

6

PLAN DE ASISTENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR PIENSOS



Junta de
Castilla y León

	CÁRNICO
1	LÁCTEO QUESERO
2	CERÁMICO
3	LAVANDERÍAS
4	TEXTIL
5	PIENSOS
6	MADERA
7	HOTELERO
8	

COLECCIÓN



6

**PLAN DE
ASISTENCIA
ENERGÉTICA
EN EL SECTOR
PIENSOS**

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, grabada en sistema de almacenamiento o transmitida en forma alguna ni por cualquier procedimiento, ya sea eléctrico, mecánico, reprográfico, magnético o cualquier otro, sin autorización previa y por escrito del EREN

Edita:

Junta de Castilla y León

Consejería de Economía y Empleo - Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN)

Elaborado por:

ENTE REGIONAL DE LA ENERGÍA DE CASTILLA Y LEÓN

Colaboración:

Dea Ingeniería S.A.

Diseño e Impresión:

Graficas Celarayn, S.A.

Depósito Legal: LE-1.247-2008

ÍNDICE

Presentación	9
Antecedentes	11
1. Introducción	12
1.1. Castilla y León. Datos Generales.....	12
1.2. Castilla y León. Objetivos.....	12
1.3. Situación Actual y Tendencias de los Mercados Energéticos	13
1.4. Situación Actual y Tendencias en Castilla y León.....	14
1.5. Introducción Sectorial.....	19
2. Objetivos	20
3. Aprovisionamiento de energía	21
3.1. Esquemas Productivos	21
3.2. Necesidades Energéticas.....	24
3.3. Selección de las Fuentes de Energía.....	25
3.4. Gestión de Compras	25
3.5. Electricidad	26
3.6. Combustibles	29
4. Contabilidad energética.....	30
4.1. Consumo Anual de Energía	32
4.2. Consumo Mensual de Energía	32
4.3. Consumos Específicos.....	33
4.4. Desglose de consumo energético.....	34
5. Auditoría energética. Mejoras energéticas	35
5.1. Bases de Partida para Desarrollar un Diagnóstico Energético.....	36
5.2. Sistemas Energéticos. Mejoras	39
5.3. Cogeneración	48
6. Mantenimiento energético	52
6.1. Generadores de Vapor	53
6.2. Redes de Distribución de Vapor, Condensado y Agua Caliente	53
6.3. Instalaciones Eléctricas.....	54
6.4. Molinos	54
6.5. Mezcladores y prensas	54
7. Formación del personal	54
8. Análisis económico de mejoras.....	55
8.1. Situación Actual.....	55
8.2. Propuestas de Mejora	56
8.3. Análisis Económico a Nivel Básico	57
8.4. Análisis Económico en Profundidad	58
8.5. Otros Aspectos a Considerar	59
8.6. Análisis de la Oferta de Financiación	59

9. Organización empresarial.	60
10. Programas de ahorro.	61
ANEXOS	
I Bibliografía.	62
II Unidades y equivalencias	63
III Definiciones	65
IV Combustibles y características	66
V Legislación.	68

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Producción Interior de Energía Primaria (ktep).	14
2. Consumo de Energía Final por Fuentes en Castilla y León (ktep).	15
3. Participación en el Consumo de Energía por Provincias.	16
4. Esquema productivo de la fabricación de piensos Fuente: Elaboración propia.	22
5. Balance de Calor a un Secadero.	37
6. Diagrama de Sankey de la Utilización del Calor Residual de los Circuitos de Refrigeración y Escape de Gases de un Motor.	49
7. Cogeneración con Motor Alternativo.	50
8. Instalación de cogeneración en ciclo combinado.	51
9. Instalación de cogeneración con turbina de gas.	52
10. Instalación de cogeneración con motor alternativo.	52

ÍNDICE DE TABLAS

1. Tarifas Eléctricas, I.V.A. excluido.	26
2. Tarifa Industrial para el Gas Natural, I.V.A. excluido.	29
3. Ejemplo de Factura de Gas Natural, I.V.A. excluido.	30
4. Sistemas de Contabilidad Energética y Auditoría Contable.	31
5. Consumo Anual de Energía.	32
6. Consumo Mensual de Energía.	33
7. Consumos Específicos.	34
8. Sistemas de contabilidad energética. Desglose del consumo energético.	35
9. Agua en saturación (g/m ³) en función de la temperatura del aire (°C) .	41
10. Control Periódico DE los Principales Parámetros Energéticos.	44
11. Índice Opacimétrico de la Escala de Bacharach.	45
12. Control de Parámetros de Combustión.	46
13. Cuadro de Soporte para la Evaluación Preliminar de las Mejoras.	56
14. Análisis Económico de la optimización de la Combustión.	57
15. Sistema Internacional de Unidades.	63
16. Unidades de Uso Común.	63
17. Relación entre las Principales Unidades de Energía, Trabajo o Cantidad de Calor.	64
18. Combustibles Líquidos. Fuelóleo 1 y Fuelóleo 1 BIA	66
19. Combustibles Líquidos. Gasóleo C	66
20. Combustibles gaseosos. Gas Natural.	66
21. Combustibles gaseosos. Propano.	67
22. Combustibles gaseosos. Butano.	67

PRESENTACIÓN

La energía representa un factor muy importante en el sector industrial, adquiriendo en la actualidad un papel relevante al haberse convertido en un criterio de decisión en las estrategias de las empresas.

Producir de forma eficiente es un objetivo que persigue todo industrial, pues ello, sin duda, le ayudará a competir con otras empresas de su mismo sector.

En este apartado, el ahorro y la eficiencia energética contribuyen a conseguir dicho objetivo, y por ello, la Consejería de Economía y Empleo, a través del Ente Regional de la Energía de Castilla y León, publicó en el año 2000 una colección de manuales que contribuyen a mejorar el ahorro energético y la eficiencia energética en distintos sectores de actividad de nuestra Comunidad Autónoma.

Los cambios en la normativa, y la evolución en los mercados energéticos, los avances tecnológicos y la necesidad permanente de mejorar la gestión energética, aconsejan actualizar estos manuales, revisión que se enmarca dentro de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España E4.

En este sentido, el Ente Regional de la Energía de Castilla y León presenta ahora la actualización y adaptación al momento actual de estos Planes Sectoriales de Asistencia Energética con el objetivo de que sirvan de guía a todas aquellas personas, que por su trabajo o posición puedan influir en la actividad de las empresas y así reducir el consumo energético en las mismas.

Es mi deseo que con la lectura de este manual se pueda contribuir a reducir los costes de producción de nuestras empresas, así como a reducir nuestra dependencia del exterior en el aprovisionamiento energético, con la consiguiente mejora del medioambiente, y contribuyendo desde esta Comunidad Autónoma a conseguir los objetivos fijados en el Protocolo de Kyoto y que dirigen las políticas energéticas y medioambientales en la actualidad.

Tomás Villanueva Rodríguez
*Vicepresidente Segundo
y Consejero de Economía y Empleo*

ANTECEDENTES

Desde el punto de vista de la empresa, la energía supone un coste que puede representar una fracción muy elevada de los costes de producción dependiendo del sector o producto de que se trate.

Hasta la crisis del petróleo (año 1973) el consumo energético tenía poca relevancia en el diseño de las instalaciones, ya que el precio de la energía era bajo y primaban otros muchos criterios por encima de las necesidades de ahorro. A partir de entonces, las nuevas instalaciones comienzan a incorporar factores de optimización energética, que inicialmente son más intensos en la gran industria y que posteriormente se extienden también al resto de los sectores.

Los criterios de optimización energética son apoyados por el gobierno a través de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España, conocida como E-4.

Toda empresa, industrial o de servicios, de mayor o menor tamaño, debe plantearse si sus instalaciones y procesos responden a un diseño optimizado desde el punto de vista energético. Una gestión energética adecuada dentro de la empresa conlleva el uso eficiente de la energía y, por consiguiente, la reducción de los costes energéticos en los procesos de producción.

En este contexto, el Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN) impulsa una campaña de difusión entre las PYMES de actuaciones sectoriales para la implantación de mejoras energéticas. Estos Planes Sectoriales pretenden servir como herramientas para la promoción de la innovación en las PYMES mejorando su competitividad, permitiendo la disminución de los costes generales, mediante una optimización y racionalización de los costes energéticos en sus procesos industriales.

En cuanto al consumo de energía, y dentro del desafío de la competitividad y la reducción de costes teniendo en cuenta la sensibilización actual sobre el medio ambiente, en los diseños actuales se aprecia un mayor respeto al entorno, la optimización de los recursos energéticos y la implantación de energías renovables cuando las condiciones son favorables.

Para el desarrollo de este documento, el primer esfuerzo se ha concentrado en estudiar las características de los consumos, el conocimiento y aplicación de técnicas de ahorro energético, los modelos de gestión aplicados, etc. de cinco empresas de la Comunidad Autónoma de Castilla y León. En ningún momento se ha pretendido que la muestra contactada sea representativa desde el punto de vista estadístico.

Se han consultado datos de estudios y encuestas que sobre el tema han llevado a cabo organismos públicos y privados como la Comisión Europea, Dirección General de la Energía, IDAE, etc..

Es importante agradecer la colaboración prestada por las empresas del sector y las personas entrevistadas. Gracias a su esfuerzo y a la atención prestada ha sido posible la realización de este trabajo, en concreto:

- INTERBON
- C.H.I. 214
- Hijos de Antonio Gaspar Rosa, S.L.
- Hijos de Segismundo Andrés, S.A.
- Hijos de Antonio Alonso, S.A.
- Maderas Pedro Marcos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. CASTILLA Y LEÓN. DATOS GENERALES.

La Comunidad Autónoma de Castilla y León, con 2.510.849 habitantes según el padrón municipal del 2005, es una de las menos densamente pobladas del estado, con 26,6 habitantes/km², frente a la media nacional de 87,4 habitantes/km².

El clima, marcadamente continental, queda definido por bajas temperaturas medias anuales, que oscilan entre los 10 °C y 12 °C. En invierno, la temperatura media es de 3-4 °C, alcanzando los 18 °C bajo cero. El verano es corto y con temperaturas suaves, aunque esporádicamente puede experimentar bruscos ascensos.

El PIB por habitante a precios constantes en la Unión Europea y en el año 2003 es de 23.300 euros, situándose España por debajo de esta media con un PIB por habitante de 18.208 euros. En comparación, el PIB de Castilla y León sólo alcanzó los 17.000 euros, concentrándose más de la mitad de la riqueza generada en las provincias de Burgos, León y Valladolid¹.

Por sectores de actividad es destacable el peso de la agricultura, mientras que el sector servicios se encuentra, con un 58%, aproximadamente, por debajo de la media nacional que alcanza el 65%.

1.2. CASTILLA Y LEÓN. OBJETIVOS.

Los principales objetivos de esta publicación pueden resumirse en:

- Adquirir la energía en las mejores condiciones de precio y calidad de suministro, adecuando la gestión de estos aprovisionamientos a los cambios que en estos mercados se están produciendo.
- Conocer y controlar, de manera precisa, los consumos energéticos mediante un sistema de información adecuadamente diseñado que permita establecer objetivos concretos en la mejora de la eficiencia en el uso de la energía.
- Optimizar la eficiencia de equipos y procesos analizando los flujos de energía en los mismos. Este análisis mostrará si es posible ahorrar más energía rediseñando el equipo o proceso o utilizando otro alternativo.
- Usar la energía de forma racional, lo cual conducirá a ahorros de energía con baja inversión.
- Aunar esfuerzos en la reducción de costes energéticos, mediante la colaboración en proyectos tanto con empresas del sector como con otras empresas.
- Aprovechar y potenciar el capital humano disponible, ya que la reducción de costes de la energía no depende exclusivamente de la tecnología, sino que está muy ligada a la concienciación de las personas.
- Identificar los “consumos evitables”, tanto en horas productivas como de no producción.

Para alcanzar dichos objetivos se hace necesario tener en cuenta una serie de aspectos:

- Esta publicación debe considerarse como un plan a largo plazo con un desarrollo escalonado de las mejoras propuestas.
- Las líneas de acción que se contemplan son de carácter general, debiendo cada empresa adaptarlas a su proceso productivo.

¹ Servidor web del Instituto Nacional de Estadística: www.ine.es (consulta: julio 2004); Contabilidad Regional de España.

- La reducción de los gastos de aprovisionamiento energético repercute directamente en la reducción de los costes de la empresa.
- La Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E-4).
- Los criterios de optimización energética son apoyados por las distintas administraciones, como se refleja en el Plan de Energías Renovables en España (PER) 2005-2010, que constituye la revisión del Plan de Fomento de las Energías Renovables en España 2000-2010.

Con esta revisión, se trata de mantener el compromiso de cubrir con fuentes renovables al menos el 12% del consumo total de la energía en 2010, así como de incorporar otros objetivos indicativos -29,4% de generación eléctrica con renovables y 5,75 de biocarburantes en transporte para ese año adoptados con posterioridad al anterior plan.

- El ahorro energético se integra en los programas de Medio Ambiente para contribuir al desarrollo sostenible.
- La mejora de la eficiencia energética y el ahorro energético está prevista, para el sector industrial, como uno de los objetivos principales en el Plan de Ahorro y Eficiencia de Castilla y León.

1.3. SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS DE LOS MERCADOS ENERGÉTICOS

A continuación se presenta, de forma resumida, la situación actual de los mercados energéticos, sus tendencias y la influencia de las mismas en el futuro del Sector Piensos de Castilla y León.

La situación actual del sector energético español viene caracterizada por:

- Una fuerte concentración del balance de energía primaria en el petróleo.
- Una gran dependencia externa en el aprovisionamiento energético.
- Una escasa diversificación geográfica de los proveedores externos de energía -la mayor parte del petróleo importado procede de Oriente Medio y el gas natural de Argelia y Libia.
- Una gran rigidez en la composición del consumo final de energía.

Sus tendencias se determinan por las pautas fijadas en el Plan de Energías Renovables en España (PER) 2005-2010 y por la Estrategia Española de Eficiencia Energética (E-4). En ellos se reconoce la importancia de la consideración de dos nuevos factores. El primero de ellos es la integración de la política ambiental dentro de la política energética, tal y como exige el principio de desarrollo sostenible, uno de los principales pilares de la política europea en materia de medio ambiente (VI PACMA). El segundo se fundamenta en un aumento de la competitividad en la oferta energética.

La estructura de la demanda primaria de energía estará caracterizada por un aumento en la contribución del gas natural y de las energías renovables, así como por un descenso de la importancia relativa de la energía nuclear, el petróleo y el carbón. Esta nueva estructuración de la demanda responde a los objetivos de contribuir a una mayor diversificación en el consumo de combustibles, conseguir una mayor protección ambiental, una minimización de costes y mejorar la eficacia.

La reducción de las emisiones, fundamentalmente de CO₂ (principal causante del efecto invernadero), SO₂ y NO_x (causantes de la lluvia ácida) es una de las acciones de carácter medioambiental a la que más recursos se están dedicando, adoptando medidas tales como²:

² Plan de Energías Renovables en España.

- La adaptación de algunas centrales de fuelóleo o gasóleo a gas natural.
- La utilización de quemadores de baja emisión de NOx.
- El aumento de la participación de carbones de menor contenido en azufre.
- La reducción gradual del contenido en azufre del fuelóleo utilizado en las centrales eléctricas.
- El aumento significativo de la cogeneración.
- La utilización de tecnologías de combustión limpias.
- El empleo de ciclos combinados con gas natural.
- La combustión por etapas.
- La potenciación de las energías renovables.

Producción Nacional de Energía Primaria (ktep)

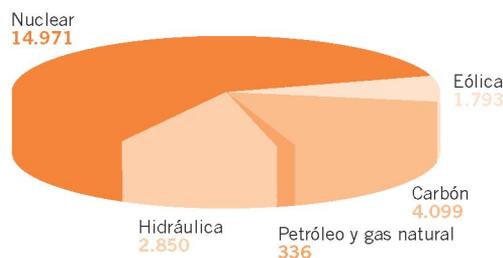


Figura 1. Producción Interior de Energía Primaria (ktep).

Fuente: Estadística Energética de Castilla y León, Resumen Anual 2005.

La evolución prevista de la demanda energética está afectada por un alto grado de incertidumbre, al depender del crecimiento económico, de los precios energéticos y del ritmo en la renovación de los equipos, entre otras variables. No obstante, se prevé un crecimiento medio aproximado de un 2.5% anual³ de la demanda para la presente década, estableciéndose un objetivo de ahorro de energía primaria del 12% sobre la tendencia actual.

De igual modo, se estima una evolución moderada de los precios a lo largo de la década, especialmente los relativos al carbón, dada la existencia de una oferta mundial diversificada y de bajo coste de extracción.

1.4. SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS EN CASTILLA Y LEÓN

1.4.1. Producción

En la Comunidad Autónoma de Castilla y León existen dos zonas mineras diferenciadas: las minas de antracita y hulla en el norte de las provincias de León y Palencia y las minas de uranio en Salamanca. Por otro lado, la totalidad de la cuenca del Duero constituye un sistema hidrográfico de gran importancia.

La central nuclear de Santa María de Garoña (Burgos), cuatro centrales térmicas de carbón, así como numerosas centrales hidroeléctricas, hacen posible que la región castellano y leonesa sea una de las principales productoras nacionales de energía eléctrica.

La cuenca del Duero, con 3.392 MW de potencia hidráulica instalada, supone el 20,5% del total español, en cuarto lugar tras la cuenca Norte (25,1%), las cuencas del Tajo, Segura y Júcar (25,2%)

³ Fuente Plan Energético Nacional

y la cuenca del Ebro (21,6%)⁴. Castilla y León producen el 17,48% de la energía hidráulica de España. Este hecho es aún más importante si consideramos que España cuenta con uno de los parques hidroeléctricos más importantes del mundo, ocupando el octavo lugar en cuanto a la potencia hidroeléctrica instalada dentro de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Únicamente naciones extensas como Estados Unidos y Canadá, o países de orografía montañosa y con grandes recursos hidráulicos, como Suecia o Noruega, cuentan con un parque hidroeléctrico mayor que el español.

Las centrales térmicas que queman carbones ricos de más de 4.500 kcal/kg son las de Anllares, La Robla, Compostilla y Velilla del Río Carrión.

