

7

PLAN DE ASISTENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR MADERA

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

COLECCIÓN



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

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: 1.248-2008

ÍNDICE

Presentación	9
Antecedentes	11
1. Introducción	12
1.1. <i>Castilla y León. Datos Generales</i>	12
1.2. <i>Castilla y León. Objetivos</i>	12
1.3. <i>Situación Actual y Tendencias de los Mercados Energéticos</i>	13
1.4. <i>Situación Actual y Tendencias en Castilla y León</i>	14
1.5. <i>Introducción Sectorial</i>	19
1.6. <i>Procesos Productivos</i>	24
1.7. <i>Secado de la Madera</i>	34
1.8. <i>Distribución del Consumo de la Energía</i>	44
2. Objetivos	47
3. Aprovechamiento de energía	48
3.1. <i>Necesidades Energéticas</i>	49
3.2. <i>Selección de las Fuentes de Energía</i>	49
3.3. <i>Gestión de Compras</i>	50
3.4. <i>Electricidad</i>	50
3.5. <i>Combustibles</i>	53
4. Contabilidad energética	55
5. Auditoría energética	60
5.1. <i>Bases de Partida para Desarrollar un Diagnóstico Energético</i>	62
5.2. <i>Análisis Energético de los Secaderos</i>	63
6. Mejoras energéticas	69
6.1. <i>Aprovechamiento de la Energía Solar en el Secado</i>	69
6.2. <i>Aprovechamiento de los Residuos de la Madera para Producción de Energía</i> ..	70
6.3. <i>La cogeneración en el sector de la madera</i>	77
6.4. <i>Ejemplos</i>	79
7. Análisis económico de mejoras	88
7.1. <i>Situación Actual</i>	88
7.2. <i>Propuestas de Mejora</i>	88
7.3. <i>Análisis Económico a Nivel Básico</i>	90
7.4. <i>Análisis Económico en Profundidad</i>	90
7.5. <i>Otros Aspectos a Considerar</i>	91
7.6. <i>Análisis de la Oferta de Financiación</i>	91
8. Mantenimiento energético	92
8.1. <i>Funcionamiento del Secadero</i>	93
8.2. <i>Operaciones de proceso y planta</i>	93
8.3. <i>Alumbrado y fuerza</i>	94
8.4. <i>Transporte</i>	95

9. Formación del personal	95
9.1. <i>Instalaciones de Generación de calor</i>	96
9.2. <i>Instalaciones electromecánicas</i>	96
10. Organización empresarial	96
10.1. <i>El comité de energía</i>	97
10.2. <i>El coordinador de energía</i>	98
10.3. <i>Funciones del inspector</i>	98
10.4. <i>Presentación de los resultados</i>	99
11. Programas de ahorro	99
12. Interrelaciones empresariales	100
ANEXOS	
I Bibliografía	101
II Unidades y Equivalencias	102
III Definiciones	104
IV Combustibles y Características	105
V Legislación.	107

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. Número de Empresas por Subsectores.	21
5. Proceso Productivo: Aserrío.	24
6. Proceso Productivo: Fabricación de Tableros de Partículas.	26
7. Proceso Productivo: Fabricación de Tableros de Fibra.	27
8. Proceso Productivo: Fabricación de Tableros Contrachapados.	28
9. Sierra de Carro Bicorte.	30
10. Torno.	31
11. Prensa para Tableros Contrachapados.	33
12. Preprensa.	33
13. Xilohigrómetro.	35
14. Esquema de un Secadero Tradicional Automático.	39
15. Principio de funcionamiento de secado con bomba de calor en circuito cerrado.	41
16. Secadero con bomba de calor.	42
17. Diagrama Sankey del Proceso de Aserrío. Datos base para un aserradero de madera de frondosas con una capacidad de 100 m ³ /día.	45
18. Diagrama Sankey de Tablero de Partículas. Datos base para una fábrica que produce tableros de partículas de 19 mm de madera de frondosas.	45
19. Diagrama Sankey del proceso de tableros de fibras de media densidad (mdf) para una producción de 300 m ³ diarios.	46
20. Diagrama Sankey del proceso de tableros de contrachapado. Datos base para una fábrica que produce tableros de contrachapados de 5 mm de espesor de madera de frondosas.	47
21. Esquema básico para balance energético de un secadero	64
22. Secadero con Energía Solar	69
23. Residuo tratado apto para ser introducido en el horno.	72
24. Instalación de Caldera de Biomasa.	75
25. Ejemplo de Cogeneración con Residuos de Madera.	77
26. Turbina de Gas.	78
27. Ejemplo 1 de Cogeneración.	81
28. Ejemplo 2 de Cogeneración.	83
29. Ejemplo 3 de Cogeneración.	85
30. Ejemplo 4 de Cogeneración.	87

ÍNDICE DE TABLAS

1. Actividades de Primera Transformación.	20
2. Número de Empresas y Trabajadores por Subsectores.	21
3. Número de Empresas por Plantilla y Actividad Principal.	22
4. Número de Empresas por Comunidades Autónomas.	23
5. Número de Empresas por Subsectores y Comunidades Autónomas.	23
6. Consumo Calorífico de Diferentes Métodos de Secado	43
7. Variables que Intervienen en el Coste de Secado	43
8. Tarifas Eléctricas, I.V.A. excluido.	51
9. Tarifa Industrial para el Gas Natural, I.V.A. excluido.	54
10. Ejemplo de Factura de Gas Natural, I.V.A. excluido.	55
11. Sistemas de Contabilidad Energética y Auditoría Contable.	56
12. Niveles de Sistemas Contables.	57
13. Contabilidad Energética de Nivel 1: Consumo Global de la Industria. Ejemplo para factoría con producción de 700 m ³ de tablero contrachapado.	57
14. Contabilidad Energética de Nivel 2. Datos Mensuales para el proceso de aserrado por m ³ de madera procesada. Datos de referencia para aserradero de Pinus Sylvestris Linneo con producción anual de 9.000 m ³	58
15. Contabilidad Energética de Nivel 2. Datos Mensuales para el proceso de secado por m ³ de madera procesada.	58
16. Contabilidad Energética de Nivel 2. Datos Mensuales para el proceso de fabricación de tableros de partículas	59
17. Contabilidad Energética de Nivel 2. Datos Mensuales para el proceso de fabricación de tableros de fibras mdf con producción de 300 m ³ diarios.	59
18. Contabilidad Energética de Nivel 2. Datos Mensuales para el proceso de fabricación de tableros de chapa.	60
19. Fases de una Auditoría Energética.	61
20. Puntos de medida para balance energético del secadero.	65
21. Calores entrantes en un secadero.	66
22. Calores salientes en un secadero.	67
23. Balance Energético de un Secadero Rotativo.	68
24. Origen de los Residuos de la Madera	70
25. Contenido de Humedad de los Residuos de la Madera	71
26. Aplicaciones de los Residuos de la Madera	72
27. Comparación de Gasificadores.	74
28. Cuadro de Soporte para la Evaluación Preliminar de las Mejoras.	88
29. Análisis Económico de la optimización de la Combustión.	89
30. Sistema Internacional de Unidades.	102
31. Unidades de Uso Común.	102
32. Relación entre las Principales Unidades de Energía, Trabajo o Cantidad de Calor.	103
33. Combustibles Líquidos. Fuelóleo 1 y Fuelóleo 1 BIA	105
34. Combustibles Líquidos. Gasóleo C.	105
35. Combustibles gaseosos. Gas Natural.	105
36. Combustibles gaseosos. Propano.	106
37. Combustibles gaseosos. Butano.	106

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*

7

PLAN DE
ASISTENCIA
ENERGÉTICA
EN EL SECTOR
MADERA

ANTECEDENTES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1. INTRODUCCIÓN

1.1. CASTILLA Y LEÓN. DATOS GENERALES.

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

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

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

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

1.2. CASTILLA Y LEÓN. OBJETIVOS.

Los principales objetivos de esta publicación pueden resumirse en:

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

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

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

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

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

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

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

1.3. SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS DE LOS MERCADOS ENERGÉTICOS

A continuación se presentará, de forma resumida, la situación actual de los mercados energéticos, sus tendencias y la influencia de las mismas en el futuro del Sector de Primera Transformación de la Madera 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 como²:

² Plan de Energías Renovables en España.

