbón vegetal para la cocción de los alimentos.

2.4.3. Estructura de consumo de La Prosperidad

Tabla 2. 8 Estructura de consumo de La Prosperidad

Portador	Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3	
	TEP	%	TEP	%	TEP	%
Electricidad	28.961	21.10	34.682	38.09	53.882	94.03
Fuel Oil	105.527	76.90	53.073	58.30	0	0
Carbón vegetal	2.736	2.0	3.283	3.60	3.42	5.97
Total	137.224	100.0	91.038	100	57.302	100.0

Como se observa en la tabla en las dos primeras etapas el fuel oil constituye el portador mayor consumidor de la fábrica, mientras en la tercera lo constituye la electricidad.

2.4.3.1 Estratificación del consumo de fuel oil

El 100 % del consumo de fuel oil de la fábrica se utiliza para la generación de vapor que será utilizado en los secaderos.

2.4.3.2 Estratificación del consumo de electricidad

Para determinar los siguientes valores fueron realizadas mediciones a los equipos de la fábrica.

Tabla 2.9 Estratificación del consumo de electricidad

Área	Etapa 1 % del total	Etapa 2 % del total	Etapa 3 % del total
Secado	50.50	57.60	73.49
Conformado	33.65	28.80	21.60
Generación de vapor	8.10	6.97	0
Oficina y comedor	6.18	5.30	3.9
Área de Mantenimiento	0.73	0.62	0.47
Envase	0.45	0.38	0.29
Almacén	0.39	0.33	0.25

Del análisis realizado anteriormente podemos concluir que los secaderos son los equipos mayores consumidores ya que en la etapa 1 y 2 son los consumidores del vapor que produce la caldera a lo que se le suma la electricidad para accionar los ventiladores y extractores. En el caso de la etapa 3 los secaderos eléctricos consumen el 73.49 % de la energía de la fábrica por lo que realizaremos un análisis detallado de los mismos por su incidencia decisiva en el consumo real de los portadores energéticos.

2.5 Identificación de los operarios y jefes que deciden en la eficiencia energética

Tabla 2.10 Operarios de puestos claves

<u>Área</u>	<u>Puestos claves</u>	<u>Cantidad de equipos</u>	<u>Operarios</u>	<u>Jefes</u>
Generación vapor	Caldera	1	3 operadores de caldera	1 Jefe de mantenimiento
Secado	Secadores	4	3 secadores	
Conformado	Prensas	4	4	

Además de los operarios y jefes reflejados anteriormente que deciden en la eficiencia energética también se tiene en cuenta el tecnólogo de la fábrica y el administrador que deciden también en el consumo energético de la misma pues son los que velan por el estricto cumplimiento del proceso tecnológico y el aprovechamiento de la capacidad instalada.

CONCLUSIONES PARCIALES

1. La estructura de gastos de la Unidad Básica Económica Productiva muestra que la energía representa aproximadamente el 4 % de los gastos totales. Aun cuando no es de las partidas con mayor peso en la estructura general de gastos constituye una estrategia importante trabajar en su reducción, tomando en consideración que en los últimos años los precios de los portadores energéticos se han incrementado.
2. La estructura de consumo energético de la Unidad Básica Económica Productiva está formada por los siguientes portadores: electricidad, fuel oil, diesel oil, gas licuado, carbón vegetal, diesel para transporte y gasolina, siguiendo ese orden según el % que representan del consumo total de TEP.

3. La caracterización de la UBE respecto a la gestión energética muestra que la Empresa se encuentra en la etapa de incompetencia consciente.

4. La fábrica de pastas alimenticias La Prosperidad consume entre un 35 y 45 % de la electricidad de la Unidad Básica Económica Productiva. Dentro del proceso productivo de la misma el secado es la etapa que decide en el consumo energético, por lo que resulta necesario un estudio técnico económico de las tecnologías de secado empleadas para la toma de decisiones en la política energética de la empresa.

CAPÍTULO III

CAPÍTULO 3 ESTUDIO DEL PROCESO DE SECADO

En el proceso de producción de pastas alimenticias el secado es una de las operaciones de mayor importancia y desde el punto de vista energético es el que más interesa por ser el de mayor demanda de energía. [10]

El secado industrial se define como la separación de pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual hasta un valor aceptablemente bajo. Este proceso se realiza mediante un proceso mecánico a través de prensas o centrífugas, o mediante evaporación con ayuda de un efluente térmico. Este último es el caso aplicado en la Fábrica La Prosperidad, donde a lo largo de la historia se han empleado secaderos a vapor y eléctricos.

3.1 Sistema de secado con vapor

3.1.1. Descripción

En este sistema el agente calefactor es el vapor de agua, producido en un equipo auxiliar externo al secadero. La figura siguiente muestra la configuración de los secaderos de este tipo utilizados en la fábrica.

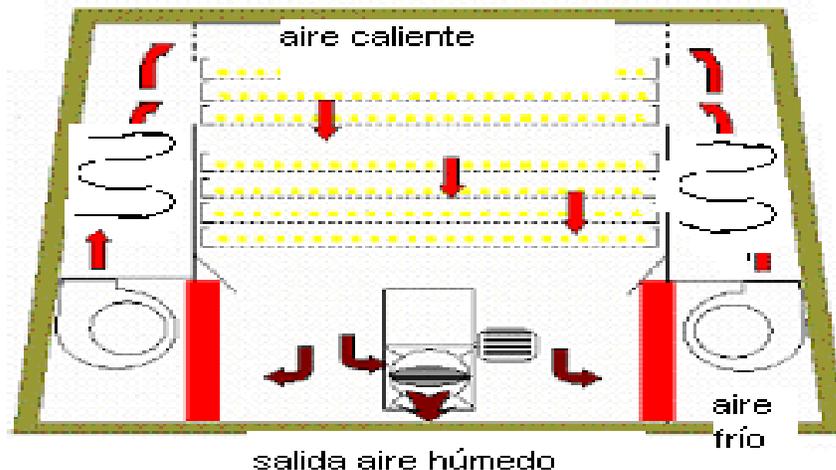


Figura 3.1 Secadero de vapor

Para la producción de vapor se utiliza una caldera de vapor marca Lambda con capacidad de 1.277 t/h. Esta caldera cuenta con todos sus accesorios y produce vapor a 5 kgf/cm^2 que alimenta a los intercambiadores de calor colocados dentro de los 4 secaderos.

Estos están provistos de ventiladores que impulsan el aire a temperatura ambiente a través de esa superficie de intercambio de calor para calentarlo hasta la temperatura a la que circula sobre las pastas, absorbiendo la humedad que poseen las mismas. El aire saturado de humedad sale al exterior del secadero por medio de un extractor.

Cada secadero tiene 3 ventiladores de 1.5 kW cada uno y un extractor de 0.1 kW de potencia.

3.1.2. Determinación del índice de consumo.

Para la determinación del índice de consumo de este tipo de secadero es necesario tener en consideración los 2 portadores energéticos utilizados: electricidad y fuel oil, de modo que se definen dos índices: kWh/t y L/t.

Para la determinación de los valores normativos se realizaron pruebas en condiciones controladas, midiendo los consumos de combustible y electricidad de la fábrica obteniéndose los resultados de la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Mediciones para el cálculo del índice consumo plan de la fábrica con secaderos de vapor.

Día	Producción (t)	Consumo Electricidad (kWh)	Índice de consumo (kWh/t)	Consumo fuel oil (L)	Índice de consumo (L/t)
1	3.245	418	128.8	428	131.8
2	3.458	493	142.6	391	113.1
3	3.327	467	140.4	398	119.6
4	3.298	458	138.8	384	116.4

5	3.282	435	132.5	416	126.7
6	3.375	450	133.3	427	124.7
7	3.119	442	141.7	361	115.7
Total	23.104	3163	136.9	2805	121.4

Se obtuvo un índice de consumo de 136.9 kWh/t y de 121.4 L/t, que se ha utilizado en la fábrica como valor indicativo para la planificación, ya que no se dispone de otros índices de consumo de equipos similares a nivel de país, ni tampoco información técnica de los equipos por su antigüedad y modificaciones de que han sido objeto que pudieran ser tomados como referencia.