Por último, la producción anual de la central nuclear de Garoña es de aproximadamente 3.700 millones de kWh, es decir, un 6,41% de la electricidad de origen nuclear y un 2,5% del total de producción eléctrica anual en España. Estas cifras equivalen aproximadamente al 40% del consumo eléctrico de la Comunidad de Castilla y León. Durante 2005, la central generó 3.680,38 millones de kWh, con un factor de carga superior al 90%. Hasta octubre de 2006 ha tenido una producción de 110.181.914 MWh.⁵

Todos estos datos refuerzan la idea de que la Comunidad Autónoma de Castilla y León es una de las principales productoras de energía a escala nacional y representa un enclave energético de extraordinaria importancia; de hecho, se puede indicar que la Comunidad Autónoma produce el 16,63% de la energía primaria del país, destacando sobre las demás la producción de hulla (43,39% sobre el total nacional), antracita (68,36%) e hidráulica (17,48%). No se ha considerado en la estadística anterior la producción de hulla subituminosa, ni de lignito, ni de biomasa. En el caso de la energía eléctrica bruta, la región produce el 11,62% del total nacional⁶.

Consumo

Según los datos de 1997 del Instituto Nacional de Estadística, Castilla y León se encuentra en el séptimo lugar nacional en consumo de energía, sólo superada por Cataluña, Andalucía, Madrid, Comunidad Valenciana, País Vasco y Galicia. Los consumos de energía agrupados por fuentes se muestran en la figura 2.

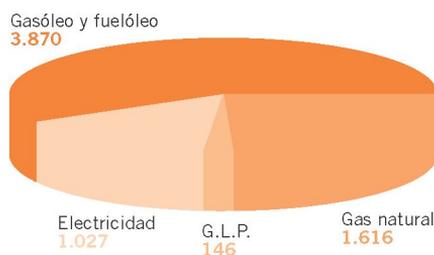


Figura 2. Consumo de Energía Final por Fuentes en Castilla y León (ktep).

Fuente: Estadística Energética de Castilla y León. Resumen anual 2005.

⁴ Fuente: Estadística energética de Castilla y León.

⁵ Fuente: Foro de la Industria Nuclear Española.

⁶ Fuente: Estadística energética de Castilla y León. Resumen Anual, 2005.

El consumo de energía eléctrica se sitúa entorno al 4,82% respecto del total nacional, concentrándose dicho consumo en las provincias de Burgos (16,91%), León (18,90%) y Valladolid (22,08%)⁷.

La utilización de gas natural en la región representa el 5,32% del total nacional, centrándose en Burgos (34,16%), Valladolid (33,49%) y León (8,65%)⁸.

El consumo de GLP supone el 5,74% del nacional, y se concentra en las provincias de Salamanca (16,18%), León (16,16%) y Valladolid (15,78%), mientras que el de otros productos petrolíferos (gasóleo y fuelóleo) se centra en Burgos, León, Salamanca y Valladolid, representando el consumo regional un 9,19% del total nacional⁹.

En resumen, en el consumo final por fuentes de energía, priman el gasóleo y el fuelóleo que suponen un porcentaje sobre el total de un 58,11%, el gas natural un 24,26%, la energía eléctrica representa el 15,43% y, por último, los gases licuados del petróleo un 2,2%. Dichos consumos se concentran en las provincias de Burgos, León y Valladolid, que reúnen entre las tres un 59% del consumo total de energía en la región, como se muestra en la figura 3.

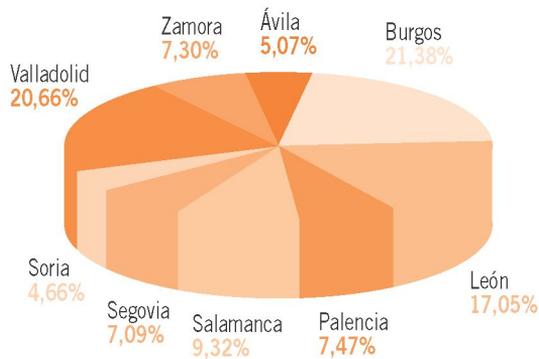


Figura 3. Participación en el Consumo de Energía por Provincias.

Fuente: Estadística energética de Castilla y León. Resumen anual 2005.

Existe un desequilibrio importante entre la cantidad de energía consumida en la región y la cantidad producida, pudiéndose afirmar que Castilla y León es una Comunidad Autónoma exportadora de energía.

La política energética de Castilla y León está supeditada a la política energética nacional y está recogida en varios planes autonómicos: Plan de Ahorro y Eficiencia Energética, Plan Solar de Castilla y León, Plan de Bioenergía de Castilla y León, y Plan Eólico. Éstos se basan en la potenciación y racionalización de los recursos autóctonos (apoyo a la minería del carbón), la adopción de programas de ahorro, diversificación y optimización energética (reducción del consumo tendencial por energías, uso racional de la energía, sustitución de combustibles derivados del petróleo por gas natural y de energías convencionales por energías renovables, cogeneración, etc.).

7 Fuente: Estadística Energética en Castilla y León. Resumen Anual, 2005.

8 Fuente: Estadística Energética en Castilla y León. Resumen Anual, 2005.

9 Fuente: Estadística Energética en Castilla y León. Resumen Anual, 2005.

Existen buenas perspectivas en cuanto a la utilización de energías renovables como fuentes alternativas de energía, lo que sitúa a la región en un puesto muy importante a nivel nacional.

Así, y en materia de energías renovables, se están desarrollando políticas diferenciadas para cada uno de sus subsectores, mediante las cuales se está facilitando el aumento de la aportación de las renovables al balance energético.

De hecho, en términos de energía eléctrica, la producción en Castilla y León mediante energías renovables puede suponer el 82% de nuestro consumo, frente a una media a nivel nacional en el entorno del 20% y siendo el objetivo europeo de participación de las energías renovables en el consumo eléctrico global del 22% en el año 2010.

Energía eólica

De las distintas áreas de las energías renovables, es en energía eólica donde se ha logrado el mayor nivel de desarrollo, lo que hace que Castilla León sea a medio plazo, según la planificación de infraestructuras energéticas del Gobierno de la Nación, una de las Comunidades Autónomas con mayor potencia instalada.

Los datos que actualmente se están manejando establecen una potencia instalada o en construcción de 3.200 MW, a la que se añade 3.100 MW más con autorización administrativa, lo que ofrece una cifra total de 6.300 MW.

Igualmente, se ha producido un extraordinario incremento en las labores de fabricación en la Región. Así, desde la práctica inexistencia de instalaciones industriales hace 7 años, en la actualidad el empleo directo ligado únicamente a esta actividad se cifra en el entorno de 1.900 personas.

En Castilla y León, se fabrican palas, torres, sistemas de control, mecanizados, carcasas de poliéster, multiplicadores y sistemas de freno, igualmente se realiza el montaje de góndolas en 4 lugares distintos, además de acoger varios centros de logística y mantenimiento.

Energía hidráulica

En relación con la gran hidráulica, Castilla y León tiene actualmente instalados un total de 4.218 MW, que el año 2006 aportaron el 26% del total de la producción eléctrica bruta regional, destacándose las centrales de Ricobayo, Aldeadavila y Villarino.

La energía minihidráulica también confirma a Castilla y León como una de las primeras Comunidades Autónomas en su utilización, con un número de minicentrales en funcionamiento alrededor de 200, en el entorno de 300 MW instalados.

Bioenergía

En la actualidad y respecto a estas plantas existe un elevado número de iniciativas si bien la gran mayoría de ellas todavía se encuentran en un estado de desarrollo muy inicial, en la actualidad totalizan los 17 proyectos con 267 MW una capacidad de tratamiento de algo más de 2 millones de t/año.

En cuanto a las plantas de biocarburantes ya existe entre construidas y en construcción una capacidad de producción de 98.000 t/año de biodiesel en 4 plantas y 345.000 m³/año de bioetanol en otras 3 plantas.

De estas, destacar que en conjunto y en empleo directo, ocuparán a un total de 350 personas, así como movilizarán unas inversiones de 370 M€ y una cantidad de 325.000 t/año de semillas oleaginosas y 1 millón de t/año de cereales.

Igualmente hay varias iniciativas para un total de 273.000 t/año de biodiésel, así como 150.000 m³/año de bioetanol en diversos estados de avance.

Respecto a la distribución, son ya unas 70 gasolineras las que suministran biodiesel mezclado con gasóleo de automoción, aunque este número se va incrementado rápidamente.

Dentro de una iniciativa más global, en la actualidad se está elaborando un Plan de la Bioenergía de Castilla y León, conjuntamente con las Consejerías de Medio Ambiente y de Agricultura y Ganadería, que considerará los anteriores aspectos, en especial el desarrollo diferenciado de los subsectores, y la actuación en los diferentes eslabones del patrón de gestión.

Energía Solar

Castilla y León cuenta con aproximadamente 72.000 m² instalados y más de 50 MWp. Esta capacidad se ha venido incrementando paulatinamente con los años, habiendo llegado, desde finales del 2002, a cuadruplicar y multiplicar por 50 la superficie solar térmica y potencia fotovoltaica respectivamente.

En el campo industrial, en la actualidad se desarrollan importantes iniciativas para la fabricación de componentes en la Región: fabricación de módulos fotovoltaicos y de tratamiento antifricción y sellado de placas para la fabricación de seguidores solares, fabricación de captadores solares térmicos y módulos fotovoltaicos, fabricación de obleas de silicio, de máquinas de absorción por sales y fabricación de paneles solares térmicos.

El hecho de que como consecuencia de legislación nacional, por transposición de Directivas Europeas, o por ordenanzas urbanísticas (Burgos, León, Miranda de Ebro, Cuellar y Valladolid), se haga realmente efectiva la obligatoriedad de incorporar energía solar en la nueva construcción, va a suponer un cambio radical en este sector.

Destaca en Castilla y León la labor realizada en la incorporación de energía solar a las propias dependencias de la Administración regional, contabilizándose en más de 70 las instalaciones desarrolladas en los últimos años en Hospitales, Centros de formación, albergues juveniles, polideportivos municipales o las propias sedes del gobierno regional.

Energía geotérmica

Como consecuencia de la inexistencia de potenciales geotérmicos de relevancia, el aprovechamiento de este recurso ha sido prácticamente inexistente en nuestra región, si bien la paulatina introducción a nivel comercial de tecnologías que permiten aprovechar para la generación de calor o electricidad los recursos geotérmicos de baja temperatura, va a dar a este sector en Castilla y León una oportunidad para su desarrollo.

1.4.2. Situación del Mercado Eléctrico

El sector eléctrico es básico para los objetivos generales de la política energética, ya que puede utilizar todas las fuentes de energía primaria convencionales en la producción de electricidad y, además, ge-

nera las mayores inversiones dentro del sector energético. Se debe también tener en cuenta la revisión de la Planificación 2002-2011 de los Sectores Eléctrico y Gasista, por cuanto establecerá la acometida de las inversiones necesarias en las redes de transporte que garanticen la necesaria capacidad de evacuación de las nuevas instalaciones del Régimen Especial.

1.4.3. Mercado del Gas Natural

El mercado de gas natural se está enfrentando también a una profunda transformación. El crecimiento de la demanda, los cambios en el ámbito europeo y la reestructuración del sector eléctrico han sido factores determinantes en el proceso de liberalización de este mercado. Asimismo, la revisión de la Planificación 2002-2011 de los Sectores Eléctrico y Gasista garantiza el adecuado suministro de gas a las instalaciones que lo precisen.

El desarrollo de la red de suministro de gas natural en la Comunidad Autónoma posibilitará la aplicación de nuevas tecnologías por parte de las empresas.

1.4.4. Mercado del Fuelóleo

Sin ninguna duda, la utilización de fuelóleo y otros derivados del petróleo estará condicionada por el encarecimiento del mismo, así como por las ventajas de las energías renovables ante los nuevos compromisos de carácter medioambiental, muy especialmente los derivados del Plan de Asignación de Derechos de Emisión (PNA) aprobado recientemente por el Gobierno.

1.5. INTRODUCCIÓN SECTORIAL

El Sector de fabricación de piensos dentro de la Comunidad de Castilla y León aglutina a unas 40 empresas, con ventas superiores a los 1.000 millones euros y que dan empleo directo a un colectivo superior a las 1.300 personas.

La incidencia del consumo energético sobre el proceso productivo es variable en función de las especialidades fabricadas. Para una fábrica de tamaño medio (12.000 a 14.000 toneladas/mes) y con una granulación en torno al 80% de la producción, la repercusión del consumo energético sobre los costes de producción puede llegar a ser de hasta un 35%. Este porcentaje puede verse afectado por el grado de automatización de la factoría y en consecuencia por la repercusión del coste de mano de obra.

Desde el punto de vista del esquema de abastecimiento energético de la factoría, la factura de energía eléctrica representa en torno a un 65 a 80% del coste energético total. En algunos casos la repercusión citada puede llegar a ser de un 90%. En consecuencia, el sector de fabricación de piensos puede considerarse como un sector intensivo en consumo energético por la repercusión sobre los costes productivos.

El sector engloba la producción industrializada de alimentación animal, pudiendo diferenciarse la alimentación destinada al engorde de animales de sacrificio (destinados en última instancia a la alimentación humana como pueden ser vacuno, porcino y avícola) de la alimentación destinada a los denominados “animales de compañía” (perros, gatos, peces, etc.).

La producción de alimentación para ganado es la que presenta un mayor peso en el sector, estando los procesos de fabricación muy estandarizados.

La producción de alimentación para animales de compañía, tiene un menor peso, aunque resulta más compleja por la diversidad de productos y de formas de presentación de los mismos (pueden llegar a producirse en una misma fábrica hasta 200 productos diferentes en un mismo mes).

Los esquemas productivos de ambos tipos de alimentación son muy similares, diferenciándose casi únicamente en la metodología utilizada para dar la forma final al producto prensado en el caso de alimentación animal y extrusionado en el caso de alimentación para animales de compañía.

El estado tecnológico de las factorías es muy diverso, variando desde instalaciones que basan el control del proceso en el saber hacer del personal, hasta instalaciones muy especializadas dotadas de sistemas de control centralizados y con un alto automatismo de la fabricación.

Desde el punto de vista productivo, la tendencia global del sector, en lo referente a la alimentación animal, es la de especializar al máximo las líneas de producción y aumentar la automatización de las mismas, incrementando al máximo la producción de granulados.

En lo referente a la alimentación de animales de compañía la tendencia es igualmente a aumentar la automatización de las fábricas, si bien en estos casos resulta más compleja por las razones de diversidad mencionadas.

Desde el punto de vista nutricional se realizan grandes esfuerzos en investigación y desarrollo para el desarrollo de fórmulas de equilibrado valor nutritivo y fácil asimilación y aceptación.

La creciente liberalización del sector energético ha despertado igualmente la inquietud por la implantación de sistemas eficientes y alternativos de abastecimiento energético, tales como la cogeneración termoeléctrica.

2. OBJETIVOS

El Plan de Asistencia Energética en el Sector Piensos constituye un esfuerzo organizado y estructurado para conseguir la máxima eficiencia en el suministro, transformación y utilización de la energía, siendo su objetivo fundamental obtener el mayor rendimiento posible a las cantidades de energía requeridas por las empresas.

Los objetivos específicos del Plan Sectorial serán:

- En el **Aprovisionamiento**, conocer y definir cuál es la energía más idónea.
- En la **Contabilidad**, identificar la energía que se consume y dónde.
- En **Auditoría**, conocer y controlar la eficiencia con que se utiliza la energía, determinando el estado energético de cada equipo integrante de los procesos de la empresa.
- En **Mejoras**, conocer las medidas innovadoras que pueden aplicarse a los diferentes procesos y sistemas.
- En el **Mantenimiento Energético**, desarrollar un programa de mantenimiento energético que permita mantener los niveles de eficiencia energética deseados.
- En la **Formación del Personal**, determinar qué personal formar y en qué.
- En el **Análisis Económico**, cómo analizar las inversiones a realizar.
- En **Organización Empresarial**, definir cuál es el organigrama energético más idóneo.

- En **Programas de Ahorro**, cómo planificar el ahorro de energía en el tiempo.
- En **Interrelaciones Empresariales** sectoriales, cómo relacionarse energéticamente con el resto del sector.

La implantación de un plan de gestión energética que permita mantener de forma permanente una **MENTALIDAD DE AHORRO ENERGÉTICO**, que apoyada en el cuidado y mantenimiento de las instalaciones consigue que las inversiones en equipos mantengan su vida útil y un correcto funcionamiento, está justificada por una serie de razones entre las que cabe destacar las siguientes:

- La energía es un recurso equiparable al resto de los factores de producción.
- La incidencia de los costes energéticos sobre los costes de producción, y por tanto del precio de venta, debe tenerse siempre en cuenta.
- La recogida sistemática de información, a poder ser mediante sistemas informáticos, permite estudiar las series históricas de producción y consumos de energía.
- La implantación de un sistema de gestión energética no representa una inversión apreciable.
- Permite identificar oportunidades de aumento de eficiencia y reducción de costes.
- Aumenta la sensibilidad hacia los temas energéticos y medioambientales en materia de emisiones y residuos.

3. APROVISIONAMIENTO DE ENERGÍA

Las funciones del aprovisionamiento energético comprenden la selección de las fuentes de energía más idóneas, las negociaciones con los suministradores, el control de los pedidos, el almacenamiento y la utilización de todo tipo de combustibles y energía eléctrica.

3.1. ESQUEMAS PRODUCTIVOS

Los piensos son una mezcla de diferentes productos que aportan todo lo que es necesario para la nutrición de un animal. Están compuestos por elementos que entran en muy pequeña proporción (vitaminas, oligoelementos, antibióticos, etc.), materias que entran en cantidad ya más importante (fosfato, sal, etc.) y sustancias que entran a más del 1% (tortas, salvados, cereales, etc.). Estos diferentes elementos se presentan con densidades, tamaños y granulometrías muy diversas, lo que dificulta la preparación de una mezcla homogénea.

En la figura 4 se refleja el esquema productivo típico de la fabricación de piensos para alimentación de ganado, y que puede resumirse en las siguientes operaciones básicas: molienda, mezclado, prensado, refrigeración y desmigado (sobre dicho esquema se ha representado una distribución porcentual aproximada de consumos energéticos).



Figura 4: Esquema productivo de la fabricación de piensos.

Fuente: Elaboración propia.

La fabricación de piensos compuestos para alimentación de animales de compañía difiere ligeramente en el sentido de que la granulación final en vez de hacerse por prensado se realiza por extrusión y la humedad residual es necesario eliminarla mediante el aporte de aire caliente, como paso previo a la refrigeración del producto.

