

3

PLAN DE ASISTENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR CERÁMICO



Junta de
Castilla y León

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

COLECCIÓN

3

PLAN DE
ASISTENCIA
ENERGÉTICA
EN EL SECTOR
CERÁMICO

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-1.244-2008

ÍNDICE

Presentación	9
Antecedentes	11
1. Introducción	11
1.1. <i>Presentación</i>	11
1.2. <i>Objetivos</i>	12
1.3. <i>Situación actual y tendencias de los mercados energéticos</i>	13
1.4. <i>Estructura energética de España y de Castilla y León</i>	14
1.5. <i>Panorámica del sector de cerámica estructural</i>	19
2. Gestión energética	24
2.1. <i>Aprovisionamiento de energía</i>	24
2.2. <i>Sistema de gestión energética</i>	39
3. Auditoría energética	48
3.1. <i>Objetivos de la auditoría energética</i>	48
3.2. <i>Responsable de la auditoría energética</i>	49
3.3. <i>Fases de la auditoría energética</i>	49
4. Medidas de mejora de la eficiencia energética	55
4.1. <i>Materias primas</i>	55
4.2. <i>Extrusión</i>	58
4.3. <i>Secado</i>	58
4.4. <i>Cocción</i>	60
4.5. <i>Mantenimiento energético</i>	67
4.6. <i>Cogeneración</i>	68
4.7. <i>Síntesis: resumen de medidas</i>	69
5. Mantenimiento energético	71
5.1. <i>Consideraciones</i>	71
5.2. <i>Propuestas de mejora</i>	71
5.3. <i>Formación del personal</i>	73
5.4. <i>Análisis económico</i>	74
6. Organización empresarial	79
6.1. <i>Situación actual</i>	79
6.2. <i>Propuestas de mejora</i>	79
7. Programas de mejora de la eficiencia energética	80
7.1. <i>Consideraciones</i>	80
7.2. <i>Propuestas de mejora</i>	80
8. Interrelaciones empresariales	81
8.1. <i>Situación actual</i>	81
8.2. <i>Propuestas de mejora</i>	82
8.3. <i>Síntesis: difusión de las medidas de mejora</i>	82

ANEXOS

I Bibliografía	88
II Unidades y equivalencias	84
III Definiciones	85
IV Legislación	87

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. Producción de cerámica estructural en Castilla y León por provincias.	20
5. Depósitos de combustible.	24
6. Planta de cogeneración con motor CATERPILLAR de 1 MW.	25
7. Evolución del precio final de la energía útil	26
8. Foto dibujo depósitos combustible (AUXITROL).	29
9. E.R.M. de gas natural	30
10. Total de cogeneración en España	36
11. Diagrama de Sankey: Producción separada de energía térmica y eléctrica.	37
12. Diagrama de Sankey: Producción conjunta de energía térmica y eléctrica.	37
13. Contadores de consumo.	40
14. Esquema de fabricación de ladrillos, tejas y similares.	46
15. Consumos energéticos específicos.	47
16. Consumo energético global	48
17. Balance energético de un horno-túnel.	50
18. Balance energético en un secadero.	52
19. Horno túnel	55
20. Disposición de los quemadores I.	64
21. Disposición de los quemadores II.	64
22. Caudal Circulante en un horno túnel.	65
23. Rendimiento de un horno túnel de 150 t/día de capacidad en función de la producción real.	67
24. Esquema de horno dotado con zona de enfriamiento alargada.	68
25. Caudal circulante en un horno túnel.	71

ÍNDICE DE TABLAS

1. Importancia económica del sector cerámico en Castilla y León	21
2. Estadísticas nacionales: cerámica estructural.	21
3. Factores condicionantes en la elección de combustible.	26
4. Factores de pérdidas de los combustibles.	27
5. Combustibles: estimación de precios	27
6. Características de los combustible sólidos: coque	28
7. Características de los combustible líquidos	28
8. Características de los combustibles gaseosos.	30
9. Tarifa industrial para el gas natural, I.V.A. excluido.	31
10. Ejemplo de factura de gas natural, I.V.A. excluido.	32
11. Ventajas e inconvenientes de los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.	32
12. Tarifas eléctricas, I.V.A. excluido.	33
13. Análisis energético: consumo de energía térmica	42
14. Análisis energético: consumo de energía eléctrica.	42
15. Análisis energético: producción anual.	42
16. Análisis energético: consumos y costes específicos.	43
17. Análisis energético: comparación de consumos específicos.	43
18. Consumo específico de energía térmica.	44
19. Consumo específico de energía eléctrica.	44
20. Contabilidad energética por secciones.	47
21. Balance energético en un horno-túnel.	51
22. Ejemplo: balance energético típico en un horno-túnel	51
23. Balance energético en un secadero túnel	53
24. Balance energético típico en un secadero túnel	53
25. Tabla ejemplo: resumen de las medidas de ahorro	54
26. Materiales combustibles como aditivos a la arcilla.	57
27. Consumo energético en un secadero.	59
28. Cuadro soporte para la evaluación preliminar de mejoras.	74
29. Análisis económico de la optimización de la combustión.	75
30. Medida de mejora de la eficiencia energética: Análisis de la eficacia. . .	83
31. Medida de mejora de la eficiencia energética: Aplicabilidad.	83
32. Sistema internacional de unidades.	84
33. Unidades de uso común	85
34. Relación entre las principales unidades de energía, trabajo o cantidad de calor	85

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 del Plan de Energías Renovables en España (PER) 2005-2010, y 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.

La presente publicación muestra el diseño e implementación de un sencillo método de gestión energética, el cual parte de la auditoría energética como punto de referencia para diseñar un plan de actuaciones futuras.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PRESENTACIÓN

El presente estudio forma parte de la colección “Planes de Asistencia Sectorial”, del EREN (Ente Regional de la Energía de Castilla y León), cuyo objetivo general es la promoción del uso eficiente de la energía.

Con este documento, se ha pretendido la elaboración de una guía de trabajo dirigida a la mejora de la eficiencia energética en el sector de la cerámica estructural o ladrillero y recoge los modelos a seguir en cada una de los apartados en que se ha subdividido el documento. Estos apartados incluyen todo

el proceso de utilización de la energía, es decir el suministro, la conversión y utilización y la gestión energética.

Este trabajo ha sido realizado, en su segunda edición, por EREN con la colaboración de DEA Ingeniería, S.L.

La intención última de esta publicación, es que sea de utilidad al mayor número de empresas del sector de la cerámica estructural, en cuanto a la aplicación de técnicas y métodos de auditoría y análisis energético integral. Todo ello buscando siempre la disminución de sus costes energéticos de producción y el aumento de la competitividad.

Queremos 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:

- HISPALYT
- IDAE
- REYMA, S.A.
- ECLIPSE COMBUSTION, S.A.
- BERALMAR, S.A

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.
- 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 presentará, de forma resumida, la situación actual de los mercados energéticos, sus tendencias y la influencia de las mismas en el futuro del Sector Cerámico 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 de Ahorro y Eficiencia Energética de España (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 como¹:

- La adaptación de algunas centrales de fuelóleo o gasóleo a gas natural.
- La utilización de quemadores de baja emisión de NO_x.
- El aumento de la participación de carbones de menor contenido en azufre.

¹ Plan de Energías Renovables en España.

- 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)

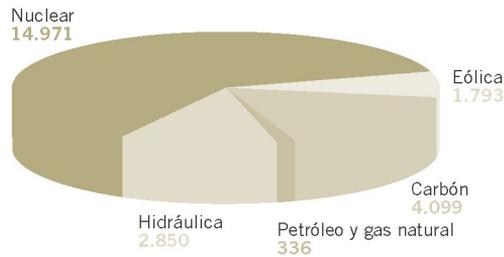


Figura 1. Producción Interior de Energía Primaria (ktep).

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% anual² 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%) y la cuenca del Ebro (21,6%)³. 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

² Fuente Plan Energético Nacional.

³ Fuente: Estadística energética de Castilla y León.

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.⁴

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 subbituminosa, ni de lignito, ni de biomasa. En el caso de la energía eléctrica bruta, la región produce el 11,62% del total nacional⁵.

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.

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

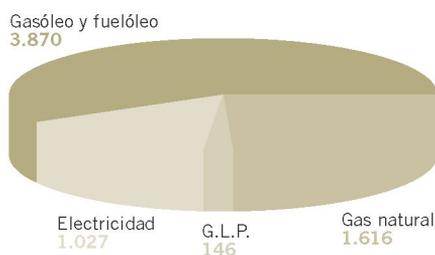


Figura 2. Consumo de Energía Final por Fuentes en Castilla y León (ktep).

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

⁴ Fuente: Foro de la Industria Nuclear Española.

⁵ 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%)⁶.

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%)⁷.

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 nacional⁸.

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.

Participación en el consumo de energía por provincias

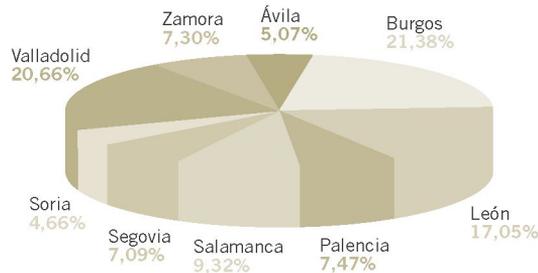


Figura 3. Participación en el Consumo de Energía por Provincias.

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.).

⁶ Fuente: Estadística Energética en Castilla y León. Resumen Anual, 2005.

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

⁸ 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. PANORÁMICA DEL SECTOR DE CERÁMICA ESTRUCTURAL

1.5.1. Situación actual

La cerámica estructural engloba materiales tales como ladrillos, cara vistas, bovedillas, tejas, tableros y adoquines, obtenidos básicamente a partir de la arcilla cocida.

El sector de la cerámica estructural superó en 2006 su récord de fabricación con 29,93 millones de toneladas, un 5,03% más que en el ejercicio precedente, y, a la vez, alcanzó un volumen de negocio de 1.475 millones de euros, un 18,08% más que el logrado en 2005. La evolución del volumen de negocio obedece al incremento de la producción y al precio final de los materiales. Los precios registraron un incremento medio de un 10,6%, motivado por el encarecimiento de la factura energética y el aumento de la demanda. Este balance sitúa a España como el primer país productor de materiales cerámicos estructurales de Europa.

Respecto al volumen de fabricación, la comunidad de Castilla-La Mancha es la principal productora española, seguida por Andalucía, Comunidad Valenciana y Cataluña, un orden que obedece a la ubicación de canteras de arcillas de calidad, la materia prima principal de esta producción. Además, este sector cuenta con una plantilla media de 32,5 personas y una producción media anual por trabajador situada en torno a las 2.200 toneladas.

Actualmente, la capacidad productiva anual en Castilla y León excede los 2 millones de toneladas métricas distribuidas de la forma siguiente.

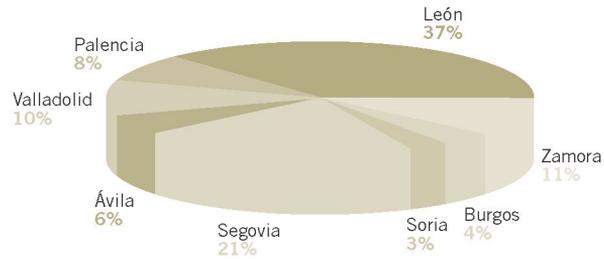


Figura 4: Producción de cerámica estructural en Castilla y León por provincias.

Fuente: Hispalyt

El sector de la cerámica estructural, en adelante sector ladrillero, contempla la producción en Castilla y León, de más de 15 productos diferentes. Los más fabricados son los ladrillos, en todos sus tipos y formatos. Por orden de importancia son los siguientes:

- Ladrillo hueco.
- Ladrillo perforado.
- Ladrillo perforado cara vista.

También se producen:

- Ladrillo hueco gran formato.
- Ladrillo macizo.

Estos fabricados suponen un 10 % del total nacional de este tipo de productos.

El resto de productos se producen en menor cantidad, abasteciendo el 7 % del mercado nacional, y son los siguientes:

- Bloques de arcilla aligerada.
- Pavimentos.
- Adoquines.
- Celosías.
- Conductos de ventilación.
- Bovedillas.
- Tejas.
- Bloques de perforación vertical.

1.5.2. El sector en Castilla y León

Siguiendo las Cuentas del Sector Industrial de Castilla y León 2003, el sector cerámico (donde se incluye la producción de ladrillos y tejas), presenta las siguientes magnitudes:

CONCEPTO	CANTIDAD	% SOBRE SECTOR INDUSTRIAL CYL
Producción bruta a salida de fábrica	145.953.000 €	0,53
Valor añadido bruto	67.262.260 €	0,90
Importe neto de la cifra de negocios	153.654.800 €	0,54
Ocupados	1.658 personas	1,13

Tabla 1: Importancia económica del sector cerámico en Castilla y León

Fuente: Junta de Castilla y León (2005): Castilla y León ante el plan nacional de asignaciones.

Según estas cifras, en 2003 la fabricación de productos cerámicos generó el 0,9% del valor añadido bruto industrial regional y ocupó al 1,13% de los trabajadores de la industria castellano-leonesa.

En España existen 420 empresas (datos de 2004) pertenecientes a este sector, de las cuales cerca de 50 están situadas en la comunidad de Castilla y León.

El número de personas empleadas directamente en este sector es aproximadamente 12.500 a nivel nacional. En Castilla y León el sector da empleo a más de 1.650 personas.

La demanda actual de estos productos de arcilla cocida es muy alta y supera los valores más altos habidos en España en los últimos 20 años.

En 2004 el número de viviendas iniciadas, a nivel nacional, alcanzó la cifra de 691.026, con un aumento del 11,06% sobre el año precedente. La evolución del sector está muy ligada a la evolución económica de la comunidad. A corto plazo, el índice más representativo de la evolución del sector es el número de proyectos visados. Las siguientes tablas recogen el resumen de las estadísticas estudiadas por Hispalyt en los años 2003 y 2004:

2003		2004	
Número de trabajadores:	12.200	Número de trabajadores:	12.500
Número de industrias:	410	Número de industrias:	420
Producción x 1.000 tn/año:	26.000	Producción x 1.000 tn/año:	27.000
Viviendas iniciadas:	622.185	Viviendas iniciadas:	691.026
Viviendas terminadas:	506.349	Viviendas terminadas:	564.803
Proyectos visados:	686.278	Proyectos visados:	761.443

Tabla 2: Estadísticas nacionales: Cerámica estructural.

Fuente: Hispalyt

1.5.3. Perspectivas de futuro

El Ministerio de Economía y Hacienda constató en el 2006 que los precios de la vivienda siguen moderándose, lo que, a su juicio, anticipa una posible desaceleración de la demanda residencial. *La Síntesis de Indicadores Económicos* de diciembre destaca el vigor de la inversión en construcción que, aunque está creciendo a tasas más reducidas, sigue mostrándose fuerte, con un aumento en el tercer trimestre del 6,1%. Esta aceleración se debe al mayor aumento de la inversión no residencial, mientras que la de la residencial se ha estabilizado.

El Ministerio también resalta el notable dinamismo mostrado en los últimos meses por la economía, que se ha visto impulsada por los flujos migratorios, el crecimiento del empleo y unas condiciones monetarias que, pese a la subida de tipos, continúan siendo holgadas. El incremento gradual de los tipos de interés aprobado por el Banco Central Europeo (BCE) no parece que haya supuesto hasta el momento un freno apreciable al dinamismo de la economía española.

1.5.4. Una industria comprometida con la sostenibilidad medioambiental

Los fabricantes asociados a HISPALYT han invertido 200 millones de euros en políticas empresariales de Investigación y Desarrollo en los dos últimos años, y una gran parte de ellos se ha destinado a mejorar aspectos relacionados con el respeto medioambiental.

Esta inversión ha permitido que, desde 1990, la industria haya logrado reducir en un 18% las emisiones específicas de CO₂ cuando, en paralelo, el aumento de la producción ha sido de casi un 70%.

En estos momentos, el sector cerámico emite menos del 1% de las emisiones de gases de efecto invernadero de España. Y, respecto a las emisiones totales de los sectores industriales afectados por el régimen de comercio de derechos de emisiones de gases efecto invernadero, los fabricantes de Hispalyt suponen menos del 3% del total de las mismas.

1.5.5. Factores para mejorar la competitividad

En los últimos años, la industria cerámica ha constatado el papel decisivo que tiene impulsar las políticas de Investigación y Desarrollo en un sector donde la competitividad viene marcada por la capacidad que demuestre cada fabricante en ofrecer productos con mayores prestaciones, y que sean fabricados de acuerdo con las exigencias medioambientales que dicta el *Protocolo de Kyoto* y la propia responsabilidad de las compañías.

Se deben mejorar las redes de comercialización y los niveles de información a los compradores, que hasta ahora son insuficientes o poco adecuados. También es importante disponer de una red eficiente de distribución y una buena gestión del transporte.

Un factor muy importante es la escasez de mano de obra cualificada en la producción del material y en su colocación en obra.

La mejora de la calidad del producto será una realidad de interés general cuando usuarios y Administraciones lo exijan. Cabe destacar que en lo que se refiere al sector edificación ya es obligatoria la Certificación Energética de los Edificios de nueva construcción.

1.5.6. Síntesis y conclusiones

El sector de la cerámica estructural, en adelante sector ladrillero en general, es intensivo en energía y el costo energético es relativamente alto, puesto que representa aproximadamente entre un 30 % y un 50% del costo total del producto.

Se trata de un sector directamente influenciado por la actividad de la construcción. En este momento hay una gran demanda de productos como consecuencia de la fuerte actividad en este campo. Asimismo, las variaciones dentro del sector son muy acusadas y cíclicas debido al aspecto coyuntural de la construcción, que, a su vez, depende grandemente de la situación económica y los tipos de interés.