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

Producción Nacional de Energía Primaria (ktep)

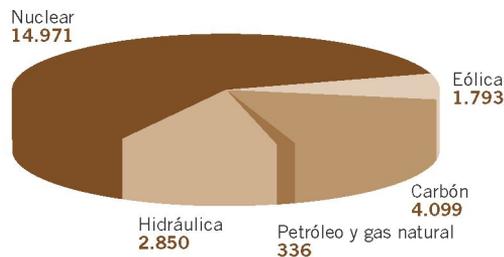


Figura 1. Producción Interior de Energía Primaria (ktep).

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

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

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

1.4. SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS EN CASTILLA Y LEÓN

1.4.1. Producción

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

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

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

³ Fuente Plan Energético Nacional

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

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

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

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

Consumo

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

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

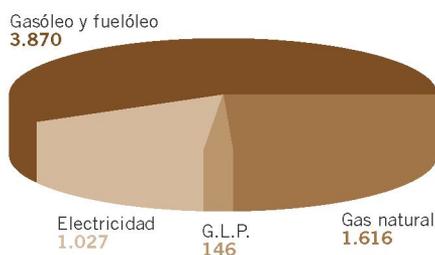


Figura 2. Consumo de Energía Final por Fuentes en Castilla y León (ktep).

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

4 Fuente: Estadística energética de Castilla y León.

5 Fuente: Foro de la Industria Nuclear Española.

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

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

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

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

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

Participación en el consumo de energía por provincias

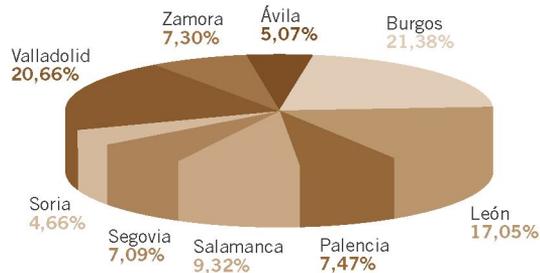


Figura 3. Participación en el Consumo de Energía por Provincias.

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.).

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

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

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

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

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

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

Energía eólica

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

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

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

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

Energía hidráulica

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

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

Bioenergía

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

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

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

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

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

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

Energía Solar

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

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

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

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

Energía geotérmica

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

1.4.2. Situación del Mercado Eléctrico

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

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

1.4.3. Mercado del Gas Natural

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

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

1.4.4. Mercado del Fuelóleo

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

1.5. INTRODUCCIÓN SECTORIAL

La industria de la madera en la Unión Europea engloba un extenso número de industrias de primera y segunda transformación. De acuerdo con el sistema de clasificación de actividades económicas en España, CNAE revisión 1, la industria de la madera se puede subdividir en los siguientes subsectores:

- Aserrado de madera e impregnación (CNAE 20.10).
- Fabricación de tableros y chapas de madera (CNAE 20.20).
- Fabricación de carpintería industrializada y componentes, parquetes y suelos flotantes (CNAE 20.30).
- Fabricación de envases de madera y palets (CNAE 20.40).
- Fabricación de otros productos de madera y fabricación de artículos de corcho (CNAE 20.50).
- Fabricación de muebles (CNAE 36.10).

Constituyen el objeto de este **Plan de Asistencia Energética en el sector madera**, las actividades de Primera Transformación, el aserrado de madera e impregnación y la fabricación de tableros y chapas de madera.

La actividad de aserrío, partiendo fundamentalmente de trozas de diferentes especies, produce distintos productos con destino a la construcción o usos afines (tabla y tablón, traviesas, apeos, vigas, etc.), a la fabricación de envases y embalajes, o con destino a carpintería, ebanistería y mobiliario.

La actividad de fabricación de tableros y chapas de madera está constituida principalmente por tableros derivados de la madera que abastece a la carpintería, al envase y a los muebles. Se incluyen diversas industrias que, atendiendo al producto fabricado y al proceso de fabricación, se pueden dividir en: tableros contrachapados, tableros de fibras de madera (incluyendo tableros de densidad media (MDF) y tableros de fibras duros), tableros de partículas de madera y otros tableros (OSB, Waferboard y tableros de partículas-cemento).

Los tableros contrachapados se destinan al envase y a la industria de la carpintería y muebles, y hay que distinguir dos tipos, según su tamaño. Los de superficie inferior a un metro cuadrado que se transforman en tablillas para envase y cuya materia prima es el chopo, y los de mayores dimensiones, de aplicación en carpintería y en muebles, generalmente llevan al menos una cara de madera tropical.

Relacionadas a este sector existen unas actividades de equipamiento de especial interés:

- Maquinaria de diverso tipo y usos industriales: utillaje de corte y aserrado, maquinaria formadora, de prensado, descortezadoras, sierras, moldureras, calibradoras, encoladoras, fresadoras, lijadoras y troqueladoras, entre otras.
- Bienes de equipo: calderas, secaderos, equipos de aspiración y silos, grúas, autocargadoras y puentes grúas, entre otros.

<p>Tabla y tablón construcción Traviesas Postes, apeos y puntales Vigas de madera Madera envases Madera palets Tabla importación Madera para carpintería Otros</p>	<p>Chapa decorativa Tablero contrachapado Tableros de partículas Tablero de fibras media densidad (MDF) Tablero fibras alta densidad Tablero fibras orientadas (OSB) Tablero alistonado Otros</p>
--	---

Tabla 1: Actividades de Primera Transformación

Fuente: Elaboración Propia.

El sector de la madera y el mueble cuenta con un gran peso dentro de la industria del país por su número de empresas (40.678, de las que 21.404 se dedican a la fabricación de muebles y 19.274 a otros sectores de la madera¹⁰) y por el empleo que genera, ya que ocupa a 237.777 trabajadores, de los que 134.043 corresponden al sector del mueble, es decir más del 56%, y el resto (103.734) a otras industrias transformadoras.

En un sentido global, la industria de la madera abarca la transformación de la madera en productos de consumo. Haciendo una clasificación sencilla, distinguimos entre industria de primera transformación, que origina productos semielaborados (empresas de tableros y de aserrado y preparación industrial de la madera), y de segunda transformación, que proporciona productos finales (empresas de envases y embalajes, de muebles, carpinterías...). Así, el sector presenta una gran multiplicidad en cuanto al número de actividades y de empresas que lo componen, siendo éstas fundamentalmente PYMES (el 94,49% de las industrias, un total de 38.437, tiene menos de veinte empleados, y 26.293 empresas tienen dos o menos de dos, lo que equivale al 64,63% del total de empresas). El 34,94% de las empresas del sector, un total de 14.214 empresas, no tienen asalariados.

A continuación se muestra el número de empresas y trabajadores que hay en cada uno de los subsectores:

¹⁰ Fuente: El Sector en Cifras, Confederación Española de Empresas de la Madera (Confemadera), 2004.

TIPO DE ACTIVIDAD	Nº DE EMPRESAS	Nº DE EMPLEADOS
Aserrado y cepillado de madera	1.804	12.408
Fabricación de chapa, tableros, alistonados de partículas aglomeradas, de fibra y de otros tableros	516	13.098
Fabricación estructuras de madera y piezas de carpintería y ebanistería para la construcción	12.315	52.737
Fabricación de envases y embalajes	1.130	9.637
Otros productos de madera: corcho, espartería y cestería	3.509	15.854
Fabricación de Mueble	21.404	134.043
TOTAL	40.678	237.777

Tabla 2: Número de Empresas y Trabajadores por Subsectores.

Fuente: Confemadera, 2004.