3.1.3 Comportamiento histórico de los índices de consumo

Tabla 3.2 Comportamiento histórico de los índices de consumo

Portador	U/M	Real 2002	Real 2003	Real 2004	Real 2005	Real 2006
Energía Eléctrica	kWh/t	135.4	147.1	134.8	139.8	145.5
Fuel oil	L/t	113.7	123.6	119.7	137.4	210.0

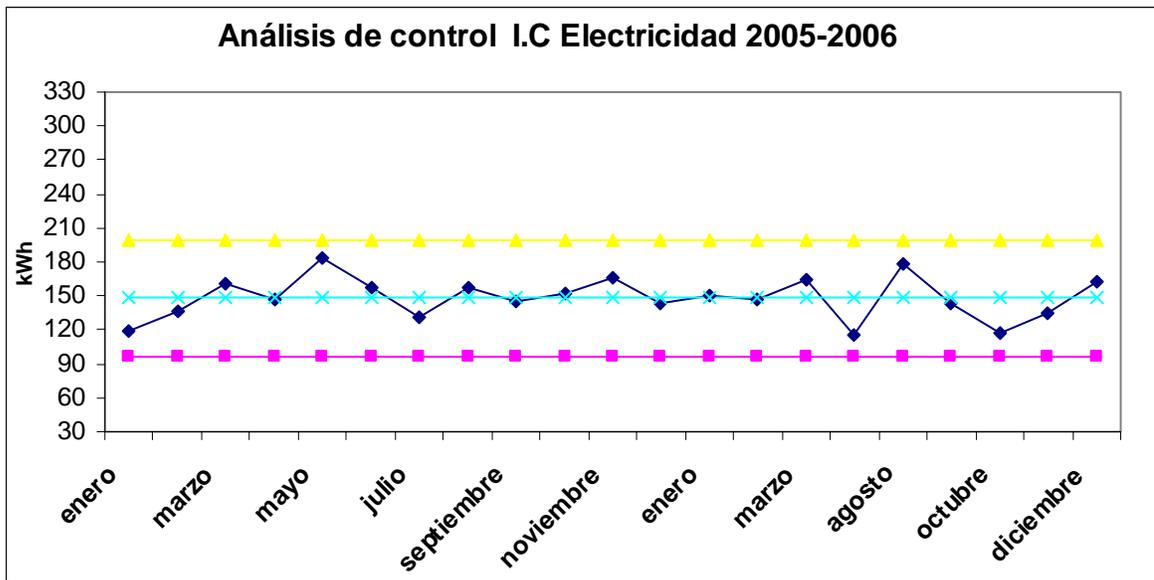


Figura 3.2 Gráfico de control de índices de consumo de electricidad

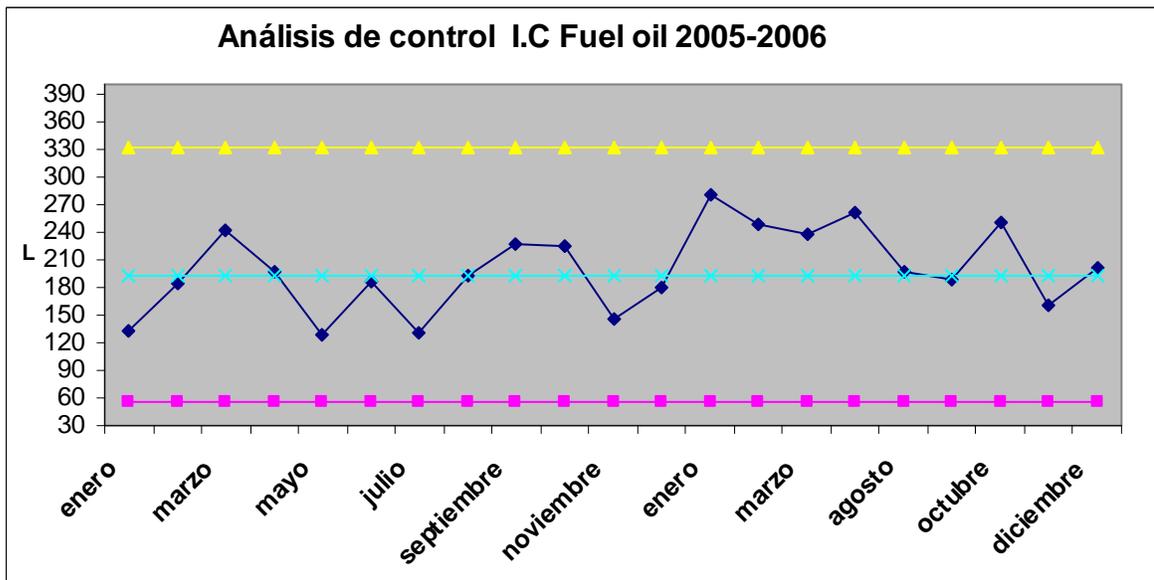


Figura 3.3 Gráfico de control de índices de consumo de electricidad

Como puede observarse en los gráficos anteriores el índice de consumo de electricidad se mantuvo en la zona de control durante el periodo analizado. En el caso del fuel, aunque también los índices se encuentran en la zona de control, si

han existido incrementos sustanciales del índice fundamentalmente a partir del 2006 por lo que se decidió realizar un diagnóstico energético

3.1.4 Resultados del diagnóstico energético

Realizado al sistema de generación (caldera), distribución (líneas de vapor y retorno de condensado) y uso del vapor (secaderos).

Área de generación de vapor

- Los instrumentos de medición de la caldera están sin verificar, el termómetro de combustible esta roto, lo que impide controlar la temperatura a la que debe ser calentado el mismo.
- La chimenea de la caldera esta deteriorada, no tiene gorro razón por la que se introduce agua de lluvia al interior de la caldera.
- Existen varios salideros de vapor en líneas de distribución y retorno de condensado.
- Tramos de aislamiento de tuberías en mal estado.
- Trampas de vapor en mal estado.
- Deficiente tratamiento químico del agua de alimentación a la caldera, el interno hace años que no se realiza porque no se adquiere la fórmula anti-incrustante necesaria para ello y el externo se realiza pero no sistemáticamente pues no existen los reactivos para analizar la dureza del agua y no siempre existe la sal cuando se necesita regenerar los suavizadores.
- Mala combustión de la caldera. Altos valores de temperatura de los gases de salida por la chimenea, por el incumplimiento de los ciclos de mantenimiento y limpieza de las superficies de transferencia de calor.

Área de secaderos

- Las válvulas que independizan la entrada de vapor a cada secadero tienen pase, pero además no se utilizan por no existir una escalera que permita el acceso a ellas, siempre se realiza el proceso de secado con ellas abiertas, lo que hace que aun cuando en un secador el secado haya culminado continua pasando agua caliente o vapor según corresponda, hasta tanto haya concluido el secado en todos y se cierre la válvula principal de suministro de vapor.
- Los secaderos no tienen instrumentos para medir la humedad y temperatura por lo que el secado se hace al tacto de los secadores, excediéndose la mayoría de las veces en el tiempo de secado y cristalizándose las pastas.
- No se recupera el condensado del capitolio # 4.
- Faltan motores de ventiladores y extractores de los secaderos que se han quemado y están pendientes a ser enrollados por lo que se demora el tiempo de secado extendiéndose la misma hasta 16 horas o más cuando normalmente debe ser en 12 a 14 horas.

Todas estas deficiencias corroboran el deterioro del índice de consumo de fuel oil.

De acuerdo con estos resultados se valoraron dos alternativas de solución: restitución de la caldera o cambio de tecnología de secadores de vapor por secadores eléctricos.

3.2 Sistema de secado con resistencias eléctricas.

3.2.1. Descripción

Para la implantación de esta tecnología se diseñaron secaderos eléctricos con las siguientes características:

Tabla 3.3 Datos de partida para el diseño del secador

Parámetro	Valor	Unidad.
Peso por ciclo	1050	kg
Tiempo por ciclo	12	hr.
Humedad inicial	32	% (kg agua/kg total)
Humedad final	12,5	% (kg agua/kg total)
Tinicial cámara	30	°C
Temperatura a alcanzar:	65	°C
Velocidad en interior de secador	0,35	m/s
Sección transversal de cámara secado	9,86	m ²
Caudal de recirculación	12 423,6	m ³ /h
Cambios de aire circulación hora	228,52	CAH
Caída de presión en circuito de aire	5	mmca

Tabla 3.4 Datos de diseño del secador

Parámetro	Valor	U/M
Masa seca	850,00	Kg.
Humedad inicial base seca	0,47	
Humedad final base seca	0,14	
Agua evaporada	234,00	kg
Volumen de cámara	54,37	m ³
Masa aire seco	55,14	kg
Calor de evaporación	140400,00	Kcal.