La competencia dentro del sector es muy fuerte y sobre todo se basa en el precio. Aunque hay exigencias de calidad que son cada vez más importantes, todavía ésta queda muy lejos de ser un factor decisivo, o al menos predominante, a la hora de la compra de este tipo de productos.

En general, la situación energética del sector puede calificarse aceptable. No obstante todavía queda un potencial de mejora bastante alto que conviene no dejar de lado. En los últimos años se han llevado a cabo diversas medidas de mejora de la eficiencia energética en los hornos y secaderos. También se han instalado variadores de velocidad para reducir el consumo de energía eléctrica y se ha automatizado en gran medida la manipulación del producto.

Una medida que ha afectado de forma notable y positiva al sector ladrillero es la cogeneración.

Como resumen general de las tendencias puede decirse lo siguiente:

Combustibles

- El gas natural se está utilizando en aquellas industrias donde está disponible. En el resto de empresas se utiliza mayoritariamente fuelóleo y en algunas, coque de petróleo.

Materias primas

- A medida que el precio de los combustibles sea más alto, la tendencia en lo posible es a utilizar pastas menos plásticas (menor contenido de agua), con objeto de gastar menos energía en secado y cocción, aún a costa de emplear más energía eléctrica en moldeo.

Secado

- También con objeto de ahorrar energía, la tendencia es extraer el material del secadero con humedad residual lo más alta posible pero que permita una manipulación cómoda y segura. En un secado final o en el prehorno se completará el secado necesario.

Cocción

- Se impone cada vez más la regulación y control en continuo de los hornos mediante autómatas programables (PLC).
- Los hornos de cocción semirrápida y rápida de rodillos actualmente no se usan para la fabricación de ladrillos. Parece que su futuro se dirige a materiales cuya materia prima sea más cara.

El Certificado de Calificación Energética en Edificios incluye procedimientos de control y verificación de la calidad en cuanto al ahorro energético en los edificios, tanto en fase de proyecto como de construcción. No obstante, se debería profundizar en el desarrollo de un proceso de exigencia de calidad en la construcción concentrando esfuerzos en la inspección rigurosa y análisis de los materiales empleados en las obras y en la exigencia del cumplimiento de las especificaciones.⁹

Por otra parte, es necesario que los análisis y ensayos del producto acabado sean realizados por laboratorios o centros debidamente acreditados (ENAC: Entidad Nacional de Acreditación). De esta forma, se podrían evitar los fallos detectados en la recogida de muestras y en los medios o equipos utilizados para los análisis.

Desde el punto de vista de la Formación de las personas que intervienen en el proceso de fabricación, se deberían preparar planes de formación, especialmente en lo referente a ahorro energético, autómatas programables y sistemas de gestión de mantenimiento.

2. GESTIÓN ENERGÉTICA

2.1. APROVISIONAMIENTO DE ENERGÍA

Este apartado contempla el tipo de energía utilizada, las opciones posibles para el usuario, cómo se realiza el abastecimiento y la compra de combustibles.



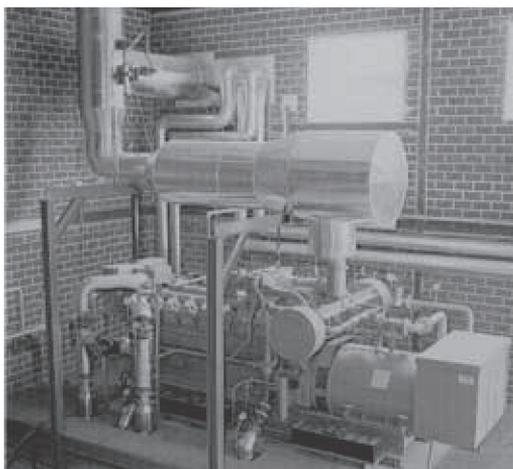
Figura 5: Depósitos de combustible.

⁹ Ver Normas UNE de ensayo para ladrillos cerámicos.

2.1.1. Situación actual

Energía térmica

- Cuando se dispone de gas natural, éste es el combustible empleado. En los casos en que no se dispone de gas natural, se emplea mayoritariamente, fuelóleo. En las instalaciones restantes, que son minoritarias, se utiliza aire propanado, coque de petróleo y otros (madera y residuos vegetales).
- Para el suministro de fuelóleo, se puede recurrir a compañías distribuidoras acreditadas (REPSOL, CEPSA, etc.), o a otros proveedores puesto que el mercado está liberalizado.
- En el caso de combustibles líquidos, las cantidades pedidas son por cisternas completas. Es decir se programan entregas del mayor volumen posible, consiguiendo de esta forma, los mejores precios posibles.



Energía eléctrica

- En general, la fiabilidad y calidad del abastecimiento de energía eléctrica es mayor cuanto más elevada es la tensión de suministro de la línea de alta de la compañía eléctrica.
- La cogeneración ha aumentado sensiblemente el autoabastecimiento eléctrico de las empresas ladrilleras. Además, esto ha favorecido la reducción de cortes y micro-cortes en el suministro eléctrico.

Figura 6: Planta de cogeneración con motor CATERPILLAR de 1 MW.

Cortesía de Cerámicas El Mazarrón

2.1.2. Consideraciones

Elección de combustible

El aprovisionamiento energético comprende la elección de las fuentes de energía, la negociación con los suministradores, la recepción y el control de los pedidos, y, si procede, su almacenamiento y distribución.

El principal objetivo es adquirir la energía en las mejores condiciones de precio y calidad de suministro, asegurando que el contrato con las compañías suministradoras sea óptimo para la empresa. En este sentido, habrán de evaluarse, entre otros, los siguientes aspectos:

- Modificaciones en la reglamentación, legislación y tarifas, realizando un análisis de sus posibles efectos.
- Variaciones tecnológicas en los equipos o procesos productivos.
- Calidad y fiabilidad del suministro.
- Flexibilidad de los contratos.
- Posibilidad de introducir fuentes de suministro alternativas.

La estructura del aprovisionamiento energético vendrá condicionada tanto por factores internos como por factores externos a la empresa, presentados en la tabla siguiente, y por la posibilidad de introducir cogeneración.

FACTORES EXTERNOS A LA EMPRESA	FACTORES INTERNOS A LA EMPRESA
Disponibilidad del gas natural	Posibilidades de adaptación de los equipos consumidores (viabilidad técnica)
Precio del combustible	Precio del cambio de equipos y nuevas instalaciones
Costos de preparación y mantenimiento	Posibilidades de incremento del rendimiento en su utilización
Constancia en la calidad	Espacio disponible en fábrica
Poder calorífico	Adaptabilidad de los equipos consumidores
Ubicación geográfica y vías de acceso	
Requerimientos y exigencias medioambientales	

Tabla 3: Factores condicionantes en la elección de combustible.

Fuente: Elaboración propia

Precios de los combustibles

Para hacer un cuadro comparativo de los precios de los diferentes combustibles se debe calcular el precio final o energía útil. En el concepto de útil se debe tener en cuenta todas las pérdidas hasta el punto de utilización.

Es decir, el precio de la energía útil se obtendrá incrementando al precio en el punto de venta las pérdidas por calor no aprovechado en el punto de utilización y transporte hasta fábrica, mermas, preparación y calentamientos y costes de financiación (si los hubiere).



Figura 7: Evolución del precio final de la energía útil.

Fuente: Elaboración propia.

Para los diferentes combustibles más usuales en el sector ladrillero, se tienen los siguientes datos de referencia.

FACTOR DE PÉRDIDAS O MULTIPLICADOR DEL PRECIO	SÓLIDOS	LÍQUIDOS		GASEOSOS	
	Coque	Fuelóleo		G.L.P.	Gas Natural
		Nº 1	Nº 2		
En punto de suministro por: . Transporte hasta fábrica y mermas	1,04	1	1	1	1
En punto de consumo por: . Costes de preparación y pérdidas dentro de fábrica (incluso financiación)	1,03	1,08	1,08	1,01	1
Energía útil: . Equipos consumidores	1,55	1,47	1,47	1,42	1,42
- Hornos	1,25	1,25	1,25	1,17	1,17
- Generadores de calor					
Factor Multiplicador total	1,66	1,58	1,58	1,43	1,42
- Hornos	1,34	1,35	1,35	1,18	1,17
- Generadores de calor					
P.C.I. (Kcal/kg)	6.700	9.600	9.400	10.800	9.000(*)

Tabla 4: Factores de pérdidas de los combustibles.

(*) kcal/Nm³

Fuente: Elaboración propia

Los valores medios comparados de precios, se reflejan en la siguiente tabla:

COMBUSTIBLE	PRECIO(*)	UNIDAD	€/te PCI UTIL		SISTEMA DE PRECIOS
			Hornos	Generadores de Calor	
Coque	0,12	€/kg	0,030	0,024	Precio de referencia
Fuelóleo Nº1	0,32	€/kg	0,053	0,045	Mercado liberalizado (Precio de referencia)
Fuelóleo Nº2	0,30	€/kg	0,050	0,043	Mercado liberalizado (Precio de referencia)
G.L.P.					
Por canalización a usuarios finales	Término Fijo	1,286166	€/mes		B.O.E. 19/02/2007 (precio máximo)
	Término Variable	0,716583	€/Kg	0,095 0,078	
A granel	0,600828	€/kg	0,080	0,066	
Gas Natural	0,240	€/Nm ³	0,038	0,031	B.O.E 30/12/2006 (precio máximo)

Tabla 5: Combustibles: Estimación de precios.

(*) Valores medios aproximados 2007.

Fuente: Elaboración Propia. Datos del EVE

Características de los combustibles sólidos

Se adjuntan las características del combustible sólido normalmente más empleado, el coque.

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	COQUE
Humedad	%	3-10
Cenizas	%	7-15
Volátiles	%	1-5
P.C.S.	Kcal/kg	6.840
P.C.I.	Kcal/kg	6.700

Tabla 6: Características de los combustible sólidos: coque.

Fuente: Asesoría técnica cerámica

Características de los combustibles líquidos

Los fuelóleos son productos residuales de la destilación del petróleo. Pueden proceder de una única etapa del proceso de refino, pero normalmente se obtienen por mezclas de productos procedentes de distintas partes del proceso para ajustar las propiedades de la especificación. Actualmente, son los combustibles líquidos prioritariamente utilizados en la industria.

El fuelóleo n° 2 lo utilizan los grandes consumidores industriales, fundamentalmente centrales térmicas y cementeras (aunque en ambos sectores una parte muy importante del consumo ha derivado hacia el carbón).

El fuelóleo n° 1 se emplea en las restantes industrias.

Los fuelóleos de bajo índice de azufre se reservan para procesos industriales en los que el S de los otros fuelóleos resulta indeseable, por afectar perjudicialmente a la producción o acabado de los fabricados que estuvieran en contacto con los gases de combustión.

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	FUELÓLEO N° 1	FUELÓLEO N° 2
Color	---	Negro	Negro
Viscosidad a 100 °C	cSt	25 Máx.	37 Máx.
Azufre	% peso	2,7 Máx. (1)	3,5 Máx. (1)
Punto de inflamación	°C	65 Mín.	65 Mín.
Agua y sedimento	% Volumen	1	1
Agua	% Volumen	0,5	0,5
Poder Calorífico Superior	kcal/kg	10.100	9.900
Poder Calorífico Inferior	kcal/kg	9.600	9.400

Tabla 7: Características de los combustible líquidos.

(1) Cuando el contenido es inferior al 1% en peso, el fuelóleo se denomina N° 1 BIA (bajo índice de azufre).

Fuente: CAMPSA.

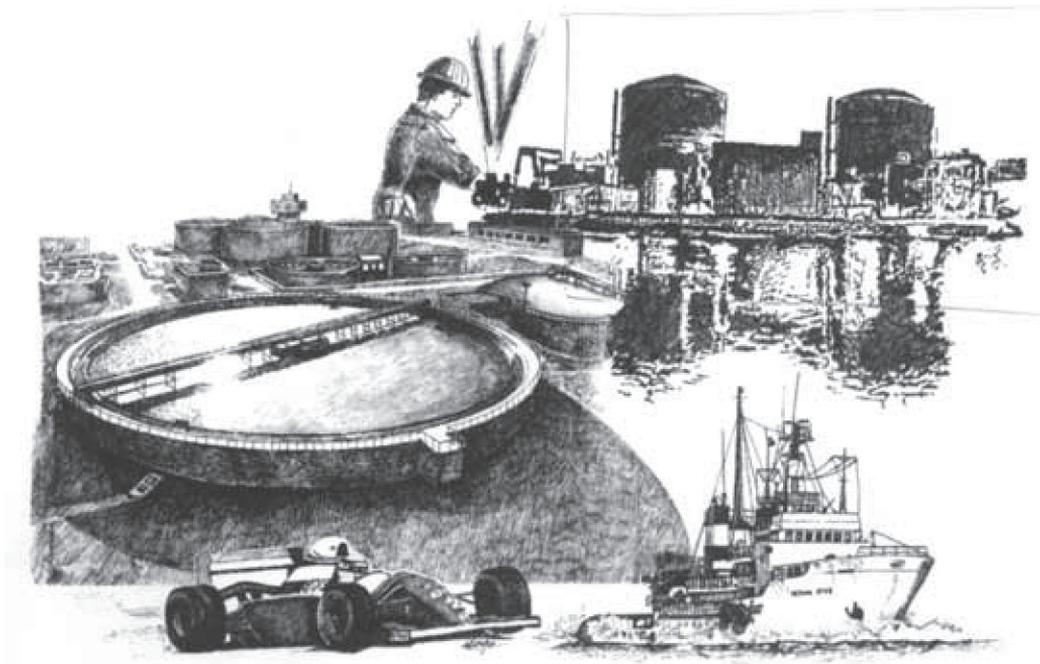


Figura 8: Foto dibujo depósitos combustible .

Fuente: Auxitrol.

Características de los combustibles gaseosos

Los combustibles gaseosos presentan notables ventajas de utilización. Son en general los de mayor aceptación y el aumento en el consumo ha sido espectacular. Las características diferenciadoras con el resto de combustibles son:

- Facilidad de transporte y manipulación.
- Mayor rendimiento que los combustibles líquidos y sólidos.
- Menor emisión de contaminantes a la atmósfera por ser combustibles más limpios.
- Precios competitivos sobre todo en el caso de gas natural.

Los datos que caracterizan los combustibles gaseosos son los siguientes:

- P.C.S. (Poder Calorífico Superior) y P.C.I. (Poder Calorífico Inferior) expresados normalmente en kcal/Nm³.
- Densidad relativa, respecto al aire (d).
- Intercambiabilidad de gases. Para que dos gases sean intercambiables y utilizables por un mismo quemador, debe existir una relación entre sus Índices de Wobbe¹⁰ y de Delbourg¹¹.

¹⁰ 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 $W = PCS/\sqrt{d}$.

¹¹ Índice de Delbourg (o potencial de combustión): Es un valor proporcional a la velocidad de combustión de la llama que siempre ha de estar en equilibrio con la velocidad de salida del combustible par evitar retroceso o despegue de la llama. Depende del tipo de hidrocarburo y contenido de oxígeno e hidrógeno del mismo.

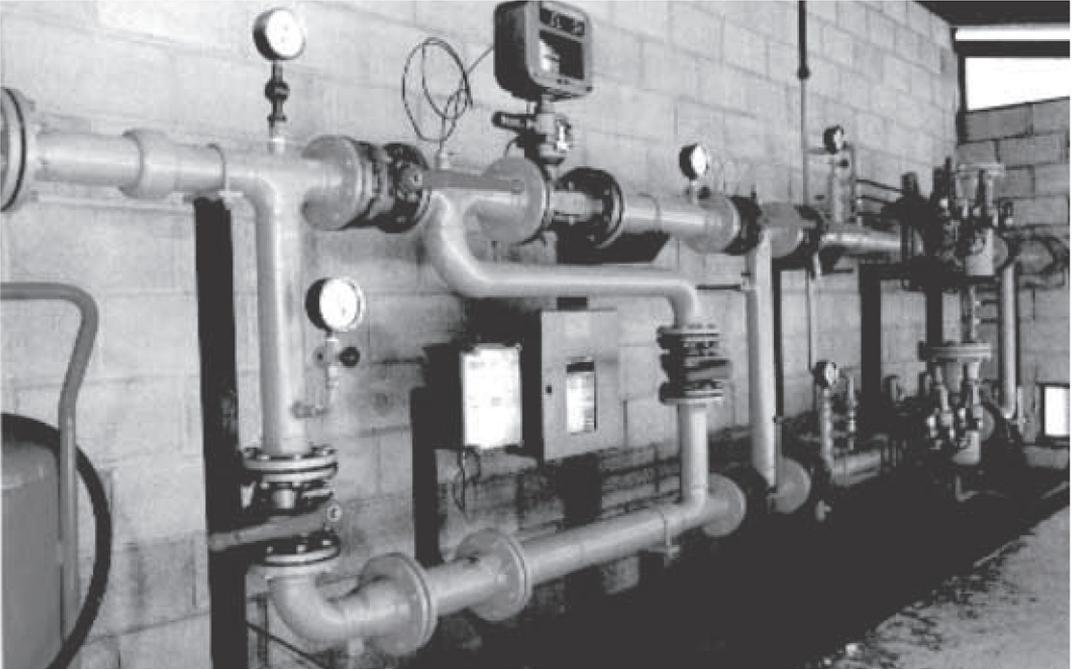


Figura 9: E.R.M. de gas natural.

Cortesía de Hingassa

- Grado de humedad.
- Límites de inflamabilidad: porcentaje volumétrico de la mezcla gas/aire para que ésta sea inflamable y se produzca la combustión.