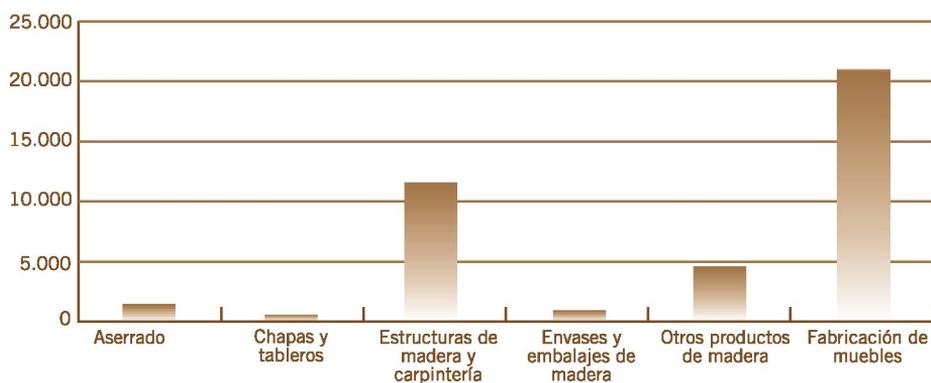


Figura 4. Número de Empresas por Subsectores.

Fuente: Confemadera, 2004.

La estructura de los diferentes subsectores se muestra a continuación en las tablas, que ofrecen una visualización general de la situación española en cuanto a número de empresas por plantilla, y volumen de negocio.

Otro dato relevante del sector de la madera en España es su concentración en unas cuantas Comunidades Autónomas. Así, respecto al nivel de negocio generado, ocupan los primeros puestos la Comunidad Valenciana, Cataluña, Andalucía y Galicia; la primera destaca también por ser la que cuenta con mayor número de empleados, seguida de Cataluña, Andalucía, Madrid, Castilla-La Mancha y Galicia.

Por número de empresas, se sitúa a la cabeza Cataluña, seguida de Andalucía y la Comunidad Valenciana.

NÚMERO DE EMPRESAS POR PLANTILLA Y ACTIVIDAD PRINCIPAL							
Asalariados	Aserrado y cepillado de la madera	Fab. chapas y tableros	Fab. estruct. y piezas carpint.	Fab. envases y embalajes	Otros productos de madera	Fab. muebles	TOTAL
0	340	66	4.587	234	1.521	7.466	14.214
1 a 2	514	71	4.162	260	906	6.166	12.079
3 a 5	370	83	1.788	211	459	3.106	6.017
6 a 9	249	63	791	152	254	1.789	3.298
10 a 19	226	91	591	168	228	1.525	2.829
20 a 49	91	95	332	84	109	1.040	1.751
50 a 99	9	24	43	17	22	221	336
100 a 199	4	16	10	3	7	60	100
200 a 499	1	5	9	1	3	22	41
500 a 999	0	2	2	0	0	7	11
1.000 a 4.999	0	0	0	0	0	2	2
TOTAL	1.804	516	12.315	1.130	3.509	21.404	40.678

Tabla 3: Número de Empresas por Plantilla y Actividad Principal.

Fuente: Confemadera, 2004

Número de empresas por Comunidades Autónomas en el Sector de la Madera y el Mueble				
	Nº EMPRESAS			% TOTAL SECTOR ESPAÑA
	MADERA	MUEBLE	TOTAL MADERA Y MUEBLE	
TOTAL NACIONAL	19.274	21.404	40.678	100
Andalucía	2.222	3.347	5.569	13,7
Aragón	610	659	1.269	3,12
Asturias	445	443	888	2,18
Baleares	706	536	1.242	3,05
Canarias	755	638	1.393	3,42
Cantabria	344	170	514	1,26
Castilla-León	1.235	1.114	2.349	5,77
Castilla-La Mancha	1.111	1.263	2.374	5,84
Cataluña	3.644	3.499	7.143	17,56
C. Valencia	2.508	3.031	5.539	13,62
Extremadura	524	380	904	2,22
Galicia	1.806	1.200	3.006	7,39

Madrid	1.168	2.492	3.660	9
Murcia	520	1.010	1.530	3,76
Navarra	402	228	630	1,55
País Vasco	1.072	1.148	2.220	5,46
La Rioja	201	235	436	1,07
Ceuta y Melilla	1	11	12	0,03

Tabla 4: Número de Empresas por Comunidades Autónomas.

Fuente: Confemadera, 2004.

En lo referente a los diversos subsectores, y en lo que respecta al número de empresas, la industria del aserrado se concentra principalmente en Galicia, con 484 empresas dedicadas a esta actividad; en chapas y tableros, con 238 empresas, destaca la Comunidad Valenciana; en carpintería, con 2.427 empresas; en fabricación de envases y embalajes de madera, con 206 empresas; y en fabricación de otros productos de madera, con 791 empresas, sobresale Cataluña, así como en número de empresas dedicadas a la industria del mueble, con un total de 3.499.

<i>Comunidad</i>	<i>Aserrado y cepillado de madera</i>	<i>Chapa, tableros, alistados de partículas aglomeradas, de fibra y otros tableros</i>	<i>Estructuras de madera, piezas de carpintería, ebanistería para la construcción</i>	<i>Fabricación de envases y embalajes</i>	<i>Otros productos de madera: corcho, espartería y cestería</i>	<i>Total Sector Madera (excluido mueble)</i>
Andalucía	119	45	1.490	181	387	2.222
Aragón	48	11	432	42	77	610
Asturias	99	0	257	9	80	445
Baleares	24	0	581	1	100	706
Canarias	25	1	668	14	47	755
Cantabria	17	1	272	11	43	344
Castilla-León	284	26	719	63	143	1.235
Castilla-La Mancha	86	16	795	33	181	1.111
Cataluña	186	34	2.427	206	791	3.644
Valencia	122	238	1.311	195	642	2.508
Extremadura	36	0	317	18	153	524
Galicia	484	36	1.024	59	203	1.806
Madrid	39	40	720	68	301	1.168
Murcia	33	16	298	75	98	520
Navarra	44	16	289	18	35	402
País Vasco	143	30	591	115	193	1.072
La Rioja	15	6	123	22	35	201

Tabla 5: Número de Empresas por Subsectores y Comunidades Autónomas. Fuente: Confemadera, 2004.

Teniendo en cuenta todos los subsectores de la madera, en el ranking de las Comunidades Autónomas con una mayor presencia de empresas dedicadas a alguna de las actividades que se enmarcan dentro de la industria de la madera y el mueble (CNAE 20 y 36.1) destacaría en primer lugar Cataluña, seguida en el segundo puesto por Andalucía y continuación la Comunidad Valenciana, Madrid y Galicia.

La siguiente tabla muestra el número de empresas de la madera por subsectores y Comunidades Autónomas:

1.6. PROCESOS PRODUCTIVOS

1.6.1. Aserrado

Los principales productos que se pueden obtener mediante el aserrado de madera son los siguientes: tabla, tablilla, tablón, piccerío, largueros, viguetas, cachones, listones, etc.

El aserrado es la actividad menos compleja de la primera transformación de la madera. Incluye una serie de operaciones que van desde la manipulación y transporte, al secado, selección y clasificación, que requieren de la utilización de distintos tipos de energía.

El primer paso previo al aserrado es el descortezado, necesario para separar un residuo que es indeseable en las industrias de la desintegración. Además se evita el desgaste excesivo de los elementos de corte, ya que ésta suele incluir impurezas como piedras, arena y elementos metálicos. La corteza eliminada se puede emplear como combustible.

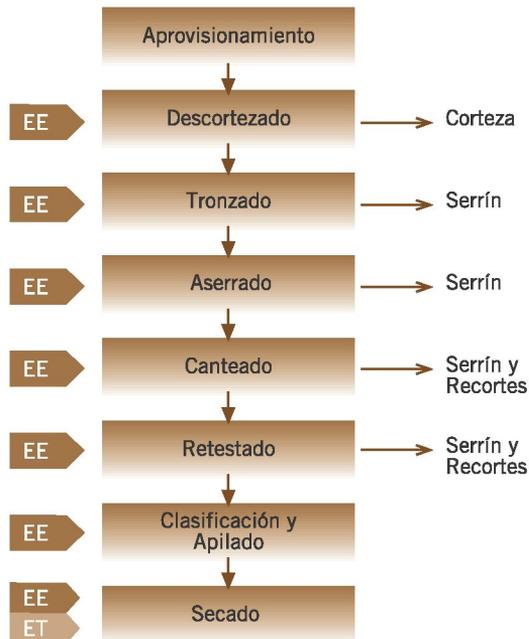


Figura 5. Proceso Productivo: Aserrío.