Calor sensible del aire s/renovación	673,53	Kcal.
Calor sensible del aire renovación	20203,59	Kcal.
Pérdidas	13668,77	Kcal.
Calor total	192440,48	Kcal.
Potencia térmica	27,971	KW

Descripción técnica de los equipos que componen el secador estático de pastas.

1. Paneles aislados de construcción.

Se emplea el panel aislado Monowall 1000D G/G de 40 mm de espesor, resistente a temperatura de 70°C. con dos puertas que garantizan el cierre hermético del secador estático de fideos. Además permiten una fácil manipulación de los 10 carros con los tendales cargados de fideos previstos en el diseño, durante los procesos de carga y descarga del secador.

2. Ventiladores helicoidales reversibles.

En cada secador se emplea un grupo de ventilación, formado por tres ventiladores helicoidales reversibles.

Tabla 3.5 Características técnicas ventiladores

Velocidad	Intensidad máxima admisible	Potencia	Caudal máximo
1370 (rpm)	7,38 230V(A) 400V(A)	1,1 (kW)	13000 (m ³ /h)

3. Extractor axial.

- En cada secador se emplea un ventilador axial de extracción, ubicado en la parte inferior de la pared trasera del secador

Tabla 3.6 Características técnicas extractor

Fase	Tensión	Frecuencia	Potencia	Caudal máximo
1	220V	60Hz	0.038 (KW)	1800 (m ³ /h)

4. Resistencias eléctricas.

En el diseño y selección de las resistencias eléctricas se consideró no solo el resultado de la potencia total calculada con un margen de seguridad, sino también que el grupo calefactor compuesto por tres baterías de 6 resistencias (cada batería corresponde a un ventilador helicoidal reversible) esté integrado al grupo de ventilación en una base soporte única para ambos equipos,

Las características técnicas son las siguientes:

- Modelo: Batería industrial tipo BAT.
- Potencia: 9,3KW.
- Cantidad: 3.
- Resistencias eléctricas: 6 elementos tipo CAL-P(aleteado) de acero con aleta rectangular de 50x25 mm

5. Deflectores de aire.

Se utilizan en el diseño de los deflectores de aire planchas de acero galvanizado de 0,6 mm de espesor, para garantizar la velocidad y distribución uniforme del aire en el interior del secador estático de fideos

6. Compuertas de regulación de aire.

Se emplean tres compuertas de aire, dos se encuentran ubicadas en la pared frontal del secador y la tercera está montada de conjunto con el ventilador axial de extracción

7. Pizarra de mando y control.

La pizarra de control posee dimensiones de 60x60 cm y dispone de:

- Órganos de mando y protección del sistema de fuerza y calefacción.
- Termorregulador e higrómetro digital con pantalla de información y teclas para el intercambio hombre-máquina (HIM).
- Interruptores de panel para la selección de los diferentes ciclos de trabajo, y órdenes de activación de los sistemas de fuerza y calefacción.
- Instrumentos eléctricos de panel.
- Bornes de conexionado para entradas y salidas de cables de control y fuerza.
- Autómata universal programable, pantalla de información y teclado HIM para:
 - Temporizador para los ciclos de trabajo: carga y tres ciclos diferentes de secado, según el tipo de pasta a procesar.
 - Control de la temperatura y humedad del producto durante todo el proceso de secado.
 - Temporizador de finalización del proceso.

El autómata universal está destinado al control de temperatura y humedad del aire, al accionamiento de los ventiladores para la circulación del aire durante el proceso de secado y el de renovación del aire, mediante los elementos de control GEFRAN y la sonda modelo T232 y el accionamiento de las compuertas de regulación de aire en función del proceso que se realice en el secador.

Las siguientes figuras muestran la configuración externa e interna de estos secaderos.

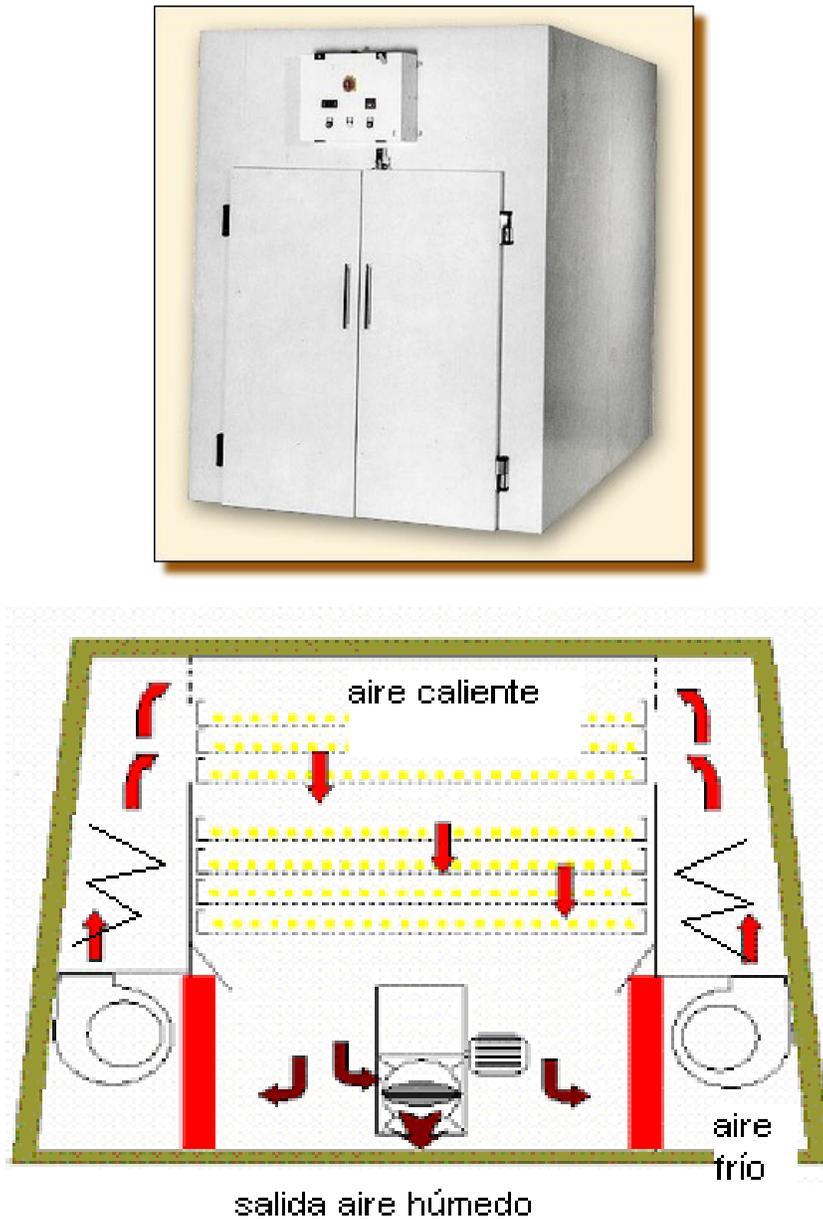


Fig. 3.4 Secadero eléctrico, vista interna y externa.

3.2.2 Determinación del índice de consumo.

Para la determinación del índice normativo de consumo de este tipo de secadero se tuvo en consideración el único portador energético utilizado en el mismo: electricidad, definiéndose el índice: kWh/t.

Se realizó un experimento similar al realizado en el caso de los secaderos de vapor cuyo resultado mostramos a continuación:

Tabla 3.7 Mediciones para el cálculo del índice consumo plan secador eléctrico

Día	Producción (t)	Consumo Electricidad (kWh)	Índice de consumo (kWh/t)
1	3.398	1 152	339.0
2	3.256	1 172	360.0
3	3.371	1 243	368.7
4	3.198	1148	358.9
5	3.399	1189	349.8
6	3.402	1217	357.7
7	3.382	1165	344.5
Promedio	23.406	8286	354.0

Se obtuvo un índice de 354.0 kWh/t que se utiliza como índice de consumo plan en la fábrica.