Los valores medios de los combustibles gaseosos más usuales son:

CARACTERÍSTICAS	GAS NATURAL	AIRE PROPANADO (21% Propano, 79% aire)	PROPANO COMERCIAL
Densidad relativa	0,6	1,15	1,62
P.C.S. (kcal/kg)	12.190	5.000	25.189
Índice de Wobbe (kcal/Nm ³)	10.000	4.660	19.750
Límites de Inflamabilidad (Kcal/Nm ³)	5-15	11-30	2,3-9,5
Humedad	Seco	Seco	Seco

Tabla 8: Características de los combustible gaseosos.

Fuente: Repsol

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.

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 (m³/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 9: 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, de una ladrillera 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 9:

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 10: Ejemplo de factura de gas natural, I.V.A. excluido.

Fuente: Elaboración propia

Comparación entre los diferentes combustibles

A continuación se describen someramente las ventajas e inconvenientes de los combustibles más empleados en el sector de la cerámica estructural.

COMBUSTIBLE	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Coque de petróleo	Mercado liberalizado. Posibilidad de abaratar los precios.	Necesidad de almacenamiento. Costes de financiación. Coste del transporte neumático. Coste del mantenimiento y limpieza. Impacto medioambiental.
Combustibles líquidos	Mercado liberalizado.	Impacto medioambiental. Coste del transporte. Almacenamiento. Costes del mantenimiento y limpieza de los equipos.
Gas natural	No requiere almacenamiento. No hay costes de transporte. Menor coste de mantenimiento. Menor impacto medio ambiental.	Precios elevados para pequeños consumidores. Riesgo de fugas.

Tabla 11: Ventajas e inconvenientes de los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.3. Energía eléctrica

Términos principales de la factura eléctrica

En la tabla 12 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.

La facturación puede expresarse de forma aproximada por:

$$P_{ec} = k_f P_f + k_e E,$$

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.

TARIFAS Y ESCALONES DE ALTA TENSIÓN	TÉRMINO DE POTENCIA T _p : € / kW mes	TÉRMINO DE ENERGÍA T _e : € / kWh
Corta utilización		
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
Media utilización		
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
Larga Utilización		
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 12: Tarifas eléctricas, I.V.A. excluido.

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

- 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

$$DH = T_e \times \sum \frac{E_{w_i} \times C_i}{100}$$

DH= Recargo o descuento en €.

E_{w_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 $\cos\phi$:

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

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

$$\text{Para } \cos\phi < 0,90: \quad K_r(\%) = \frac{29,16}{\cos^2\phi} - 36$$

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%.

- Estacionalidad

Los complementos por estacionalidad no son aplicables a las cerámicas estructurales al presentar éstas procesos productivos continuos.

Para reducir el precio del suministro eléctrico se recomienda a las empresas trabajar al máximo en horas valle, con una curva de carga lo más baja posible y mejorar el factor de potencia, ya sea eliminando cargas ineficientes o instalando sistemas para mejorar el $\cos\phi$, principalmente baterías de condensadores.

2.1.4. Cogeneración

La cogeneración es la producción, en un mismo proceso, de electricidad y energía térmica útil (calor) para aprovechar el calor residual producido en la generación eléctrica, empleándolo en un proceso industrial que lo consume como calor útil. Así, la instalación de una planta de cogeneración está intrínsecamente asociada a la existencia de una industria demandante de calor útil y electricidad, como es el caso en el sector de cerámicas estructurales. Su implantación en el sector ladrillero está centrada, casi exclusivamente, en la instalación de motores alternativos, bien de ciclo Otto para combustibles limpios, como el gas, o Diesel para combustibles líquidos como fuelóleo o gasóleo.

La cogeneración ha experimentado en España un importante crecimiento desde el año 1990. En el año 2002 se produjo mediante cogeneración un 10,58% de la demanda eléctrica nacional y había

instalada una potencia total de 5.443 MW, es decir, el equivalente a 7 plantas modernas de Ciclo Combinado de 800 MW.

El potencial de crecimiento de la cogeneración prevista por el Ministerio de Economía, en su documento oficial de “Planificación de los sectores de Electricidad y Gas”, muestra que la producción eléctrica en cogeneración alcanzará en el año 2011 la cifra de 38.000 GWh/año, siendo posible una ampliación de dicha cifra a más de 42.600 GWh/año. Las cifras previstas representan un incremento de la cifra de producción del 65% frente a la registrada en el año 2002, con sólo un incremento del 30% de capacidad actual instalada, lo cual es indicativo de la situación de dificultades económicas operativas que atraviesa la cogeneración en los últimos años. El potencial posible de cogeneración en el año 2011 se sitúa en unos 9.000 MW.

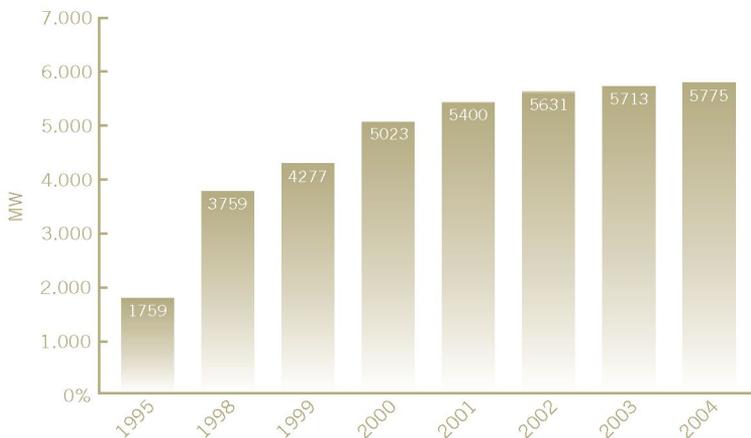


Figura 10: Total de cogeneración en España.

Fuente: Consorcio Termoarcilla, julio 2005.

Beneficios asociados intrínsecamente a la cogeneración

- Ahorra energía primaria y contribuye a mejorar la eficiencia energética al ser la forma térmica más eficiente de generar electricidad y calor.
- Disminuye las pérdidas en las líneas eléctricas y mejora la calidad del suministro eléctrico nacional.
- Al tratarse de una producción de electricidad descentralizada, cerca o en los centros de consumo, evita pérdidas e inversiones en las redes de transporte y distribución de electricidad, mejorando la calidad del sistema.
- Contribuye a mejorar la eficiencia energética, productividad y calidad de suministro eléctrico de las industrias asociadas, evitando paradas por cortes o micro-cortes del suministro eléctrico.

La cogeneración contribuye significativamente a la reducción de la cifra nacional de emisiones de CO₂ y tiene un importante potencial de crecimiento que hace posible reducciones adicionales. La cogeneración es un actor importante y singular para contribuir al cumplimiento del Protocolo de Kyoto en la UE y en mayor medida en España.

- Si se suspendieran las actuales cogeneraciones españolas, la cifra nacional de emisiones de CO₂ se incrementaría en más de un 3%.

- Si en el año 2002 se hubiesen arbitrado políticas y medidas para favorecer la producción de electricidad en cogeneración, el índice de emisiones nacionales de CO₂ habría disminuido en casi un 2%.

La introducción de líneas de gran producción, con el consiguiente incremento de los costes energéticos, ha motivado que las cerámicas de mayor productividad del sector vean la cogeneración como una opción real de aprovisionamiento, puesto que es el método más eficiente para producir, de forma simultánea energía térmica y eléctrica, tal y como se muestra en los diagramas de Sankey.

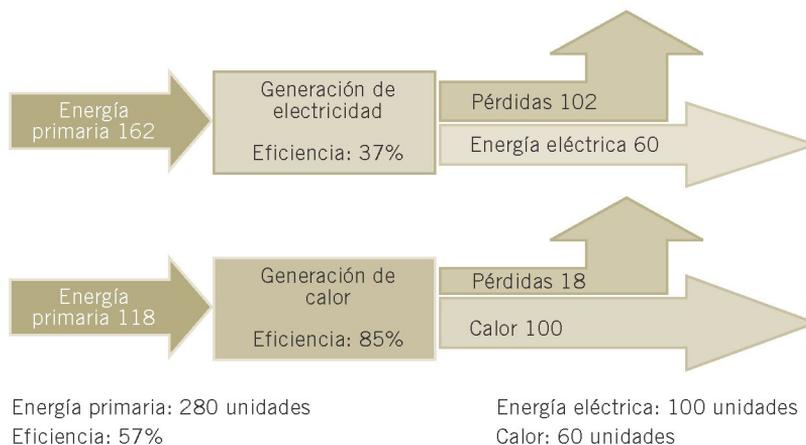


Figura 11: Diagrama de Sankey: Producción separada de energía térmica y eléctrica.

Fuente: Cogeneration in the Agrofood Sector.

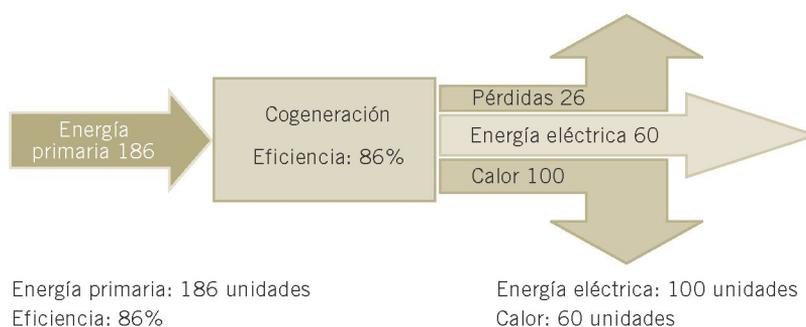


Figura 12: Diagrama de Sankey: Producción conjunta de energía térmica y eléctrica.

Fuente: Cogeneration in the Agrofood Sector.

Algunas empresas cerámicas son usuarias potenciales de la cogeneración por las siguientes causas:

- Demandas de calor y electricidad simultáneas y continuas.
- Horario de funcionamiento superior a 4.000 horas anuales.

Mediante un estudio de viabilidad, las empresas cerámicas podrán determinar las posibilidades reales de instalación, la solución más interesante y la rentabilidad de la misma. En este estudio habrán de

contemplarse aspectos legales recogidos en el Real Decreto 661/2007 de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Dicho decreto unifica la normativa de desarrollo de la Ley 54/1997, en lo que se refiere a la producción de energía eléctrica en régimen especial, y sigue el camino iniciado con el Real Decreto 2818/1998 sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos o cogeneración y por el 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. Además, aprovecha al propio tiempo la estabilidad que ha venido a proporcionar el Real Decreto 1432/2002 de metodología para la aprobación de la tarifa eléctrica media o de referencia, para dotar a quienes han decidido o decidan en un futuro próximo apostar por el régimen especial de un marco regulatorio duradero, objetivo y transparente.

Actualmente el régimen económico previsto para las instalaciones de cogeneración que utilicen como combustible gas natural es el siguiente:

SUBGRUPO	COMBUSTIBLE	POTENCIA	TRARIFA c€/kWh	PRIMA DE REFERENCIA c€/kWh
		P ≤ 0,5 MW	12,0861	
		0,5 < P ≤ 1 MW	9,9178	
		1 < P ≤ 10 MW	7,7321	3,2376
		10 < P ≤ 25 MW	7,3189	2,6637
		25 < P ≤ 50 MW	6,9245	2,3647

Tabla: Retribución de la € exportada por plantas de cogeneración.

Fuente: Elaboración propia.

Las partes más representativas de un sistema de cogeneración son el elemento productor, el sistema de interconexión eléctrica y el sistema de recuperación de calor.

Elemento productor

Puede ser de dos tipos: turbina de gas o motor alternativo, siendo este último el más utilizado en la Industria de Cerámica Estructural. Estos elementos llevan acoplado un generador, formando el grupo de cogeneración propiamente dicho.

La *turbina de gas* consta de un compresor, una cámara de combustión y la turbina. En su funcionamiento, el aire es aspirado de la atmósfera y comprimido para después pasar a la cámara de combustión donde se mezcla con el combustible y se produce la combustión, pasando los gases calientes a través de la turbina, donde se expansionan moviendo el eje que acciona el compresor y el alternador.

Los *motores alternativos* son máquinas de combustión interna. El combustible debe formar con el aire una mezcla capaz de desencadenar una fuerte reacción exotérmica en condiciones de presión y temperatura controladas, cuya energía se aprovecha por el elemento motriz del motor para generar la energía mecánica.

Sistema de interconexión eléctrica. Realiza la conexión de la energía eléctrica generada con la red de la compañía suministradora, en condiciones de seguridad, tanto en el suministro como en la propia instalación.

Sistema de recuperación de calor. La aplicación de turbinas o motores en un sistema de cogeneración requiere el aprovechamiento del calor que sale con los gases de escape y circuitos de refrigeración del motor.

En las *turbinas de gas*, la recuperación más habitual es en una caldera de recuperación para generación de vapor. Pevio a la caldera y para la regulación de la generación de vapor, se pueden instalar quemadores de postcombustión.

En los *motores alternativos* existen varias fuentes de calor a diferentes niveles térmicos – gases de escape, refrigeración de cilindros, aire y aceite de lubricación.

Otros elementos de la instalación. Son la instalación de alimentación del combustible, el compresor de gas, los intercambiadores, etc.

El coste de una planta de generación se estima entre 725.000 y 850.000 de euros por MW de potencia instalada, con una vida útil de entre 5 y 20 años. Cuando en la planta se prevea la producción de frío a través de máquinas de absorción, el coste puede ser en torno a los 875.000 euros por cada MW.

2.2. SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA

Este apartado contempla cómo se lleva a cabo el cómputo de la energía consumida globalmente en la fábrica y por secciones o equipos consumidores. Una línea de actuación para conseguir alcanzar unos reducidos valores en los indicadores de consumo energético es implantar un sistema de gestión energética.

El objetivo de este sistema es optimizar los consumos energéticos, manteniendo la producción y la calidad del producto. Para alcanzar este objetivo, se propone la siguiente metodología:

1. Realizar una Auditoría Energética.
2. Establecer un Sistema de Contabilidad Energética y un Programa de Mantenimiento de los diferentes equipos y máquinas.
3. Llevar a la práctica el Sistema y Programa establecido.
4. Modificar aquellas partes del sistema que hayan resultado inviables, poco prácticas o altamente costosas una vez que se han comenzado a obtener los primeros resultados de la puesta en marcha del programa de gestión energética.

A través de la Auditoría Energética se determina cuál es el estado energético actual de los diferentes equipos y procesos, a la vez se proponen acciones de mejora para conseguir elevar el rendimiento energético del proceso y se evalúa su repercusión económica.

Una vez conocida la situación actual y la que sería deseable modificar en el proceso, se pasa a planificar desde la gerencia de la empresa la ejecución de una serie de acciones de mejora energética.

Para evaluar la magnitud de sus resultados se establece el Sistema de Contabilidad Energética que además será una herramienta que permitirá tomar decisiones futuras al gestor de la empresa, funcionando como método de evaluación de los resultados.

El Programa de Mantenimiento es necesario para conservar en todo momento en estado óptimo de funcionamiento los diferentes equipos que constituyen el proceso.

En el presente documento hay varios capítulos dedicados a explicar más detalladamente cada una de las diferentes fases que forman el sistema de gestión energética.

2.2.1. Situación actual

En todas las empresas se conoce y se lleva un control de la energía consumida, tanto térmica como eléctrica, y de la producción realizada, estableciéndose, al menos con periodicidad anual, los ratios de consumo energético por unidad producida:

$$\frac{\text{Consumo de combustible (expresado en kg de fuelóleo, Nm}^3 \text{ de gas o te)}}{\text{Producción realizada (expresada en kg o t de producto cocido)}}$$

y

$$\frac{\text{Consumo de electricidad (expresado en kWh)}}{\text{Producción realizada (expresada en kg o t de producto cocido)}}$$

La contabilización del consumo de combustible se lleva a cabo por las facturas de la empresa suministradora. La utilización de contadores parciales del consumo en las diferentes etapas del proceso, esto es en secado, cocción y caldera (si hubiera) está más extendida cuando se emplea gas natural que cuando se emplea fuelóleo u otro combustible.



Figura 13: Contadores de consumo.

Fuente: Cortesía de Iberconta.

El consumo de electricidad global de la empresa viene indicado por las facturas de la compañía eléctrica. En algunas industrias se dispone de contadores parciales para discriminación del consumo en las diferentes etapas del proceso.

2.2.2. Contabilidad energética

Se trata de establecer un sistema de contabilidad que permita controlar los consumos de energía. Se ha elegido un sistema que se considera sencillo y adecuado al sector. Consta de las fases siguientes:

Datos de partida

- Consumos mensuales y anuales de cada tipo de combustible y de energía eléctrica (kg de fuelóleo o G.L.P. o te PCI o kWh).
- Costes mensuales y anuales de cada tipo de combustible y de energía eléctrica (€ de combustibles y € de electricidad).
- Producción mensual y anual (t de producto cocido).
- Conocer el poder calorífico del combustible/s empleado/s (te PCI/kg o Nm³).

El consumo de energía eléctrica y gas natural se contabiliza por facturas de la compañía suministradora o mejor aún por lecturas de contadores.

El consumo de fuelóleo se debe medir por lecturas de contador o, en su defecto, por calado de tanques de almacenamiento.

Para mejor comprensión, a continuación se presenta un cuadro de conversión de las unidades más usuales:

1 te (termia) = 1.000 kcal (kilocalorías)

1 J (Julio) = 0,24 cal (calorías)

1 kWh = 860 kcal (energía final)

1 tep (tonelada equivalente de petróleo) = 10.000 te

P.C.I.: Poder Calorífico Inferior (generalmente medido en kcal/kg en fuelóleo, G.L.P. y coque, en kcal/l en gasóleos y en kcal/Nm³ en gas natural)

P.C.S.: Poder Calorífico Superior.