Fuente: Elaboración Propia.

Los fustes descortezados se tronzan al tamaño adecuado para la sierra de carro y, tras pasar por varias sierras, son eliminados los costeros, cantos y testas que se pueden emplear como combustible o en la industria de la desintegración. Otro subproducto que se obtiene es el serrín, que puede ser empleado como combustible, o en ganadería.

Antes de cualquier transformación posterior de la madera aserrada es necesario proceder a su secado, ya que el agua es un elemento que se interpone entre esta y la cola o cualquier producto que se quiera agregar. Pero más importante aún es que la madera al perder agua cambia sus dimensiones por lo que es necesario reducir su humedad hasta niveles que hagan que la variación del tamaño se minimice.

Para minimizar el coste es aconsejable realizar un secado previo al aire para evitar que la madera entre completamente verde. No es bueno forzar la velocidad del secado, ya que se aumenta bastante el consumo energético.

Como el secado de la madera consume un 70% de la energía de todo el proceso, es una práctica aconsejable el uso de los residuos como fuente de combustible. Si no está generalizada esta práctica es debido a que la parte secada con calor no es la totalidad de la madera aserrada y los hornos necesarios son de mantenimiento más costoso y menos cómodo.

La figura anterior muestra un diagrama de proceso en donde se indica en cada operación de fabricación el tipo de energía consumida, energía eléctrica (E.E.) o energía térmica (E.T.), así como el subproducto generado.

1.6.2. Tablero de partículas.

En este proceso se obtienen tableros a partir de astillas de madera unidas mediante colas y posteriormente prensadas.

Para la fabricación de estos tableros es necesario eliminar la corteza de la materia prima. A veces es necesaria una humectación previa, que facilita la operación. Como subproducto se obtiene corteza, que se suele emplear como combustible.

Una vez que se tiene la madera limpia de corteza se procede a obtener astillas de aproximadamente 0,2 mm de espesor para la parte externa del tablero y de 0,5 mm para el interior. Para que las partículas tengan el tamaño adecuado se procede a una trituración que rompa las partículas más anchas. Después de un proceso de clasificación, las partículas que exceden del tamaño previsto vuelven a ser enviadas al molino.

Antes de seguir el proceso de formación del tablero es necesario secar las astillas para que la cola se pueda adherir a ellas. Las astillas pasan de tener una humedad muy alta (saturadas) hasta un 3-5%.

Es necesario clasificar las partículas para eliminar las que sean excesivamente pequeñas, que producen un gasto de cola excesivo, y para poder situar las más finas en la parte exterior y que el tablero tenga un mejor acabado.

Las partículas se mezclan con la cola y se procede a la formación de la manta. Para dar a la manta una mayor consistencia se realiza un pre-prensado en frío, lo que facilita su transporte. También se reduce su volumen, lo que disminuye el recorrido de los émbolos de la prensa caliente. Para que fragüe la cola es necesario que se tengan unas condiciones de presión y temperatura determinadas. Mediante

una prensa con platos que proporcionan calor se hace que la manta tenga una presión de alrededor de 25 kg/cm² y una temperatura de 100 °C. Por último se hace que el tablero baje rápidamente su temperatura, a unos 30 °C

Después, el tablero se termina con un escuadrado para que tengan las dimensiones deseadas y lijado para suavizar las caras. Como subproducto se obtiene polvo de lija, que no puede ser empleado en la formación del tablero debido al elevado gasto de cola que ocasionaría.

Los tableros de partículas pueden ser de prensado plano, en cuyo caso las partículas quedan paralelas a la cara del tablero, o por extrusión quedando las partículas perpendiculares a la cara del tablero. Éstos últimos necesitan de algún tipo de revestimiento para poder emplearlos.



Figura 6. Proceso Productivo: Fabricación de Tableros de Partículas.

Fuente: Elaboración Propia.

1.6.3. Tablero de Fibra

En este proceso productivo se consiguen tableros a partir de la separación de las fibras de la madera o de otro material vegetal y su posterior prensado. Dependiendo de los aditivos que se añadan a las fibras se pueden obtener tableros con distintas propiedades, variable resistencia a la humedad y al fuego.

En el proceso productivo del tablero de fibra, a igual que en la industria de tableros de partículas, se realiza el descortezado para eliminar un producto de características muy diferentes a la madera. La corteza es un subproducto que se emplea como combustible para el proceso.

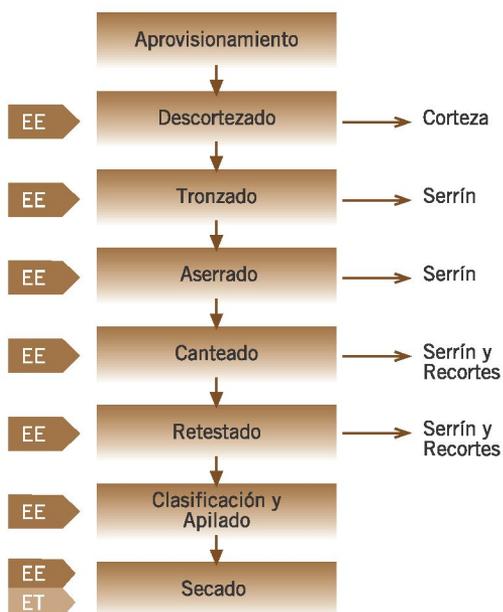


Figura 7. Proceso Productivo: Fabricación de Tableros de Fibra.

Fuente: Elaboración Propia.

Posteriormente, y como paso previo a la obtención de fibras, se realiza un astillado. Estas astillas se mezclan con vapor de agua, que va entrando en el desfibrador. La separación de las fibras se consigue al hacer pasar las astillas entre dos discos. La operación se ve facilitada al realizarse a elevada presión y temperatura.

La formación de la manta puede realizarse en seco o en húmedo. El afieltrado en húmedo es similar a la formación del papel y tiene menores complicaciones técnicas. Actualmente se tiende a la formación en seco, similar a la formación de tableros de partículas. Para ello es necesario secar las fibras previamente.

Con las fibras secas se procede a su mezcla con los aditivos necesarios y a la formación de la manta. Ésta se hace pasar por rodillos que van reduciendo su espesor y, por último, pasa por una prensa caliente en la que se obtiene el tablero.

Para finalizar, se recorta el tablero a las dimensiones requeridas y se realizan los tratamientos superficiales que requiera para su uso final. Como subproducto de esta operación se obtienen los recortes del tablero y el polvo de lijado. Éstos, junto al resto de desechos, se utilizan como combustible para generar energía calorífica que se emplea en generar vapor para el desfibrado, calentar aceite térmico para el prensado y secar las fibras con los gases de escape.

1.6.4. Tablero Contrachapado

En la fabricación de tableros contrachapados se obtienen tableros formados por chapas delgadas de madera, encoladas, con las fibras formando un ángulo de 90°. De esta forma se consiguen tableros con propiedades resistentes, más regulares y mejores que las que tiene la madera aserrada.

En este proceso, el primer paso es el acondicionamiento y limpieza de la madera. Se realiza el tronzado para que las trozas tengan la medida adecuada para el torno en el que se obtiene la chapa. En el torno se realiza el descortezado y cilindrado. Es interesante que el torno tenga una cuchilla especial para estas operaciones, ya que se provoca un mayor desgaste de la cuchilla que en el desenrollado. La corteza y las primeras capas de madera son subproductos que se suelen emplear como combustible

La chapa que sale del torno se cizalla y almacena en pilas preparadas para el secado. El cilindro central que no se puede desenrollar se emplea para torneado o como combustible.

Como en toda la industria de la madera, es necesario el secado de la misma para poder acondicionar la chapa a los límites óptimos para el encolado y prensado posterior. Es fundamental que se llegue a un 6-8% de humedad para que el tablero no se desencole. Este proceso absorbe el 70% de la energía térmica de la fábrica, por lo que el perfeccionamiento del mismo puede redundar de forma importante en el ahorro energético de la factoría.