3.2.3 Comportamiento histórico del índice de consumo.

Tabla 3.8 Comportamiento histórico de los índices de consumo

Portador	Segundo Sem./2007	Año 2008	Año 2009
Energía E.	358.6 (kWh/t)	377.9 (kWh/t)	392.1

Se muestra un incremento sucesivo de los índices de consume en el tiempo, aun cuando estos se encuentran en la zona de control, por lo que se realiza un diagnóstico energético.

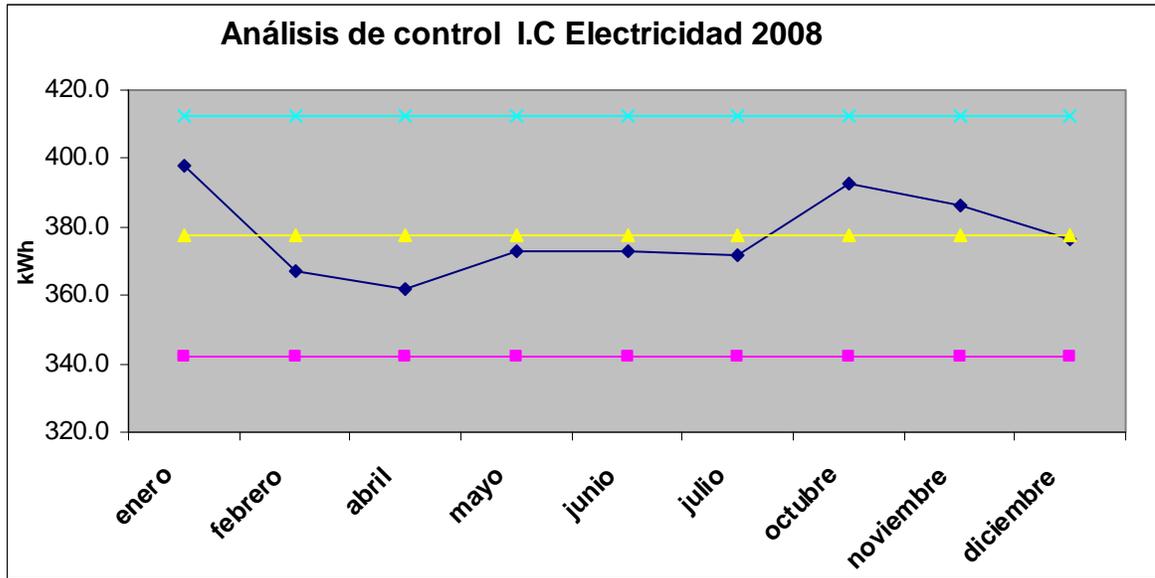


Fig. 3.5 Análisis de control de índices de consumo de electricidad 2008

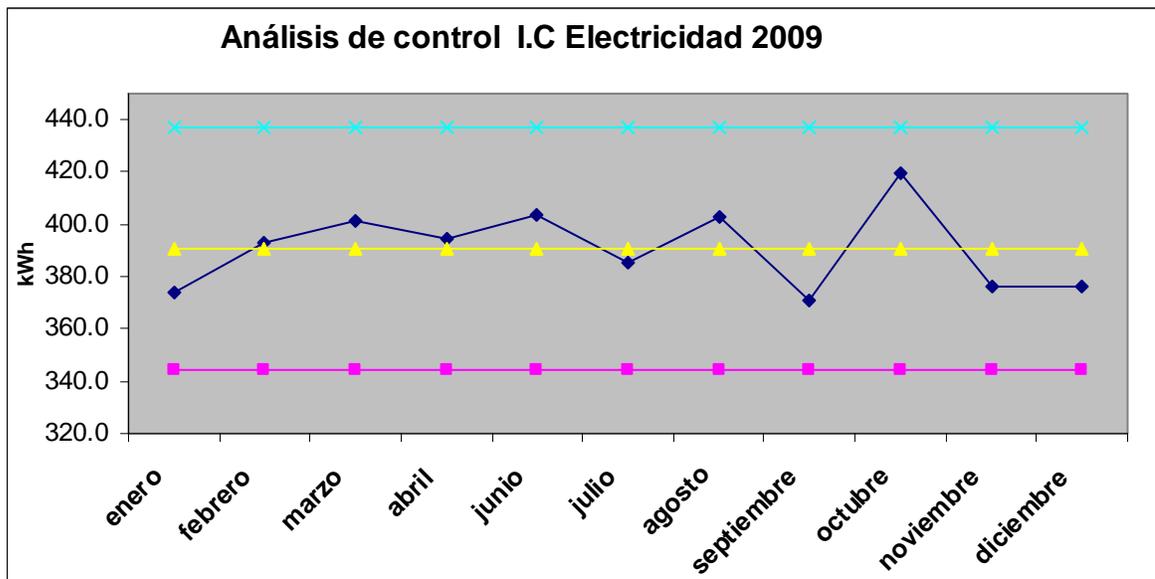


Fig. 3.6 Análisis de control de índices de consumo de electricidad 2009

Las figuras anteriores muestran que el índice de consumo se mantiene dentro de la zona de control pero su valor muestra un comportamiento errático. Desconocemos el comportamiento del valor de este indicador a nivel internacional. A nivel nacional plantas con similar tecnología cerraron el año 2009 con un valor promedio de 413.92 kWh/T de producción según datos obtenidos del informe del Balance Anual de las Empresas Provinciales de la Industria Alimentaria en Cuba, pero desconocemos las características específicas de sus producciones.

3.2.4 Diagnóstico energético realizado al área de los secaderos eléctricos.

- Presentan problemas en el control automático de humedad por lo que fue desconectado y ahora solo se utiliza el de temperatura, provocando se alargue el tiempo de secado innecesariamente con el consiguiente aumento en el consumo eléctrico y disminuya la calidad del producto obtenido. Actualmente la culminación del secado no se realiza automáticamente, ya que cuando en el secadero se alcanza una temperatura de 65 °C, temperatura final de secado para y vuelve arrancar cuando alcanza 62.5 °C, si el operador no se percata de ello y no revisa el producto en el interior del secadero para parar el equipo completamente, no se detiene el secado y el secadero arranca y para cíclicamente. Con el control de humedad trabajando simultáneo al de temperatura, cuando se alcanzan los valores preestablecidos de temperatura y de humedad dentro del secadero, este se desconecta automáticamente. La extracción del aire húmedo tampoco se realiza de forma automática, tiene que el operador del secadero cada 20 minutos encender el extractor y luego a los 3 minutos apagarlo.
- Desaprovechamiento de la capacidad en el interior del mismo pues se está poniendo el producto en tendales, ante la escasez de varillas. El secado en varillas aumenta la cantidad de producto húmedo que introduce en el secadero por corrida permitiendo un mejor aprovechamiento de su capacidad y la disminución de los índices de consumo.

- No se realiza el mantenimiento periódico planificado.
- Se excede en ocasiones la cantidad de pasta húmeda que se coloca en las varillas. Al sobrepasar esta cifra al culminar el proceso de secado, se obtiene una determinada cantidad de producto húmedo por lo que hay que volver a encender el secadero para secar la parte que quedó húmeda.
- No se mide la cantidad de agua que se utiliza en el proceso de prensado y moldeado lo que provoca que cuando se excede de la cantidad requerida al aumentar el % de humedad de la pasta a la entrada del secadero aumenta el tiempo de secado.

3.2.5 Análisis de la humedad del producto final.

- Se realizó un muestreo de los análisis de humedad final del producto que se realiza en el laboratorio central de la Empresa. En la siguiente tabla mostramos los valores obtenidos de humedad. Según la norma cubana (NRIA – 168) del año 2000 la pasta seca debe tener una humedad menor o igual a 13 %

Tabla 3.9 Valores de humedad de las pastas secas.