Ejemplo:

Producción anual: 200.000 t de huequería

Combustible fuelóleo. PCI: 9.600 kcal/kg

Consumo anual de fuelóleo: 4.900 t

Consumo anual: 47.040.000 te PCI

Coste anual de fuelóleo¹²: 1.500.000 €

Consumo anual de electricidad: 5.100.000 kWh

Coste anual de electricidad¹³: 460.000 €

Análisis energético

Con los datos anteriores se puede llegar a establecer los ratios siguientes:

- Consumo energético unitario por cociente entre energía térmica o energía eléctrica y producción (te PCI o kWh/t de producto cocido).
- Coste energético unitario térmico y eléctrico, por cociente entre euros de combustibles y euros de electricidad y producción (€/t de producto cocido)

¹² Se ha supuesto un precio medio del fuelóleo de 0,32 €/l.

¹³ Se ha supuesto un precio medio de la energía eléctrica de 0,09 €/kWh.

También se pueden rellenar los cuadros siguientes:

CONSUMOS DE ENERGÍA TÉRMICA					
TIPO DE ENERGÍA	CANTIDAD	UNIDAD	PCI real ⁽¹⁾	PCI estimado ⁽²⁾	TOTAL (x 10 ³ te)
Fuelóleo		t		9.600 te/t	
Ejemplo: Fuelóleo	4.900	t		9.600 te/t	47.040
Gas Natural		Nm ³		9.080 te/Nm ³	
Coque de Petróleo		t		6.700 te/t	
G.L.P. (Propano)		Nm ³		22,90 te/t	
Gasóleo		m ³		8.750 te/m ³	
Otros ⁽³⁾					
TOTAL ENERGÍA TÉRMICA					47.040

Tabla 13: Análisis energético: consumo de energía térmica.

(1) Utilizar valores reales

(2) Utilizar estos valores caso de no conocerse el valor real

(3) Indicar

Fuente: Elaboración propia.

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA				
ELECTRICIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	PCI real (te/kWh)	TOTAL (x10 ³ te)
		kWh	0,86	
Ejemplo: Electricidad	5.100.000	kWh	0,86	4.386

Tabla 14: Análisis energético: Consumo de energía eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

PRODUCCIÓN ANUAL						
PRODUCTO 1	Cantidad (t)	Producto 2	Cantidad (t)	Producto 3	Cantidad (t)	TOTAL (t)
Ejemplo: Huequería	200.000					200.000

Tabla 15: Análisis energético: Producción anual.

Fuente: Elaboración propia.

CONSUMOS Y COSTES ESPECÍFICOS			
TIPO DE ENERGÍA	CANTIDAD	UNIDAD	€/t
Electricidad		kWh/t	
Ejemplo: Electricidad	25,5	kWh/t	2,29
Fuelóleo		kg/t	
Ejemplo: Fuelóleo	24,5	kg/t	7,70
Gas Natural		te/t	
Coque de petróleo		kg/t	
G.L.P. (propano)		kg/t	
Aire propanado		Nm³/t	
Gasóleo		l/t	
Otros		Indicar	
	TOTAL		9,99

Tabla 16: Análisis energético: Consumos y costes específicos.

Fuente: Elaboración propia.

A la vista de este último cuadro se puede realizar una comparación de los consumos específicos con otras plantas similares o con datos teóricos.

COMPARACIÓN DE CONSUMOS ESPECÍFICOS						
PRODUCTO	VALOR REAL		VALOR MEDIO ESPAÑA		VALOR MEDIO CE	
	Térmico (te/t)	Eléctrico (kWh/t)	Térmico (te/t)	Eléctrico (kWh/t)	Térmico (te/t)	Eléctrico (kWh/t)

Tabla 17: Análisis energético: Comparación de consumos específicos.

Fuente: Elaboración propia.

Habrán casos en los que sea más sencillo o de más utilidad, emplear directamente los consumos por unidad de combustible (p.e. kg de fuelóleo/t producida) en vez de te/t producida.

Ejemplo:

Consumo unitario térmico: 235,2 te/t (24,5 kg/t)

Coste unitario térmico: 8,70 €/t

Consumo unitario eléctrico: 25,5 kWh /t

Coste unitario eléctrico: 2,29 €/t

Coste unitario total: 9,99 €/t

CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGÍA TÉRMICA ¹	
PRODUCTO	te/t ARCILLA
Ladrillos perforados (cara vista y tosco)	422
Ladrillo hueco y gran formato	451
Bovedilla	225
Tejas	509

Tabla 18: Consumo específico de energía térmica.

Fuente: Elaboración propia.

CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ²	
PRODUCTO	Kwh/t ARCILLA
Ladrillos perforados (cara vista y tosco)	45
Ladrillo hueco y gran formato	45
Bovedilla	45
Tejas	45

Tabla 19: Consumo específico de energía eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis energético por secciones, equipos principales o servicios

Además de conocer y analizar los consumos específicos globales de toda la planta, es muy conveniente conocer los consumos habidos en las diferentes secciones o equipos y servicios de la fábrica.

A continuación se describe el proceso de fabricación del ladrillo.

En la Figura 14 se refleja el diagrama general de fabricación de estos productos. A continuación se resumen las características principales de cada operación:

- Las canteras de donde se extrae la arcilla (única materia prima utilizada) suelen estar localizadas en las inmediaciones de las fábricas, a distancias generalmente no superiores a 10 km, aunque algunos productos como bovedillas y tejas requieren tierras especiales, de localización más alejada. El incremento de coste de este transporte queda diluido por el mayor precio de venta de estas piezas.
- La arcilla procedente de las canteras se apila a pie de fábrica, a la intemperie o en naves cubiertas, según el tipo de instalaciones de que dispone cada industria. Con este apilado se consigue asegurar un stock de materias primas y producir una humectación homogénea de la arcilla.
- El desmenuzado tiene como objeto facilitar la molienda posterior y mezclar las arcillas groseramente. Esta fase de preparación no existe en muchas industrias, pues depende del estado previo de compacidad en que se encuentren las arcillas.
- La arcilla disgregada sufre una molienda a fin de pulverizarla y facilitar el modelo posterior.

En muchas instalaciones, a continuación de la molienda en seco, se procede a una humectación y laminación para conseguir una mejor homogeneización.

- Como la capacidad de molienda es generalmente superior al resto de las instalaciones, la arcilla molida se suele almacenar en silos metálicos, asegurando así el suministro a la amasadora.
- La humectación y amasado tiene como misión la adición de agua a la arcilla para conseguir la plasticidad suficiente para el extrusionado. Es una operación clave, ya que esta humectación condiciona las operaciones de secado y cocción. La arcilla sale de este amasado con una humedad del 20 por 100 aproximadamente.
- La arcilla amasada pasa a la “galletera” donde se extrusiona dándole la forma deseada en cada tipo de pieza. En el caso de la teja plana existe un prensado posterior al extrusionado. A veces se adiciona vapor en esta fase para facilitar la operación.

En este punto del proceso es interesante alcanzar una presión máxima de extrusionado, para reducir la humedad de las arcillas.

Debido a la presión que se ejerce sobre la masa al pasar por el molde, existe el peligro de satinar demasiado la superficie de la pieza, lo que dificultaría la evaporación del agua.

- La cortadora está sincronizada con la “galletera” y puede efectuar el corte en dos etapas: la primera longitudinalmente y después transversalmente. A partir de aquí existen diversas técnicas más o menos mecanizadas para la carga del material en los carros o vagonetas que van a secaderos.
- Secado. Esta operación, inmediatamente anterior a la cocción, suele ser de gran importancia energética.

El secado puede ser natural (a la intemperie) o artificial.

El secado natural es prácticamente exclusivo de las zonas secas y soleadas, llevándose a cabo en naves cubiertas, pero no cerradas a fin de que tengan una buena aireación.

En el secado artificial normalmente se aprovecha el calor saliente del horno, fundamentalmente con el aire de enfriamiento. En la mayoría de los casos existen hogares auxiliares.

Los tipos de secadores más empleados son cámaras, semicontinuos y acelerados.

- Cocción. La arcilla, una vez secada, debe ser sometida al proceso de cocción hasta una temperatura que varía entre 800 y 1.000°C, dependiendo de la composición de la arcilla. La cocción se realiza siguiendo una curva característica para conseguir el mínimo tiempo de cochura con la temperatura más baja y el menor índice de roturas por dilataciones y contracciones.
- Los tipos de hornos normalmente empleados son los de túnel.

NOTAS: Para la contabilización de los consumos por secciones o áreas de consumo se hace necesario la utilización de contadores parciales de energía eléctrica y de combustibles. Esto puede suponer problemas de instalación técnico-económicos no siempre subsanables con un costo razonable. Por ello en cada caso debe hacerse una selección de las áreas a contabilizar. Mínimamente éstas han de ser las siguientes: MOLDEO, SECADO, COCCIÓN y RESTO.

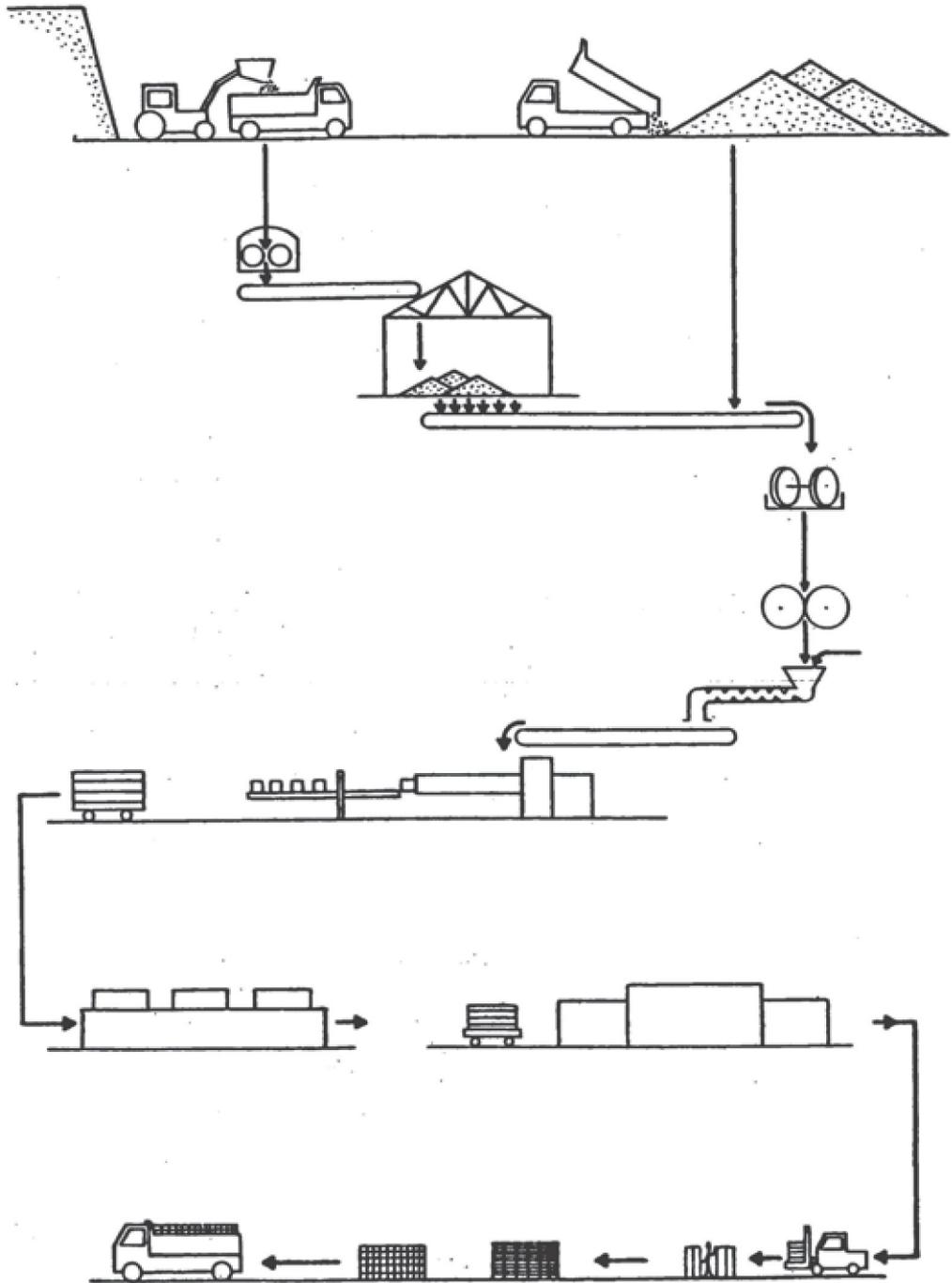


Figura 14: Esquema de Fabricación de Ladrillos, Tejas y Similares.

Fuente: Elaboración Propia

CONTABILIZACIÓN ENERGÉTICA POR SECCIONES				
SECCIÓN CONSUMIDORA	ENERGÍA ANUAL CONSUMIDA		CONSUMOS ORIENTATIVOS LADRILLO	
	TÉRMICA (te)	ELÉCTRICA (kwh)	TÉRMICA (te/t)	ELÉCTRICA (kwh/t)
Extracción			0,5	0,5
Preparación			9	6
Moldeo			3	6
Secado			190	11
Cocción			355	10,3
Expedición			2,5	0,2
TOTAL			560	34

Tabla 20: Contabilidad energética por secciones.

Fuente: Elaboración propia.

Datos históricos

Es conveniente disponer, al menos, de datos históricos de los consumos globales y específicos, como se detalla en los gráficos siguientes.

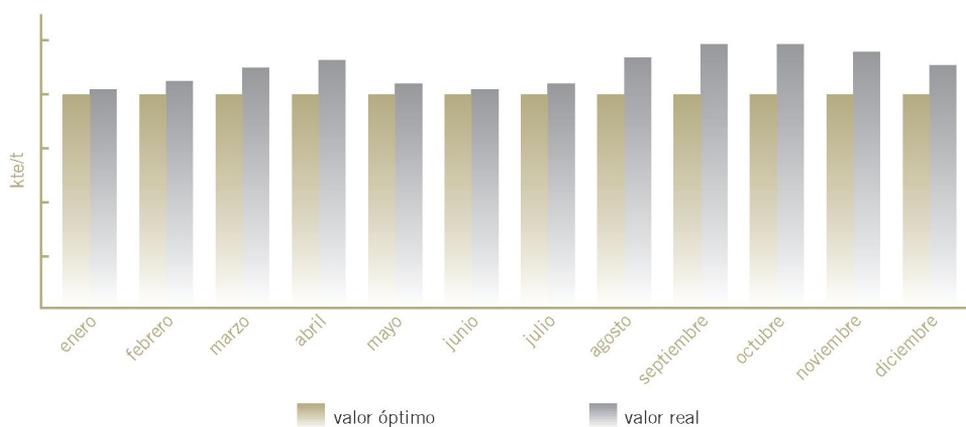


Figura 15: Consumos energéticos específicos.

Fuente: Elaboración propia.

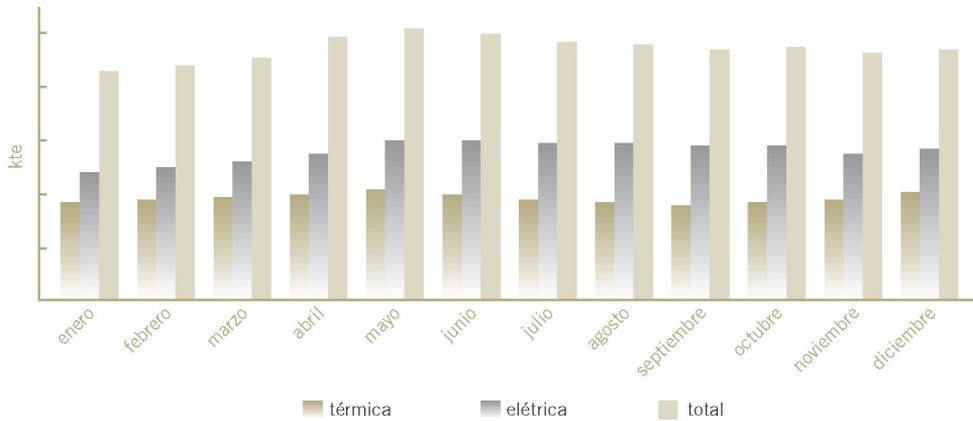


Figura 16: Consumo energético global.

Fuente: Elaboración propia.

3. AUDITORÍA ENERGÉTICA

Uno de los puntos más importantes en el campo de la mejora de la eficiencia energética es la realización de auditorías. Éstas reflejan el estado actual de la empresa y proponen las medidas necesarias para la reducción del consumo energético. Las auditorías deben contemplar la totalidad de la fábrica y proceso de forma global. Los ahorros previsibles con las diferentes medidas de mejora energética deben estar cuantificados a priori. Asimismo debe hacerse un análisis de la rentabilidad esperada y un seguimiento de los ahorros producidos en el tiempo.

3.1. OBJETIVOS DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

El objetivo general de una auditoría es la reducción del consumo energético, pero se debe empezar por plantear unos objetivos concretos y cuantificables. En cada planta serán diferentes dependiendo de la situación de partida.

En caso de no conocer la situación energética de partida, los pasos recomendables son:

1. Evaluar los consumos energéticos específicos y compararlos con plantas similares.
2. En función de los resultados, plantearse el objetivo cuantificado de ahorro.

Por ejemplo: Se parte de que el consumo energético térmico total, para huequería, es 30 kg fuelóleo/t cocida (288 te/t) y se conoce que para este tipo de producto, la media europea es 24 kg fuelóleo/t cocida (230 te/t). Un objetivo razonable puede ser conseguir llegar a esta cifra, esto representaría un ahorro del 20%.