Las operaciones previas a estas etapas y que implican la recepción y preparación de materias primas, el almacenamiento, molienda y dosificación de los distintos componentes, puede variar de una fábrica a otra dependiendo de las especialidades fabricadas y de la flexibilidad requerida en la producción. No obstante, las cuatro operaciones básicas indicadas pueden considerarse comunes a todos los procesos productivos, aunque el equipamiento utilizado pueda ser a su vez muy diverso.

La molienda es una etapa clave ya que facilita la disgregación de tamaños y la posterior mezcla íntima de los productos; el tamaño final de las partículas debe de tener también en cuenta la aglomeración posterior del producto. El equipamiento utilizado en la molienda es muy diverso. Para la alimentación de ganado, los tipos de molinos que se pueden aplicar son:

- Molinos de muelas (horizontales, verticales y especiales)
- Molinos de bolas.
- Molinos de cilindros.
- Molinos de martillos.
 - Martillos fijos.
 - Martillos móviles.

Los más utilizados son los molinos de martillos, de los que se pueden ver algunos esquemas en las figuras 5, 6 y 7. Los rotores pueden ser verticales u horizontales, atribuyéndose a los horizontales una mayor facilidad de cambio tanto de los tamices como de los martillos, lo que facilita las labores de mantenimiento. Los molinos de rotores verticales funcionan sin aire de aspiración, por lo que no presentan problemas de aire de escape y está garantizada una operación sin polvo. La demanda de energía es mucho menor que la de los molinos de martillo convencionales.

El mezclado, en alimentación animal tiene por objeto disponer de varios elementos en un conjunto homogéneo y evitar las reacciones de unos ingredientes con otros. Existen varios tipos de mezcladores que se pueden clasificar en:

- Mezcladores mecánicos:
 - Mezclador fuente (eleva la masa sobre un sinfín vertical dejándola caer en geysers).
 - Mezclador de sinfín horizontal, figura 8 (someten la mezcla a la acción de sinfines o de paletas helicoidales de eje horizontal, que empujan y elevan la masa imprimiéndole una rotación).
 - Mezclador turbulento (hace girar la masa sobre sí misma dejándola caer dentro de un tambor que gira alrededor de un eje diagonal).
 - Mezcladores de reja de arado con placa de afinado.
- Mezcladores con aire:
 - Mezcladores neumáticos.
 - Mezcladores air-mix.

Para la incorporación de los líquidos más o menos viscosos (es decir grasas y melazas), se pueden seguir cuatro procedimientos según que se realice en continuo o discontinuo y en caliente o en frío. Los métodos en frío son más atractivos ya que se evita el riesgo de alterar las grasas por sobrecalentamiento. Su inconveniente es la falta de penetración de las grasas y melazas en las partículas sólidas, lo que implica unas incorporaciones débiles, del 10 a 15%, sobre el soporte absorbente. El rendimiento es mucho más débil que en caliente.

La ventaja de los procedimientos en caliente es que permiten un mejor reparto de los líquidos viscosos y la mejor penetración por ósmosis en el soporte. El calentamiento no debe efectuarse ni por resistencia eléctrica ni por vapor, a fin de evitar sobrecalentamientos. En la figura 9 se refleja el esquema de una instalación simple.

El prensado tiene como objetivo aglomerar los polvos por presión, para darles una forma y un volumen que convenga mejor a su utilización. El volumen y forma de los granulados varía según el destino, desde 2,5 mm de diámetro para los pollitos hasta los 30 mm de diámetro para el bovino. La compresión puede realizarse en caliente o en frío. El prensado en frío se realiza sin adición de ninguna clase, lo que comporta un gran desgaste de la matriz y los rodillos, taponamientos y una eficiencia muy baja. Al calentar las harinas con inyección de vapor, se aumenta su contenido de humedad y su temperatura, lo que permite una mayor facilidad de aglomeración y una mejor cohesión. Ello es debido principalmente a que los productos calentados tienen sus grasas ablandadas y sus almidones hinchados, reduciendo el coeficiente de rozamiento al pasar por la matriz, disminuyendo el choque térmico y facilitando una interpenetración de los almidones y las grasas entre las partículas que mejora la ligazón. La humedad se reparte eficazmente y la evaporación durante el paso por la matriz es regular, manteniéndose la temperatura a un nivel aceptable y evitando así los sobrecalentamientos que se producen en la granulación en frío. De todas formas, es necesario limitar la temperatura y la humedad, ya que los alimentos del ganado contienen principios activos (vitaminas entre otros) que son lábiles al calor y a la humedad.

La presión del vapor utilizado se sitúa entre los 3 y 6 bar, lo que corresponde a temperaturas de saturación de 143 °C a 164 °C. Es deseable añadir vapor seco. La temperatura óptima de la harina para obtener el mayor rendimiento es de 70 a 80°C. La humedad óptima para obtener el máximo de dureza es aproximadamente 16 a 17% .

Existen un gran número de máquinas susceptibles de aglomerar los alimentos, aunque las más utilizadas son las prensas de matriz. En ellas unos rodillos o levas fuerzan a los alimentos a penetrar en los agujeros de una matriz. Los alimentos comprimidos en estos agujeros salen por el otro extremo bajo la forma de un fideo duro que se corta mediante una cuchilla a una longitud predeterminada.

Existen:

- Matrices planas fijas y giratorias (figura 10).
- Matrices anulares fijas y giratorias, bien verticales, bien horizontales (figura 11).

Los granulados que salen de las matrices todavía llevan un poco de agua residual y su temperatura es elevada, son blandos. No se volverán fríos más que cuando se enfríen y sequen. La operación de enfriamiento se realiza mediante el paso de los granulados en una fuerte corriente de aire que absorberá las calorías y provocará una evaporación favorable al enfriamiento. Los aglomerados gruesos tardarán más en enfriarse al ser su superficie de evaporación menor respecto a su volumen que en los aglomerados pequeños. Es necesario un mínimo de 2 minutos para obtener un enfriamiento satisfactorio. El aparato más utilizado es el enfriador estático vertical en contracorriente (figura 12) que está compuesto de una torre vertical, en la cual un ventilador aspira el aire que pasa a través de la capa de granulados.

Dado que la fabricación de granulados muy finos (como para los pollitos) resulta muy cara, se los reemplaza por granulados triturados bástamente, a los que se denomina migas. Las desmigadoras son unas máquinas de cilindros (figura 13) estriados, el más rápido según la generatriz, el más lento según la circunferencia. Las desmigadoras tienen su mayor rendimiento si los gránulos son duros y poco quebradizos, por lo que los gránulos deben fabricarse utilizando el vapor y ligantes para aumentar su dureza y su cohesión. Por otra parte deberán estar bien enfriados, para lo cual hay que aumentar el tiempo de paso del enfriador (motivo por el que se utilizan enfriadores de grandes dimensiones cuando se fabrican migas), ya que se logra disminuir la producción de finos (que deben ser reenviados a la prensa).

El proceso productivo se complementa con el almacenamiento y ensacado del producto terminado. En el caso de fabricación de piensos compuestos para alimentación de animales de compañía se recurre a la extrusión en caliente para la aglomeración final del producto. En estos casos es necesario someter el producto aglomerado a un secado con corriente de aire caliente (en torno a los 120 °C) para eliminar la humedad incorporada que facilita la extrusión.

3.2. NECESIDADES ENERGÉTICAS

De acuerdo con las características productivas indicadas, el aporte energético necesario puede realizarse a partir de diferentes tipos de energías primarias:

Aporte de energía térmica

- A partir de un combustible al liberar la energía química almacenada en el mismo.
- Por transformación en calor de la energía eléctrica aportada.

Aporte de energía eléctrica

- Se puede obtener de la red de abastecimiento.
- Alternativamente se puede generar in situ a partir de la aplicación de un combustible en un sistema de cogeneración.

Desde el punto de vista de la facturación energética de las industrias del sector el mayor peso recae sobre el coste eléctrico que representa en torno al 65-80% de la facturación global. Este porcentaje

puede llegar incluso a sobrepasarse cuando concurren situaciones productivas particulares (tales como funcionamiento a dos turnos) que originan un encarecimiento específico de la energía eléctrica consumida.

Por el contrario el consumo de energía térmica rara vez supera el 25% de la facturación energética global; únicamente en fabricaciones especializadas que utilizan la extrusión en caliente y que requieren de la incorporación de una etapa de secado, el consumo de energía térmica puede llegar a representar hasta 70% del coste de la factura energética global.

En la figura 7 se recoge como se distribuyen en las principales etapas del proceso los consumos de energía eléctrica y de combustibles (siendo este el medio más utilizado de aporte de energía térmica). Bajo esta panorámica, aunque la energía eléctrica, y por tanto su contratación y utilización, debe jugar un papel aparentemente preponderante en la gestión eficiente energética, no debe descuidarse todo lo relacionado con el empleo de combustibles, ya que precisamente como consecuencia de su bajo peso relativo, a menudo se deja de lado su seguimiento y control, constituyéndose en un foco potencial de importantes ahorros energéticos y por tanto económicos y medioambientales.

3.3. SELECCIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA

La selección de la fuente energética idónea resulta una cuestión compleja en la cual deben tenerse en cuenta una serie de condicionantes como son:

Condicionantes Externos:

- Ubicación geográfica de la fábrica y acceso a las redes de suministro locales y nacionales.
- Disponibilidad y regularidad en el abastecimiento.
- Precio de los diferentes tipos de energía.
- Requerimientos legales para su utilización, en particular los relativos al medio ambiente y a la normativa de tipo sanitario.

Condicionantes Internos:

- Adaptabilidad a los equipos existentes.
- Estructura de consumo de la fábrica. Puntas de demanda y coeficientes de simultaneidad.
- Costes energéticos referidos a una unidad común y previsiones de variación.
- Posibilidades de sustitución entre las diferentes fuentes de energía disponibles, tanto convencionales como alternativas.

3.4. GESTIÓN DE COMPRAS

Las funciones de la gestión de compras deben de comprender:

- Prospección del mercado energético.
- Programación de las cantidades y tipos de energía a adquirir.
- Seguimiento de la idoneidad de la contratación.

En particular, y teniendo en cuenta la estructura de abastecimiento energético del sector, con un peso relativo mayoritario de consumo eléctrico, la contratación apropiada del suministro eléctrico puede conllevar importantes ahorros en la factura eléctrica.

Igualmente, y con menor peso relativo (excepto en instalaciones de cogeneración), debe tenerse muy en cuenta el nivel de almacenamiento y adecuar al mismo los pedidos de combustible organizando el lanzamiento de los mismos en función de las diferentes ofertas disponibles en el momento.

3.5 ELECTRICIDAD

Términos Principales de la Factura Eléctrica

En la tabla siguiente se muestra la relación de tarifas eléctricas básicas aplicables con los precios de sus términos de potencia y energía según el B.O.E. número 312, de 30 de diciembre de 2006.

TARIFAS Y ESCALONES DE ALTA TENSIÓN	TÉRMINO DE POTENCIA Tp: € / kW mes	TÉRMINO DE ENERGÍA Te: € / kWh
TARIFAS GENERALES		
<i>Corta utilización</i>		
1.1 General no superior a 36 kV	2,271918	0,078284
1.2 General mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	2,148523	0,073505
1.3 General mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV	2,075938	0,071338
1.4 Mayor de 145 kV	2,017871	0,068947
<i>Media utilización</i>		
2.1 No superior a 36 kV	4,697183	0,071749
2.2 Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	4,441901	0,067172
2.3 Mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV	4,296025	0,065220
2.4 Mayor de 145 kV	4,186618	0,063119
<i>Larga Utilización</i>		
3.1 No superior a 36 kV	12,532584	0,059690
3.2 Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	11,719066	0,056200
3.3 Mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV	11,359945	0,054032
3.4 Mayor de 145 kV	11,015481	0,052558

Tabla 1: Tarifas Eléctricas, I.V.A. excluido.

Fuente: B.O.E. de 30/12/2006

La facturación puede expresarse de forma aproximada por:

$$P_{ec} = k_i P_f + k_c E$$

donde:

P_{ec} es el precio a abonar a la compañía suministradora por la energía consumida en euros.

E es la energía consumida en kWh durante el periodo de facturación.

k_i es el precio del término de potencia en €/kW/mes, constante para cada tarifa i .

P_f es la potencia a facturar en kW.

k_c es el precio del término de energía en cada tarifa en €/kWh.

Término de energía: $T_e = k_c E$ coste de los kWh consumidos en el período de facturación.

Término de potencia $T_p = k_i P_f$ coste del nivel de potencia contratado.

La potencia facturable (P_f) se determina en función de la potencia contratada (P_c) y la máxima del período que registre el máxímetro (P).

En el cálculo de P_f se distinguen cuatro casos:

- Si no se dispone de máxímetro $P_f = P_c$.
- Si $0,85P_c < P < 1,05P_c$, entonces $P_f = P$.
- Si $P < 0,85 P_c$, entonces $P_f = 0,85P$.
- Si $P > 1,05 P_c$, entonces $P_f = P + 2(P - 1,05 P_c)$.

La facturación será:

Potencia: $P_f \times T_p$.

Energía : $E \times T_e$.

Siendo T_p el término del precio de la potencia, E la energía consumida y T_e el término del precio de la energía.

Complementos

- Discriminación horaria

$$DH = T_e \times \sum \frac{Ew_i \times C}{100}$$

DH= Recargo o descuento en €.

Ew_i = Energía activa consumida en cada uno de los períodos horarios definidos para cada tipo de discriminación horaria, en kWh.

C_i = Coeficiente de recargo o descuento de cada período horario según su tipo de discriminación.

T_e = Precio del término de energía de la tarifa general de media utilización correspondiente a la tensión de suministro.

El coeficiente dependerá del tipo de discriminación horaria:

- Tipo 0: Aplicable a los abonados a la tarifa 1.0 hasta 3.0.1 de baja tensión. Se considera la potencia máxima de ambos periodos.
- Tipo 1: Discriminación horaria sin contador de tarifa múltiple. De aplicación a los abonados con potencia contratada igual o inferior a 50 kW. Toda la potencia consumida, tanto en punta como en valle y llano, se ve sometida a un recargo del 20 %.
- Tipo 2: Discriminación horaria con contador de doble tarifa, de uso general. Un contador exclusivo para horas punta, que llevan un recargo del 40%, y otro para las horas llano y valle, que no tienen recargo.
- Tipo 3: Discriminación horaria con contador de triple tarifa, sin discriminación de sábados y festivos, de uso general. Penaliza la energía consumida en las horas punta con un 70% y bonifica las horas consumidas en valle con un 43%. La energía consumida en el periodo llano no se ve afectada por recargos ni descuentos.

- Tipo 4: Discriminación horaria con contador de triple tarifa y discriminación de sábados y festivos, de uso general. Es semejante a la tipo 3, sólo que además se considera dentro de valle la energía consumida en sábados y domingos. El recargo para hora punta es del 100% y la bonificación para valle es del 43%. El periodo llano no se ve afectado con recargos ni descuentos.
- Tipo 5: Consiste en un complemento que se combina con tarifas en general de grandes consumos. Tiene en cuenta las estaciones, temporadas, días pico, etc., y se configura mediante aplicaciones informáticas.

- Energía reactiva

La energía reactiva no produce trabajo útil para el abonado, pero la compañía suministradora se ve obligada a proporcionarla. El complemento por energía reactiva está constituido por un recargo o descuento porcentual y se aplicará sobre la totalidad de la facturación básica. El factor de potencia, $\cos\phi$, se calculará con dos cifras decimales, redondeando de la última cifra.

$$\cos\phi = \frac{E_w}{\sqrt{E_w^2 + E_r^2}}$$

$\cos\phi$ = Factor de potencia.

E_w = Energía activa.

E_r = Energía reactiva.

El valor porcentual K_r a aplicar a la facturación básica se determinará según las siguientes fórmulas, dependiendo del valor del $\cos\phi$:

$$\text{Para } 1 \geq \cos\phi > 0,95: K_r (\%) = \frac{37,026}{\cos^2\phi} - 41,0$$

$$\text{Para } 0,95 \geq \cos\phi \geq 0,90: K_r (\%) = 0$$

$$\text{Para } \cos\phi < 0,90: K_r (\%) = \frac{29,16}{\cos^2\phi} - 31$$

El valor porcentual de K_r será redondeado a una cifra decimal. Cuando el resultado sea negativo, se aplicará una bonificación en porcentaje igual al valor absoluto del mismo. Pero no se aplicarán recargos superiores al 50,7% ni descuentos superiores al 4%.

Para reducir el precio del suministro eléctrico se recomienda a las empresas mejorar el factor de potencia, ya sea eliminando cargas ineficientes o instalando sistemas para mejorar el $\cos\phi$, principalmente baterías de condensadores.

- Estacionalidad.

Los abonados acogidos al modo 5 de facturación de potencia tienen además de los recargos y descuentos anteriores, un recargo del 10 por 100 para la energía consumida en temporada alta (4 meses por año) y un descuento del 10 por 100 para la energía consumida en temporada baja (4 meses por año).

El complemento por estacionalidad tiene especial importancia en el sector, ya que al estar la demanda de electricidad ligada a la demanda de frío en los secaderos y a la vez es mayor ésta en los períodos calurosos (incluidos en la temporada baja) se puede lograr una disminución media anual del coste de la electricidad en torno al 7 por 100.

3.6. COMBUSTIBLES

La aplicación de combustibles, dado que se realiza de forma indirecta en los diferentes procesos, no tiene una incidencia directa en la calidad del producto.

La industria de fabricación de piensos emplea en su proceso todo tipo de combustibles, aunque, básicamente, en la Comunidad Autónoma de Castilla y León, dada la distribución geográfica de estas industrias, los combustibles más utilizados son los líquidos (fuelóleo y gasóleo). El gas ha ido sustituyendo a los combustibles líquidos y energía eléctrica donde ha llegado la red de distribución, principalmente por factores económicos, medioambientales y reducidos costes de preparación para su combustión.

El uso de los combustibles gaseosos disminuye considerablemente los problemas de mantenimiento de redes de combustible y equipos consumidores, facilitando la instalación de sistemas de recuperación de calor.

La utilización del gas como combustible en calderas, puede lograr una reducción de costes del orden del 5 al 10 por 100, comparado con los combustibles líquidos, tanto mayor cuanto menor es el tamaño de la caldera.