En la figura 8 se describe el esquema seguido en la fabricación de contrachapados así como el tipo de energía aportada en cada operación básica del mismo.

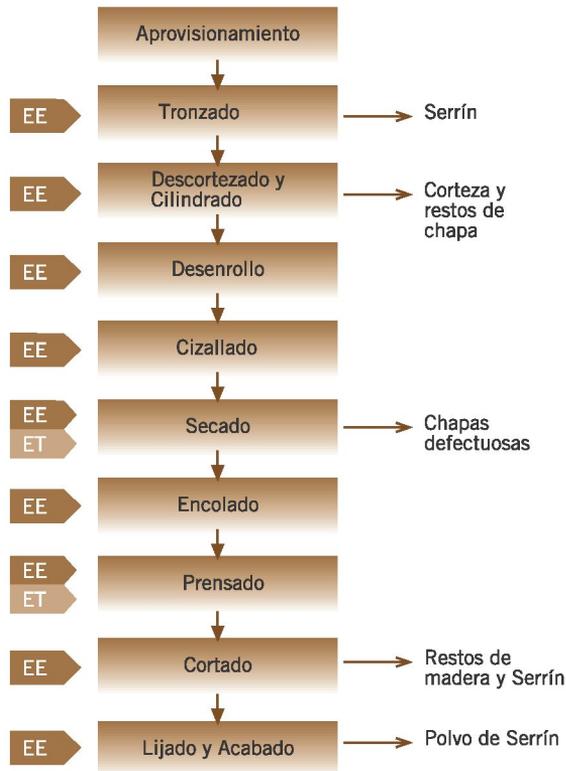


Figura 8. Proceso Productivo: Fabricación de Tableros Contrachapados.

Fuente: Elaboración Propia.

1.6.5. Principales Operaciones Básicas y Equipos más importantes

En las industrias de la Primera Transformación de la madera la energía es suministrada en forma de energía térmica y energía eléctrica.

El consumo de energía térmica supone entre el 85 y el 90% del total de la energía primaria utilizada en los procesos. Se emplea principalmente en el secado de los distintos productos finales, como es el caso de la madera procedente de aserrado, o intermedios, como las astillas para tableros de partículas. También las operaciones de prensado en caliente y desfibrado emplean un gran aporte de energía térmica.

La energía eléctrica se emplea en la mayoría de los motores, en compresores y en el alumbrado. Las máquinas que mueven estos motores son descortezadoras, sierras, astilladoras, prensas, cintas transportadoras, etc.

Los consumos más importantes de energía eléctrica se originan en el transporte de materiales (del 15 al 30%), los compresores (20%) y las sierras (30%).

El transporte de materiales dentro de la fábrica es uno de los principales gastos energéticos de la producción, es necesario minimizar sus desplazamientos en lo posible, con una buena planificación de la disposición de parque de madera, la maquinaria de cada operación y la zona de almacenaje de productos terminados. La disposición de los equipos y depósitos de materiales dentro de la factoría pueden favorecer de manera decisiva el ahorro energético.

El equipo de manipulación de trozas y la organización dentro del parque de madera debe permitir una cómoda selección de materia prima de características homogéneas que permitan que el rendimiento pueda ser mayor y el gasto energético menor.

A continuación se muestran las principales operaciones que se realizan en la industria de primera transformación y que poseen los mayores consumos energéticos.

1.6.5.1. Transportes de materiales

La elección del sistema de transporte determina las demandas globales de energía. Los sistemas de transporte neumático consumen entre 10 y 20 veces la energía requerida por transportes mecánicos, ya que la proporción de aire necesaria para el transporte de poca cantidad de material es muy grande. Sólo es aconsejable cuando las distancias a las que hay que transportar son muy elevadas (superiores a 300 m) ya que la inversión es menor.

Los sistemas de transporte mecánico pueden ser muy aconsejables en distancias pequeñas. Gracias a la mejora de los materiales que ofrecen menor resistencia y con una menor necesidad de tensión, ya que son prácticamente inextensibles, su requerimiento energético es menor.

El transporte mediante tornillo helicoidal se adapta muy bien al transporte de astillas, partículas y residuos para pequeñas distancias, pudiendo además aprovechar la fuerza de la gravedad si se colocan inclinados.

Los transportadores de cadenas son útiles para trozas en distancias menores de 100 m a velocidad baja.

Es fundamental que dentro de la factoría existan zonas reguladoras de carga que permitan el funcionamiento de la maquinaria sin interrupciones constantes que hacen que la energía consumida por los

motores no sea aprovechada correctamente al estar trabajando en vacío. Estas zonas también permiten absorber los ceses de salida de productos intermedios debidos a fallos en alguna máquina, sin que se vean afectadas el resto de las operaciones.

Para el aserrado, el transporte de materiales durante el proceso puede suponer un consumo eléctrico de 14 kWh/m³, 36 kWh/m³ en la fabricación de tableros de partículas, 30 kWh/m³ en la fabricación de tableros de fibras y 35 kWh/m³ en la fabricación de tableros contrachapados

1.6.5.2. Aserrado

El aserrado consume energía eléctrica, que para coníferas y maderas blandas es alrededor de 15 kWh/m³ y para frondosas de 20 kWh/m³. El consumo se produce principalmente en los motores eléctricos que mueven las sierras, en los compresores que producen aire comprimido para sujeción y volteo de trozas en la sierra de carro y en los movimientos de los elementos de corte.

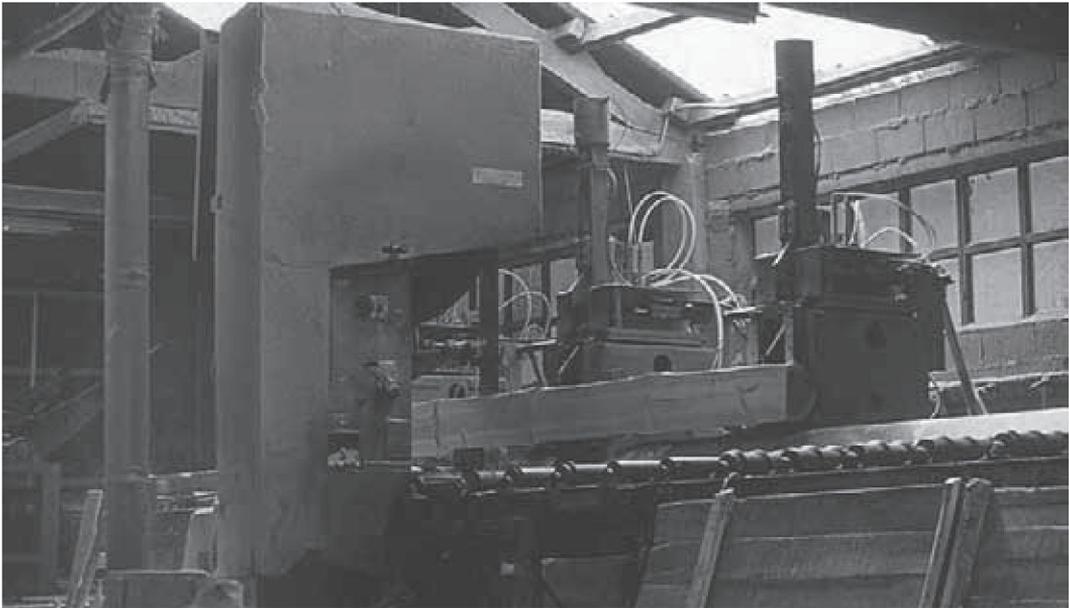


Figura 9. Sierra de Carro Bicorte.

Fuente: Gentileza de Antonio Alonso, S.A.

La sierra de carro se emplea para el despiece principal de las trozas, siendo lo más común que el sistema de corte sean sierras de cinta de grandes dimensiones, que resultan más caras pero con menores desperdicios que las de disco.