El desarrollo de una Auditoría Energética es pues el siguiente:

1. Determinar cuál es el estado actual de los diferentes equipos que componen el proceso, así como del funcionamiento del mismo.
2. Proponer acciones de mejora energética con el fin de elevar el rendimiento, tanto de los equipos como del proceso.
3. Valorar económicamente las diferentes acciones de mejora energética.

3.2. RESPONSABLE DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

Se recomienda que el responsable de la auditoría energética sea un experto en temas energéticos y conocedor del proceso de fabricación del ladrillo. Se puede recurrir a especialistas ajenos a la empresa y se debe consultar a fabricantes de equipos, suministradores y literatura especializada.

3.3. FASES DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

Con el fin de conseguir los objetivos marcados al principio, la auditoría energética implica realizar una serie de pasos, que van desde la obtención de información hasta la redacción del informe final.

Básicamente, la Auditoría Energética se compone de las siguientes fases:

3.3.1. Recopilación de información

Al inicio de la auditoría, deben reunirse los datos siguientes:

- Descripción del proceso de fabricación.
- Consumos anuales (o mensuales) de los principales equipos o secciones.
- Identificación de los equipos principales consumidores.
- Producción anual (o mensual) de la planta.
- Horario de operación de la planta y de los equipos principales consumidores.
- Estado general de la planta. Estado y edad de los equipos principales consumidores.
- Características y capacidades de los equipos principales consumidores.
- Cálculo de los consumos energéticos específicos de los equipos principales consumidores.
- Cálculo de lo que representan los costes energéticos sobre el coste total del producto.

3.3.2. Mediciones

Los equipos básicos de medición a emplear son:

- Termómetro seco y húmedo (o psicrómetro).
- Termómetro con sondas de contacto y ambiente (o pirómetro óptico).
- Tubo de Pitot o similar para lectura de presión diferencial y cálculo de caudales.
- Analizador de gases de combustión.
- Analizador de redes eléctricas.

Horno

Las mediciones típicas de un horno se representan en el siguiente esquema:

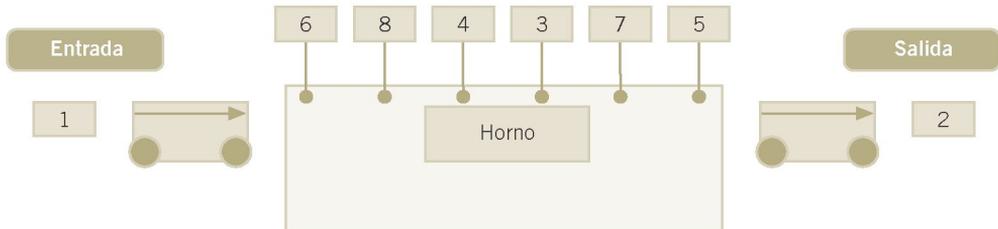


Figura 17: Balance energético de un horno-túnel.

Fuente: Elaboración propia.

• Producto (1 y 2)

- Temperatura de entrada y salida del horno
- Humedad de entrada y salida del horno
- Composición del material y cálculo del calor de reacción
- Peso a la entrada y salida del horno

• Combustible (3)

- Poder calorífico (al menos estimación)
- Consumo de combustible (lectura de contador y en su defecto estimación)

• Aire primario de combustión (4)

- Caudal
- Temperatura

• Aire secundario de combustión (5)

- Caudal
- Temperatura

• Gases de escape (6)

- Caudal
- Temperatura
- Composición de los gases (analizador de gases de combustión)

• Aire de recuperación (a secadero y prehorno) (7)

- Caudal
- Temperatura

- **Paredes (8)**

- Temperatura superficial

- **Otros**

- Temperatura ambiente y humedad relativa.

El balance energético de un horno-túnel está representado en las siguientes tablas:

BALANCE ENERGÉTICO EN UN HORNO TÚNEL			
ENTRADAS DE ENERGÍA		SALIDAS DE ENERGÍA	
1	Producto entrada	2	Producto salida
3	Combustible	6	Gases de escape
4	Aire primario de combustión	7	Aire de recuperación (prehorno y secadero)
5	Aire secundario de combustión	8	Paredes y bóveda
		9	Reacciones endotérmicas
		10	Cierre balance y calor acumulado en materiales

Tabla 21: Balance energético en un horno-túnel.

Fuente: Elaboración propia.

EJEMPLO: BALANCE TÍPICO EN HORNO TÚNEL			
ENTRADAS DE ENERGÍA (te/t)		SALIDAS DE ENERGÍA (te/t)	
Producto entrada	8	Producto salida	23
Combustible	560	Gases de escape	179
Aire primario de combustión	3	Aire de recuperación (prehorno y secadero)	106
Aire secundario de combustión	2	Paredes y bóveda	67
		Reacciones endotérmicas	129
		Cierre balance y calor acumulado en materiales	69
Total	573	Total	573

Tabla 22: Ejemplo: Balance energético típico en un horno-túnel.

Fuente: Elaboración propia.

Secadero

Las mediciones típicas de un secadero se representan en el siguiente esquema:

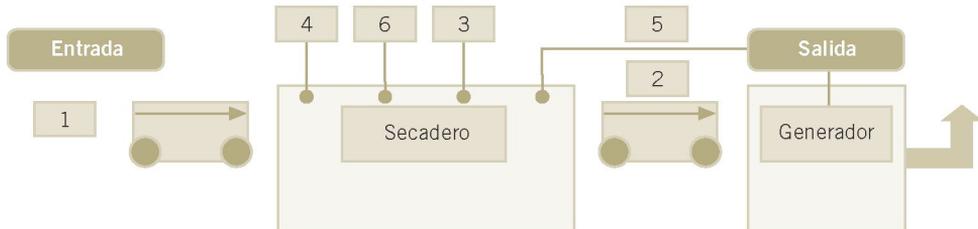


Figura 18: Balance energético en un secadero.

Fuente: Elaboración propia.

• Producto (1 y 2)

- Humedad de entrada y salida del secadero.
- Temperatura de entrada y salida del secadero.

• Aire de aportación (normalmente es recuperado del horno) (3)

- Caudal.
- Temperatura.

• Aire de salida (4)

- Caudal.
- Temperatura.

• Gases de escape (del generador si hubiera) (5)

- Temperatura.
- Composición de los gases (analizador de gases de combustión).

• Paredes (6)

- Temperatura superficial.

• Otros

- Temperatura ambiente y humedad relativa.

El balance energético de un secadero está representado en las siguientes tablas:

BALANCE ENERGÉTICO EN UN SECADERO TÚNEL			
ENTRADAS DE ENERGÍA		SALIDAS DE ENERGÍA	
1	Producto entrada	2	Producto salida
3	Aire recuperado del horno	4	Aire de salida
5	Aire / gases del generador	6	Paredes
		7	Cierre balance

Tabla 23: Balance energético en un secadero túnel.

Fuente: Elaboración propia

EJEMPLO: BALANCE TÍPICO EN SECADO TÚNEL			
ENTRADAS DE ENERGÍA (te/t)		SALIDAS DE ENERGÍA (te/t)	
Producto entrada	7	Producto salida	8
Aire recuperado	106	Aire de salida	168
Aire/gases del generador	85	Paredes	16
		Cierre balance	6
Total	198	Total	198

Tabla 24: Balance energético típico en un secadero túnel.

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Análisis de datos

- Realizar balances energéticos de los principales equipos consumidores.
- Comprobar los datos recogidos en planta.
- Comprobar la operación de los equipos para tener una idea objetiva de la eficiencia de la planta.
- Evaluar la eficiencia de los equipos principales.
- Calcular los costes del combustible y electricidad.

3.3.4. Identificación de las medidas de ahorro

Se reflejarán las oportunidades o medidas de mejora. Cada medida debe contemplar lo siguiente:

- Definición y descripción
- Estimación de los ahorros. Se calculará la cantidad de combustible y/o electricidad ahorrados y se valorará al precio actual
- Estimación de las inversiones requeridas
- Periodo de recuperación simple de la inversión (pay-back)

$$PBc = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro Anual}}$$

Es recomendable ordenar las medidas por orden creciente de inversión. Es decir primero presentar las de escasa o nula inversión y después las de mayor inversión.

También se recomienda preparar un cuadro resumen de la forma siguiente:

RESUMEN MEDIDAS DE AHORRO				
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	Ahorro Energía (te/año)	Ahorro Anual (€)	Inversión (€)	Pay-Back Simple (Meses)
TOTAL				

Tabla 25: Tabla ejemplo: Resumen de las medidas de ahorro.

Fuente: Elaboración propia

3.3.5. Notas

Como datos meramente orientativos de consumo en secado por unidad de producto seco y una evaporación del 20% del peso seco, se exponen los siguientes:

Secadero Túnel: De 144 a 229 kcal/kg
 Secadero de Cámara: De 220 a 300 kcal/kg
 Secadero Rápido: De 150 a 210 kWh/t
 Consumo eléctrico: De 10 a 20 kWh/t

Los datos de consumo (a título orientativo) del horno túnel son, para una pérdida de peso en cocción media del 12 %, los siguientes:

Consumo térmico: De 278 a 443 kcal/kg cocido
 Valores mínimos: 250 kcal/kg cocido
 Consumo eléctrico: De 8 a 10 kWh/t cocida (para hornos de gas)
 De 14 a 20 kWh/t cocida (para hornos de fuelóleo)

Un balance típico del horno túnel es del tipo siguiente:

Pérdidas por chimenea:	31,2%
Reacciones endotérmicas:	22,5%
Pérdidas calor acumulado en los materiales:	16,1%
Pérdidas por paredes:	11,7%
Calor recuperado para secadero:	18,5%
Total:	100,0%

3.3.6. Síntesis

Metodología de realización de la auditoría.
 Recopilación de datos e información.
 Mediciones.
 Análisis de datos.
 Identificación de las medidas de ahorro.

4. MEDIDAS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

En este apartado se presenta una recopilación de algunas de las medidas más importantes de mejora de la eficiencia energética, muchas de las cuales ya han sido implementadas con buenos resultados. Se han clasificado siguiendo las distintas operaciones del proceso de producción.

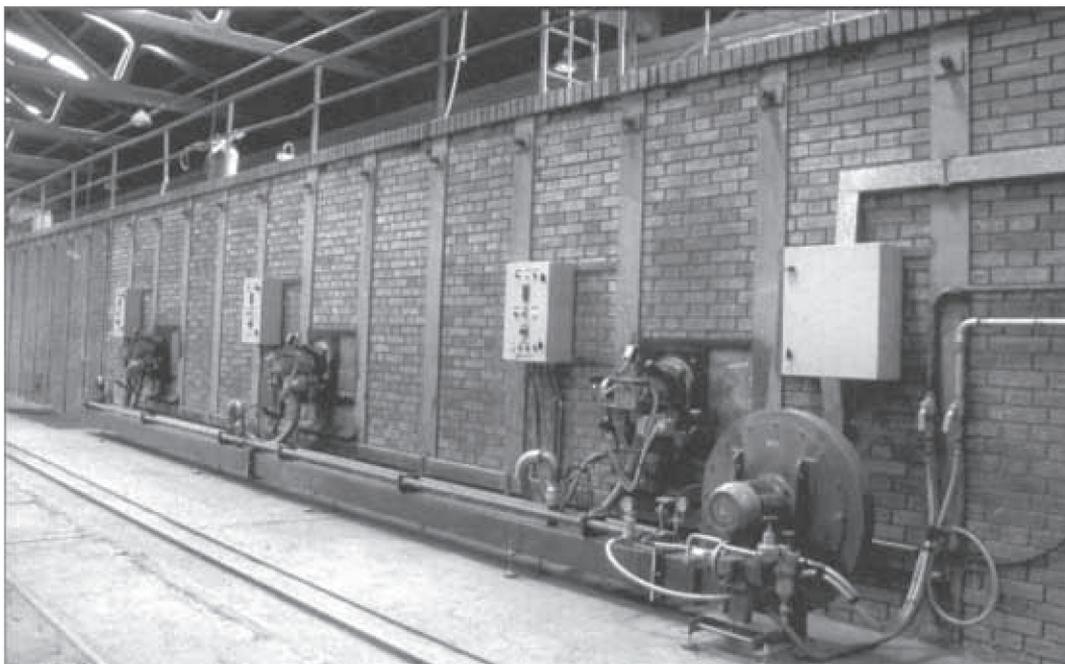


Figura 19: Horno túnel.

Fuente: Cortesía de Beralmar .

4.1. MATERIAS PRIMAS

La industria ladrillera utiliza, generalmente, como materia prima arcillas naturales que son sometidas a diversos procesos para dar lugar al producto acabado. A efectos de los consumos de energía es de gran importancia conocer el porcentaje de carbonatos presentes en la materia prima. La reacción de descarbonatación en el proceso de cocción es endotérmica y, refiriéndose al peso de material seco, requiere:

- Por cada 1% en peso de CO_3Ca , 4,5 kcal/kg (18.900 kJ/t)
- Por cada 1% en peso de CO_3Mg , 1,6 kcal/kg (6.790 kJ/t)

De esta manera, una arcilla con un 15% de carbonatos requiere un mayor consumo que una sin carbonatos, aproximadamente 67 kcal/kg de producto seco (283.500 kJ/t) ó 86 kcal/kg de producto cocido (359.000 kJ/t). Por consiguiente, es de gran importancia, desde un punto de vista energético, encontrar arcillas con un bajo contenido en carbonatos. La adición de cantidades variables de materiales de diversos tipos puede dar lugar a un ahorro energético considerable en las operaciones de secado y cocción.

Para disminuir el consumo energético en el secado se han ensayado adiciones de materiales tendientes a facilitar la evaporación del agua y a disminuir la contracción que sufren las piezas durante el secado. Se han utilizado sales que se descomponen a bajas temperaturas (por ejemplo, el carbonato y bicarbonato amónicos) creando una estructura porosa que facilita la evaporación del agua. Por otra parte, los materiales desengrasantes tienen un efecto beneficioso sobre el secado ya que reducen notablemente el cambio de volumen que experimentan las piezas al evaporarse el agua por lo que se puede acelerar el ciclo de secado. La adición de materiales desengrasantes tiene sus límites en la disminución de la plasticidad de la pasta (posibilidad de extrusión) y en la resistencia de las piezas en verde y en crudo.

Los materiales que se pueden adicionar para mejorar el consumo energético en la cocción se pueden dividir en tres grandes grupos:

- Materiales inertes que no absorben calor (desengrasantes).
- Materiales que disminuyen la temperatura máxima (fundentes).
- Materiales que producen reacciones exotérmicas.

4.1.1. Adicionar materiales no energéticos a la arcilla

El consumo de energía en el horno se puede reducir disminuyendo el calor de reacción y rebajando la temperatura máxima de cocción.

Para disminuir el calor de reacción se pueden añadir materiales inertes que no absorban calor durante la cocción. Por ejemplo, el calor de reacción de una arcilla natural con un 9,9% de pérdida en peso, es de unas 203 kcal/kg mientras que el de una arcilla más arenosa, con un 5% de pérdida en peso, es de 97 kcal/kg. El grado de adición de estos materiales viene determinado por la posibilidad de extruir la pasta formada y la resistencia de las piezas verdes, secas y cocidas.

Por otra parte, se puede rebajar el calor de reacción de una arcilla mezclándola con otra de un calor de reacción más bajo. Por ejemplo, una mezcla al 50% de las arcillas anteriormente citadas tendría un calor de reacción de una 150 kcal/kg.

Entre los materiales inertes de utilización más inmediata se pueden citar los siguientes: arena, residuos de canteras, granito en polvo, chamotas, cascotes, escorias, etc. Estos materiales necesitan un tratamiento previo de molienda y mezclado para su utilización.

4.1.2. Incorporar residuos combustibles a la mezcla arcillosa

Evidentemente la utilización de materias primas que provocan reacciones exotérmicas resulta ventajosa. Si durante la preparación se ajusta en la mezcla arcillosa un cierto porcentaje de residuos combustibles, pueden lograrse dos efectos favorables:

- Aumento en la proporción de desengrasantes en la mezcla y por tanto una mejora en las condiciones de secado y cocción.
- Gracias a las reacciones exotérmicas que tienen lugar durante la cocción, se reduce el consumo de combustible que es necesario aportar.

No obstante, la incorporación de desechos combustibles en la mezcla arcillosa no puede realizarse sin un estudio previo profundo. En particular, las características de los productos acabados, fabrica-

dos a partir de esta mezcla, deberán ser estudiadas mediante ensayos a escala semi-industrial. Esta posibilidad queda excluida a priori en ciertos productos, tales como las tejas, por sus exigencias particulares.

El desecho combustible debe satisfacer un cierto número de condiciones:

- El poder calorífico del mismo debe ser bastante elevado para que el aporte de calor no sea despreciable, y su temperatura de inflamación lo suficientemente elevada para que este aporte tenga lugar al final del periodo de precalentamiento y en la zona de cocción.
- Las características del desecho combustible deben ser regulares a lo largo del tiempo, si esto no ocurre sería necesario volver a comenzar los ensayos después de cada envío.
- La combustión de desecho no debe incrementar notoriamente la contaminación. Es por tanto indispensable conocer su composición con el fin de poder evitar la formación de productos de productos contaminantes.
- La seguridad en el aprovisionamiento debe quedar garantizada para poder amortizar los gastos de estudio y las inversiones realizadas. En el cálculo económico, según cada caso, se podrán tener en cuenta los costes de transporte, el coste de la operación de molienda que puede eventualmente necesitarse para obtener la granulometría requerida, o de secado, si el desecho se recibe húmedo.