La tarifa para el gas natural viene fijada por ley y se publica mensualmente en el B.O.E. A título de ejemplo se muestran los valores que regían en el mes de enero del 2006 para uso industrial.

TARIFAS DE GAS NATURAL	TÉRMINO FIJO		TÉRMINO VARIABLE
Tarifas grupo 2 (4 bar < P ≤ 60 bar)	(€/Cliente)/ mes	(€/kWh/día)/ mes	€/kWh
2.1 Consumo ≤ 500.000 kW/año	141,06	0,039121	0,022833
2.2 500.000 kW/año < Consumo ≤ 5.000.000 kW/año	141,06	0,039121	0,022821
2.3 5.000.000 kW/año < Consumo ≤ 30.000.000 kW/año	0,00	0,048163	0,021634
2.4 30.000.000 kW/año < Consumo ≤ 100.000.000 kW/año	0,00	0,047504	0,022495
Tarifas grupo "2 bis" (P ≤ 4 bar) Consumidores industriales suministrados a menos de 4 bar a los que se les aplica las tarifas del grupo 2	(€/Cliente)/ mes	(€/kWh/día)/ mes	€/kWh
2.1 Consumo ≤ 500.000 kW/año	146,17	0,040539	0,023661
2.2 500.000 kW/año < Consumo ≤ 5.000.000 kW/año	149,30	0,041406	0,024154
2.3 5.000.000 kW/año < Consumo ≤ 30.000.000 kW/año	0,00	0,053634	0,024091
2.4 30.000.000 kW/año < Consumo ≤ 100.000.000 kW/año	0,00	0,051256	0,024272
CAUDAL DE CONTADOR	TARIFA DEL ALQUILER		
Hasta 3 m³/h	0,60 €/mes		
Hasta 6 m³/h	1,10 €/mes		
Superior a 6 m³/h	12,5 por 1.000 del valor medio del contador		

CAUDAL DE CONTADOR (m ³ /h)	VALOR MEDIO (€)
Hasta 10	185,10
Hasta 25	340,68
Hasta 40	660,71
Hasta 65	1.349,71
Hasta 100	1.827,24
Hasta 160	2.866,06
Hasta 250	6.065,60

Tabla 2: Tarifa Industrial para el Gas Natural, I.V.A. excluido.

Fuente: B.O.E. de 30/12/2006.

- Ejemplo de Cálculo de una Factura de Gas Natural.

El consumo de gas natural, suministrado a 4 bares de presión, a lo largo del mes de Febrero de 2007 ascendió a 355.014 kWh con 23 días de utilización. Con estos datos puede calcularse la factura para dicho mes utilizando los datos de la tabla 3:

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
Consumo Gas	355.014 kWh 34.041 m ³	0,024154	8.575
Término Fijo	1 mes	149,30 + 639,12	788,42
Alquiler de Contador	1 mes	16,87	16,87
Total (€)			9.380,29

Tabla 3: Ejemplo de Factura de Gas Natural, I.V.A. excluido.

Fuente: Elaboración Propia

4. CONTABILIDAD ENERGÉTICA

El primer paso para ahorrar energía es conocer los consumos, lo que únicamente puede lograrse cuando se ha implantado un sistema eficiente de contabilidad.

Debe de tratar de evitarse la costumbre habitual de registrar únicamente los consumos con el objetivo de comprobar la corrección de la facturación energética realizada por los suministradores. Se suele conocer el gasto global originado por el consumo de energía, diferenciando la facturación eléctrica del resto, pero también se suele ignorar cuál es el consumo real y el gasto que éste ocasiona.

Los **objetivos de la Contabilidad Energética**, que en sí misma constituye la base para establecer un Programa de ahorro energético, deben ser:

- Mantener una estadística de consumos anual y mensual por tipos de energía.
- Determinar los consumos globales y específicos.
- Asignar los costes energéticos sobre una base sólida y objetiva.
- Controlar de forma sistemática el consumo energético en las distintas partes del proceso productivo, midiendo la energía eléctrica utilizada, el consumo de vapor, el consumo de agua caliente, el consumo de frío y el consumo de combustibles.

- Analizar los consumos por comparación:
 - Con series históricas propias.
 - Con datos standard tecnológicos.
 - Con equipos similares de otras fábricas.
 - Con estadísticas sectoriales.

Para iniciar la contabilidad se precisa disponer, como mínimo, de la siguiente **información básica**:

- Consumos anuales y mensuales de cada tipo de combustible y de energía eléctrica.
- Relacionar los combustibles y energía eléctrica empleada con la producción.
- Establecer los costes de energía unitarios.
- Conocer las equivalencias energéticas entre los distintos tipos de combustibles y energías para poder comparar los consumos energéticos refiriéndose a una unidad de referencia común.

Si bien los consumos eléctricos son fáciles de contabilizar (se dispone de elementos de medida para la facturación a los que se tiene accesibilidad permanente), los combustibles se suelen controlar únicamente a través de los pedidos, por lo que se suele relacionar únicamente su periodicidad, la cual está ligada a la capacidad de almacenamiento disponible.

A continuación se exponen algunos de los sistemas de contabilidad energética y auditoría contable aplicables:

SISTEMA	VARIABLES CONTABILIZADAS	METODOLOGÍA	VENTAJAS E INCONVENIENTES
Simple	Energía consumida (desglosada por tipos)	Comparación con datos históricos	Sencillo, pero no considera la producción
Consumos específicos globales	Energía consumida (diferentes tipos) y producción	A través de la comparación del ratio Energía Consumida/ Producción con valores históricos, teóricos y estadísticos	Sencillo y preciso, ideal para estudiar la eficiencia energética
Estándares técnicos	Energía consumida (diferentes tipos) y otros parámetros del proceso (temperaturas, climatología, etc.)	A través de la comparación de la energía consumida con el valor standard técnico prefijado teóricamente para las condiciones.	Sencillo pero con dificultad para establecer unos estándares técnicos realistas y objetivos
Ratio múltiple	Energía consumida (diferentes tipos) y otras variables conjuntamente	A través de un análisis de las correlaciones. Energía y otras variables.	Complicado por las variables que se consideran. Requiere altas dosis de conocimientos técnicos.
Rendimiento	Diagnóstico/auditoría.	Determinación de la relación (consumo-pérdidas)/consumo	Exige la realización de balances de materia y energía

Tabla 4: Sistemas de Contabilidad Energética y Auditoría Contable.

Fuente: Elaboración Propia

Para poder poner en marcha el sistema de contabilidad es necesario cumplimentar una serie de cuadros soporte con la información energética y de producción como los que se recogen seguidamente. El sistema debe permitir estudiar la evolución del consumo de energía a lo largo del tiempo, con una

cierta periodicidad en la cumplimentación de los cuadros soporte que evite la pérdida de interés, por lo que se recomienda una frecuencia mínima mensual.

En el caso de los jamones en paralelo, y teniendo en cuenta las características del proceso de secado y maduración de los jamones, que puede alcanzar hasta los ocho meses, es importante contrastar los consumos entre las diferentes cámaras, teniendo en cuenta el periodo en que se puede encontrar cada una de ellas.

4.1. CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA

Para poder estudiar el consumo anual de energía deben expresarse en una misma unidad todas las fuentes de energía. Los datos de consumo deben tomarse solamente de los contadores y únicamente aquellos datos que no puedan medirse se estimarán de acuerdo con un criterio preestablecido.

TIPO DE ENERGÍA	UNIDAD	CANTIDAD	PCI REAL (TEP/UD)	(1) COEFIC. CONV. A TEP	TOTAL TEP
Gas natural	1.000 termias			0,100	
Gas manufacturado	1.000 Nm ³			0,385	
Propano	t			1,130	
Gasóleo	m ³			0,872	
Fuelóleo	t			0,960	
Residuos combustibles					
Otros					
	Total térmico				
Energía eléctrica	Miles kWh			0,086	
	Total (€)				

⁽¹⁾ Utilizar en caso de no conocer el PCI real.

Tabla 5: Consumo Anual de Energía.

Fuente: Elaboración Propia

4.2. CONSUMO MENSUAL DE ENERGÍA

El seguimiento mensual de los consumos de energía, desglosado por los diferentes tipos de energía y combustibles consumidos, permite observar la evolución de los mismos y, por tanto, determinar la existencia de posibles anomalías, bien surgidas en el seno del sistema de consumo energético de la factoría, o bien en la funcionalidad de los equipos de medida instalados. Por tanto, la cumplimentación mensual de un cuadro de consumos de energía eléctrica y combustibles (desglosando estos según su tipología) constituye una herramienta adicional para la correcta contabilidad energética de la fábrica.

MES	E. ELÉCTRICA		FUELÓLEO		GASÓLEO		GAS NATURAL		PROPANO/BUTANO		TOTAL
	miles kWh	tep= (miles kWh x 0,086)	t	tep= (t x 0,960)	m ³	tep= (m ³ x 0,872)	miles termias	tep= (miles te x 0,1)	t	tep= (t x 1,13)	tep
Enero											
Febrero											
Marzo											
Abril											
Mayo											
Junio											
Julio											
Agosto											
Septiembre											
Octubre											
Noviembre											
Diciembre											
Total											

Tabla 6: Consumo Mensual de Energía.

Fuente: Elaboración Propia

4.3. CONSUMOS ESPECÍFICOS

Los consumos específicos de energía permiten relacionar históricamente el consumo de energía con la producción. El consumo específico se define como la cantidad de energía utilizada para obtener una unidad de producción.

Teniendo en cuenta que hay una gran diversidad de productos (diversidad de alimentos para especies animales, tales como pollos, cerdos, vacuno, animales domésticos y diferentes formas de presentación de los productos, gránulos, harinas), el sistema de contabilidad más realista debería de contemplar los diferentes consumos de energía imputables a cada tipo de producto, para lo cual será necesario disponer de los correspondientes equipos de medida que permitan seguir el consumo para cada tipo de producto.

En un primer nivel se analizará el consumo medio específico anual (ver tabla 7), para lo cual se referirán los aportes de energía a los procesos de fabricación a la unidad de producto inicial y/o final (expresado éste en kg de materia prima o de producto final). Este cuadro puede elaborarse a partir del cuadro del consumo anual de energía y de la producción anual alcanzada de los diferentes productos.

El conocimiento de los valores anteriores permitirá establecer un seguimiento de los programas de ahorro y eficiencia energética de los diferentes equipos de la empresa.

DENOMINACIÓN PRODUCTO	PRODUCCIÓN ANUAL (TONELADAS)	CONSUMO ESPECÍFICO		
		TÉRMICO (TERMIAS/UNIDAD)	ELÉCTRICO (KWh/UNIDAD)	TOTAL (TERMIAS/UNIDAD)

Tabla 7: Consumos Específicos.

Fuente: Elaboración Propia

4.4. DESGLOSE DE CONSUMO ENERGÉTICO.

Además de la información anteriormente indicada, a través de la cual se obtiene una idea del gasto energético global y de su relación con la producción, el conocimiento del desglose del consumo en las distintas operaciones y servicios de la fábrica permite obtener algunas conclusiones que pueden resultar interesantes.

Para ello se puede diferenciar la fábrica en las siguientes secciones principales:

- Manipulación de materias primas (recepción, almacenamiento, transporte, clasificación, etc.).
- Molienda.
- Mezclado / amasado.
- Calentamiento de grasas y melazas.
- Prensado / extrusión.
- Secado.
- Refrigeración.
- Manipulación producto acabado (ensacado, paletizado, expedición, etc.).
- Equipamiento auxiliar.
- Alumbrado.
- Otros.

Igualmente se tomará como base de partida el consumo anual o mensual de energía, desglosado en los diferentes tipos de energía utilizados y se tratará de efectuar su reparto en las diferentes secciones de producción. Dicho reparto tratará de hacerse en lo posible tomando lecturas directas de contadores y solamente en los casos en que no sea posible se estimarán de acuerdo con un criterio preestablecido, que puede proceder por ejemplo de lecturas parciales de consumos en sistemas centralizados cuando no funcionan simultáneamente todos los sistemas servidos. Esta distribución de consumos puede constatar la necesidad de implantar sistemas de medida en algunas áreas de consumo de la fábrica.

En la (tabla 8: Sistemas de contabilidad energética, Fuente: Elaboración propia), se recoge un posible esquema de distribución de los consumos de energía, en las diferentes secciones de que puede constar la fábrica. Si alguna de estas secciones no forma parte del proceso productivo del centro en cuestión se simplificará el cuadro para adaptarlo a la realidad productiva del centro.

TIPO DE ENERGÍA	Total Tep	Materias primas	Molienda	Amasado	Calentam. gases	Prensado Extrusión	Secado	Refrigeración	Producto acabado	Alumbrado	Otros
Gas natural											
Gas manufact.											
Propano											
Gasóleo											
Fuelóleo											
Otros											
Total térmico											
Energía eléct.											
Totales											

Tabla 8: Sistemas de contabilidad energética. Desglose del consumo energético.

Fuente: Elaboración Propia

El seguimiento mensual de la evolución de estos consumos, ayudará a que no se pierda el interés de los distintos agentes implicados en el programa de gestión energética de la factoría.

Igualmente, la elaboración y divulgación de algún tipo de representación gráfica de los consumos energéticos globales, específicos y su distribución por sistemas, ayuda a estimular la sensibilidad y mentalización de todos los agentes implicados en el ahorro y uso eficiente de la energía.

Finalmente, señalar que la obtención de un conocimiento más profundo del estado energético del centro y de los equipos que lo componen exige el realizar un estudio más profundo de la instalación y un análisis individual de los equipos que lo componen, para lo cual puede ser necesario abordar una auditoría energética.

5. AUDITORÍA ENERGÉTICA. MEJORAS ENERGÉTICAS

La **Auditoría Energética** tiene por objeto diagnosticar los diferentes equipos, áreas o centros de consumo e incluso el conjunto de la fábrica. Este diagnóstico va siempre dirigido a la determinación de las posibles mejoras por las que se puede obtener un ahorro energético.

La periodicidad de las auditorías debe definirse en función del consumo del equipo o proceso. Para ello, a partir de la Contabilidad pueden detectarse consumos irregulares que indiquen la necesidad de realizar una Auditoría.

Para realizar una Auditoría, además de emplear los propios medios, puede ser necesario consultar personal técnico ajeno a la instalación, especialistas en energía, fabricantes y suministradores de los diferentes equipos e incluso recurrir a literatura técnica especializada.

El **objetivo** final es conseguir mejoras que permitan minimizar el consumo de energía y por tanto la factura energética, para lo que se precisa:

- Evaluar los sistemas de medición existentes.
- Medir los consumos en las distintas líneas de producción, áreas o zonas de trabajo.
- Analizar la gestión energética actual.
- Determinar las áreas de actuación, en orden a su importancia.
- Decidir la instalación de nuevos equipos de control, contadores de energía eléctrica, combustible, vapor, etc.
- Elaborar propuestas de actuación, valorando la repercusión técnico-económica de las mismas.

5.1. BASES DE PARTIDA PARA DESARROLLAR UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.

El primer paso para poder realizar una auditoría energética de una instalación es fijar las variables a determinar y los puntos donde deben efectuarse las medidas, identificando:

- **Características de operación.**
 - Temperatura.
 - Masa tratada.
 - Humedad.
 - Granulometría.
- **Estado de la instalación.**
 - Aislamiento.
 - Estanqueidad.
 - Pérdidas de carga en conductos.
- **Características de cada equipo.**
 - Potencia nominal.
 - Intervalos de utilización.
 - Aparatos de medida y control instalados.
 - Antigüedad.
 - Rendimiento.
- **Energía utilizada.**
 - Tipo de energía.
 - Consumo horario o anual.
 - Potencia instalada en kW o kcal/h.
 - Energía utilizada, porcentaje sobre total.
 - Rendimiento.
- **Producto tratado.**
 - Tipo de producto.
 - Ciclo operativo.
 - Condiciones ambientales.
 - Proceso seguido.
 - Necesidades energéticas teóricas.
- **Efluentes térmicos.**
 - Localización y evaluación de posibles pérdidas energéticas.
 - Aprovechamiento y recuperación de calor en vapor y gases de escape.
 - Composición química de los gases.

- Caudal.
- Temperatura.
- Presión.

Las operaciones básicas de fabricación del sector sobre las que es necesario realizar auditorías periódicas (se recomienda una periodicidad trimestral) son los secaderos y la generación de vapor. Para efectuar un balance a un secadero de gránulos extrusionados puede seguirse el esquema reflejado en la figura 14, estableciendo el siguiente balance de calor:

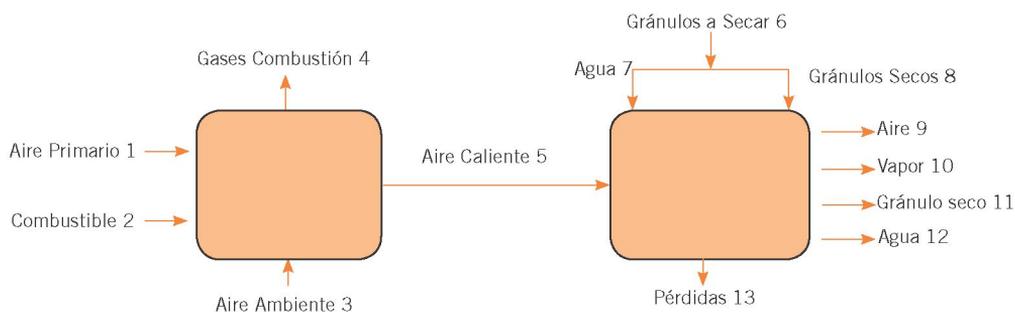


Figura 5. Balance de Calor a un Secadero.

Fuente: Elaboración Propia.

CALORES ENTRANTES

- 1 Aire primario comburente
- 2 Combustible
- 3 Aire ambiente
- 6 Gránulos a secar

CALORES SALIENTES

- 4 Gases combustión
- 9 Aire
- 10 Vapor (agua evaporada)
- 11 + 12 Gránulo secado con su humedad
- 13 Pérdidas

En una primera aproximación dicho balance se puede simplificar despreciando el aporte de calor sensible del aire comburente y los calores sensibles de entrada y salida del producto a secar y seco. La partida correspondiente al agua evaporada se incorpora en primera aproximación en las pérdidas. Con estas hipótesis el balance de calor simplificado sería:

CALORES ENTRANTES

- 2 Combustible
- 3 Aire ambiente

CALORES SALIENTES

4 Gases combustión

9 Aire

13 Pérdidas

La partida 13 se determina por diferencia ($13 = 2 + 3 - 4 - 9$). Un valor de esta partida superior al 15% del calor entrante aconsejaría realizar un balance más detallado siguiendo cada uno de los flujos indicados en el esquema.