Año 2009	No.de muestras	Humedad Promedio (%)	Rango de humedad de las muestras (%)
Enero	128	7.02	5.81-10.61
Abril	120	7.49	5.63-8.78
Julio	136	7.66	5.50-9.67
Noviembre	88	8.84	7.35-10.38

De la tabla anterior concluimos que el proceso de secado en esta fábrica se extiende en muchas ocasiones innecesariamente lo que conlleva a disminuir excesivamente la humedad final del producto con el consiguiente gasto

innecesario de portadores energéticos así como la disminución del rendimiento de la materia prima y la calidad final de la pasta obtenida.

3.2.6 Diagnóstico del sistema eléctrico

Se realizó una auditoria, auxiliándonos de un analizador de redes realizamos mediciones eléctricas obteniendo los siguientes resultados:

Comportamiento de una semana típica de trabajo de la Prosperidad.

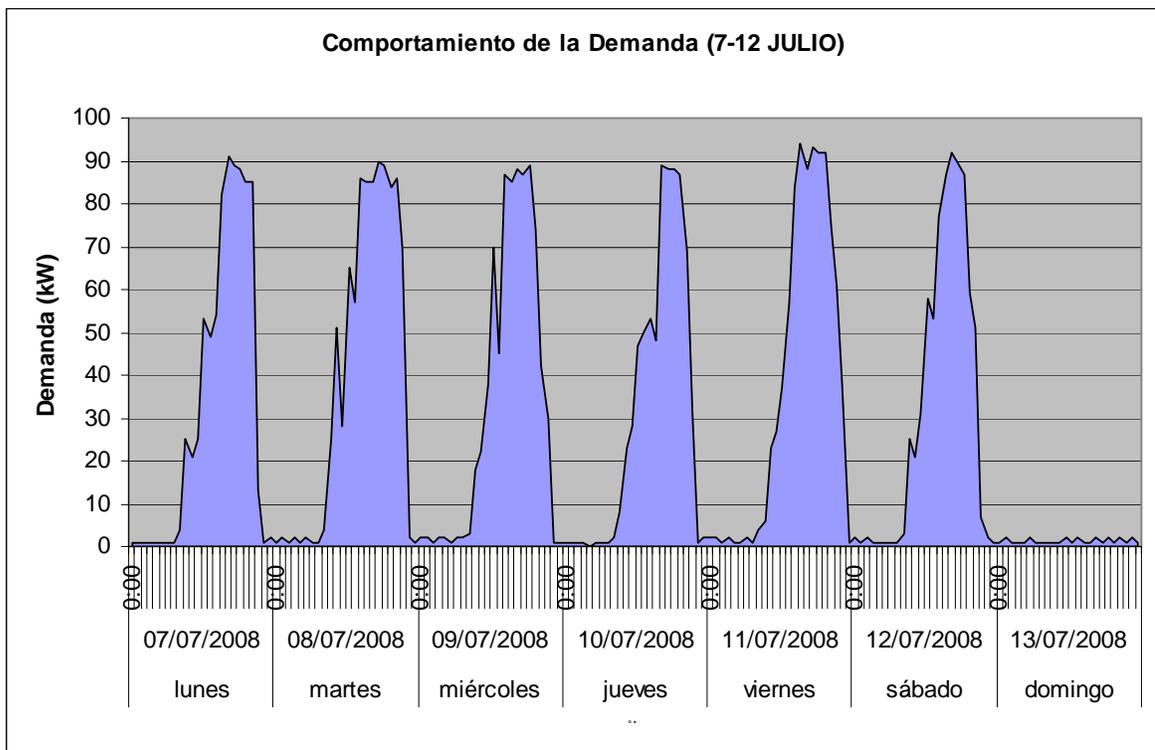


Figura 3.7 Curva de carga en una semana de trabajo

La demanda máxima está ocurriendo en el pico eléctrico con valores de 90 kW con tres secaderos funcionando actualmente pues el otro presenta problemas en la pizarra de control. Por lo que con 4 secaderos sobrepasaría los 100 kW que es la demanda contratada actualmente, cuando se arranque el cuarto hay que recontractar la demanda para evitar penalizaciones por este concepto. Con los

secaderos eléctricos se logra llevar el factor de potencia casi a la unidad (0.99) por lo que la fábrica recibe bonificación.

Horario de trabajo de los equipos obtenido de los datos aportados por el analizador de redes:

Tabla 3.10 Horario de trabajo de los equipos

Equipos	Hora de arrancada	Hora de parada	Tiempo de trabajo durante el pico eléctrico	Observaciones
Prensas (todas)	7.00 a.m.	3.00 p.m.	0	Paran de 12.00 m. a 12.30 p.m.
Secadero 1	9.30 a.m.	6.30 p.m.	0.5 horas	
Secadero 2	12.00 m.	9.00 p.m.	3.00 horas	
Secadero 3	3.00 p.m.	12.00 p.m.	4.00 horas	

Como vemos durante el horario pico se mantienen los secaderos funcionando. En la madrugada generalmente no se seca.

Actualmente el consumo diario aproximado es de unos 900 kWh según se observa en la siguiente tabla

Tabla 3.11 Consumo de electricidad en los días medidos

Equipos	Primer día de medición kWh	Segundo día medición kWh
Prensas	158	166
Secaderos	741	728
Resto de equipos	26	19
Total	925	913

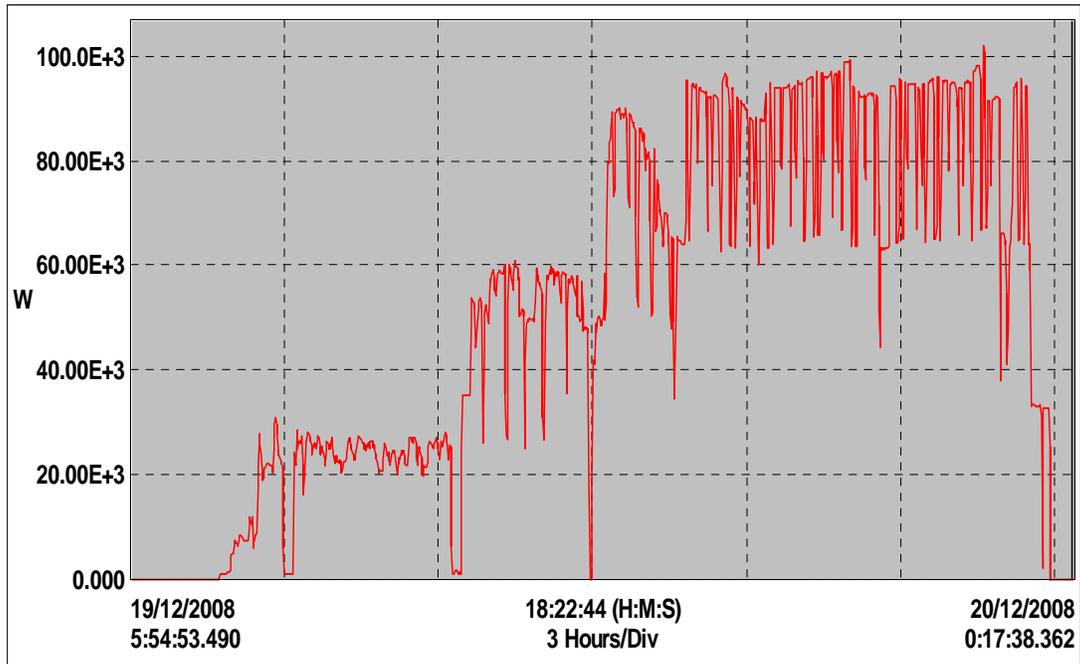


Figura 3.8 Comportamiento de la carga un día típico de trabajo (totalizador)