Si los aditivos son de bajo poder calorífico no se presenta ninguna dificultad en la cocción, pero si tienen un poder calorífico relativamente alto, como el carbón, comienzan a aparecer inconvenientes. Los ladrillos cocidos de esta forma pueden resultar frecuentemente defectuosos por falta de resistencia, aparición de eflorescencia y “corazón negro” en las piezas.

Durante mucho tiempo el objetivo perseguido al adicionar materias combustibles a la arcilla era únicamente aumentar la porosidad del producto cocido, antes que alcanzar otros objetivos tales como ahorro de combustible y materias primas, utilización de residuos industriales y obtención de productos más aislantes.

Algunos materiales combustibles que pueden emplearse como aditivos se recogen en la tabla siguiente:

MATERIALES COMBUSTIBLES COMO ADITIVOS A LA ARCILLA		
COMBUSTIBLE	% DE MATERIAS VOLÁTILES (ESTIMADO)	% DE CARBONO (ESTIMADO)
Serrín de madera	75	50
Lignito	50	26
Residuos de flotación (finos)	3	12
Residuos de lavado (gruesos)	3	6
Cenizas volantes del carbón	2	5
Sustancias orgánicas residuales	60	-

Tabla 26: Materiales combustibles como aditivos a la arcilla.

Fuente: L'industria italiana dei laterizio. E.J.F.E. Tucker.

4.2. EXTRUSIÓN

La extrusión no es una operación de importancia energética directa, ya que su consumo de energía no resulta muy elevado, sin embargo esta operación incide indirectamente sobre el consumo del secadero pues determina el porcentaje de agua con que las piezas entran en el mismo.

4.2.1. Reducir la cantidad de agua de amasado

Para reducir esta cantidad de agua se pueden utilizar diversas técnicas basadas en la reducción de la viscosidad de la mezcla para poder alcanzar la viscosidad requerida por la extrusión con un menor contenido en agua. Entre las técnicas más empleadas se pueden destacar el empleo de diversos aditivos siendo los más utilizados los polifosfatos. Antes de proceder al empleo de un determinado aditivo hay que estudiar el efecto que puede producir en la cocción.

Otra técnica que da buenos resultados es añadir parte del agua de mezcla como vapor y después proceder a la extrusión. Las ventajas que reporta este procedimiento son las siguientes:

- Reducción de la potencia mecánica consumida en la extrusión por una disminución de la viscosidad de la masa plástica debido a un aumento de la temperatura.
- Disminución de la duración del secado por un aumento del coeficiente de movimiento capilar del agua.

4.3. SECADO

El secado de los productos arcillosos se realiza por la evaporación de la humedad de la mezcla. La energía total a suministrar se divide en:

- Calor de evaporación.
 - Se requiere aproximadamente entre 568-597 kcal/kg de agua evaporada (2.300-2.500 kJ/kg).
- Rotura de enlaces.
 - Aproximadamente un 1% de la energía térmica es requerida para romper la unión agua-arcilla. Esta cantidad supone 5-10 kcal/kg de agua evaporada (20-40 kJ/kg).
- Compensar las pérdidas por la estructura del secadero y el calor sensible del material del material a la salida. Éstas suponen entre un 12-15% del consumo total del secadero.

En resumen, el consumo de los secaderos se sitúa en los siguientes valores:

TIPO	CONSUMO SECADERO Kcal/Kg AGUA EVAPORADA (KJ/Kg AGUA EVAPORADA)	
	MÍNIMO	MÁXIMO
Estático	900 (3.770)	1.225 (5.100)
Continuo	840 (3.500)	1.056 (4.400)
Rápido (Ciclo inferior a 6 horas)	912 (3.800)	1.296 (5.400)

Tabla 27: Consumo energético en un secadero.

Fuente: Energy saving in the brick and tile industries. Thermie programme action 1227.

Donde:

- Un secadero estático es aquel en el que el material a secar no se mueve. El ciclo de secado comienza por el calentamiento del material y las paredes del secadero.
- En el secadero continuo el material a secar es cargado en vagonetas que se mueven a lo largo del secadero, pasando por zonas donde progresivamente se va elevando la temperatura y reduciendo la humedad, hasta el final del secadero donde la temperatura es máxima y la humedad queda reducida aproximadamente al 2%.
- El secadero rápido es un secadero continuo con muy cortos ciclos de secado (máximo de 6 horas y mínimo de 30 minutos)

Del orden del 85% del calor introducido en el secadero sale en forma de aire caliente, combinado con el agua evaporada.

En los secaderos existentes el mínimo consumo se produce cuanto mayores son la temperatura y la humedad en el aire saliente.

Esto no presenta problemas en los secaderos continuos y siempre que se disponga de una fuente de calor de más de 180°C. En estas condiciones el consumo puede situarse en desde 830-850 kcal/kg de agua evaporada (3.480-3.560 kJ/kg).

En el caso de los secaderos estáticos la fuente de calor debe estar también a alta temperatura pero se requieren otras acciones adicionales:

- Incrementar el rendimiento en el periodo inicial recirculando el aire de salida para calentar el material y la estructura del secadero, o bien suministrando una fuente interna de calor que eleve rápidamente la temperatura del material del secadero, reduciendo la expulsión de aire con elevada humedad.
- Interrumpir el aporte de calor en la fase final, cuando la humedad del producto alcanza 2,5-3%. De esta manera se aprovecha el calor almacenado en las estructuras, material y soportes para completar el proceso de secado. En esta fase cabe incluso la posibilidad de alimentar al secadero con aire ambiente (sin calentar).

Aplicando estos criterios es posible lograr con los secaderos estáticos consumos de energía similares a los obtenidos en los secaderos continuos.

Algunas posibilidades para mejorar la eficiencia energética de los secaderos son:

4.3.1. Recuperación del calor del aire que sale del secadero

Para esta recuperación cabe aplicar las siguientes técnicas:

- Instalar un cambiador aire de escape/aire medio ambiente, de forma que se aproveche el calor sensible del citado aire de escape y parte del calor latente.
- Instalar una bomba de calor suplementaria.

Con la bomba de calor el aire ambiente es calentado mediante la energía aportada por el compresor de la propia bomba.

Con estas actuaciones pueden lograrse reducciones del consumo energético en el secado de hasta un 15%.

4.3.2. Control automático del secadero

En el secadero, los parámetros que deben regularse son:

- La temperatura de secado.
- La humedad.
- La temperatura del flujo de aire a la entrada.

Con el control de estos parámetros es posible elaborar ciclos de secado acordes al material que se esté tratando.

Además, en las fábricas de ladrillos y tejas en las que la producción no es continua durante los siete días de la semana, y por consiguiente se prevén unos stocks de producto seco para mantener la cocción durante los fines de semana, es posible programar ciclos largos con un control automático del secadero que permitan recuperar durante estos periodos calores residuales del horno.

4.4. COCCIÓN

El horno es el equipo más importante, desde el punto de vista energético, en el proceso productivo de los materiales de construcción de tierra cocida. Cualquier programa de reducción de consumo energético en la instalación debe prestar atención a la disminución de las pérdidas de calor en el horno.

4.4.1. Aprovechar el calor contenido en los gases

En los hornos empleados en la industria ladrillera existen varias corrientes térmicas que pueden reutilizarse en el propio horno o en el secadero mediante recirculaciones. Los flujos térmicos que tienen una utilización más inmediata son: el aire de enfriamiento sobrante y los humos extraídos en la chimenea. Por otra parte, también se pueden considerar como un efluente térmico los humos calientes de la zona de fuego que atraviesan el horno por caminos preferentes sin ceder gran parte de su calor sensible a la carga.

4.4.2. Aprovechamiento del aire de enfriamiento del horno

El envío de parte del aire de enfriamiento en el secadero es una técnica normalmente utilizada en las instalaciones de fabricación de ladrillos y tejas, estando la mayoría de los hornos preparados para la implantación de esta técnica sin más inversión que el tendido del conducto desde el horno al secadero.

El empleo de esta técnica se basa en que, por lo general, el caudal de aire necesario para enfriar la producción del horno es mayor que el necesario para combustión. También se puede enviar al secadero el aire de refrigeración de elementos estructurales en algunos hornos.

Si parte del aire de enfriamiento no se envía al secadero, se efectúa la combustión en el horno con un gran exceso de aire y, por tanto, aumentan las pérdidas de calor por humos en la chimenea.

En los modernos hornos se intenta recuperar parte de este aire caliente procedente del enfriamiento del producto en el propio horno (aire de combustión para los quemadores) y/o en el prehorno. La ventaja de estos métodos es la reducción de las pérdidas de calor en los fines de semana, donde solamente parte del calor puede ser utilizable.

4.4.3. Aprovechar el calor contenido en los humos extraídos por la chimenea

El calor contenido en los humos se puede aprovechar enviándolo directamente al secadero o generando aire caliente mediante el empleo de un intercambiador. En ambos casos, el rendimiento térmico del horno se ve muy favorecido ya que las pérdidas por humos en la chimenea suelen ser muy importantes.

4.4.4. Recuperar gases del horno en el prehorno

Resultan grandes ahorros cuando hay calor sobrante y se introduce parte de los gases extraídos de la zona de tiro en el prehorno. De esta forma se pueden eliminar aportes térmicos, si los hubiera, al prehorno.

En caso de existir cogeneración, y que con ésta se aproveche calor para el prehorno, esta recuperación sólo se empleará cuando esté parada la planta de cogeneración.

Cuando los calores residuales de la planta de cogeneración se aprovechen en el secadero (tecnología más normal), el aire de enfriamiento del horno puede aprovecharse en el prehorno. Esta circunstancia debe tenerse en cuenta al diseñar el sistema de cogeneración.

4.4.5. Reducir las pérdidas de calor por las paredes, bóveda y solera

En los últimos años se han generalizado nuevas tendencias en la construcción de hornos, que vienen determinadas por la aparición en el mercado de materiales constructivos de alta refractariedad, baja densidad y gran capacidad aislante. Estos materiales han posibilitado el desarrollo de diversos tipos de bóvedas planas y han favorecido la construcción de hornos modulares.

En los hornos en funcionamiento se pueden seguir varios caminos para mejorar el aislamiento y por tanto reducir el consumo energético.

- Aislamiento interno en las paredes laterales y bóveda.
- Aislamiento externo en las paredes laterales y bóveda.
- Aislamiento en la solera. Vagonetas aligeradas en los hornos túnel.
- Bóveda plana.

4.4.6. Mejorar el aislamiento externo en paredes y bóveda

El aislamiento exterior es fácil de montar y no es necesario parar la producción para colocarlo, pero tiene el inconveniente de requerir un estudio detallado de la transmisión de calor a través de las paredes y bóveda para no provocar un sobrecalentamiento de la estructura externa y el refractario interno del horno.

Los materiales que pueden emplearse son muy diversos y su utilización depende de cada caso particular. Entre los materiales que se pueden utilizar para mejorar el aislamiento se pueden destacar: ladrillo común, fibra de vidrio, lana de roca, amianto, perlita, vermiculita, etc.

4.4.7. Mejorar el aislamiento interno en paredes y bóveda

La disminución de las pérdidas de calor por las paredes y bóveda, mediante el recubrimiento con materiales aislantes de la superficie interna del horno en las zonas de más alta temperatura, es una medida de indudable interés que ha sido experimentada con éxito en gran número de instalaciones.

Los materiales más extendidos para efectuar este tipo de recubrimiento son los aislantes de fibra cerámica, ya que presentan una gran capacidad aislante con espesores relativamente pequeños. Antes de proceder a efectuar un recubrimiento interno con fibra cerámica, se debe estudiar cuidadosamente el material base de recubrimiento, ya que se pueden presentar los inconvenientes siguientes:

- Contracción progresiva y pérdida de resiliencia, que pueden dar lugar a un deterioro notable del recubrimiento.
- Deterioro de los anclajes.
- Degradación de la fibra en instalaciones con quemadores de alta velocidad.

Para evitar estos problemas se debe elegir acertadamente el tipo de fibra, el sistema de anclaje, el sistema de montaje y las partes internas donde se debe colocar el recubrimiento.

4.4.8. Utilizar vagonetas aligeradas en hornos túnel

Desde el punto de vista técnico las vagonetas de un horno túnel deben tener las siguientes características:

- Buenas propiedades termomecánicas.
- Resistencia a la compresión a temperaturas elevadas.
- Resistencia al choque térmico.
- Gran capacidad aislante.
- Construcción a base de materiales aislantes de baja conductividad térmica.
- Baja masa térmica.
- Peso total reducido.
- Bajo calor específico.
- Densidad baja.

La sustitución de las vagonetas clásicas construidas a base de materiales refractarios densos por vagonetas aligeradas presenta las ventajas siguientes:

- Mayor resistencia al choque térmico.
- Mayor duración de las vagonetas.
- Mayor capacidad aislante.
- Menor consumo de combustible por disminución de las pérdidas por la solera.
- Mejores condiciones de funcionamiento de la parte mecánica, y por tanto, menores necesidades de mantenimiento y mayor duración de la vagoneta.
- En caso de reducirse el espesor de la vagoneta se aumenta la capacidad de carga del horno.
- Baja masa térmica.
- Menor consumo de combustible al disminuir las pérdidas de calor contenido en las vagonetas a la salida del horno.
- Posibilidad de aumentar la producción por disminución del ciclo de cocción al facilitarse el calentamiento y enfriamiento de las vagonetas.

Las vagonetas aligeradas están generalmente constituidas por dos tipos de materiales:

- Materiales estructurales que confieren a la vagoneta la resistencia mecánica que se requiere para su funcionamiento.
- Materiales aislantes que aíslan la parte metálica del calor, y son los determinantes de las ventajas de las vagonetas aligeradas sobre las clásicas. Entre estos materiales se pueden citar como más empleados los siguientes:

- Bloques aislantes a base de silicato cálcico.
- Hormigones aislantes.
- Vermiculita.
- Fibras cerámicas.
- Ladrillos refractarios aislantes.

Las modernas vagonetas aligeradas presentan una relación de peso entre su estructura y el del material a cocer de 1/3 a 1/3,5.

La sustitución de las vagonetas de un horno por otras aligeradas requiere un estudio comparativo del ahorro energético que tiene lugar al cambiar las vagonetas frente al coste de las mismas.

4.4.9. Mejorar el rendimiento de la combustión

Prácticamente, la totalidad de la energía aportada en la cocción se produce por la combustión, por lo que cualquier mejora en el rendimiento de la combustión tiene una influencia directa sobre el consumo energético.

Los hornos de ladrillos tienen tres zonas de funcionamiento: precalentamiento, fuego y enfriamiento. Por lo general, los quemadores están situados en la zona de fuego, aunque en algunos casos también funcionan quemadores en la zona de precalentamiento. Los quemadores se sitúan normalmente en la zona de cocción pues se consigue una mayor eficiencia energética debido a la mayor turbulencia que crea esta disposición.

En los hornos modernos se instalan quemadores de alta velocidad en la zona de precalentamiento para calentar el material a cocer y los soportes refractarios de las vagonetas. La alta velocidad de salida de los productos de combustión crea la suficiente turbulencia en el horno, lo que provoca un gran intercambio de calor entre los gases de combustión y el material a cocer.

Uno de los puntos básicos a controlar en la combustión es la ausencia de inquemados, y que el exceso de aire no sea mayor del requerido por el combustible y la cocción. La aparición de inquemados puede ser debida a las siguientes causas:

- Defecto de aire
- Mezcla defectuosa entre el combustible y el aire
- Existencia de puntos fríos en la cámara de combustión

Para evitar estos problemas se debe aumentar el tiro en el primer caso, efectuar un mantenimiento adecuado de los quemadores o incluso sustituirlos total o parcialmente en el segundo, y crear turbulencias para homogeneizar la temperatura en el tercero.

4.4.10. Precalentar el aire de combustión

El precalentamiento del aire de combustión es una medida de ahorro muy extendida debido a su facilidad de implantación y sus buenos resultados. En la mayoría de los hornos se utiliza aire precalentado al enfriar la carga después de que ésta pasa por la zona de fuego.

Normalmente el aire precalentado se utiliza como aire secundario ya que su utilización como aire primario requiere el empleo de quemadores especiales.

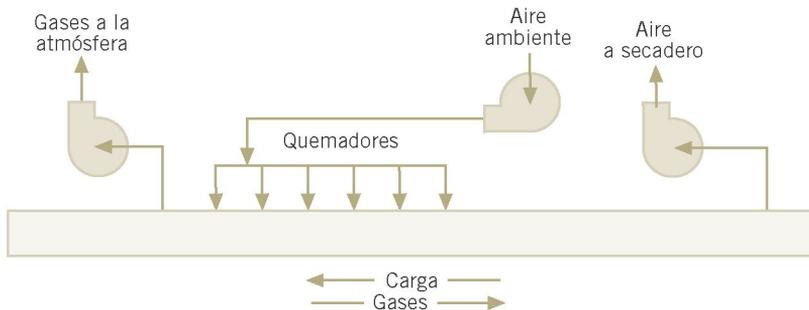


Figura 20: Disposición de los quemadores I.

Fuente: Elaboración propia.

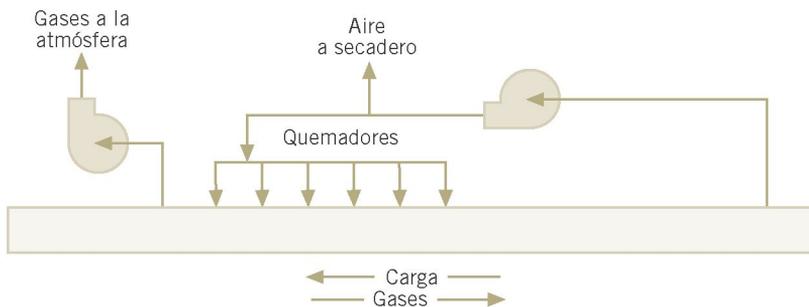


Figura 21: Disposición de los quemadores II.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.11. Instalar sistema de regulación y control automático

El sistema de regulación automática más extendido en la industria ladrillera es el control automático de la temperatura, ya que esta variable es la más importante del proceso de cocción. El control de temperatura no tiene una relación directa con el consumo de energía, ya que su función principal es mantener unas condiciones prefijadas.