2 Calor con combustible. Será la suma del calor sensible y del calor de combustión. De forma simplificada se puede determinar como el producto del caudal de combustible por su poder calorífico. Como poder calorífico se tomará el inferior facilitado por el suministrador, o se recurrirá a valores bibliográficos o en el caso de que se disponga de medios se puede realizar un análisis sobre una muestra del mismo. El caudal se medirá a partir del contador o por aforo de algún depósito.

3 Aire ambiente. Será el calor sensible aportado por el aire ambiente que se precalienta antes de su entrada al secadero. Se determinará como el producto del caudal por la temperatura y por el calor específico. La temperatura se tomará de un termómetro y el calor específico se estimará para esa temperatura a partir de datos bibliográficos. Para el cálculo del caudal de aire se instalará un medidor, o se recurrirá a la curva del ventilador suministrada por el fabricante.

4 Gases de combustión. Será el calor sensible evacuado en los mismos y su cálculo se realizará de forma similar a 3. El caudal se podrá determinar a partir del consumo de combustible y de la relación aire – combustible con que trabaja el quemador. Alternativamente, puede evaluarse como porcentaje del calor aportado por el combustible midiendo temperatura y CO_2 , de forma similar a como se indica en el caso de calderas.

9 Aire. Será el calor sensible evacuado con el mismo a la salida del secadero. Su cálculo se realizará a partir de 3, tomando la temperatura y calor específico correspondiente.

Obsérvese que no se tiene en cuenta, en esta primera fase, el calor absorbido en la evaporación del agua. Si la cantidad de agua evaporada es significativa deberá añadirse en el apartado calores salientes una partida que lo refleje, la cual, de forma simplificada, se puede estimar como el caudal de agua evaporada multiplicada por su calor latente. El caudal de agua evaporada, se estimará a partir de un balance de materias entre el producto a secar de entrada y el producto seco de salida. Las cantidades de materia se tomarán por pesada o de los datos característicos de los equipos de alimentación (por ejemplo la extrusora). Se tomarán muestras de las materias a la entrada y salida para determinar su humedad.

La realización de una auditoría de estas características permite en primer lugar detectar posibles anomalías de funcionamiento del equipo y en segundo lugar, evaluar los flujos energéticos y sus correspondientes niveles térmicos, facilitando una aproximación hacia la posibilidad de introducir mejoras energéticamente eficientes tales como:

- Precalentamiento del aire de combustión a partir del calor de los gases de escape del generador.
- Recirculación de aire al secadero.
- Precalentamiento del aire de secado con aire de salida del secadero mediante sistemas directos, bitransfer o incluso bomba de calor.
- Recuperación del calor de condensación de los vahos de los gases de salida del secadero en otras aplicaciones de la fábrica (calefacción ambiental, etc.)

La auditoría es conveniente realizarla sobre ciclos productivos homogéneos en los que no haya grandes variaciones de las características de los productos a secar.

Por ejemplo una fábrica que produce piensos por extrusión dispone de un secadero en el cual se han registrado las siguientes medidas:

Caudal aire secado: 49.000 kg/h
 Consumo de gas natural: 180 Nm³/h
 % O₂ medio en los gases de combustión: 4,5 %
 Temperatura gases de combustión: 240 °C
 Pérdidas asociadas a gases de combustión: 10,5 %
 Temperatura aire salida secadero: 90 °C
 Cantidad de agua evaporada: 35 kg/h
 Calor específico medio aire = 0,25 kcal/kg °C

CALORES ENTRANTES

2 Combustible: $180 \times 9.200 = 1.656.000$ kcal/h
 3 Aire ambiente: $49.000 \times 0,25 \times 15 = 183.750$ kcal/h

CALORES SALIENTES

4 Gases combustión = $1.656.000 \times 0,15 = 248.400$ kcal/h
 9 Aire = $49.000 \times 0,25 \times 90 = 1.102.500$ kcal/h
 13 Pérdidas = 488.850 kcal/h
 Agua evaporada = $35 \times 550 = 19.250$ kcal/h

Las pérdidas superan el 25% de la energía entrante, por lo que conviene realizar un análisis más detallado, para detectar el origen de las mismas.

5.2. SISTEMAS ENERGÉTICOS. MEJORAS

Las operaciones cuyo consumo energético tienen mayor peso sobre la factura energética en la industria de la elaboración de piensos son la manipulación mecánica de los diferentes productos y el acondicionamiento que se hace de los mismos para facilitar estas operaciones, en particular el mezclado o amasado y el prensado.

5.2.1. Manutención mecánica

El movimiento de materiales absorbe una parte importante del consumo eléctrico en el sector. Por ello, es muy importante prestar especial atención al flujo de materiales requerido por el proceso productivo y revisar la ubicación e implantación de las diferentes operaciones unitarias para minimizar lo máximo posible este consumo. Puede ocurrir con frecuencia que la concepción del flujo se haya realizado en épocas de baja repercusión económica del gasto eléctrico y que, por tanto, actuaciones tendentes a modificar el mismo, con presupuestos relativamente bajos, se vean recompensados por un ahorro en la factura eléctrica.

Por otra parte, la innovación en el equipamiento mecánico (molinos y prensas más eficaces y de menor desgaste, sistemas de transporte neumático, etc.) y en sus sistemas de accionamiento (motores síncronos, motores de frecuencia variable, etc.), constituyen focos de posible ahorro energético que deben ser analizados y tenidos en cuenta.

El mantenimiento de estos sistemas y su conservación en condiciones de limpieza óptimas son otros factores a tener en cuenta para reducir el consumo de estos sistemas.

5.2.2. Aporte de energía térmica

Además de los secaderos de gránulos, aplicados sobre todo en la fabricación de alimentación de animales de compañía, en la que se recurre a la extrusión, el otro foco de consumo de energía térmica lo constituye la operación de amasado y prensado (granulado).

En el mezclado o amasado se requiere un aporte de **energía térmica** en dos puntos:

En primer lugar, se encuentra el **amasado** propiamente dicho, cuando éste se realiza en caliente. Para facilitar un mejor reparto de los líquidos viscosos (grasas y melazas) y una mejor penetración en el soporte, se calientan las mismas, con objeto de disminuir su viscosidad y tensión superficial, dando lugar al mejor reparto. Para evitar sobrecalentamientos excesivos y deterioros de las grasas, este calentamiento no debe efectuarse por contacto con resistencias eléctricas ni con vapor. El sistema más recomendado y utilizado es el calentamiento al baño María mediante circulación de agua caliente a través de un envolvente del depósito de almacenamiento o bien mediante un serpentín introducido en su interior.

Para efectuar esta operación de una forma lo más eficiente posible desde el punto de vista energético, y en consecuencia económicamente, deben de seguirse algunas prácticas recomendables.

Por logística en el abastecimiento de materias primas y del funcionamiento de las factorías, las grasas suelen disponerse en sistemas de almacenamiento de capacidad superior a las necesidades productivas instantáneas. Por tanto debe de evitarse el calentamiento de toda la materia grasa almacenada, para lo cual bastará con efectuar el calentamiento en las proximidades de la tubuladura de salida y seleccionar correctamente la ubicación y disposición de ésta, teniendo en cuenta que la melaza caliente tenderá a elevarse. Adicionalmente, puede resultar muy útil disponer de una pequeña cuba intermedia, de capacidad adaptada a las necesidades instantáneas del proceso, que permita tanto economizar el gasto energético como facilitar el control operativo.

En estas operaciones es muy conveniente mantener un correcto aislamiento del conjunto de la instalación incluyendo las tuberías de trasiego para evitar pérdidas energéticas directas (por cesión de calor al entorno) e indirectas (derivadas del aumento de la viscosidad de los fluidos y por tanto de la pérdida de carga en tuberías).

El otro punto de consumo calorífico significativo lo constituye la adición de vapor en el acondicionamiento previo al prensado, cuando éste se realiza en caliente. La presión del vapor utilizado se sitúa entre los 3 y 6 bar, lo que corresponde a temperaturas de saturación de 143 °C a 164 °C. Es deseable añadir vapor seco, para lo cual es conveniente la instalación de un separador con filtro y un purgador sobre la tubería de vapor antes de su llegada a la prensa. La temperatura óptima de la harina para obtener el mayor rendimiento es de 70 a 80°C. La humedad óptima para obtener el máximo de dureza es aproximadamente 16 a 17%. El control de la temperatura de la harina a la salida del acondicionador permite controlar el gasto harina/vapor.

La adición del vapor se realiza mediante un inyector situado de tal forma que el chorro de vapor se pulveriza sobre la harina proyectada por las paletas del amasador lo que permite una buena penetración. Esta inyección permite a su vez calentar los productos permitiéndoles mezclarse mejor con los líquidos calientes añadidos y mejorar el comportamiento en la compresión.

Los granulados que salen de las matrices de las prensas todavía llevan un poco de agua residual y su temperatura es elevada, son blandos. Para endurecerlos es necesario secarlos y enfriarlos.

Esta operación se hace mediante el paso de los granulados en una fuerte corriente de aire que absorbe la energía térmica y provoca una evaporación que favorece el enfriamiento. Los aglomerados gruesos tardan más en enfriarse al ser su superficie de evaporación menor respecto a su volumen que en el caso de los aglomerados pequeños. Es necesario un mínimo de dos minutos para obtener un enfriamiento satisfactorio (dependiendo de las condiciones ambientales). La temperatura de los gránulos a la entrada de los enfriadores varía entre 40 y 70 °C, y cuanto más baja sea, con mayor rapidez se enfrían los gránulos y menor riesgo hay de condensación. Los comprimidos deben estar lo menos húmedos posible a la salida de la prensa. La dosificación de la humedad durante el acondicionamiento es, pues, importante y la humedad residual a evacuar debe ser aproximadamente de un 2 a un 3%. El gasto de aire es grande y su velocidad debe ser relativamente pequeña para evitar un exceso de arrastre y permitir que el aire se caliente lentamente. La corriente de aire debe de estar lo más seca posible, y, dado que su secado representa un coste excesivo, la aspiración del mismo desde el interior de un local abrigado y seco constituye una buena práctica.

El secado se ve favorecido si el aire se hace pasar sobre los granulados más fríos (lado de la salida), camina a través de la masa calentándose y cargándose de humedad y sale por donde están los granulados más calientes (entrada), evitando así las condensaciones, es decir, operando a contracorriente. En tiempo frío y húmedo, es difícil evitar las condensaciones. La única forma de evitarlas es calentando el aire mediante un intercambiador o calentando la pieza de aspiración del mismo.

El calentamiento del aire a 25 – 30 °C permite una mejor desecación del aire de los granulados sin penalizar el enfriamiento, variando la humedad relativa del aire con la temperatura.

La humedad relativa del aire a una temperatura T es la relación entre la masa de vapor de agua contenida en la masa de aire y la masa máxima de vapor de agua que puede contener el aire a la temperatura indicada si se encontrase saturado. Por tanto, la cantidad de humedad que puede absorber el aire está limitada por el punto de saturación. Como la cantidad de agua que puede absorber el aire antes de la saturación varía proporcionalmente a su temperatura, se podrá evaporar mucha más agua al calentar el aire.

Temperatura aire °C	-10	0	10	20	30
Agua en saturación g/m ³	2,5	5	10	19	35

Tabla 9: Agua en saturación (g/m³) en función de la temperatura del aire (°C)

Fuente: Elaboración Propia.

Si se tiene un aire a 0°C y a 80% de humedad relativa, la cantidad de agua contenida por metro cúbico será, $5 \cdot 80/100 = 4$ gramos. Si se eleva su temperatura hasta 30 °C en el punto de saturación podrá tener 35 gramos de agua por metro cúbico. Así, teóricamente, este aire podrá tomar 31 gramos de agua por metro cúbico de aire. Si el aire hubiese permanecido a 0°C, no hubiera podido tomar más que 1 gramo de agua por metro cúbico de aire.

Como la evaporación provoca un enfriamiento, el aire, aunque más caliente, enfriará los gránulos, ya que el enfriamiento por evaporación es superior al provocado por la absorción de calor al pasar el aire sobre los gránulos. El cálculo del enfriamiento por evaporación se puede realizar a partir de la fórmula siguiente:

$$\text{Calor cedido} = m \times (606,5 - 0,695 \times t) \times 10^{-3} \text{ (kcal)}$$

Siendo m los gramos de agua evaporados, t la temperatura en grados centígrados, 606,5 el calor latente de evaporación del agua (kcal/kg) y 0,695 el calor específico del vapor de agua (kcal/kg°C).

Además de las operaciones de proceso mencionadas, se requiere aporte de energía térmica para el acondicionamiento ambiental de locales. Éste puede realizarse de muy diversas formas y depende de la tipología y superficie de los locales a tratar. Normalmente, suele ser más conveniente instalar sistemas independientes, ya que las necesidades no tienen por qué ser coincidentes a los horarios productivos de la fábrica. En ocasiones puede ser interesante analizar la posibilidad de utilizar efluentes energéticos del proceso productivo para cubrir la carga base de estas necesidades.

5.2.3. Generadores de vapor

El vapor es el fluido caloportador más extendido en el sector de fabricación de piensos. Si bien algunas operaciones no requieren necesariamente su utilización, la necesidad del mismo en el acondicionamiento de las materias previo al amasado requiere obligatoriamente su producción, y por tanto suele utilizarse el mismo para abastecer las necesidades energéticas de otras operaciones.

Incluso algunos secaderos utilizan para el calentamiento del aire de secado el calor latente de condensación del vapor, en cuyo caso todo el consumo de combustible se centra únicamente en los generadores de vapor.

Los generadores de vapor pueden ser de dos tipos:

- Pirotubulares
- Acuotubulares

En los generadores de vapor **pirotubulares** (figura 15: Generador de vapor pirotubular, Diagrama de Sankey, Fuente: CADEM), los gases de combustión son conducidos por el interior de tubos sumergidos en una masa de agua líquida en circulación natural que, a su vez, está contenida en un recipiente sometido a presión interna. El hogar puede ser interior o exterior a la caldera y normalmente está presurizado. El funcionamiento es, generalmente, automático y el rendimiento medio convencional es del orden del 85% (se puede mejorar sensiblemente con la instalación de un economizador exterior). La temperatura de salida de gases se sitúa entre 60 y 100 °C por encima de la temperatura de saturación del vapor. Se diseñan para cualquier producción de vapor hasta 35.000 kg/h (con doble hogar) y presiones de trabajo hasta 25 kg/cm². Contienen una reserva apreciable de calor, dado el alto volumen de agua que acumulan. Pueden utilizar cualquier tipo de combustible, con excepción de combustibles sólidos que produzcan ensuciamiento de los tubos.

En los generadores de vapor **acuotubulares** (figura 16: Generador de vapor acuotubular, Diagrama de Sankey, Fuente: CADEM) los gases calientes circulan por el exterior de los tubos conductores de agua, agua-vapor o vapor, que están sometidos a presión. La emulsión agua-vapor descarga normalmente en uno o varios recipientes, tambores o calderines resistentes a presión equipados con los elementos de separación y purificación del vapor. La circulación del agua se realiza mediante empuje ascensional, por diferencia de densidades (circulación natural), o bien mediante bombeo (circulación forzada). El hogar está integrado en la caldera, y posee una proporción variable de superficie de calefacción (pantallas de radiación). El rendimiento convencional medio es del orden del 80%, por lo que se debe complementar con la instalación de economizadores y de precalentadores de aire. La temperatura de salida de los gases se sitúa entre 80 y 150 °C por encima de la temperatura de saturación del vapor. Se diseñan para cualquier producción de vapor, presión y temperatura de sobrecalentamiento. Pueden emplear cualquier tipo de combustible, estando especialmente indicados para combustibles sólidos y se adaptan con mucha flexibilidad a las variaciones de carga.

Los defectos más frecuentes en la utilización de los generadores de vapor, que repercuten en una baja eficiencia energética de la instalación y en un incremento de la factura energética, son:

- Escasa vigilancia en la combustión.
- Tratamiento insuficiente del agua de alimentación.
- Incremento sistema de purgas.
- Limpiezas insuficientes y no programadas.

Otros aspectos relacionados con el bajo rendimiento de estas instalaciones son los asociados al sistema de distribución y, en particular, a deficiencias en el calorifugado de la red (espesor insuficiente, deterioro, etc.), fugas en bridas, válvulas y purgadores e insuficiente e incorrecta recuperación de condensados.

A continuación se exponen algunas medidas recomendables para garantizar una operación eficiente desde el punto de vista energético en los generadores de vapor:

- Generar el vapor a la presión más baja posible que sea compatible con las necesidades del proceso.
- Establecer un reparto equilibrado de carga entre las calderas existentes. Su producción continua debe situarse en valores próximos al 80% de la capacidad nominal.
- Evitar puntas de producción.
- Instalar el quemador modulante que sea más adecuado al tipo de caldera y combustible empleado.
- Analizar diariamente el contenido de CO₂ y la opacidad de los gases, para el posterior ajuste del exceso de aire.
- Conseguir una baja temperatura de salida de humos (mínimo 180 °C) instalando precalentadores de aire o economizadores.
- Conservar en buen estado el aislamiento de la caldera.
- Efectuar purga continua a presión mínima (purga de fondo) con recuperación del calor.
- Vigilar la instalación de tratamiento del agua de alimentación.
- Integrar todo el proceso de generación de vapor, recuperación de condensados.
- Recuperar condensados a la mayor temperatura posible.
- No introducir condensados contaminados en la caldera.
- Instalar contadores de vapor.
- Realizar anualmente un balance térmico completo y contrastarlo con mediciones directas.
- Complimentar un parte diario, con anotaciones horarias de los parámetros principales de servicio:
- Presión, temperatura y caudal de vapor.
- Caudal de combustible.
- Contenido de CO₂, índice opacimétrico y temperatura de gases.
- Tiempo de purga de fondo.
- Análisis del agua de alimentación y de la existente en el interior de la caldera.
- Formar adecuadamente al personal a cargo de la sala de calderas.

A continuación se exponen algunas pautas para la realización de una **auditoría en los sistemas de generación de calor**, así como una breve descripción de las posibilidades de ahorro y/o diversificación en la generación y distribución de calor.