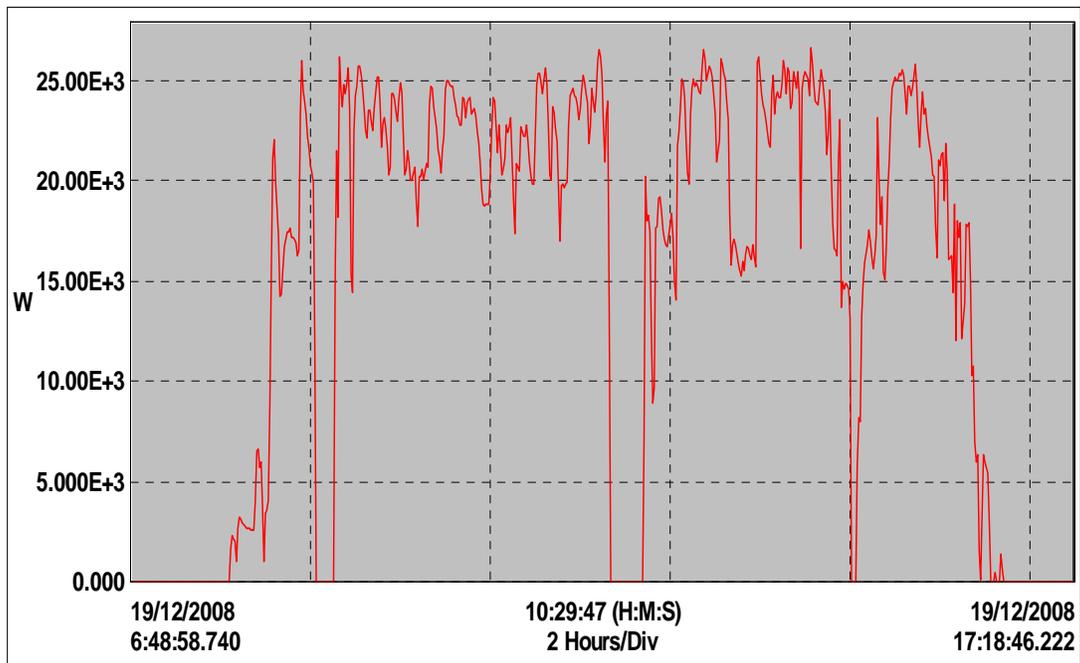


Figura 3.9 Comportamiento de la carga un día típico de trabajo (prensas)

Las tres prensas que están trabajando actualmente consumen 23 kWh y los tres secadores 90 kWh. Si todas las prensas y secaderos se encuentran encendidos a la vez, se sobrepasa la demanda contratada actual (100 kW) produciéndose penalizaciones a la fábrica por este concepto.

La estructura de consumo eléctrico, indicador que muestra la relación entre la energía consumida en el horario pico y la energía total consumida, según lineamientos de la OBE debe ser inferior a un 16 % y en esta fábrica se comporta a un 30 %, según observamos en la siguiente tabla:

Tabla 3.12 Estructura de consumo eléctrico

Mes	Consumo Pico (kWh)	Consumo Total (kWh)	%
ene-08	4514	16242	27,8
feb-08	6050	20289	29,8
mar-08	117	1209	9,7
abr-08	5805	19822	29,3
may-08	4607	16178	28,5
jun-08	4821	17384	27,7
jul-08	4379	14452	30,3
ago-08	5000	15546	32,2
sep-08	0	430	0,0
oct-08	0	9375	0,0
nov-08	5931	18108	32,8
dic-08	6136	18547	33,1

Estos valores reflejan la necesidad de disminuir el consumo del pico desplazando parte del secado para el horario de la madrugada.

Cuando se analiza la facturación de la Empresa Eléctrica observamos que mejora el factor de potencia de la instalación al ser la carga altamente resistiva. Con la tecnología anterior existía penalización por bajo factor de potencia (promedio 0,7), en la actualidad el valor medio está por encima de 0.9.

3.3 Análisis comparativo de las tecnologías de secado

Al comparar las dos formas de secado llegamos a la conclusión de que el secado con resistencias eléctricas ofrece las siguientes ventajas:

- Menor consumo de TCC por tonelada de producción realizada.

Tabla 3.13 Análisis comparativo índices de consumo

Análisis comparativo de los índices de consumo			
	Portador	Secado con vapor	Secado con electricidad
Índice consumo normativo	Energía Eléctrica	136.9 kWh/t	354.0 kWh/t
	Fuel Oil	121.4 L/t	-
	TEP/t	0.162	0.113

- Se eliminan tres puestos de trabajo (operadores de caldera).
- Menor contaminación local al medio ambiente al no producirse derrames de combustible y consumir menos TEP por tonelada producida.
- Mas fácil la medición de los consumos, solo la lectura el metro contador eléctrico que es digital.
- Más seguridad y protección al hombre al eliminar la caldera de vapor.
- Menor tiempo de secado.
- Más calidad del producto final obtenido al tener la posibilidad de controlar humedad y temperatura de la pasta de forma automática.
- Disminución del consumo del agua de la fábrica que actualmente constituye un grave problema pues no se recibe la cantidad necesaria del acueducto y es necesario traerla en pipas con el consiguiente gasto de combustible

disminuyendo las paradas productivas los días que haya dificultades con el suministro de este líquido.

- No necesita de la instalación de un banco de capacitores para corregir el factor de potencia.
- Su encendido independiente posibilita garantizar al máximo el aprovechamiento de su capacidad a diferencia de los de vapor que precisa del encendido de la caldera de vapor aunque sea para el suministro a un solo secadero.

3.4 Cálculo del ahorro estimado por la disminución de índices de consumo al utilizar solo los secaderos eléctricos.

Por cada tonelada de pasta alimenticia producida se consumen 0.049 TEP más cuando se utilizan los secaderos de vapor que cuando se utilizan los eléctricos. Por lo que para una producción mensual de 60 toneladas que se realizan como promedio, si utilizamos los secaderos eléctricos consumimos 2.94 TEP menos lo que representa un ahorro anual de **35.3 TEP**, todo esto considerando que se obtengan los índices consumos planificados sin ninguna desviación de los mismos.

3.5 Estrategias de operación con secaderos eléctricos.

Del análisis realizado anteriormente concluimos que el secado eléctrico presenta numerosas ventajas pero el consumo energético asociado es alto, por lo que resulta necesario estudiar estrategias que permitan hacer más un uso más eficiente de los mismos.

A continuación se valoran 2 posibles estrategias de operación para la fábrica:

1. Operación en horario diurno.
2. Operación en horario nocturno.

3.5.1 Propuesta de estrategia de operación en horario diurno.

A continuación se muestra la propuesta de estrategia de operación a seguir en la fábrica utilizando los secaderos eléctricos en horario diurno.

1. Arrancar las prensas de forma escalonada a partir de las 7.00 a.m.
2. El último secadero se arrancará a las 3.05 p.m., luego de paralizar previamente todas las prensas a las 3.00 p.m.
3. Durante todo el proceso de carga del secadero, mantener los mismos con ventilación solamente, al igual que durante su descarga.
4. Las puertas de los secaderos deben permanecer cerradas completamente y no deben abrirse hasta una vez concluido el secado
5. El tendido de la pasta húmeda se realizará en varillas y no en tendales.
6. Se colocará en cada varilla 2.5 kg.
7. Se planificará la producción teniendo en cuenta que las prensas procesen la cantidad de pasta húmeda que garantice utilizar cada secadero eléctrico aprovechando el 100 % de su capacidad.
8. Se determinará mediante pruebas de laboratorio, la cantidad de agua a adicionar para cada tipo de harina durante el proceso de prensado y moldeado que permita que la pasta húmeda salga de la prensa con una humedad del 32 %.
9. Realizar el mantenimiento periódico de los secaderos (cada 3 meses de explotación) por parte de personal especializado.

Con la aplicación de la estrategia de operación antes expuesta y un estricto control tecnológico de la producción, pueden obtenerse los índices de consumo planificados para esta tecnología, obteniendo una disminución del índice de 38.1 kWh/t respecto a la situación actual, lo que representa un ahorro anual de 22 860 kWh aproximadamente. Este valor representan el 13.4 % del consumo anual de esta fábrica, además se logra una reducción del impacto ambiental de 21 054kg_{co2}/año.

En términos monetarios de acuerdo a la tarifa contratada se obtienen los siguientes resultados.

Actualmente la tarifa contratada es la M1B, según Resolución No 311 del 2001 del Ministerio de Finanzas y Precios.

Tarifa M: Tarifa para consumidores en media tensión

Aplicación: Se aplica a todos los servicios de consumidores, excluyendo a los clasificados como de Alta Tensión, que se alimentan de una subestación o banco de transformadores exclusivo, existiendo entre el transformador de suministro y el consumidor, solo la acometida. Se clasificarán los servicios según la codificación por la actividad principal que desarrollan los mismos.

M1B: Tarifa de media tensión con actividad entre 12 y 19 horas diarias.