El aumento del coste de la energía y la disminución de la producción, que obliga a trabajar a los hornos por debajo de la producción nominal y por tanto alejados de sus condiciones óptimas de funcionamiento, han tenido como consecuencia la implantación de sistemas de regulación automática.

Desde el punto de vista energético, la regulación por PLC (Programmable Logical Control) permite el control de las funciones de los quemadores, la regulación de las temperaturas, el chequeo de los puntos asignados en las distintas zonas del horno y la realización de las correcciones necesarias.

El PLC controla los valores de temperatura y presiones en las tres zonas en que se divide el horno (precalentamiento, cocción y enfriamiento), alterando la velocidad del motor del ventilador o actuando sobre las compuertas de los distintos ventiladores instalados en el horno.

Mediante esta regulación es posible lograr un flujo correcto de los gases que entran y abandonan el horno.

4.4.12. Reducir el aire parásito mediante sellado de paredes, bóveda y vagonetas

Un caudal mínimo de gases es indispensable para asegurar el enfriamiento y el calentamiento de la carga del horno. El caudal de humos extraído por la chimenea está compuesto por dos corrientes de gases.

- Los gases que circulan por el canal de cocción y que participan directamente en el tratamiento térmico.
- El aire que se introduce en la zona de depresión del horno a través de las juntas entre las vagonetas y el horno, fisuras y juntas de dilatación en las paredes y bóveda del horno, juntas en las puertas, etc.

La reducción de estas entradas de aire parásito disminuye el caudal de humos en la chimenea sin perturbar el funcionamiento del horno. En la figura siguiente se recoge de forma esquemática el caudal circulante por un horno túnel.

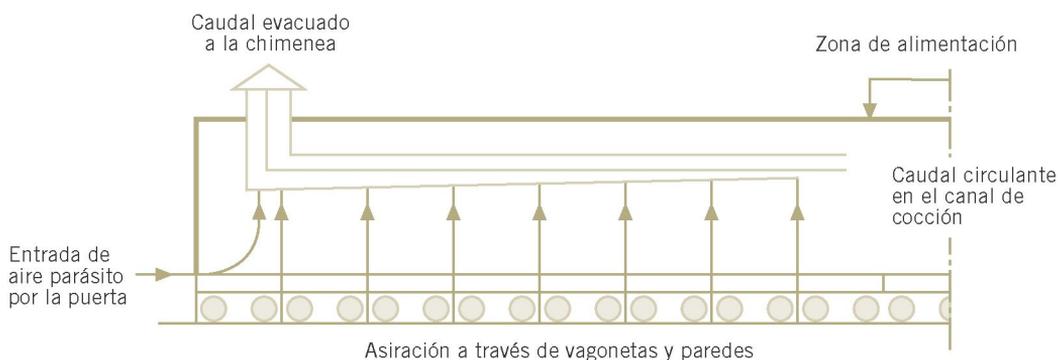


Figura 22: Caudal circulante en un horno túnel.

Fuente: Les économies d'énergie dans le secteur des tuiles et briques. Agence pour les économies d'énergie.

En los hornos túnel se debe prestar atención al cierre de las vagonetas con el horno y de éstas entre sí. Para reducir las entradas de aire parásito por estos puntos se deben mantener los areneros en buen estado. El cierre de las vagonetas entre sí se puede mejorar utilizando juntas de material refractario flexible. Las vagonetas de grandes dimensiones disminuyen las entradas de aire falso al reducir el número de juntas entre vagonetas.

Por otra parte, se pueden disminuir notablemente las entradas de aire parásito utilizando un ventilador axial para equilibrar las presiones entre el canal inferior a las vagonetas y el horno.

Una mejora notable de la estanqueidad sólo puede lograrse en la construcción del horno, por lo que con ocasión de la sustitución de un horno o del proyecto de una nueva línea de producción, debe abordarse la solución a este problema.

4.4.13. Efectuar un adecuado encañado

Para reducir las pérdidas con las vagonetas y los accesorios de cocción que salen calientes, se pueden tener en cuenta las siguientes posibilidades:

- Racionalizar el circuito de las vagonetas para evitar que se enfríen completamente antes de entrar de nuevo en el horno y, sobre todo, reducir la circulación de las vagonetas por el exterior de los hornos.
- Procurar que los encañes sean lo menos densos posibles, ya que un horno túnel está basado en la transmisión de calor por radiación y por convección, siendo en su mayor parte por este último concepto y, para que esta se efectúe, es necesario una sección libre de paso considerable. Con esto se consiguen dos ventajas: por un lado se transmite más fácilmente, y por otro lado, la pérdida de carga en el canal de cocción disminuye, con lo que la potencia necesaria de ventilación disminuye a su vez.
- Mejorar la concepción de los apilados aligerando o suprimiendo las piezas auxiliares de encañado.

El empleo de dichas piezas tiene un doble objetivo: asegurar la estabilidad de los apilamientos de ciertos productos, y evitar la deformación de mezclas arcillosas, particularmente sensibles en el transcurso de la cocción.

Los accesorios de encañado, piezas refractarias o pilares de ladrillos, aumentan la masa saliente en detrimento de la cantidad de producto cocido. El aligeramiento de estos accesorios disminuye las pérdidas térmicas a la salida del horno y permite aumentar la capacidad de las vagonetas en producto cocido.

Sin embargo, las modificaciones de las piezas de encañado interesantes en un caso concreto pueden no resultar aplicables a otra mezcla arcillosa o a otro producto diferente. En cada caso particular deberán realizarse los estudios necesarios para la implantación de esta mejora.

4.5. MANTENIMIENTO ENERGÉTICO

Dentro de las mejoras a efectuar en las fábricas de ladrillos, con vistas a una reducción de consumo, existen soluciones que, sin inversión, o bien teniendo ésta una escasa cantidad, pueden conducir a un ahorro de energía que puede situarse en la mayoría de los casos entre el 5% y el 10%. Algunas de estas propuestas son:

4.5.1. Evitar paros en preparación y moldeo

Evitar el máximo número de paros en las operaciones de preparación y moldeo realizando un mantenimiento preventivo.

4.5.2. Utilizar el horno a su producción nominal

Como la mayoría de las fábricas producen diversos tipos de piezas, la programación de la producción permite, mediante el control de stocks, que existan en el horno y en el secadero un solo tipo de piezas para lograr que el número de cambios anuales sea el menor posible, ya que estos tienen una repercusión muy grande sobre el consumo global.

Esta solución está ligada a la regulación y mantenimiento correcto de las fábricas. Como reglas de simple aplicación, para reducir el consumo energético en un cierto porcentaje, se pueden considerar las siguientes:

- Hacer funcionar todos los elementos de que consta una instalación a una capacidad de producción constante todo el año, procurando que esté comprendida entre el 90 % y el 100 % de la nominal. En el caso de que la instalación sea capaz de superar la producción nominal prevista, no hacerlo nunca en un porcentaje superior al 10–15 %. Como ejemplo, en la figura siguiente se recoge el rendimiento en función de la producción para un horno túnel de 150 t/día.
- El valor absoluto de las pérdidas por las paredes del horno no depende de la carga del horno. Se gasta el mismo combustible, a efectos de pérdidas por las paredes, a plena carga que con cargas bajas, lo que supone un porcentaje mayor de calor por unidad de producto en el caso de cargas menores que la nominal. Por esta razón, debe programarse la producción para trabajar siempre a la carga nominal del horno.
- Cuando no hay demanda suficiente es preferible acumular existencias y parar después el horno, aprovechando la parada para revisiones y mejoras.

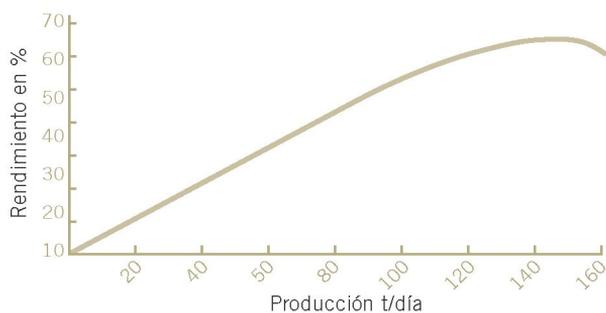


Figura 23: Rendimiento de un horno túnel de 150 t/día de capacidad en función de la producción real.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.3. Reducir las pérdidas por productos salientes del horno

La temperatura óptima de salida de los productos de cocción debe ser la temperatura ambiente. Para esto es preciso facilitar los intercambios gases -productos, por medio de una buena permeabilidad del apilado, reducción de pasos preferenciales, ajustar los caudales de contrapresión y recuperación directa.

4.5.4. Alargar la zona de enfriamiento del horno

Algunos constructores disponen en los nuevos hornos de una zona de enfriamiento suficientemente larga que asegura, con el costo de una sobreinversión y gracias a una permeabilidad mejorada del apilado, un enfriamiento satisfactorio en el canal del horno y hace innecesaria la puesta en servicio de una recuperación directa.

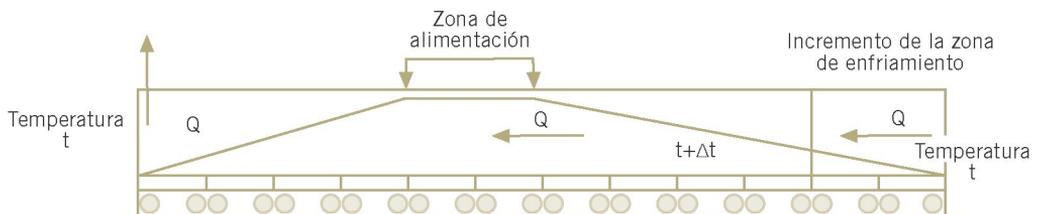


Figura 24: Esquema de horno dotado con zona de enfriamiento alargada.

Fuente: Les économies d'énergie dans le secteur des tuiles et briques. Agence pour les économies d'énergie.

4.6. COGENERACIÓN

De las diferentes tecnologías de instalaciones de cogeneración existentes, la que mejor se adapta a las industrias ladrilleras es la basada en motores alternativos. Los niveles disponibles de energía térmica en estos equipos, son:

- Gases de escape a unos 400 - 500 °C
- Agua caliente de refrigeración a unos 80 - 95 °C
- Agua de refrigeración a unos 35 -50 °C

4.6.1. Selección del motor

Las posibilidades con motores son:

- Motor de ciclo Otto
- Motor diesel

Los motores de ciclo Otto pueden utilizar como combustible gas natural o GLP, con potencias eléctricas de hasta 4 MW y rendimiento eléctrico, para potencias superiores a 1 MW, del orden del 39%. Se adaptan muy bien al proceso productivo ladrillero por su alta temperatura de gases de escape (hasta 500 °C).

Los motores diesel utilizan fuelóleo o gasóleo y tienen un rendimiento eléctrico superior a los de ciclo Otto, en dos o tres puntos. También existen motores duales (gas-gasóleo) que presentan inconvenientes y apenas se emplean en este sector.

La elección del tipo de motor, en definitiva, dependerá del combustible disponible, posibilidades de utilización del calor, rendimiento energético, rentabilidad económica y factores medioambientales.

4.6.2. Dimensionamiento y diseño de la instalación

Con la legislación vigente, que por una parte reduce el precio de venta del kWh a la red, y por otra limita la potencia instalada (autoconsumo del 30 %), se hace necesario un dimensionamiento y diseño de la instalación basado en los criterios siguientes:

- El autoconsumo de la fábrica deberá ser al menos el 30 % de la energía eléctrica generada en la planta de cogeneración.
- Aprovechar todo el calor disponible, de forma que el calor procedente de la planta de cogeneración sea ligeramente menor que la demanda de la fábrica en funcionamiento normal.

El dimensionamiento y diseño de la planta deberá contemplar, por tanto:

- Dónde se puede aprovechar el calor.
- Cuánto calor se puede aprovechar.

En primer lugar, antes de instalar una planta de cogeneración, se debería optimizar la utilización térmica en el proceso de fabricación. Lo ideal es que el calor sobrante (recuperación) del horno, a unos 250 °C, se envíe al secadero y prehorno (si existe) y que se introduzca calor adicional procedente del generador de calor tanto en el prehorno como en el secadero, si fuese necesario.

Una vez optimizado y racionalizado el consumo de la fábrica, se plantea utilizar el calor sobrante de la cogeneración en los siguientes puntos, que por orden de factibilidad suelen ser:

- Secadero
- Prehorno

Hay alguna experiencia, al parecer con éxito, con el horno y hay posibilidades menores para calentamiento de agua o generación de vapor para la extrusión.

En el caso de que se aproveche parte del calor de la planta de cogeneración para el prehorno, en los periodos de parada del motogenerador, es decir, cuando no se disponga de este calor, se deberá prever introducir la recuperación de calor, procedente del enfriamiento del horno, en el prehorno.

4.7. SÍNTESIS: RESUMEN DE MEDIDAS

4.7.1. Materias primas

- Adicionar materiales no energéticos a las arcillas.
- Incorporar residuos combustibles a la mezcla arcillosa.

4.7.2. Extrusión

- Reducir la cantidad de agua de amasado.

4.7.3. Secado

- Recircular el aire de secado.
- Instalar control automático en el secadero.

4.7.4. Cocción

- Aprovechar el calor contenido en los gases.
 - Emplear el aire de enfriamiento del horno en el secadero.
 - Aprovechar el calor contenido en los humos extraídos por la chimenea.
 - Enviar humos para el prehorno.
 - Reducir las pérdidas de calor por las paredes, bóveda y solera.
 - Mejorar el aislamiento externo en paredes y bóveda.
 - Mejorar el aislamiento interno en paredes y bóveda.
 - Utilizar vagonetas aligeradas en hornos túnel.
- Mejorar el rendimiento de la combustión.
- Precalentar el aire de combustión.
- Instalar quemadores de alta velocidad en las zonas de precalentamiento y cocción.
- Instalar sistemas de regulación y control automático.
- Reducir el aire parásito mediante sellado de bóveda y vagonetas.
- Efectuar un encañado adecuado.

4.7.5. Mantenimiento energético

- Evitar paros en preparación y moldeo.
- Utilizar el horno a su producción nominal.
- Reducir las pérdidas por productos salientes del horno.
- Alargar la zona de enfriamiento del horno.

4.7.6. Cogeneración

- Selección del motor.
- Dimensionamiento y diseño de la instalación.

5. MANTENIMIENTO ENERGÉTICO

Este apartado pretende reflejar lo que se está haciendo actualmente en las plantas ladrilleras de cara al mantenimiento energético o “house-keeping”.

Asimismo se exponen algunas recomendaciones para establecer un programa de mantenimiento energético de la planta y equipos.

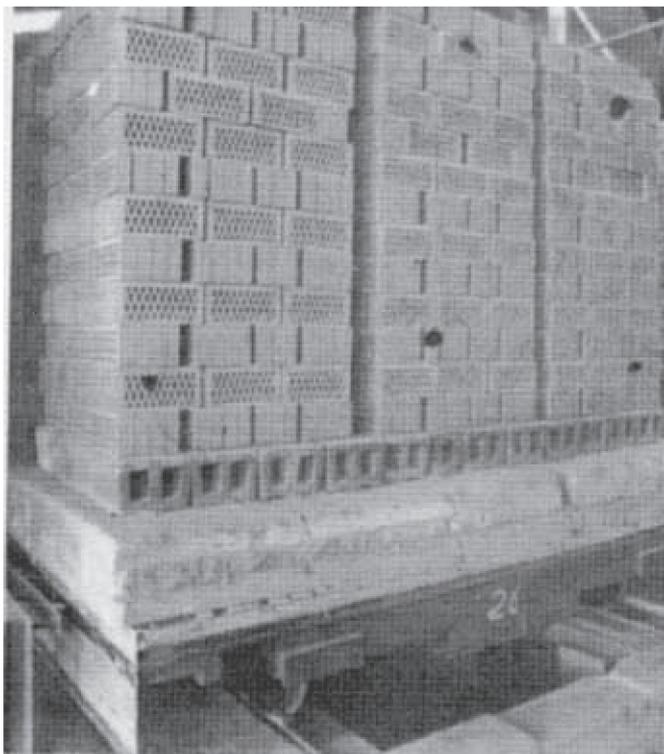


Figura 25: Caudal circulante en un horno túnel.

Fuente: Cortesía de Beralmar

5.1. CONSIDERACIONES

El sistema de mantenimiento implantado en cada empresa, debe contemplar actuaciones dirigidas no sólo a la conservación y buen uso de las instalaciones y equipos, sino que además debe incluir actuaciones dirigidas a la reducción del consumo y mejora de la eficiencia energética

5.2. PROPUESTAS DE MEJORA

5.2.1. ¿Qué se entiende por mantenimiento energético?

Puede definirse cómo aquéllos cambios en la operación, mejoras en el mantenimiento de los equipos e instalaciones y procedimientos para racionalizar el uso de la energía.

5.2.2. ¿Cómo llevar a cabo un mantenimiento energético?