Como cuadro soporte para conocer el estado inicial de los sistemas de generación de calor puede utilizarse el recogido en la tabla 10. Para evaluar el **rendimiento** puede recurrirse al **método directo**, que, a partir del consumo de combustible y la producción de vapor, se evalúa mediante la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{Q_v \times (H_v - H_a)}{F \times PCI} \times 100$$

- Qv: Producción de vapor (kg/h).
- Hv: Entalpía del vapor (kcal/kg)
- Ha: Entalpía de agua (kcal/kg)
- F: Consumo de combustible (kg/h o Nm³/h)
- PCI: Poder Calorífico Inferior del combustible (kcal/kg o Kcal/Nm³)

Los valores de las entalpías pueden obtenerse de las denominadas “tablas de vapor”.

Caldera Número	Caldera Tipo	Año puesta en servicio	Combustible tipo	Uso	Régimen de Utilización	Producto Energético	Temp. Media Producto
1							
2							
3							
4							
5							

Caldera Número	Presión Kg/cm ²	Capacidad (kg/h)	Utilización (horas/año)	Carga media (%)	Rendimiento (%)	Temperatura agua alimentación
1						
2						
3						
4						
5						

Combustible		Uso	Regimen	Producto Energético
Fuelóleo	Propano	Proceso	Continuo	Vapor
Gasóleo	Butano	Climatización	Intermitente	Agua caliente
Gas Natural	Otros	Proceso + climatización	Reserva	Agua sobrecalentada

Tabla 10: Control Periódico de los Principales Parámetros Energéticos.

Fuente: Elaboración Propia.

Si el rendimiento calculado es inferior al valor garantizado por el fabricante, debe hacerse una auditoría con mayor detalle, para lo cual se puede recurrir al concurso de especialistas en la materia.

De forma paralela al control del rendimiento indicado, resulta conveniente realizar un control periódico de los principales parámetros energéticos, que dan una idea precisa del funcionamiento eficiente de la caldera en relación con los estándares deseables, así como sobre las necesidades de actuaciones periódicas.

La temperatura de gases de combustión facilita información sobre el grado de ensuciamiento de las superficies de intercambio y de cuándo es preciso realizar las operaciones de limpieza, así como de

las posibilidades de reducir la temperatura de los gases al mínimo aceptable, teniendo en cuenta los riesgos de formación de rocío ácido y/o condensaciones, dependiendo del tipo de combustible utilizado.

El contenido de O_2 y/o CO_2 en los gases de combustión permite saber el exceso de aire utilizado en la combustión de forma que da una idea del grado de desajuste en el quemador. La reducción del nivel de oxígeno en los gases de combustión, siempre que la lectura de la concentración de oxígeno sea precisa y correcta, se traduce en una mejora de la eficiencia de la combustión. Debe tenerse en cuenta que, si la zona donde se está efectuando la medida de oxígeno está en depresión, puede producirse la entrada de aire falso y originar un valor superior al real, por lo que deberán taparse las zonas con posible riesgo de infiltraciones. Si además no ha habido suficiente mezcla del aire falso con los gases de combustión el error de medida puede llegar a ser considerable.

Con respecto al CO_2 , debe procurarse mantenerlo en el máximo valor posible compatible con la naturaleza del combustible y la aparición de inquemados.

Otra medida de gran significación es la del **CO (monóxido de carbono)**. Para excesos de aire normales la cantidad de CO permanece muy baja (del orden de las ppm). A medida que se reduce el exceso de aire y nos aproximamos al estequiométrico, se va produciendo un aumento, llegando un momento en que dicho valor se dispara. Esta zona en la que el CO aumenta muy rápidamente depende del tipo de quemador utilizado y de su estado, así como del generador de calor y debe de determinarse en cada caso.

Cuando el **porcentaje de inquemados** es elevado (humo negro) la combustión es imperfecta o incompleta y pueden producirse depósitos de hollín, que originan una disminución de la eficiencia de la combustión por disminución de la eficacia de la transmisión de calor a través de las superficies contaminadas y por desaprovechamiento del combustible sin quemar que se escapa por lo humos en las partículas de inquemados. El análisis de inquemados sólidos suele efectuarse por métodos cualitativos, como el índice opacimétrico de la escala de Bacharach. El valor de este índice debe mantenerse entre los valores 1 y 2, no superando el valor 3 en ningún caso. En una primera aproximación como el incremento en la concentración de CO es casi simultáneo a la aparición de inquemados, pueden controlarse estos por el seguimiento del contenido de CO, más fácil de realizar.

Escala Bacharach Nº	Combustión	Hollín Producido
1	Excelente	Inapreciable
2	Buena	Ligeros. No aumenta la temperatura de humos apreciablemente
3	Mediana	Hay cierta cantidad. Se requiere limpieza una vez al año
4	Pobre	Condiciones límite. Limpieza frecuente
5	Muy Pobre	Mucho hollín y muy pesado

Tabla 11: Índice Opacimétrico de la Escala de Bacharach.

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados del control de los parámetros de combustión conviene recogerlos en un cuadro similar al siguiente:

Equipo	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO ppm	Temperatura Gases °C	Rendimiento (%)	Escala Bacharach

Tabla 12: Control de Parámetros de Combustión.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se exponen algunas medidas a tener en cuenta en los sistemas de generación y distribución de calor (bien sea en forma de vapor o de agua caliente).

Control de la calidad del agua de alimentación de calderas.

Una mala calidad del agua de alimentación a calderas implica, por una parte, la posibilidad de formación de depósitos e incrustaciones sobre las superficies de intercambio, lo que disminuye la eficacia energética de la transmisión de calor, y, por otra, la necesidad de mantener un nivel de purgas elevado, lo que supone una pérdida de calor a través de las mismas. Por tanto resulta conveniente realizar análisis periódicos de la calidad del agua y contrastar que los resultados son acordes con los estándares vigentes (por ejemplo Norma UNE – 9075-92).

Limpieza periódica de las superficies de intercambio.

Su necesidad puede determinarse a partir del seguimiento de los datos correspondientes a los parámetros de combustión. Con la limpieza se evita la acumulación de depósitos de inquemados, que, actuando como aislante, dificultan el intercambio energético, disminuyendo el rendimiento del generador y aumentando la temperatura de los gases de combustión.

Cambio de combustible. Recuperación del calor de humos.

Conviene estudiar la posibilidad de cambio de combustible en las calderas. El gas natural es un combustible respetuoso con el medio ambiente, que permite ser utilizado con una menor temperatura de salida de humos y que presenta una fácil combustión con bajo exceso de aire. Facilita además la posibilidad de recuperar el calor residual de los humos de forma económica al evitar los problemas de corrosión ácida.

La recuperación del calor de gases puede realizarse en economizadores o en precalentadores de aire (de combustión o de proceso).

Los gases de salida de la caldera presentan un potencial calorífico procedente del:

- Calor sensible de los gases, correspondiente a su temperatura.
- Calor latente, obtenido por condensación del vapor de agua producido en la combustión, a presión atmosférica.

En la práctica por limitaciones técnicas, solamente se recupera parte del calor sensible. La reducción de la temperatura de los gases y por tanto la recuperación de su contenido energético presenta unos límites marcados por:

- El contenido de azufre en el combustible. Si la temperatura de los humos cae por debajo de su punto de rocío, parte del vapor de agua condensa y reacciona con el SO_3 formándose H_2SO_4 que ocasiona corrosiones en la superficie de intercambio.
- La temperatura del fluido que se calienta.
 - Debe disponerse de una elevada diferencia de temperaturas entre los gases y el fluido para no precisar de excesivas superficies de calefacción.
 - La temperatura de los gases, en las capas cercanas al exterior de la superficie de intercambio, está próxima a la del fluido del interior. Si ésta se baja, se corre el riesgo de alcanzar el punto de rocío ácido, en especial, en el punto de entrada del fluido frío.
- Los materiales empleados en la construcción de los intercambiadores, que deberán presentar cierta resistencia a la corrosión. El ataque requiere un cierto tiempo de exposición que se ve favorecido por la presencia de suciedades en el exterior de las superficies de calefacción.

Los economizadores referidos a generadores de vapor, y sometidos a la misma presión que la caldera, son precalentadores del agua de alimentación, que aprovechan el calor aportado por los gases de salida. El agua circula por el interior de los tubos, dispuestos en capas, y atravesados por los humos en contracorriente cruzada. El coeficiente global de transmisión de calor es reducido, por lo que presentan superficies de calefacción elevadas, recurriéndose al empleo de superficies extendidas (tubos aleteados) para reducir el tamaño del equipo.

Dado que el nivel de recuperación de condensados es reducido en este sector (por incorporación del vapor al producto y su posterior evacuación en una corriente de aire a temperatura ambiente, del que es difícil su recuperación) es una medida muy importante a tener en cuenta incluso como calentador del agua de alimentación principal.

Siguiendo el ejemplo planteado, la temperatura de salida de humos es muy elevada (240°C) y además el agua de alimentación se aporta a una temperatura muy baja (60°C). La instalación de un economizador permitiría elevar la temperatura del agua de alimentación en torno a unos 40°C lo que permitiría reducir el consumo de combustible en torno al 7%.

$$\text{Salto de entalpía sin economizador} = 657,9 - 60 = 597,9$$

$$\text{Salto de entalpía con economizador} = 657,9 - 100 = 557,9$$

$$\text{Ahorro} = (1 - 557,9/597,9) \cdot 100 = 7 \%$$

Recuperación del calor de purgas.

El agua evacuada en las purgas de las calderas de vapor está a elevada temperatura por lo que su envío directo al drenaje pierde el potencial de recuperación de su contenido energético, pudiendo además ocasionar obstrucciones y daños en las conducciones. Si se le somete a una presión inferior (expansión), se separa en dos fases líquido y vapor, susceptibles de ser aprovechadas. Una vez enfriada y recuperado su contenido energético debe eliminarse, ya que contiene una elevada concentración de sales, por lo que debe de considerarse como un condensado contaminado. En la figura 19: Recuperación de calor de purgas. Fuente: CADEM, se recoge un esquema típico de recuperación del calor contenido en las purgas de caldera.

Ejemplo: Caldera de vapor de las siguientes características:

Caudal = 5.000 kg/h

Presión 10 kg/cm²

Purga continua 4 % (200 kg/h) directamente al drenaje.

Utilización 6.000 horas/año

Rendimiento 80%

De las tablas de vapor se obtienen los siguientes datos

Entalpía de la purga = 181 kcal/kg

Entalpía del vapor a 1 kg/cm² = 638,5 kcal/kg

Entalpía del condensado a 1 kg/cm² = 99,12 kcal/kg

Vapor producido en la expansión = $200 \cdot (181 - 99,12) / (638,5 - 99,12) = 30$ kg/h.

Vapor anual ahorrado = $30 \cdot 6.000 = 180$ t/año

La instalación de un depósito de expansión a 1kg/cm² y un cambiador de calor permite un ahorro anual de 15 tep al año (145.600 termias)

5.3. COGENERACIÓN

La cogeneración es otra de las aplicaciones tecnológicas que pueden ofrecer grandes posibilidades para la reducción de la factura energética. Estas instalaciones suelen requerir una inversión importante pero presentan una buena rentabilidad con cortos periodos de amortización.

Para su aplicación, se tienen que dar una serie de condicionantes, que son típicos de las industrias cárnicas, como son:

- Necesidades energéticas de electricidad, calor y o frío, a niveles adecuados.
- Disposición de una fuente energética adecuada por sus características y precio (gas natural o gasóleo).
- Régimen de funcionamiento anual alto.

Esta aplicación puede suponer una serie de ventajas, bien a nivel nacional, en los aspectos de ahorro energético y económico, mejora medioambiental y disminución de la dependencia energética exterior, bien a nivel de usuario, en reducción de costes energéticos, es decir ahorro económico.

Teniendo en cuenta las necesidades energéticas del sector de embutidos y jamones, el sistema más apropiado es el basado en **motores alternativos** utilizando gas natural, o algún combustible líquido

si no se dispone del anterior. Si la demanda de energía térmica es muy elevada también puede considerarse la posibilidad de utilizar turbinas de gas.

Con los motores alternativos se obtienen rendimientos eléctricos más elevados que con las turbinas pero, por otra parte, con una mayor limitación en lo referente al aprovechamiento de la energía térmica, ya que posee un nivel térmico inferior y se encuentra repartida entre diferentes subsistemas (gases de escape y circuitos de refrigeración de aceite, camisas y aire comburente del motor).

Los sistemas con motor alternativo presentan una mayor flexibilidad de funcionamiento, lo que permite responder de manera casi inmediata a las variaciones de potencia, sin que ello conlleve un gran incremento en el consumo específico del motor.

A continuación se presenta un diagrama de Sankey utilizando un motor alternativo (figura 25).

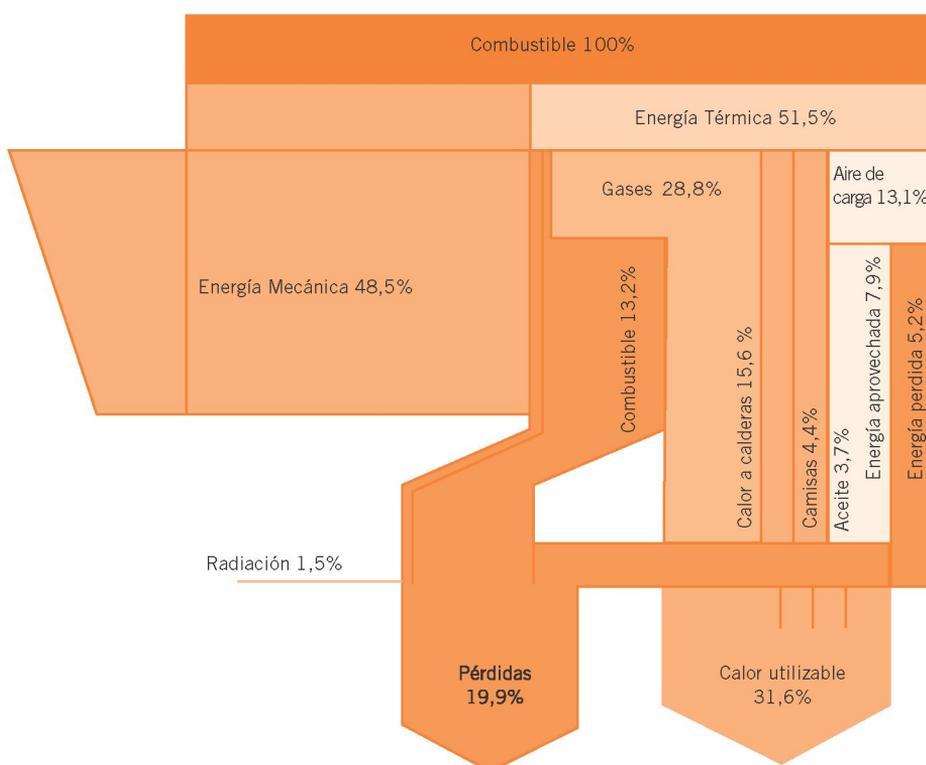


Figura 6. Diagrama de Sankey de la Utilización del Calor Residual de los Circuitos de Refrigeración y Escape de Gases de un Motor.

Fuente: Elaboración Propia.

Antes de acometer un proyecto de instalación de un sistema de cogeneración en una factoría, y teniendo en cuenta las diferentes posibilidades existentes de aplicación y las condiciones necesarias para su puesta en marcha, es conveniente la realización de un **estudio de viabilidad**. Este estudio debe garantizar la elección del sistema para alcanzar los mejores resultados, justificar su instalación desde el punto de vista normativo y analizar la sensibilidad de los resultados frente a posibles variaciones en las tarifas energéticas. La elaboración y puesta al día de un plan de gestión energética, como el que se describe en este documento, se constituye en una herramienta básica para disponer de la información necesaria para desarrollar el citado estudio de viabilidad.

Los **componentes principales** de un sistema de cogeneración aplicado al sector son (figura 21):

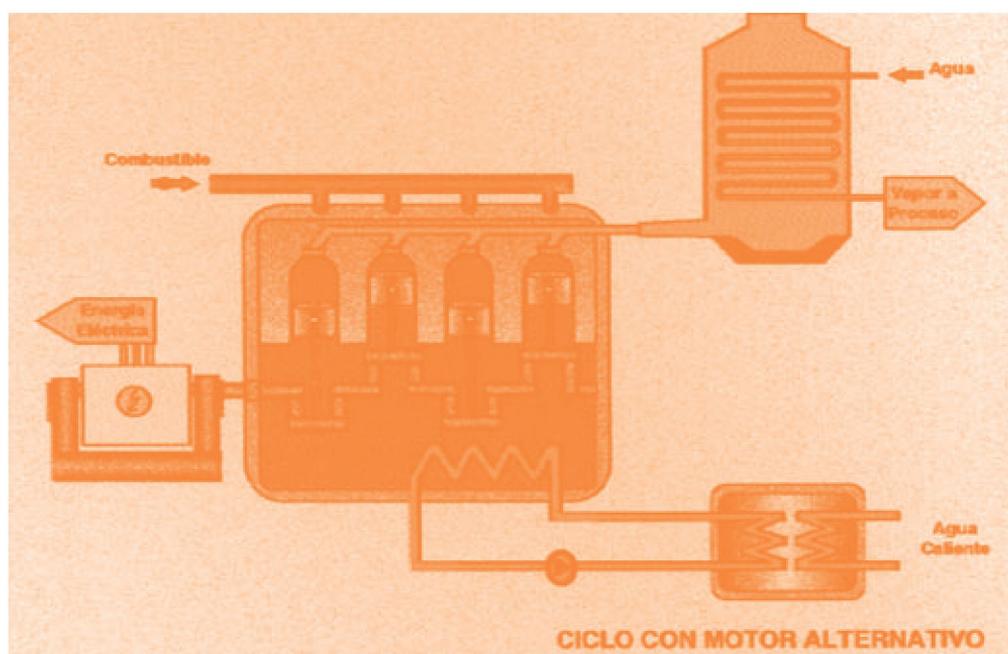


Figura 7. Cogeneración con Motor Alternativo.

Fuente: IDAE.

- **Motogenerador** Son máquinas de combustión interna de tipo alternativo que utilizan para su funcionamiento un combustible. Éste forma con el aire una mezcla capaz de desencadenar una fuerte reacción exotérmica en condiciones de presión y temperaturas controladas; su energía es aprovechada por el elemento motriz del motor para generar energía mecánica que se transmite al alternador, generando energía eléctrica en última instancia.
- **Recuperador de calor.** En los motores existen varias fuentes de calor a diferentes niveles térmicos, a saber:
 - Los gases de escape transportan aproximadamente un 22% de la energía del combustible y su temperatura varía dependiendo del sistema de combustión del motor, oscilando entre los 350 y 450 °C.