Aplicación: Se aplicará a todos los servicios de consumidores clasificados como de Media Tensión con actividad entre 12 y 19 horas diarias.

\$ 5.00 mensual por cada kW de máxima demanda contratada en el horario, comprendido entre las 06:00 y las 22:00 horas.

\$ 0.083 por cada kWh consumido en el horario pico.

\$ 0.036 por cada kWh consumido en el resto del día.

De acuerdo con esto obtenemos:

Tabla 3.14 Gasto total anual por el concepto de consumo eléctrico

Horario	Consumo	Valor
Pico	270 kWh/día	22.41 \$/día
Resto del día	638 kWh/día	22.97 \$/día
Gasto total anual por el concepto de consumo		13 069.44 \$/año

3.5.2 Propuesta de estrategia de operación en horario nocturno.

De los resultados del diagnóstico del sistema eléctrico se concluyó que en las condiciones actuales de operación la estructura de consumo eléctrico resulta desfavorable, pues en la mayoría de los meses se sobrepasa el valor recomendado del 16 % de consumo en el horario pico.

Resulta evidente entonces que si se hiciera coincidir el pico de la fábrica con el valle del sistema electroenergético nacional que ocurre en la madrugada, se haría una contribución significativa teniendo en cuenta que estos 4 secaderos son parte del grupo de 100 secaderos de igual tipo que se realizaron para todo el país, por lo que si todos secan en el horario pico, contabilizan 12 MWh/día de consumo por este concepto durante ese horario.

De acuerdo con ello se propone la siguiente estrategia de operación desplazando el trabajo de la fábrica al horario nocturno.

1. Arrancar las prensas de forma escalonada a partir de las 10.00 p.m.
2. El último secadero se arrancará a las 6.05 a.m., luego de paralizar previamente todas las prensas a las 6.00 p.m.
3. Durante todo el proceso de carga del secadero, mantener las mismas medidas de control tecnológico del proceso explicadas en la estrategia anterior.

Para el análisis económico de esta variante es necesario considerar la contratación una nueva tarifa eléctrica.

Nueva tarifa a contratar: M1A

M1A: Tarifa de media tensión con actividad mayor a 20 horas diarias.

Aplicación: Se aplicará a todos los servicios de consumidores clasificados como de Media Tensión con actividad mayor a 20 horas diarias.

\$ 5.00 mensual por cada kW de máxima demanda contratada en el horario pico, comprendidos entre las 18:00 y las 22:00 horas.

\$ 0.083 por cada kWh consumido en el horario pico.

\$ 0.042 por cada kWh consumido en el horario del día.

\$ 0.028 por cada kWh consumido en horario de madrugada.

A partir del acomodo de carga propuesto se determinan los consumos en cada periodo:

Tabla 3.15 Gasto total anual por el concepto de consumo eléctrico

Horario	Consumo	Valor
Pico	15 kWh/día	1.25 \$/día
Día	425 kWh/día	17.85 \$/día
Madrugada	462kWh/día	12.93 \$/día
Gasto total anual por el concepto de consumo		9 224.64 \$/año

Con la aplicación de esta estrategia de operación el índice de consumo se mantendría igual, la ventaja principal radica en la reducción de los costos, con un valor de 3 844 \$/año respecto a la variante anterior (trabajo diurno) considerando una producción promedio de 60 T/mes. Aquí es necesario destacar que la principal ventaja radica en la utilización de la energía en el horario más conveniente para el SEN.

CONCLUSIONES PARCIALES

1. Los resultados de la evaluación del sistema de secado con vapor muestra los siguientes índices de consumo promedios: índice consumo energía eléctrica = 136.9 kWh/t, índice consumo fuel oil = 121.4 L/t e índice consumo en TEP = 0.162 TEP/t.
2. El diagnóstico del sistema de secado con vapor permitió determinar como principales insuficiencias: deterioro generalizado de los equipos principales (caldera y capitolios), falta de instrumentación, salideros de vapor,

prácticas de operación ineficientes, etc. Todas estas deficiencias corroboran el deterioro del índice de consumo de fuel oil.

3. Los resultados de la evaluación del sistema de secado eléctrico muestra los siguientes índices de consumo promedios: índice consumo energía eléctrica = 354.0 kWh/t e índice consumo en TEP = 0.113 TEP/t.
4. La comparación entre las tecnologías de secado con vapor y eléctrico muestra que este último proporciona numerosas ventajas con relación al de vapor, entre ellas un menor índice de consumo, lo que representa un ahorro anual de 35.3 TEP.
5. El diagnóstico energético realizado al sistema de secado eléctrico determinó que existen problemas técnicos, de organización y operación de los mismos, lo que ha repercutido en el incremento del índice de consumo en un valor de 38.1 kWh/t. También se concluyó que en las condiciones actuales de operación la estructura de consumo eléctrico resulta desfavorable, pues en la mayoría de los meses se sobrepasa el valor recomendado del 16 % de consumo en el horario pico.
6. Se proponen y evalúan dos estrategias de operación para la fábrica: en horario diurno y en horario nocturno. Los resultados muestran una reducción de los costos energéticos por un valor de 3 844 \$/año respecto a la variante de trabajo diurno considerando una producción promedio de 60 t/mes. Aquí es necesario destacar que la principal ventaja radica en la utilización de la energía en el horario más conveniente para el SEN.

CONCLUSIONES GENERALES

CONCLUSIONES GENERALES

1. En los últimos años el Ministerio de la Industria Alimenticia creció a un ritmo del 10% promedio anual, teniendo un importante peso en el consumo energético nacional. Diversos estudios han permitido identificar potenciales de ahorro de energía como: cambio de equipos consumidores por otros más eficientes, recuperación de residuales, utilización de sistemas de regulación y control y otros.
2. La producción de pastas alimenticias constituye uno de los principales renglones productivos dentro de la industria alimenticia. Dentro de sus operaciones fundamentales, el secado constituye uno de los más consumidores de energía, por lo que el establecimiento de tecnologías y estrategias operacionales más eficientes, permitirá un uso más racional de los portadores energéticos.
3. La estructura de gastos de la Unidad Básica Económica Productiva de la Empresa Provincial de la Industria Alimenticia muestra que la energía representa aproximadamente el 4 % de los gastos totales. Aun cuando no es de las partidas con mayor peso en la estructura general de gastos constituye una estrategia importante trabajar en su reducción, tomando en consideración que en los últimos años los precios de los portadores energéticos se han incrementado.
4. La Fábrica de Pastas Alimenticias La Prosperidad consume entre un 35 y 45 % de la electricidad de la Unidad Básica Económica Productiva. Dentro del proceso productivo de la misma el secado es la etapa que decide en el consumo energético.
5. Los resultados de la evaluación del sistema de secado con vapor muestra los siguientes índices de consumo promedios: índice consumo energía eléctrica = 136.9 kWh/t, índice consumo fuel oil = 121.4 L/t e índice consumo en TEP = 0.162 TEP/t. El diagnóstico del sistema de secado con vapor permitió determinar como principales insuficiencias: deterioro generalizado de los equipos principales (caldera y capitolios), falta de

instrumentación, salideros de vapor, prácticas de operación ineficientes, etc. Todas estas deficiencias corroboran el deterioro del índice de consumo de fuel oil.