Aunque parte de las medidas de mejora que afectan al mantenimiento energético se desprendan de las auditorías, es necesario establecer una determinada metodología. Un procedimiento sencillo puede ser el siguiente:

- Programar reuniones periódicas con los responsables de operación de los equipos. Deben asistir el Jefe de Mantenimiento, el Jefe de Planta y los encargados.
- Empezar por estudiar el horno y el secadero. Preparar listas de chequeo de los puntos a revisar y hacer un seguimiento.
- Estudiar el proceso en su conjunto, contemplando:
 - Optimización de las variables de operación:
 - Control de humedad del producto.
 - Control de la mezcla y preparación de materias primas.
 - Ajuste de las temperaturas del horno a cada producto.
 - Optimización del régimen de trabajo:
 - Optimización del sistema de movimiento y manipulación del producto.
 - Programación de la producción.
 - Seguimiento del trabajo de los equipos y eliminación de paradas improductivas y tiempos muertos.

5.2.3. Algunos ejemplos

A continuación se presentan algunos ejemplos de aplicación general de house-keeping o mejoras y cuidados a observar. Esta lista no es exhaustiva puesto que en cada planta la problemática es diferente y se ha de dar respuestas específicas para cada caso:

Programación de la producción

- Trabajar con todos los equipos que componen las instalaciones al régimen nominal (al 100%) y constante durante todo el año.
- Producir con stock, de forma que se hagan los menores cambios posibles de producto a fabricar y se tenga, siempre, dentro del horno y secadero un mismo tipo de piezas.

Operación del horno

- Procurar hacer encañes lo más completos posible, evitando circuitos preferenciales para conseguir una correcta circulación del aire.
- Controlar siempre y muy estrechamente los parámetros siguientes:
 - Relación aire-combustible en los quemadores.
 - Tiro.
 - Recuperación.
 - Aire de enfriamiento.
 - Recirculación.
 - Presión en el interior del horno.

- Evitar entradas de aire parásito cuidando especialmente el estado de los cierres de arena, la hermeticidad de las puertas y los espacios entre vagonetas.
- Vigilar estrechamente el estado del aislamiento de paredes y bóveda.
- Vigilar el estado de las vagonetas.

Sección de preparación del material y moldeo

- Estudiar el motivo de las paradas de las líneas con objeto de evitar al máximo el número de paradas.

General

- Estudiar y analizar las cantidades y composición de las materias primas, según el tipo de producto a fabricar, con el fin de elaborar el diagrama temperatura-tiempo de cocción idóneo a cada producto.
- Efectuar un seguimiento y control (al menos mensual) de los consumos de combustible y electricidad.
- Realizar periódicamente balances energéticos (principalmente en el horno) con objeto de hacer un seguimiento y contrastarlos con instalaciones similares.
- Mentalizar y motivar al personal encargado del manejo de los equipos e instalaciones.

5.3. FORMACIÓN DEL PERSONAL

Este apartado trata de la capacitación técnica de las personas que trabajan en las empresas del sector ladrillero. Se expone la situación actual, las carencias y se plantea la línea de actuación cara a las posibles soluciones.

5.3.1. Consideraciones

En general, el personal técnico encargado del manejo y operación de las instalaciones basa su capacitación técnica en la experiencia acumulada a lo largo de los años. No obstante es necesario prever y mantener planes de formación dirigidos específicamente a las personas encargadas del manejo de las instalaciones y que sirvan para aumentar su capacitación.

5.3.2. Propuestas de mejora

Por parte de la Dirección de las empresas, debería apoyarse sin reparos con el propio convencimiento y la prestación de recursos, la Formación de los empleados.

Debería elaborarse un Plan de Formación específico para el Sector que contemplase fundamentalmente lo siguiente:

- Cursos sobre ahorro de energía.
- Cursos de formación en autómatas programables y su programación.
- Sistemas de mantenimiento energético. Gestión y metodología.
- Variadores electrónicos de velocidad en motores y otras cuestiones eléctricas.
- Sistemas de Gestión de la Calidad.

5.4. ANÁLISIS ECONÓMICO

Este apartado se refiere a la situación actual y posibles medidas a implantar en las empresas del sector ladrillero, con el fin de establecer una metodología que sirva para decidir acerca de las inversiones en mejora de la eficiencia energética.

5.4.1. 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.

5.4.2. 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 28: Cuadro soporte para la evaluación preliminar de 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. 05/02/07		
Descripción. Regulación automática de la combustión.				Responsable. Jefe de Mantenimiento.		
.....					
Mejoras relacionadas. Control de la combustión, reducción del caudal de purga.				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 29: Análisis económico de la optimización de la combustión.

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

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la muestra.

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.

5.4.3. 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.

5.4.4. 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)

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).

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

5.4.5. Otros aspectos a considerar

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

5.4.6. 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, el tercero 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.

5.4.7. Caso práctico

Medida: Sustituir las vagonetas de un horno túnel por vagonetas aligeradas.

Coste de la inversión: 200.000 € (incluye suministro de equipos, su instalación y otros costos derivados del montaje).

Ahorro neto: 60.000 €/año derivado de un menor consumo energético horario y un aumento de la producción por disminución del ciclo de cocción a los que se han deducido ciertos gastos de mantenimiento y conservación.

Duración estimada de las vagonetas: 10 años, periodo al final del cual habrá que sustituirlas por desgaste natural y/u obsolescencia.

La depreciación anual será entonces de 20.000 €/año.

Rentabilidad de las Obligaciones del Tesoro a 10 años: 3,80%, siendo dicho valor el que se utilizará como tipo de actualización o descuento (k).

En esta situación:

$$TRI = \frac{60.000 - 20.000}{200.000} \times 100 = 20\%$$

Esta es una tasa de retorno interesante pues supera el 15% que suele considerarse como umbral mínimo.

Considerando un tipo de interés del 3,8% y una duración del proyecto de inversión de 10 años, el VAN y el TIR resultan ser de:

$$VAN = \sum_{i=1}^{10} \frac{60.000}{\left(1 + \frac{38}{1000}\right)^i} - 200.000 = 291.535€$$

Este valor del V.A.N. es interesante puesto que indica que existirá un excedente, actualizado a euros del año de la inversión, de casi 300 mil euros.

$$200.000 = \sum_{i=1}^{10} \frac{60.000}{\left(1 + \frac{38}{1000}\right)^i} \Rightarrow TIR \cong 27,32\%$$

Como se puede observar este valor del TIR es muy interesante.

6. ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL

Este apartado se refiere a la situación actual y las posibles actuaciones a llevar a cabo, en las empresas del sector ladrillero, con el fin de crear y mantener una organización en las empresas que contemple debidamente los temas energéticos.

6.1. SITUACIÓN ACTUAL

En las empresas pequeñas, el Director de Fábrica o Jefe de Planta asume generalmente la función de dirección técnica e incluso de dirección de producción de la empresa, siendo también el encargado de llevar a cabo y controlar las medidas de propuestas de mejora de la eficiencia energética de la planta. Para todo ello cuenta con el apoyo de los jefes de turno o encargados.

En empresas más grandes las decisiones son tomadas en Consejo de Administración.

6.2. PROPUESTAS DE MEJORA

La situación más generalizada actualmente, en la que el Jefe de Planta asume las funciones de Encargado de Energía, no es la más recomendable debido a que la carga del trabajo diario, normalmente no suele permitir una dedicación suficiente y con la debida profundidad a la cuestión energética.

6.2.1. ¿Cómo mejorar la organización energética de la planta?

Hechas las salvedades de la situación particular de cada empresa, se propone la creación de un Comité de Energía. Su definición debería tener las características básicas siguientes:

- Situación en el organigrama de la empresa

El Comité de Energía, con su Presidente (o Coordinador de Energía), debería ser staff del Director General de la planta e independiente del resto de departamentos de la empresa (Producción, Administración, etc.).

- Composición

El Comité de Energía debería contar con las personas siguientes:

- Director de Fábrica ó Director Técnico
- Al menos una persona de Mantenimiento
- Al menos una persona de Producción
- Deseable una persona de Calidad

Una de las personas que componen este comité hará de Presidente o Coordinador de Energía.

- Funciones

Las funciones principales del Comité de Energía serán:

- Asesorar al Director General en temas energéticos.
- Promover y establecer políticas de actuación por objetivos fijados.
- Establecer una contabilidad de energía en la planta.

- Establecer un sistema de auditorías.
- Participar y prestar ayuda técnica en estudios y proyectos energéticos.
- Seguimiento de las medidas, proyectos y programas acordados.
- Establecer programas de mantenimiento energético.
- Seguimiento del programa de mantenimiento energético.
- Comunicar e informar a los diferentes departamentos o secciones de la empresa, de modo que se involucre y haga partícipes a todas las personas de la empresa.
- Colaborar en temas energéticos con empresas del sector y entorno geográfico.
- Relacionarse con las asociaciones del sector y organismos oficiales.

- Atribuciones

- Podrá pedir todo tipo de datos a otras secciones y departamentos de la empresa.
- Podrá ordenar la realización de ensayos, toma de datos y análisis.
- Dispondrá de presupuesto suficiente.

- Autoridad y responsabilidades

- Para aceptar o rechazar sugerencias del personal.
- Para plantear los planes de formación de los empleados.

7. PROGRAMAS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

El Programa de Mejora de la Eficiencia Energética (PROME) es el modo de concretarse y materializar las ideas para mejorar la eficiencia energética de la planta.

Esto es, una planificación en el tiempo, escrita y con objetivos cuantificados.

7.1. CONSIDERACIONES

En las empresas debería establecerse un PROME, que contemple la planificación, ejecución de las medidas de ahorro, seguimiento y control y corrección de la actuación.

7.2. PROPUESTAS DE MEJORA

7.2.1. ¿Quién debe establecer el PROME?

El establecimiento del PROME ha de hacerlo el Comité de Energía con el apoyo explícito y aprobación del Director General.

7.2.2. Alcance del PROME

El PROME debe contemplar los aspectos siguientes:

- Implantación y control de los sistemas de contabilidad y auditoría energética.
- Establecimiento del sistema de mantenimiento energético.
- Contribuir a la formación y mentalización del personal.
- Mantener conexión directa con otras empresas del sector.

7.2.3. ¿Cómo debe establecerse el PROME?

Conviene seguir las fases siguientes:

- Establecimiento de objetivos.
 - Objetivo General.
 - Implantar las medidas de ahorro acordadas.
- Objetivo Concreto.
 - Deberán fijarse en base a la situación energética particular de la empresa y su evolución.

Los objetivos deben ser:

- Claros y escritos
- Concretos
- Medibles (cuantificables en costo y tiempo)
- Razonables
- Consensuados a todos los niveles de la empresa

7.2.4. Elaboración del PROME

- Realización de la Auditoría Energética
- Selección de las medidas de mejora
- Fijación de fechas concretas
- Implantación de las medidas

7.2.5. Seguimiento y control del PROME

Debe hacerse un seguimiento y comparación de los resultados con las previsiones iniciales. Asimismo deben efectuarse las correcciones necesarias si procede.

8. INTERRELACIONES EMPRESARIALES

Este epígrafe intenta describir cómo son las relaciones entre las empresas del sector en lo que se refiere a la transmisión de la información y qué debería hacerse para mejorar la difusión de las medidas de mejora de la eficiencia energética.

8.1. SITUACIÓN ACTUAL

Prácticamente todas las empresas del sector pertenecen a HISPALYT (Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida). Esta asociación permite el intercambio de información entre las empresas, siendo muy útil en lo referente a consumos energéticos.

8.2. PROPUESTAS DE MEJORA

8.2.1. ¿Cómo difundir las medidas de mejora entre las empresas del sector?

Se propone el método siguiente:

- Comprobar la eficacia de la medida

El primer paso es que la propia empresa en la que se ha aplicado la medida, compruebe su eficacia, la cuantía de los ahorros y beneficios obtenidos.

- Analizar la eficacia de la medida a divulgar

Esto podría ser realizado por técnicos de HISPALYT o una entidad independiente con conocimientos del sector ladrillero. Para ello han de recopilarse los datos necesarios.

- Comprobar la aplicabilidad de la medida a otras empresas del sector

Se estudiará (podría ser por técnicos de HISPALYT) dónde y en qué tipo de empresas o para qué tipo de productos es o puede ser aplicable la medida de mejora.

- Divulgar la medida

Se efectuará una labor de difusión con objeto de llegar hasta las empresas objetivo. Se podría utilizar HISPALYT como medio de difusión reconocido en el sector.

- Analizar la aplicación particular en cada empresa

La medida debería ser analizada en cada empresa con el fin de comprobar su aplicabilidad en el equipo o instalación concreto.

8.3. SÍNTESIS: DIFUSIÓN DE LAS MEDIDAS DE MEJORA

- Comprobar la eficacia de la medida.
- Analizar la eficacia de la medida a divulgar.
- Comprobar la aplicabilidad de la medida a otras empresas del sector.
- Divulgar la medida.
- Analizar la aplicación particular en cada empresa.

MEDIDA DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA: ANÁLISIS DE LA EFICACIA	
Título de la medida:	
Equipo/Instalación/Centro de consumo energético en el que es aplicable la medida:	
Posibles proveedores:	
Mejoras obtenibles:	
Ahorro de combustible:	
Ahorro de electricidad:	
Combustible ahorrado sobre el consumo del equipo/Instalación/Centro de consumo:	%
Electricidad ahorrada sobre el consumo del equipo/Instalación/Centro de consumo:	%
Incremento de la producción:	
Pay-Back Simple (años):	
Observaciones:	

Tabla 30: Medida de mejora de la eficiencia energética: Análisis de la eficacia.

Fuente: Elaboración propia

MEDIDA DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA: APLICABILIDAD	
Título de la medida:	
Descripción de la medida:	
Aplicable a:	
Equipo:	
Instalación:	
Beneficios estimados:	
Aumento de producción:	
Ahorro de combustible:	
Ahorro de electricidad:	
Otras mejoras:	
Observaciones:	

Tabla 31: Medida de mejora de la eficiencia energética: Aplicabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXOS

I BIBLIOGRAFÍA

- "Tecnología Cerámica Los Ladrillos". Ezio Facincani.
- Artículos sobre Aprovechamiento y Racionalización en la Industria Cerámica. Asesoría Técnica Cerámica. Publicados en la revista Cerámica Información.
- "Energy Technology in the Bricks and Heavy Clay Sector". Action study 6. Final report. DG XVII. CADEM. Grupo EVE.
- "Technologies for the rational use of energy in the clay brick and tile industry in Maghreb countries". Workshop. Rabat 4-5 Jun, 93. DG XVII. ICIE. IDAE.
- "La gestión energética en el vidrio hueco". Centro de Estudios de la Energía. MIE.
- "Manual de gestión energética en la industria de Fabricación de Pan". IDAE. MINER.
- Situación energética en la industria. "Sectores Vidrio, Materiales Cerámicos y Refractarios". Centro de Estudios de la Energía.
- Técnicas Energéticas en la Industria Cerámica. Centro de Estudios de la Energía.
- "Rentabilidad de las medidas de reducción del consumo energético en el sector ladrillero". Centro de Estudios de la Energía. MIE.
- "Manual de Combustibles en la Industria ". Campsa.
- Energy saving in the brick and tile industry. DG XVII. Thermie.
- Catálogo General de HISPALYT. Año 1997.

II UNIDADES Y EQUIVALENCIAS

UNIDADES BÁSICAS		
MAGNITUD	NOMBRE	SÍMBOLO
Longitud	Metro	m
Masa	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s
Intensidad eléctrica	Amperio	A
Temperatura	Kelvin	k
Cantidad de materia	Mol	mol
Intensidad luminosa	Candela	cd
ALGUNAS UNIDADES DERIVADAS		
Superficie	metro cuadrado	m ²
Volumen	metro cúbico	m ³
Energía, Trabajo o Calor	Julio	J
Presión	Pascal	Pa

MULTIPOS Y SUBMÚLTIPLOS		
FACTOR	PREFIJO	SIMBOLO
1,E-18	Atto	a
1,E-15	Femto	f
1,E-12	Pico	p
1,E-09	Nano	n
1,E-06	Micro	u
1,E-03	Mili	m
1,E-02	Centi	c
1,E-01	Deci	d
1,E+01	Deca	da
1,E+02	Hect	h
1,E+03	Kilo	k
1,E+06	Mega	M
1,E+09	Giga	G
1,E+12	Tera	T
1,E+15	Peta	P
1,E+18	Exa	E

Tabla 32. 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)	Metros cúbicos por segundo (m ³ /seg) Kilogramos por segundo (kg/s)

Tabla 33. Unidades de uso común.

Fuente: Elaboración propia.

UNIDAD	Julios	Kilocalorías	Termias	KWh	Tep
Julio (J)	1	238,89X10 ⁻⁶	238,89X10 ⁻⁹	277,78X10 ⁻⁹	23,889X10 ⁻¹²
Kilocaloría (kcal)	4,186X10 ³	1	10 ⁻³	1,1628X10 ⁻³	10 ⁻⁷
Termia (Te)	4,186X10 ⁶	10 ³	1	1,1628	10 ⁻⁴
Kilowatio hora (kWh)	3,6X10 ⁶	860	860X10 ⁻³	1	86X10 ⁻⁶
tep	41,86X10 ⁹	10 ⁷	10 ⁴	11,6279X10 ³	1

Tabla 34. 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 LEGISLACIÓN

Extracto de normativa legal energética aplicable.

- Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética de España (E4)
- 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.
- Reglamento de redes y acometidas de combustibles gaseosos. REAL DECRETO 1853/1993 de 22 de Octubre. BOE 8/3/1994.
- 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 redes y acometidas de combustibles gaseosos. REAL DECRETO 1853/1993 de 22 de Octubre. BOE 8/3/1994.
- 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 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.
- Reglamento de instalaciones de gas.
- Reglamento del servicio público de gases combustibles.
- Ley del gas. (Ley 10/1987 de 15 de Mayo. BOE 17/6/87).
- 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.
- 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.
- Reglamento de verificaciones eléctricas. Decreto de 12 de Marzo de 1954, BOE 15/04/54.

Cogeneración

- REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- 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.

3

3

PLAN DE ASISTENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR CERÁMICO