- El agua de refrigeración de los cilindros supone en torno a un 28% de la energía del combustible, existiendo límites de temperatura del agua a la salida de culatas de 120 °C y con una diferencia de temperatura entre la entrada y salida de motor de aproximadamente 7 °C.
- El aceite de lubricación del motor disipa un 5% de la energía del combustible y normalmente lleva un circuito de disipación independiente.
- Las pérdidas por radiación suponen entre un 6 y un 11% de la energía del combustible y su recuperación no suele realizarse habitualmente, aunque conviene estudiar esta posibilidad.

El sistema de recuperación más aconsejado para este sector sería la generación de vapor o agua caliente a partir del calor contenido en los gases de escape y el aprovechamiento del calor de refrigeración para producción de agua caliente (baños, climatización, calefacción, etc.). Si la demanda térmica es muy baja pueden utilizarse ambas fuentes para la alimentación de un sistema de **refrigeración por absorción** que permita cubrir parte de las necesidades de las cámaras de secado.

- **El sistema de interconexión eléctrica** engloba las instalaciones necesarias para la conexión de la energía eléctrica generada con la red de la compañía suministradora, en las condiciones de seguridad de suministro y de la propia instalación adecuadas.
- Como **elementos auxiliares** están la obra civil, la instalación de combustible, torres de refrigeración y otros sistemas de recuperación o disipación de calor.

Las siguientes figuras reflejan unos esquemas típicos de aplicación de esta tecnología en el sector:

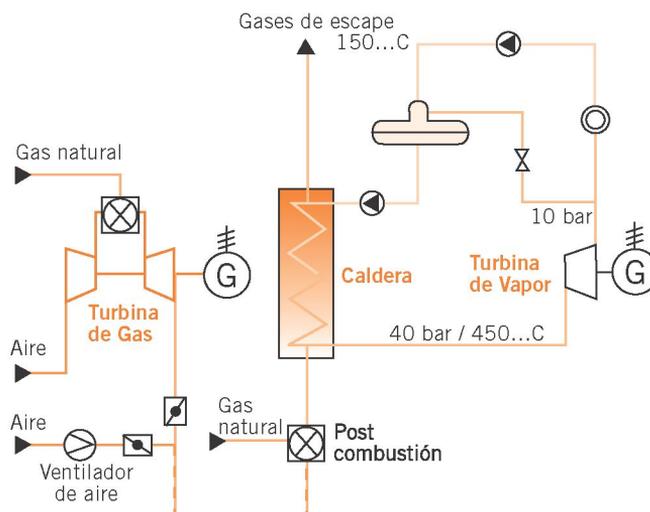


Figura 8 Instalación de cogeneración en ciclo combinado.

Fuente: Pasch y Cía.

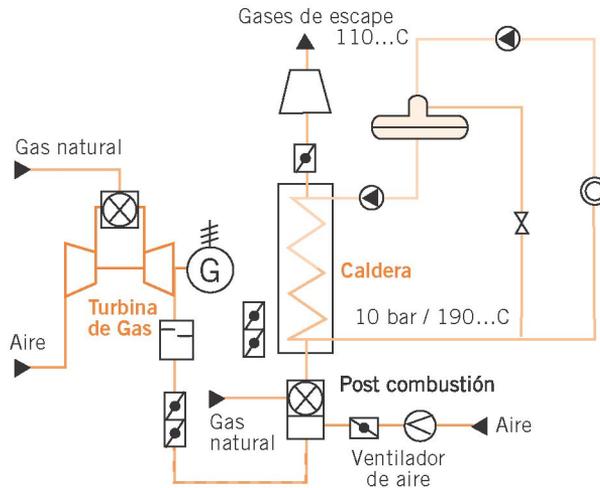


Figura 9. Instalación de cogeneración con turbina de gas.

Fuente: Pasch y Cía.

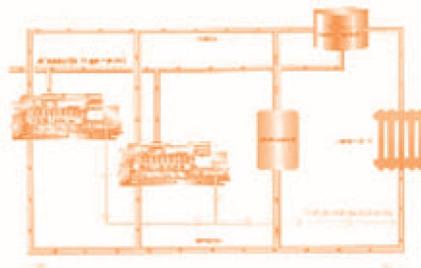


Figura 10. Instalación de cogeneración con motor alternativo.

Fuente: Pasch y Cía.

6. MANTENIMIENTO ENERGÉTICO

Mantenimiento energético y mejoras de operación son dos conceptos que engloban un conjunto de importantes posibilidades de ahorro de energía, cuya puesta en marcha no requiere en general de importantes desembolsos económicos.

El mantenimiento energético no representa algo distinto del mantenimiento general de la fábrica, debiendo de tratar de buscar el equilibrio entre el mantenimiento preventivo y el corrector. Las principales fases para fijar un correcto mantenimiento son:

- Identificar los equipos con mayor consumo de energía.

- Identificar aquellos equipos que indirectamente tienen repercusión sobre el consumo de energía.
- Identificar las partes de la instalación sobre las que no se realiza normalmente mantenimiento.
- Analizar los sistemas de mantenimiento existentes y la necesidad de ampliarlos o modificarlos.
- Mejorar el mantenimiento energético y los modos de operación.

La implantación de un mantenimiento preventivo requiere:

- Reunir y archivar todos los libros de instrucciones, listas de piezas, etc.
- Catalogar toda la instalación.
- Determinar los requisitos de mantenimiento y los períodos de tiempo de las inspecciones.
- Presupuestar y prever el personal necesario.

El mantenimiento se facilita con la confección de unas listas de inspección, donde se señalen los puntos a inspeccionar, la frecuencia y las medidas a efectuar. A continuación se dan unas posibles listas de chequeo de la instalación.

6.1. GENERADORES DE VAPOR

- Almacenamiento y preparación correcta de los combustibles.
- Puesta a punta de los quemadores, limpieza y reglaje.
- Limpieza de depósitos y corrosiones en calderas.
- Control del proceso de combustión. Optimización de la combustión.
- Aislamiento térmico y reparación de fugas.
- Revisión de los sistemas de control de la combustión.
- Puesta a punto de los sistemas de instrumentación y medida.
- Control del caudal y calidad de las purgas.
- Control de la calidad del agua de alimentación a caldera.
- Control del funcionamiento de la planta de tratamiento de agua.

Las frecuencias recomendadas para algunas de estas intervenciones son:

- Limpieza de tubos Mensual
- Quemadores Semanal
- Bombas y ventiladores Mensual
- Instrumentación y control Mensual
- Purga de fondo y de niveles Diaria
- Disparo Manual de válvulas de seguridad Semanal
- Inspecciones y pruebas reglamentarias Anual

6.2. REDES DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR, CONDENSADO Y AGUA CALIENTE

- Inspección, verificación y reparación de los purgadores de vapor.
- Evitar los arrastres de agua con el vapor.
- Aislamiento de líneas y elementos accesorios.
- Reparación de fugas.
- Control de la calidad de condensados y recuperación de los mismos como agua de alimentación a la caldera.
- Puesta a punto de los sistemas de instrumentación y medida.

El programa de mantenimiento preventivo debe contemplar como mínimo las siguientes revisiones periódicas:

- Purgadores Semanal
- Filtros Semanal
- Válvulas Semanal
- Aislamiento Quincenal

6.3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- En conductores y puntos con riesgo de descarga: no permitir la existencia de los hilos desnudos, reparar los contactos defectuosos, reparar las derivaciones a tierra estropeadas, aislarlos correctamente.
- Chequear el calentamiento de la instalación.
- Sustitución de fusibles. Los fusibles son protecciones que deben trabajar en caso de necesidad. Si se funden con excesiva frecuencia debe repasarse la instalación y buscar el defecto y repararlo, calibrando de nuevo el fusible si fuera necesario.
- En caso de calentamiento de motores, debe actuarse rápidamente.
- No deben aparecer chispas en un motor de anillos o de colector.
- Los contactores necesitan especial atención, deben realizar un buen contacto, excitarse simultáneamente sin dificultades.

6.4. MOLINOS

- Revisar el estado de los tamicos y efectuar limpiezas periódicas. (mensualmente)
- Revisar limpiar y engrasar los rodamientos (anual).
- Revisar y cambiar los martillos (trimestralmente).

6.5. MEZCLADORAS Y PRENSAS

- Revisar y limpiar los rodamientos (anual)
- Revisar los sistemas de inyección de grasas (trimestral)
- Verificar estado de la instrumentación (mensualmente)
- Limpiar las matrices de la prensa (cada vez que se cambian)
- Limpiar los engranajes mecánicos.

7. FORMACIÓN DEL PERSONAL

Para que un programa de ahorro de energía tenga éxito, debe efectuarse una correcta y apropiada formación y mentalización del personal.

El personal, a cualquier nivel que se encuentre, debe estar mentalizado en la necesidad de efectuar un uso racional de la energía requerida en los procesos productivos.

Entre los distintos medios para lograr este objetivo están los siguientes:

- Folletos.
- Carteles.

- Slogans.
- Adhesivos
- Formularios.
- Conferencias
- Coloquios.
- Concursos.
- Encuestas.

En cuanto a la formación, es necesario elegir unos temas prioritarios, en función de los consumos y de las posibilidades de actuación del personal, y dedicar especial atención al personal relacionado con estos.

El orden de prioridad en el sector de fabricación de piensos podría ser el siguiente:

Instalaciones de generación de calor: El personal responsable debe estar formado en el manejo y uso de combustibles, los parámetros normales de control de la eficacia de la combustión y las normas generales para un funcionamiento correcto de las calderas, tales como:

- Vigilar los parámetros de combustión.
- Controlar la calidad del agua de alimentación a caldera
- Controlar el nivel de purgas.
- Vigilar el estado general de aislamientos.
- Verificar el funcionamiento de los instrumentos y elementos de control.

Debe estar igualmente formado e informado de la operatividad de los sistemas de secado y de la importancia de actuar sobre los diferentes parámetros de forma programada, adaptando el caudal de aire y el consiguiente consumo de combustible al producto que se esté secando y evitando el llevar siempre la instalación al límite de su capacidad (que permite garantizar el secado requerido en cualquier condición productiva).

Instalaciones electromecánicas: El personal encargado debe estar informado de la importancia que sobre el rendimiento de los equipos y en consecuencia sobre el consumo energético tiene el estado de conservación y mantenimiento de los aparatos. Igualmente debe estar mentalizado de la importancia de los trabajos de limpieza, lubricación periódica de piezas móviles y la inspección de todas aquellas piezas que estén sometidas a desgaste.

También debe informarse de la necesidad de verificar periódicamente los aislamientos eléctricos y el estado general de la pintura para evitar corrosiones.

8. ANÁLISIS ECONÓMICO DE MEJORAS

8.1. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente, en las industrias del sector, la decisión de las inversiones en medidas de ahorro y mejora de la eficiencia energética, se toman en función de la disponibilidad de recursos económicos y de un análisis somero del periodo de amortización.

8.2. PROPUESTAS DE MEJORA

Una vez se ha detectado la posibilidad de implantar una mejora energética, ésta debe ser evaluada económicamente con el fin de determinar su viabilidad.

Previamente a abordar el análisis económico de un proyecto de mejora energética se requiere caracterizarla, definiendo aspectos tales como los que se presentan en la tabla siguiente.

Mejora propuesta				Fecha		
Descripción				Responsable		
.....					
Mejoras relacionadas				Suministradores		
.....					
Energía o Combustible	Consumos Actuales		Consumo Previstos		Ahorro anual	
	Energía	€	Energía	€	Energía	€
Fuelóleo (t/año)						
Gas Natural (Nm ³ /año)						
Gasóleo (t/año)						
Propano (Nm ³ /año)						
Otros						
E. eléctrica (kWh/año)*						
TOTAL						
Costes directos: equipos, procesos, sistemas, mano de obra						€
Costes indirectos: paradas, pérdidas de producción, deficiencias en calidad						€
INVERSIÓN TOTAL						€
Periodo de amortización		$\frac{\text{Inversión total (€)}}{\text{Ahorro total / año}} = \dots\dots\dots \text{ años}$				
				Revisado por		

Tabla 13: Cuadro de Soporte para la Evaluación Preliminar de las Mejoras.

Fuente: Centro de Estudios de la Energía.

La descripción del análisis económico se acompaña, con el objeto de facilitar su comprensión, de un ejemplo numérico: Optimización de la combustión mediante su regulación automática.

Mejora propuesta. Optimización de la combustión.				Fecha. 05/04/07		
Descripción. Regulación automática de la combustión.				Responsable. Jefe de Mantenimiento.		
.....					
Mejoras relacionadas. Control de la combustión.				Suministradores. Los habituales		
.....					
Energía o Combustible	Consumos Actuales		Consumo Previstos		Ahorro anual	
	Energía	€	Energía	€	Energía	€
Fuelóleo (t/año)	462	138.600	436	130.800	26	7.800
Gas Natural (Nm ³ /año)						
Gasóleo (t/año)						
Propano (Nm ³ /año)						
Otros						
E. eléctrica (kWh/año)*						
TOTAL	462	138.600	436	130.800	26	7.800
Costes directos: equipos, procesos, sistemas, mano de obra						13.700 €
Costes indirectos: paradas, pérdidas de producción, deficiencias en calidad						1.100 €
INVERSIÓN TOTAL						14.800 €
Periodo de amortización $\frac{\text{Inversión total (€)}}{\text{Ahorro total/año}} = 1,9 \text{ años (23 meses)}$						
Revisado por Gestor de la energía						

Tabla 14: Análisis Económico de la optimización de la Combustión.

Fuente: Elaboración Propia.

* Se ha considerado un precio medio de 0,30 €/kg para el fuelóleo.

El grado de detalle del análisis económico depende de la cuantía de la inversión y de los recursos financieros disponibles. Deben considerarse dos niveles: uno básico, o selección preliminar de mejoras, y otro de análisis en detalle.

Por último, se estudiará la estructura de la oferta de financiación a la que puede acceder la empresa.

8.3. ANÁLISIS ECONÓMICO A NIVEL BÁSICO

A este nivel de análisis, los parámetros de evaluación no tienen en cuenta el valor del dinero a lo largo del tiempo.

Tiempo de Retorno o Periodo de Amortización

Este criterio, definido como el cociente entre la inversión y el ahorro total, puede utilizarse como primera aproximación para el cálculo de la rentabilidad de la inversión, determinando si ésta se recuperará en un plazo razonable.

No es posible fijar un periodo de amortización por encima del cual la inversión no sea viable, puesto que éste depende en gran medida de la situación económica de la empresa y de la naturaleza del proyecto. A título orientativo puede decirse que si el periodo de retorno supera la mitad de la vida útil de la mejora la inversión no es rentable.

Tasa de Retorno de la Inversión (TRI)

$$TRI = \frac{\text{Ahorro Anual} - \text{Depreciación}}{\text{Inversión}} \times 100$$

El TRI tiene en cuenta la vida útil estimada de la mejora a través de la depreciación –considerada como lineal a este nivel de detalle– lo que permite establecer comparaciones con alternativas de inversión de distinta vida útil.

Como referencia puede decirse que valores del TRI inferiores al 10% desaconsejan una inversión.

8.4. ANÁLISIS ECONÓMICO EN PROFUNDIDAD

Los criterios propuestos tienen en cuenta el valor del dinero a lo largo del tiempo pero obvian, por simplicidad, las fluctuaciones en los precios de los combustibles, la inflación y los impuestos. El nivel de análisis necesario para contemplar estos aspectos queda fuera del propósito del presente documento.

Se denotará por k al tipo de interés de una inversión sin riesgo. Suele tomarse como referencia el tipo de interés de los Bonos u Obligaciones del Estado al mismo plazo que la vida útil de la mejora.

Valor Actualizado Neto (VAN)

Se llama valor actual neto de una cantidad S a percibir al cabo de n años con una tasa de interés k , a la cantidad que, si se dispusiera de ella hoy, generaría al cabo de n años la cantidad S .

Este criterio considera los flujos netos generados por la medida implantada durante su vida útil (n) y traslada su valor al momento actual utilizando k como tasa de descuento.

Para cada periodo –normalmente un año– se calculará el flujo neto como la diferencia entre los ahorros energéticos y los costes directos e indirectos asociados a la inversión.

$$VAN = \sum_{i=0}^n \frac{\text{Flujo neto}}{\left(1 + \frac{k}{100}\right)^i}$$

Una inversión es atractiva si su VAN es positivo, y tanto más cuanto mayor sea éste.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

$$\text{TIR} = r \Leftrightarrow I_0 = \sum_{i=0}^N \frac{\text{Flujo - Neto}}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^i}$$

El TIR es el valor del parámetro r para el cual el VAN de los flujos generados por el proyecto durante su vida útil iguala el valor de la inversión inicial realizada (I_0).

8.5. OTROS ASPECTOS A CONSIDERAR

- Riesgo inherente a cualquier proyecto de inversión.
- Situación de los mercados crediticios.
- Aseguramiento de la inversión.

8.6. ANÁLISIS DE LA OFERTA DE FINANCIACIÓN

A continuación se describen distintas formas de financiación de proyectos energéticos.

Inversiones con Fondos Propios.

Constituyen la solución más simple en el caso de que el propietario de las instalaciones tenga los fondos necesarios. Si el periodo de retorno es bajo, la inversión se podrá autofinanciar.

El problema aparece cuando la inversión se realiza en medios alternativos de producción de energía, como es el caso de la cogeneración. En estos casos, la inversión puede superar con mucho las posibilidades de la empresa y hay que buscar fuentes externas de financiación.

Financiación Tradicional.

Si la empresa presenta un buen estado financiero, las inversiones energéticas se pueden añadir a la financiación del resto de las inversiones: mediante la solicitud de créditos con garantías propias de las empresas o de los empresarios.

Este tipo de financiación presenta la ventaja de que se puedan negociar los periodos y el tipo de amortización de los préstamos, pero sólo es aplicable a inversiones moderadas en empresas financieramente estables.

Financiación fuera de balance.

Se trata de una variante de la financiación tradicional en la cual se analiza la rentabilidad del proyecto y, en función de ésta, la entidad financiera asume el riesgo de la inversión. Los resultados netos de la inversión se dedican preferentemente al pago del préstamo.