6. Los resultados de la evaluación del sistema de secado eléctrico muestra los siguientes índices de consumo promedios: índice consumo energía eléctrica = 354.0 kWh/t e índice consumo en TEP = 0.113 TEP/t. El diagnóstico energético realizado determinó que existen problemas técnicos, de organización y operación de los mismos, lo que ha repercutido en el incremento del índice de consumo en un valor de 38.1 kWh/t. También se concluyó que en las condiciones actuales de operación la estructura de consumo eléctrico resulta desfavorable, pues en la mayoría de los meses se sobrepasa el valor recomendado del 16 % de consumo en el horario pico.
7. La comparación entre las tecnologías de secado con vapor y eléctrico muestra que este último proporciona numerosas ventajas con relación al de vapor, entre ellas un menor índice de consumo, lo que representa un ahorro anual de 35.3 TCC.
8. Se proponen y evalúan dos estrategias de operación para la fábrica: en horario diurno y en horario nocturno. Los resultados muestran una reducción de los costos energéticos por un valor de 3 844 \$/año respecto a la variante de trabajo diurno considerando una producción promedio de 60 t/mes y la ventaja adicional de la utilización de la energía en el horario más conveniente para el SEN.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

1. Proponer a la Empresa la implantación y evaluación de las estrategias de operación propuestas en este trabajo.
2. Continuar profundizando en el estudio del proceso de secado, especialmente en lo relacionado con la optimización de los parámetros fundamentales del mismo.
3. Proponer a la Empresa extender las experiencias de este estudio a otras unidades con el fin de obtener mejores resultados en la gestión energética.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AEDENAT., "Cambio Climático y Energía", Utopía. España. Disponible: <http://www.uplqc.es/otros/asoc>.
- 2 Corp Linares, Sergio. "Energía e indicadores de desarrollo energético sostenible". Disponible: <http://www.cubasolar.cu>
- 3 González Dunn, Ricardo. "La Revolución energética en Cuba. Resultados y Perspectivas", Conferencia I Seminario de Eficiencia Energética, Caracas, Venezuela, Agosto 2008
- 4 Xinxua., "Subida de precios del petróleo y de los alimentos". Beijing, China. Disponible: <http://www.xinxuanet.com>.
- 5 Benítez Riech, Guillermo, "Cuba: un análisis de la actividad económica de la industria alimentaria". Revista Agroalimentaria. 14 (27-41), 2002
- 6 Benavides, Clara, " Diseño de un sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP) para una línea de producción de Pastas Secas.", Guayaquil, Ecuador, 2002. Trabajo de Diploma.
- 7 U.N.I.P.I, Guía para la aplicación de principios generales de higiene alimenticia en la industria de Producción de Pastas, Editorial Avenue Media.
- 8 Sotolongo Smith, Félix, "Curso Básico para operadores de línea de pastas alimenticias". Dirección Técnica. Unión Confitera. 2005
- 9 Milatovic, L.J. Tecnología de la Pasta, Editorial Chiriotti, Primera Edición, 1991

BIBLIOGRAFIA

- BID, 2000: Departamento de Desarrollo Sostenible. División de Medio Ambiente. Estrategia para el sector energía: Informe de estrategia del BID. Washington: BID.
- Boletín IDAE: Eficiencia energética y energía renovable: #8, Octubre 2006. E-mail: comunicación@ idea.es.
- Borroto Nordelo, A. et. al. Ahorro de Energía en Sistemas Termomecánicos. Dr. Aníbal Borroto Nordelo, Dr. José Monteagudo Yanes, Dr. Marcos de Armas, Dr. Percy Viego Felipe, MSc. Milagros Montesino Pérez, MSc. Sergio Montelíer Hernández, Editorial Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". ISBN 959-257-045-0. 2002.
- Campos Avella, J.C. et. al. Eficiencia Energética y Competitividad Empresarial. Juan Carlos Campos Avella, Rafael Gómez Dorta, Leonardo Santos Macías. Editorial Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". ISBN 959- 257-018-3. 1999.
- Castro, Fidel, Discurso pronunciado por motivo de la culminación del montaje de los grupos electrógenos en Pinar del Río. Granma. La Habana, Enero 17, 2006
- C.E.E.M.A. Universidad de Cienfuegos., "Gestión Energética en el Sector Productivo y los Servicios", Cienfuegos: Editorial Universidad de Cienfuegos, 2006.
- CEPAL. Estudio Económico de América Latina y el Caribe". Petróleo y gas en América Latina un análisis político de relaciones internacionales a partir de la política venezolana (DT) 2005-2006.
- Colectivo de Autores. Gestión Energética Empresarial. Colectivo de Autores Centro del Estudios de Energía y Medio Ambiente Universidad de Cienfuegos, Cuba. Bajo la Redacción de Aníbal E. Borroto Nordelo, Editorial Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", ISBN 959-257-040-X. 2002.
- Cuba aplica cinco programas de eficiencia energética. Disponible en: www.recursoSnorenovables.gov.ec.
- D.O.E. Washington., "DC 20585 Environmental Protection Agency Washington DC .20460 ". Vol. DC 20460, E. P. A. Washington, 2000
- García., J. "Diagnóstico de la economía energética nacional y la estrategia desde la óptica del uso racional de la energía", INIE, Cuba, 2000.

-
- González Pérez, F. Sistema de Gestión Total Eficiente de Energía en el CAI "Pepito Tey". MSc. Félix González Pérez. Anuario Científico. Editorial Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez" ISBN 959-257-022-1. 2000.
 - González Francés, J., "Desarrollo del sector energético en Cuba", en Revista Energética (OLADE), Vol. 3, 2001, pp. 7-18.
 - GTZ. Estudio de las relaciones entre la eficiencia energética y el desarrollo económico: Programa de estudios e investigaciones en energía para la sociedad alemana para la cooperación técnica (GTZ): Santiago, Julio 2003.
 - ICAP, "Las transformaciones en el sistema eléctrico nacional de Cuba", Instituto Cubano de Amistad con los Pueblos. Dirección de información y análisis, tomado de: [www.icap.cu/argument/Batalla ideas](http://www.icap.cu/argument/Batalla%20ideas).
 - Kern, Donald Q., Procesos de transferencia de calor, Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, 1 979.
 - [La educación energética en Cuba. Realidades y perspectivas.](http://www.ticat.ua.es/educación-energética/comunicación/fundora/ConferenciaCongresoEducacionYenergia.pdf) Disponible en: www.ticat.ua.es/educación-energética/comunicación/fundora/ConferenciaCongresoEducacionYenergia.pdf,
 - Lapido Rodríguez, M. et al. La Gestión Energética y la Competitividad Empresarial. Margarita Lapido Rodríguez, José Monteagudo Yanes, Aníbal Borroto Nordelo. Revista Energía y Tú. No. 29. Enero-Marzo 2005.
 - Lapido Rodríguez, M. et al. La gestión energética una vía para la competitividad empresarial. Memorias Conferencia Internacional de Energías Renovables, Ahorro de Energía y Educación Energética CIER 2005. Varadero, Cuba, mayo de 2005.
 - Lemus Frómata, J. E. Estudio de la situación energética e impacto económico de la UEB Embotelladora de Cerveza. Ing. José Enrique Lemus Frómata. Publicación Asociación Nacional de Economistas y Contadores de Cuba. Ciego de Ávila. 2002.
 - Maldonado Vargas, Angélica, Experiencias y Resultados de Proyectos de ahorro de Energía Eléctrica en la Industria.
 - Ministerio de la Industria Básica " La Revolución energética Resultados y Perspectivas, Habana, Cuba 2008
 - OLADE, 2000: Informe energético de América Latina y el Caribe 1999 y prospectiva 2000-2020 Quito.
 - O. N. E. "Estadísticas Seleccionadas en Cuba", Anuario Estadístico de Cuba. , 2004.

-
- O.N.E. Resultados del ahorro de energía en Cuba (PAEC). Período (1998-2000)
 - O.N.E. "Informe del Grupo Nacional de Eficiencia Energética", La Habana, Cuba. Mayo, 2007.
 - Revista Bohemia. Sección en Cuba tomado de: <http://www.cubasi.cu>, visitado Mayo 2010.
 - Roca, A. Texto íntegro de las palabras de Alejandro Roca, ministro de la Industria Alimenticia 11 de junio de 2006 tomado de: Juventud Rebelde Digital digital@jrebelde.cip.cu
 - Sáez Chávez, A. Artículo: Apuesta por la eficiencia energética/ Sección Ciencia y Tecnología, página digital Periódico Granma/10/08/06
 - Triana Cordoví, Juan, La economía cubana 1999. www.cubasi.cu
 - [Tercer Mundo Económico-Integración energética en el Mercosur](http://www.redtercermundo.org.uy/tm_economico/texto_completo). Tomado de: www.redtercermundo.org.uy/tm_economico/texto_completo.
 - Viego Felipe, P. et. al. Ahorro de Energía en Sistema de Suministro Eléctrico Industrial. Dr. Percy Viego Felipe, Dr. Marcos de Armas Teyra, MSc. Arturo Padrón Padrón, Editorial Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". ISBN 959-257-041-8. 2002.
 - Wulfinghoff. D. R. "Manual de Eficiencia Energética", Atlanta Georgia, EUA, 2000, p. 1536.