El rendimiento energético de las máquinas de aserrado puede mejorarse con las siguientes acciones:

- Afilado adecuado.
- Efectuar la carga regular en cuanto a tiempos y tamaños para que no se trabaje en vacío.

- Emplear compresores cuyo tamaño sea tal que normalmente esté funcionando cerca de su carga plena para optimizar su rendimiento.
- Tener varias unidades de compresores pequeñas y cerca de su punto de consumo, evitando pérdidas de carga en la línea.
- Situar la entrada de aire al compresor en un lugar fresco, seco y libre de impurezas o polvo.
- Evitar el funcionamiento en vacío de los motores eléctricos.
- Adecuar la potencia de los motores para que su régimen de funcionamiento sea próximo a su potencia nominal, pero con capacidad para asumir las puntas de producción.
- Ajustar el factor de potencia de los motores lo más próximo a la unidad.

1.6.5.3. Desenrollo

La energía eléctrica en esta operación se consume en los motores eléctricos que hacen girar el torno, y en los compresores que producen aire comprimido para sujeción de trozas y movimientos de los elementos de corte.

La energía consumida en el desenrollo es de 55 kWh/m³ y depende principalmente del diseño, selección y mantenimiento de la cuchilla de corte, que a su vez está determinada por las características de las trozas a desenrollar.

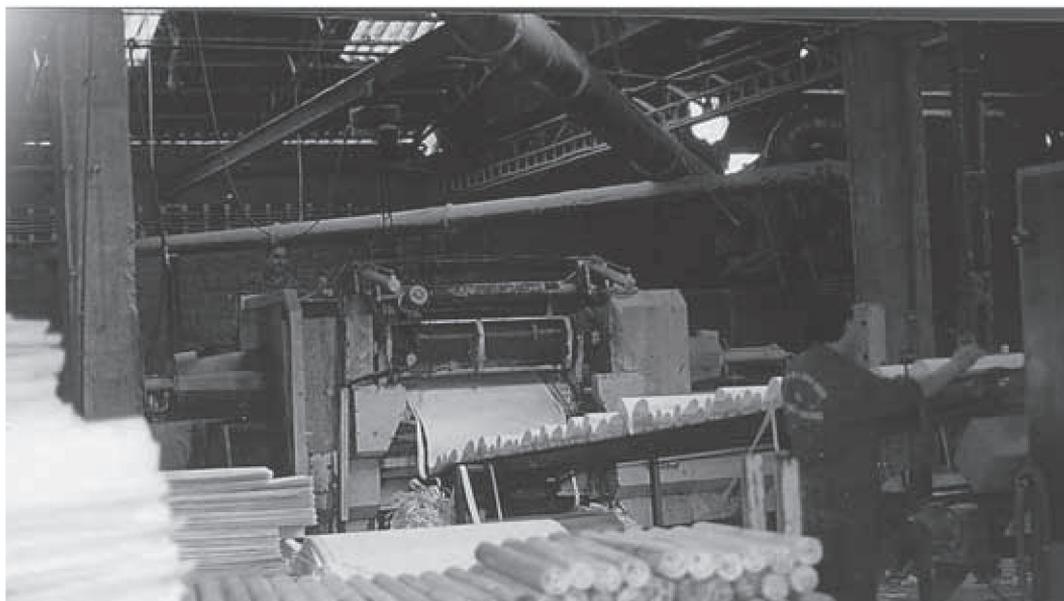


Figura 10. Torno.

Fuente: Gentileza de Gaspar Rosa S.L.

En el torno se suelen realizar también las operaciones de descortezado y cilindrado, pero es aconsejable que incorpore una cuchilla especial que realice esta operación y reducir el desgaste de la cuchilla de desenrollo.

La productividad del torno se puede mejorar con:

- la automatización de las operaciones de carga, centrado y ajuste de al troza en el torno.
- el consumo de la madera lo más verde posible o mantenerla húmeda en tanques de almacenamiento o regada con aspersores, ya que una elevada humedad de las trozas facilita el desenrollo y produce chapas de mayor calidad

1.6.5.4. Astillado

El astillado consume energía eléctrica, empleada en los motores eléctricos que mueven las cuchillas y en los que alimentan de madera la astilladora.

Las astilladoras pueden ser de disco o de tambor (adecuadas para trabajar con troncos, costeros o listones) y molinos (adecuados para residuos de madera y reducción de astillas).

El consumo de energía en el astillado depende de las características de la madera que se emplee y del tamaño de las partículas que se quiera conseguir; este consumo toma valores de entre 55 y 65 kWh/m³.

Para reducir el consumo energético en el astillado se deben realizar las siguientes acciones:

- controlar las dimensiones de las astillas de la partida.
- regular la humedad de la materia prima de la partida.
- elegir la máquina más adecuada a la materia prima que se utilice en mayor proporción.
- emplear velocidades correctas en el disco.
- controlar que los conductos que alimentan las trozas estén en el mismo ángulo en el que van a salir las astillas.
- emplear astilladoras de tambor y de espirales, que tienen menor desgaste de cuchillas y menor consumo de energía que las convencionales de disco.
- incluir controladoras de flujo antes de las refinadoras para que este sea constante y el consumo menor.

1.6.5.5. Prensado

El prensado consume energía eléctrica y energía calorífica. Con la energía eléctrica se genera energía hidráulica para accionar los platos de las prensas, y con la energía calorífica se calientan éstos y se produce la temperatura necesaria para el fraguado de la cola.

En el prensado de tablero contrachapado se suelen emplear prensas de platos múltiples, adecuadas al tamaño de los tableros que se quieren fabricar. El consumo eléctrico es de aproximadamente 15 kWh/m³. La energía calorífica es de 172 te/m³.



Figura 11. Prensa para Tableros Contrachapados.

Fuente: Gentileza de Gaspar Rosa S.L.

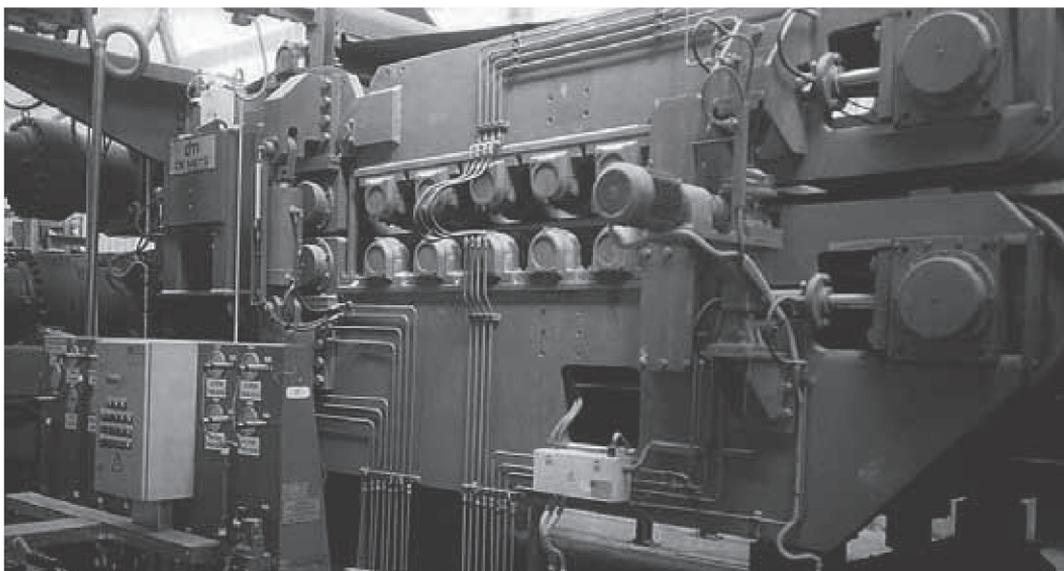


Figura 12. Prerensa.

Fuente: Gentileza de Interbon.

Las prensas pueden ser discontinuas o continuas. Las continuas tienen la ventaja de que facilitan el proceso, por no tener interrupciones para cargar y descargar la prensa, pero son más complicadas técnicamente, y, por lo tanto, más caras.

El consumo eléctrico de las prensas toma valores de 20 kWh/m³. La energía térmica consumida es más variable, ya que depende de condiciones ambientales, estando su valor entorno a 180 te/m³.