Aquí la garantía de la financiación viene dada por la propia inversión, en este caso los ahorros energéticos.

Este tipo de financiación no permite periodos de retorno superiores a siete años, y el tipo de interés es ligeramente superior a los préstamos normales como prima de riesgo a la inversión. Su gran ventaja es el tratamiento como operación fuera de balance, lo que permite que las empresas no vean comprometidos sus ratios de solvencia, al no contar como pasivo el importe de la financiación.

Financiación por terceros.

Cuando la empresa no tiene capacidad para llevar a cabo una inversión puede aceptar que una tercera empresa se haga cargo de ella. En este caso, la tercera realiza la inversión a cambio de recuperarla, bien a través de los ingresos o ahorros que se conseguirán con la puesta en marcha de la misma, bien mediante el pago de una cantidad fija (leasing o renting).

La empresa y el tercero pactan un reparto de los ahorros y comparten así los beneficios de la inversión.

9. ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL

El tamaño reducido de las empresas obliga normalmente a que las asunciones de las responsabilidades ejecutivas y de control del gasto energético sean compartidas por parte del personal técnico ligado a operaciones de mantenimiento, ingeniería y explotación.

Esta estructura obligada por las circunstancias no es la más aconsejable ya que los problemas diarios de las responsabilidades de otras áreas interfieren y devalúan las específicamente energéticas.

Como modelos de alternativas para organizar las empresas hacia la gestión eficaz energética pueden establecerse los siguientes:

- Creación de un Departamento de Energía Autónomo, con dependencia directa de la Dirección General.
- Creación de un Comité de Energía (sólo en empresas de un cierto tamaño), que apoya a los diferentes grupos especializados en que se divide el trabajo de la fábrica.

Cualquiera de estos esquemas funcionales, cuyas posibilidades de implantación están condicionadas por el tamaño de la empresa, la disponibilidad de recursos humanos y económicos y el grado de externalización de servicios, incluye una serie de **misiones fundamentales**:

- Programas de mentalización y formación del personal.
- Programas de ahorro de energía a corto, medio y largo plazo.
- Análisis de alternativas tecnológicas, etc.

Como **funciones** principales se incluirán las siguientes:

- Asesoramiento a la Dirección en temas energéticos.
- Establecimiento de una contabilidad energética.
- Establecimiento de un sistema de auditoría (interno o externo).
- Participación en estudios y proyectos energéticos.
- Promoción de nuevas técnicas.
- Seguimiento de proyectos y programas.

- Establecimiento de manuales de operación energéticos.
- Intensificación del mantenimiento energético.
- Preparación de campañas de mentalización.
- Colaboración en temas energéticos con empresas del sector y del entorno geográfico.
- Relación con Organismos Oficiales.

Para poder lograr los objetivos y desarrollar la metodología indicada se deberá disponer de atribuciones funcionales y jerárquicas sobre el resto de departamentos de la fábrica

10. PROGRAMAS DE AHORRO

El uso racional y eficiente de la energía no debe ser un fenómeno aislado sino que debe obedecer a una planificación perfectamente programada en la que intervengan todos los estamentos de la empresa.

El **Programa de ahorro** representa la traducción concreta de la voluntad de la de la Dirección respecto a *“una mejora de la eficiencia energética en la Empresa”*.

Respecto a la forma que debe adoptar un Programa de Ahorro de Energía pueden establecerse las siguientes pautas:

- Escrito.
- Concreto.
- Justificado.
- Cuantificado económicamente.
- Con responsabilidades definidas.
- Comprometido en objetivos.
- Revisado periódicamente.
- Participado a todos los niveles.

La máxima rentabilidad de un programa de ahorro se obtiene cuando se parte de una organización previa de los medios y personas que han de intervenir en el mismo.

Independientemente de que sea la Dirección quien dé el visto bueno definitivo, el Programa deberá ser establecido por el Responsable de Energía (o Comité de Energía) y deberá contemplar los siguientes **aspectos**:

- Implantar y controlar los sistemas de Contabilidad y Auditoría energética.
- Establecer los sistemas de mantenimiento energético preventivo y/o corrector.
- Contribuir a la formación y mentalización permanente del personal.
- Mantener una conexión directa con otras fábricas del sector.

Y todo ello con un único **objetivo**: *“implantar las medidas de ahorro de energía detectadas a corto, medio y largo plazo”*.

ANEXOS

I BIBLIOGRAFIA

ASHRAE (1990) Manual ASHRAE. Refrigeración, sistemas y aplicaciones. Edición Española realizada por ATECYR. Madrid.

IDAE (1995). Eficiencia energética en la Pequeña y Mediana Industria: Sector Conserva Alimenticias.

DUMONTIEL, M. Introducción a la tecnología de fabricación de piensos.

LOPEZ, A. (1991). Uso eficiente de la energía en la industria Agroalimentaria.

LOPEZ, A (1991). Factores que condicionan el consumo de energía eléctrica en las instalaciones eléctricas en la industria agroalimentaria.

CADEM (1984). Manual de Eficiencia Energética Térmica en la Industria. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.

CADEM. Fichas técnicas serie B, Generadores de calor.

PERRY (1984). Chemical Engineers' Handbook. Sixth Edition. McGRAW HILL.

ICAEN (1993). Tecnologías avanzadas en éstalvi i eficiencia energética. Sector de fabricació de begudes alcohòliques.

DG XVII (1995). Review of Energy Efficient Technologies in the refrigeration systems of the agro-food Industry.

II UNIDADES Y EQUIVALENCIAS

UNIDADES BÁSICAS			MULTIPLS Y SUBMULTIPLS		
MAGNITUD	NOMBRE	SÍMBOLO	FACTOR	PREFIJO	SÍMBOLO
Longitud	Metro	m	1,E-18	atto	a
Masa	Kilogramo	kg	1,E-15	femto	f
Tiempo	Segundo	s	1,E-12	pico	p
Intensidad eléctrica	Amperio	A	1,E-09	nano	n
			1,E-06	micro	u
Temperatura	Kelvin	k	1,E-03	mili	m
Cantidad de materia	Mol	mol	1,E-02	centi	c
			1,E-01	deci	d
Intensidad luminosa	Candela	cd	1,E+01	deca	da
			1,E+02	hect	h
ALGUNAS UNIDADES DERIVADAS			1,E+03	Kilo	k
Superficie	metro cuadrado	m ²	1,E+06	mega	M
Volumen	metro cúbico	m ³	1,E+09	giga	G
Energía, Trabajo o Calor	Julio	J	1,E+12	tera	T
			1,E+15	peta	P
Presión	Pascal	Pa	1,E+18	exa	E

Tabla 15: Sistema Internacional de Unidades.

Fuente: Elaboración Propia.

CONCEPTO	DE USO COMÚN	S.INTERNACIONAL
ENERGÍA: Calorífica Eléctrica	kilocaloría (kcal) kilowatio-hora(kWh)	Julio (J)
POTENCIA: Calorífica Eléctrica	Kilocaloría por hora (kcal/h) kilowatio	Vatio (W)
PODER CALORÍFICO: Sólidos y líquidos Gases	Kilocaloría por kilogramo (kcal/kg) Kilocaloría por Nm ³ (kcal/Nm ³)	Julio por Kilogramo (J/kg) Julio por Nm ³ (J/Nm ³)
TEMPERATURA	Grado centígrado (°C)	Grado Kelvin (K)
PRESIÓN	Kilogramos fuerza por cm ²	Pascal (Pa)
CAUDAL	Metros cúbicos por hora (m ³ /h) Kilogramos por hora (kg/h)	m ³ /seg

Tabla 16: Unidades de Uso Común.

Fuente: Elaboración Propia.

RELACIÓN ENTRE LAS PRINCIPALES UNIDADES DE ENERGÍA, TRABAJO O CANTIDAD D					
UNIDAD	Julios	Kilocalorías	Termias	KWh	Tep
Julio (J)	1	$238,89 \times 10^{-6}$	$238,89 \times 10^{-9}$	$277,78 \times 10^{-9}$	$23,889 \times 10^{-12}$
Kilocaloría (kcal)	$4,186 \times 10^3$	1	10^{-3}	$1,1628 \times 10^{-3}$	10^{-7}
Termia (Te)	$4,186 \times 10^6$	10^3	1	1,1628	10^{-4}
Kilowatio hora (kWh)	$3,6 \times 10^6$	860	860×10^{-3}	1	86×10^{-6}
tep	$41,86 \times 10^9$	10^7	10^4	$11,6279 \times 10^3$	1

Tabla 17: Relación entre las Principales Unidades de Energía, Trabajo o Cantidad de Calor.

Fuente: Elaboración Propia.

Para pasar de una magnitud expresada en una unidad de la columna de la izquierda a la misma magnitud expresada en una unidad de la fila superior, debe multiplicarse aquella por el factor de la intersección.

III DEFINICIONES

Tonelada equivalente de petróleo (tep):

Corresponde a 1.000 kg de combustible de 10.000 kilocalorías por kilogramo de poder calorífico inferior, equivalente a un contenido energético de 10.000 termias.

Tonelada equivalente de carbón (tec):

Corresponde a 1.000 kg de combustible de 7.000 kilocalorías por kilogramo de poder calorífico inferior, equivalente a un contenido energético de 7.000 termias.

Poder calorífico:

Se define el Poder Calorífico de un combustible como la cantidad de calor que se desprende en la combustión completa de una unidad de combustible. Cuando el agua formada en la combustión se lleva a forma líquida a 0 °C y una presión de 1 atmósfera, el Poder calorífico se denomina Superior, mientras que cuando el agua formada en la combustión permanece en forma de vapor se denomina Inferior.

El Poder Calorífico Superior (P.C.S.) es de una cuantía más elevada que el Poder Calorífico Inferior (P.C.I.), ya que a la propia energía liberada en el proceso de combustión se le añade el calor de condensación del agua formada en la combustión.

Cuando se establecen los balances energéticos de un proceso en el cual tiene lugar un proceso de combustión, debe de tenerse especial precaución a la hora de seleccionar la magnitud del combustible a emplear. Si se emplea el P.C.S. es necesario evaluar la energía de las diferentes corrientes teniendo en cuenta su composición (en particular el contenido de agua) y elegir un estado de referencia coherente con el empleo de la citada magnitud. Lo más habitual es emplear el P.C.I., ya que en la mayoría de los procesos el calor de condensación del vapor de agua formado en la combustión no es aprovechable, y por tanto proporciona una aproximación más realista al aporte energético del combustible al proceso en cuestión.

IV COMBUSTIBLES Y CARACTERÍSTICAS

COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

FUELÓLEO N° 1 Y FUELÓLEO N° 1 BIA ⁽¹⁾

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES MEDIDA	LÍMITES
Azufre (1)	% Peso	2,70 máx
Viscosidad cinemática a 100°C	mm ² /s	25 max
Punto inflamación	°C	65 min
Agua y sedimento	% volumen	1 max
Agua	% volumen	0,5 max
Poder calorífico inferior (PCI)	Kcal/kg	9.600
Poder calorífico superior (PCS)	Kcal/kg	10.100

*1(Cuando el contenido en azufre no supera el 1,0% en peso, se denomina fuelóleo n° BIA (Bajo Índice de Azufre)

Tabla 18. Combustibles líquidos. Fuelóleo n° 1 y Fuelóleo n° 1 BIA

Fuente: Elaboración Propia.

GASÓLEO C

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES DE MEDIDA	LÍMITES
Azufre	% peso	0,2 máx.
Viscosidad cinemática a 40° C	mm ² /s	7,0 máx.
Punto de inflamación	°C	60 mín.
Agua y sedimento	% volumen	0,1 máx.
Densidad a 15° C	kg/m ³	900 máx.
Poder Calorífico Superior (PCS)	kcal/kg	10.300 mín

Tabla 19. Combustibles líquidos. Gasóleo C

Fuente: Elaboración propia

COMBUSTIBLES GASEOSOS

GAS NATURAL

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES DE MEDIDA	LÍMITES
Contenido en mercaptanos	mg/Nm ³	15,0 máx.
Contenido en ácido sulfúrico	mg/Nm ³	2,0 máx.
Contenido en azufre total	mg/Nm ³	50,0 máx.
Contenido en agua	ppm	80 máx.
Índice de Wobbe		12.435
Poder Calorífico Superior (PCS) máx/mín	kcal/Nm ³	9.600/9.150

Tabla 20. Combustibles gaseosos. Gas Natural.

Fuente: Elaboración propia.

PROPANO

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES DE MEDIDA	LÍMITES
Densidad a 15 °C	kg/l	0,502 mín.
Azufre total	gr/Nm ³	0,1 máx.
Presión de vapor a 37,8 °C	kg/cm ²	10-15
Poder calorífico inferior (PCI)	kcal/kg	10.800 mín.
Poder Calorífico Superior (PCS)	kcal/kg	11,900 mín

Tabla 21. Combustibles gaseosos. Propano.

Fuente: Elaboración propia.

BUTANO

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES DE MEDIDA	LÍMITES
Densidad a 15 °C	kg/l	0,560 mín.
Azufre total	gr/Nm ³	0,1 máx.
Presión de vapor a 50 °C	kg/cm ²	7,5 máx
Poder calorífico inferior (PCI)	kcal/kg	10.800 mín.
Poder Calorífico Superior (PCS)	kcal/kg	11,900 mín

Tabla 22. Combustibles gaseosos. Butano.

Fuente: Elaboración propia.

Dos gases serán intercambiables para un quemador determinado cuando con las mismas condiciones de suministro, presión y temperatura mantienen las mismas características de combustión. Los datos que normalmente facilitan las compañías suministradoras de Gas son: Poder Calorífico Superior (PCS), densidad relativa referida al aire (d), e índice de Wobbe (W). La relación entre estos valores define el gasto calorífico, el potencial de combustión y la intercambiabilidad de gases combustibles.

El gasto calorífico, definido como el producto volumétrico del gas por su poder calorífico, está directamente relacionado con la densidad relativa del gas. El índice de Wobbe (W) se determina por la expresión $W = \frac{PCS}{d}$.

V LEGISLACIÓN

Extracto de normativa legal energética aplicable.

- Estrategia Española de la Eficiencia Energética.
- El Plan de Energías Renovables en España (PER) 2005-2010, que constituye la revisión del Plan de Fomento de las Energías Renovables en España 2000-2010.
- Plan de Asignación de Derechos de Emisión.
- Medidas Liberalizadoras. Real Decreto-ley 6/1999, de 16 de Abril, de Medidas Urgentes de Liberalización e Incremento de la Competencia.

Gas natural y GLP

- Planificación 2002-2011 de los Sectores Eléctrico y Gasista
- ORDEN ITC/3992/2006, de 29 de diciembre, por la que se establecen las tarifas de gas natural y gases manufacturados por canalización, alquiler de contadores y derechos de acometida para los consumidores conectados a redes de presión de suministro igual o inferior a 4 bar.
- ITC/2065/2006, de 29 de junio, establece el sistema de determinación automática de precios de los gases licuados del petróleo.
- Ley de hidrocarburos 34/1998 de 7 de octubre.
- Norma UNE 60-601-93/1M: 1996
- Orden de 25 de mayo de 1993 de la Junta de Castilla y León (BOCyL 7/6/93 y modificación 22/4/94)
- Reglamento de aparatos que usan gas como combustible.
- Reglamento de instalaciones de almacenamiento y suministro de gases licuados del petróleo en depósitos fijos y de seguridad en centros de almacenamiento y suministro de gases licuados del petróleo a granel.
- Reglamento de instalaciones de gas.
- Reglamento del servicio público de gases combustibles.
- Reglamento de aparatos a presión. REAL DECRETO 1495/1991. (BOE 15/10/91).
- Reglamento de aparatos que utilizan combustibles gaseosos. REAL DECRETO 494/1988 de 20 Mayo BOE 25/5/88.
- Ley del gas. (Ley 10/1987 de 15 de Mayo. BOE 17/6/87).

- Reglamento de redes y acometidas de combustibles gaseosos. REAL DECRETO 1853/1993 de 22 de Octubre. BOE 8/3/1994.
- Publicación mensual de precios en el BOE.
- Nota: A medida que vaya siendo desarrollada, la Ley de hidrocarburos irá sustituyendo a todos estos reglamentos.

Combustibles líquidos

- Ley de hidrocarburos 34/1998 de 7 de octubre.
- REAL DECRETO 398/1996 de 1 de Marzo, especificación de gasóleos en concordancia con las de la UE.
- REAL DECRETO 2482/1986 de 25 de Septiembre, sobre especificaciones y características de combustibles líquidos.
- REAL DECRETO 1485/1987 de 4 de Diciembre, sobre especificaciones y características de combustibles líquidos.
- REAL DECRETO 1427/1997 de Instalaciones Petrolíferas para uso propio (BOE 23/10/97). MI-IP03.
- Orden de 12 de junio de la Consejería de Industria, Comercio y Turismo, sobre procedimiento para la autorización de instalaciones petrolíferas para uso propio (BOCyL 3/8/98).

Energía eléctrica

- El REAL DECRETO 1634/2006, de 29 de diciembre, establece la tarifa eléctrica a partir del 1 de enero de 2007.
- Real Decreto 1432/2002 de metodología para la aprobación de la tarifa eléctrica media o de referencia.
- Real Decreto 2818/1998 sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos o cogeneración.
- Ley 54/1997, de 27 de Noviembre, del sector eléctrico constituye el marco regulatorio para el sistema eléctrico liberalizado de alta tensión.
- Reglamento electrotécnico para baja tensión. DECRETO 2413/1973 de 20 de Septiembre (BOE 9/10/1973) y REAL DECRETO 2295/1985 de 9 Octubre (BOE 12/10/1985).
- Reglamento de verificaciones eléctricas. Decreto de 12 de Marzo de 1954, BOE 15/04/54.

Cogeneración

- Directiva 2004/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al fomento de la cogeneración.
- REAL DECRETO 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- REAL DECRETO 2818/1998, de 23 de Diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración. BOE 20/12/98.
- REAL DECRETO 2366/1994, de 9 de Diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones hidráulicas, de cogeneración y otras abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables. BOE 31/12/94.
- REAL DECRETO 907/1982, de 2 de Abril. Fomento de la autogeneración de energía eléctrica. BOE 10/5/82.
- Ley 82/1980, de 30 de Diciembre, de conservación de la energía. BOE 27/01/81.

6

6

PLAN DE
ASISTENCIA
ENERGÉTICA
EN EL SECTOR
PIENSOS