Para reducir el consumo energético en el prensado se pueden realizar las siguientes acciones:

- El empleo de aceite térmico permite alcanzar temperaturas bastante más elevadas, con lo que se puede reducir la presión y el tiempo de prensado.
- El tamaño de las prensas debe ser suficiente para hacer frente a cargas punta sin estar muy por encima de su régimen máximo. Sin embargo, no debe ser excesivamente grande pues trabajarían a una fracción de su régimen con pérdidas de radiación elevadas y un rendimiento bajo.
- El control automático de la combustión siempre redundará en un mayor rendimiento de la caldera al tener siempre la proporción correcta de aire y combustible.
- Cuando el combustible empleado son residuos de madera, es necesario que esté lo más seco posible para así aumentar su poder calorífico.
- La conducción del fluido que transmite el calor de la caldera a los puntos de consumo debe realizarse por conductos del tamaño adecuado y con un aislamiento que reduzca las pérdidas al mínimo posible. Asimismo, es aconsejable que estos puntos de consumo estén lo más cerca posible de la caldera.

1.6.5.6. Varios

Hay servicios de las industrias que no forman parte del proceso productivo, pero que son imprescindibles para el mismo y suponen un consumo considerable de energía

Se debe tender a mejorar el factor general de potencia con la ayuda de una batería de condensadores. También hay que mantener las puntas lo más bajas posible, por ejemplo accionando los equipos de manera escalonada.

En el alumbrado suele ser más rentable fijarse en la eficacia del diseño y funcionamiento del sistema de alumbrado que en el coste inicial del mismo. Las lámparas pierden eficiencia con el tiempo, por lo que es aconsejable elegir las de mayor eficacia.

Otra importante medida de ahorro consiste en aprovechar la luz natural con ventanas y claraboyas adecuadas y paredes de colores claros para reflejarla lo más posible.

1.7. SECADO DE LA MADERA

Aproximadamente entre el 80% y el 90% de la energía consumida en estas industrias lo constituye la operación del secado. Aunque los principios que intervienen en la eliminación de la humedad de la madera son fundamentalmente los mismos, hay que examinar por separado cada sistema de secado para evaluar en que forma influye en la demanda de energía.

El secado de la madera es una de las fases que consume más energía y puede originar fuertes pérdidas de materia prima si se realiza incorrectamente, con los consiguientes gastos para los industriales del sector.

Uno de los aspectos más importantes para poder optimizar la operación de secado, consiste en determinar con precisión la humedad de la madera que se va a secar y las sucesivas humedades de los testigos durante el control del proceso.

El contenido de humedad de la madera se define como el cociente entre la masa de agua presente y la masa de la madera totalmente seca (anhidra), expresado en tanto por ciento.

$$h = \frac{M_h - M_o}{M_o} \times 100$$

Siendo:

h = Humedad de la madera (%)

M_h = Masa de la madera húmeda

M_o = Masa de la madera totalmente seca (anhidra)

Para medir la humedad de la madera pueden utilizarse dos métodos: por pesadas o mediante un xilohigrómetro.

La **pesada** es un método lento pero muy exacto. Consiste en extraer una muestra de madera representativa de la pieza que se quiere calcular la humedad y pesarla (se obtiene M_h). Posteriormente, se introduce en una estufa a 103 ± 2 °C hasta que alcanza una masa constante (24 - 48 horas) y se vuelve a pesar, determinando M_o . Aplicando la fórmula anterior se obtiene la humedad de la pieza de madera.

El **xilohigrómetro** es un método instantáneo. La medida se efectúa insertando dos electrodos con los que viene dotado el equipo hasta una profundidad 1/3 del espesor de la pieza. El equipo mostrará el valor instantáneo del porcentaje de humedad.



Figura 13. Xilohigrómetro.

Fuente: Gentileza de Matramsa.

1.7.1. Secado de madera aserrada

En el aserradero el secado representa entre el 70% y el 90% de las necesidades totales de energía. El secado toma su energía de dos fuentes principales: energía eléctrica para mover los ventiladores de circulación y calor para la operación térmica de secado.

Los secaderos progresivos, en cadena o continuos, son de instalación más económica y consumen menos energía eléctrica y entre un 10% y 35% menos de energía térmica que los secaderos discontinuos de cargas o por tandas.

Dado que entre el 10% y 20% del consumo total de calor se pierde normalmente a través de la estructura del secadero, es de absoluta necesidad que la calidad y el espesor del aislante utilizado sea tal que se reduzcan a un mínimo las pérdidas térmicas.

El calentamiento del secadero puede realizarse por medios indirectos, transmitidos por vapor, agua caliente o aceite térmico o mediante combustión directa, en cuyo caso los gases de combustión o el aire caliente procedente de una fuente exterior se dirige a éste.

Los combustibles que se suelen utilizar más comúnmente son gasóleo, fuelóleo, gas natural o residuos de aserradero.

La circulación de aire es indispensable en la operación de secado pues transmite la energía térmica a la superficie de la madera y evacúa la humedad evaporada a través de los orificios de ventilación. Son normales unas velocidades entre 1,8 y 3 m/s. En el diseño del secadero es conveniente considerar una velocidad mínima que permita un secado eficaz de la carga, dado que el consumo de energía aumenta en función del incremento de la velocidad del aire.

1.7.2. Secado de Chapa

El secado de chapa es comparable bajo muchos aspectos al secado de madera y absorbe un 60% del total de la energía consumida en la fabricación de tableros contrachapados.

Se consideran normales unas temperaturas de secado comprendidas entre 90 °C y 160 °C, aunque el empleo de temperaturas superiores da lugar a una reducción en el tiempo de secado y a un aumento de la capacidad. Pueden conseguirse buenos ahorros con diseños de secaderos que permitan un elevado calor inicial en la zona verde, que luego se gradúa hasta conseguir temperaturas menores antes de la salida de la chapa. Se utilizan con éxito gradientes de temperatura de hasta 300 °C a 170 °C.

Los sistemas de calentamiento, la entrada de aire fresco de alimentación y las velocidades para la circulación del aire, son elementos que pueden regularse automáticamente con arreglo a las condiciones del secadero y al grado de eliminación de la humedad de la madera aserrada o de la chapa. En el caso de secaderos de chapas, los detectores automáticos de humedad contribuyen a optimizar la velocidad de alimentación de las hojas lo que implica una mejor eficiencia del secado y una reducción del consumo de energía.

1.7.3. Secado de partículas

La necesidad de secar el material que se emplea en los tableros de partículas hasta niveles de 3% - 8% de contenido de humedad para su empleo con resinas líquidas obliga a un consumo del 60%

- 65% de energía. El proceso de secado es continuo, pues las partículas se secan normalmente en suspensión mediante gases derivados de la combustión.

La uniformidad en el material de alimentación es indispensable para la eficiencia de la operación del secado. Las variaciones en el tamaño de partículas, en su contenido de humedad y en el ritmo de alimentación provocan un efecto negativo en el secadero, dando lugar a un material secado en exceso o en defecto, a una demanda excesiva de energía y a un producto final de calidad inferior.

El calentamiento del secadero se realiza principalmente mediante combustión directa de combustibles líquidos, gas natural o residuos muy desmenuzados para conseguir temperaturas de hasta 870 °C. Aunque los secaderos de tubo están diseñados para su caldeo indirecto, que elimina el riesgo de incendio, la eficiencia de la transmisión térmica es muy inferior en comparación con el caldeo directo.

El proceso de secado requiere empleo de grandes volúmenes de gases tanto para el caldeo como para el transporte de las partículas a través del secadero, lo que supone aproximadamente 4 m³ de gases por cada kg de agua evaporada.

Para protegerse contra un secado por exceso o por defecto, que daría lugar a un despilfarro innecesario de energía térmica, hay que controlar las temperaturas de secado de acuerdo con el tipo y contenido de humedad del material: las virutas verdes suelen secar a temperatura de 650-750 °C, mientras que se aplican temperaturas entre los 260-310 °C para material que ha sufrido un secado previo.

El control de las temperaturas, la velocidad de la rotación del secadero, el índice de alimentación de partículas, tiempo de parada y contenido final, de acuerdo con el tamaño y contenido de la humedad de las partículas, provocan un mejor control del secado y una reducción importante de combustible.

1.7.4. Recuperación Térmica

La recuperación térmica del aire empleado en el secado permite a las industrias reducir los costos de energía en el secado. Sin embargo, el valor de la energía que se ahorre depende de la diferencia de temperaturas entre el aire de evacuación y el ambiental, el grado de saturación del aire y la eficiencia del sistema de recuperación.

En el caso de secado de madera aserrada, el calor recuperado se emplea normalmente en calentar la entrada de aire fresco en el secadero mediante un intercambiador térmico. Además, puede utilizarse para el presecado de la madera aserrada o, en el caso de secadero multicámaras, puede recuperarse el aire de una cámara utilizando un procedimiento de secado de alta temperatura para proporcionar la mayor parte del calor que necesita otra cámara que seque a temperatura inferior.

Las altas temperaturas que intervienen en el secado de partículas hace económicamente muy interesante la recuperación térmica en una gran instalación. Entre el 20% - 60% de la energía térmica utilizada en el secado puede ahorrarse haciendo recircular de nuevo los gases de escape en el secadero.

1.7.5. Tecnologías para el Secado

Las tecnologías de mayor implantación industrial para el secado de la madera son:

- Secado al aire o natural

- Secado al aire seguido de secado en cámara
- Presecado industrial
- Secado con aire climatizado
 - Tradicional o a temperatura media
 - A alta temperatura
 - Con bomba de calor
- Secado al vacío
- Secado por radiofrecuencia

El **secado al aire** consiste en apilar la madera recién aserrada en pilas ubicadas a la intemperie o bajo cobertizos, de forma que estén sometidas al aire, que es quien favorece el intercambio calorífico y el arrastre de vapor de agua procedente de la madera.

La rentabilización de los costosos equipos necesarios para el secado en cámara de la madera exige que los tiempos de secado sean cortos. Normalmente resulta más económico reducir los primeros grados de humedad (desde verde hasta 25-30%) mediante secado al aire y luego introducir la madera en el secadero hasta la humedad final requerida.

El **secado en cámara** consiste en el apilado de la madera verde en el interior de naves de gran capacidad (3,5 veces la capacidad útil total de los secaderos de acabado), equipados con ventiladores, sistemas de calefacción y sistemas de regulación de humedad relativa interior. Las temperaturas en su interior son del orden de 25 a 30 °C, consiguiendo reducir la humedad de la madera hasta un 25-30%.

Secado con aire climatizado. Los métodos para secar la madera en cámara mediante aire climatizado son:

- secado tradicional a temperatura media (hasta 80 °C).
- secado a alta temperatura (más de 100 °C).
- secado con bomba de calor.

Los secaderos que se utilizan constan en general de cámara de secado, sistema de circulación del aire y dispositivos de climatización del aire interior. Las cámaras de secado deben poseer un aislamiento térmico adecuado a las condiciones de trabajo, para disminuir las pérdidas térmicas desde su interior.

El aire, impulsado por los ventiladores, atraviesa un sistema de calefacción donde se calienta hasta la temperatura de consigna; seguidamente, atraviesa el sistema de humidificación que permite, si es necesario, humedecerlo. Una vez convenientemente climatizado el aire es dirigido hacia las pilas, atravesándolas por los espacios libres que dejan entre sí las diferentes capas de madera. Conforme el aire atraviesa la madera va aumentando su humedad relativa con el vapor de agua procedente de

la madera y disminuyendo su temperatura. A la salida de las pilas el aire está más frío y húmedo que a la entrada. En este momento el aire es absorbido por los ventiladores para completar el recorrido y volver a repetir el proceso.

En el circuito de retorno, parte del aire cargado de humedad es expulsado al exterior por trampillas de ventilación. Al mismo tiempo que se expulsa parte del aire se da entrada a aire procedente del exterior, el cual se mezcla con el aire interno dirigiéndose hacia los ventiladores y cerrando el circuito.

Para minimizar las pérdidas caloríficas el aire saliente (caliente) se puede hacer pasar por un intercambiador de calor, que permite precalentar el aire entrante (frío) y disminuir la energía necesaria para su elevación térmica hasta la temperatura de consigna.

Normalmente, el coste del m^3 de capacidad útil de secado decrece con el tamaño del secadero. De ahí que si el secadero se utiliza a plena capacidad y el tiempo de operación no difiere significativamente del necesario en un secadero pequeño, la tasa de amortización por m^3 de madera seca es menor en los secaderos grandes que en los pequeños.

El coste de la energía eléctrica necesaria para el movimiento del aire interior es un aspecto de gran trascendencia. En los secaderos grandes, el coste de esta energía por m^3 de madera es menor, por lo que si el secadero se emplea a plena capacidad el coste total de este apartado será menor que en los secaderos más pequeños.

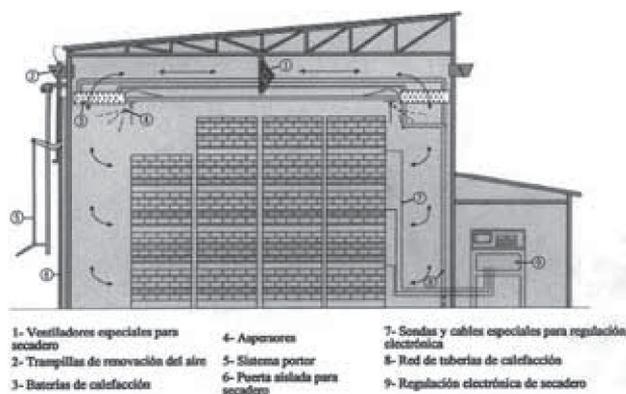


Figura 14. Esquema de un Secadero Tradicional Automático.

Fuente: Gentileza de L. Solé, S.A.

El calentamiento del aire interior se realiza normalmente mediante una batería de radiadores de tubos con aletas recorridos por un fluido térmico o, raramente, por resistencias eléctricas. El fluido térmico más habitual es agua caliente o vapor a baja presión, calentado mediante calderas de desechos, gas natural, gasóleo, etc.

La potencia de la caldera debe ser función de las especies, gruesos y humedades iniciales de la madera que se prevé secar. Como valor aproximado, se puede considerar una potencia necesaria en la cámara de secado entre 2.000 y 3.000 kcal/h por m^3 de capacidad útil para el secado de frondosas y del orden de 8.000 a 10.000 kcal/h m^3 para el de coníferas. Para calcular la potencia de la caldera es

necesario considerar los rendimientos y fugas previsibles, por lo tanto se puede obtener un valor estimado de dicha potencia, multiplicando la potencia instalada en el secado por un factor entre 1,4 y 1,6.

Ejemplo.

Se desea calcular la cantidad de energía que se necesita introducir en un secadero de cámara de 100 m³ que va a secar pino radiata verde de 27 mm de espesor, con un programa de secado que tiene una temperatura inicial del proceso de 70 °C y una final de 80 °C con una duración de 3 días.

La madera entra con un contenido medio de humedad de 110% y ha de salir con el 10%.

La cantidad de agua que es necesario evaporar se calcula mediante la expresión:

$$M = \frac{M_o}{V_s} \times V_i \times \frac{h_i - h_f}{100}$$

Siendo,

M = cantidad de agua en kg de madera verde.

M_o / V_s = densidad básica, en kg/m³.

V_i = volumen de la madera a secar, en m³.

h_i, h_f = humedad inicial y final de la madera en tantos por ciento.

Para este caso, considerando una densidad básica¹¹ de 410 kg/m³, la cantidad de agua que es necesario evaporar es de 41.000 kg, lo que supone 410 kg de agua por m³ de madera verde.

De acuerdo con la tabla 5 se requiere 1,3 kWh/kg, es decir, 1.100 kcal/kg de energía para evaporar un kg de agua en el secado en cámara. Por lo tanto, para secar 100 m³ de madera verde se necesitará un mínimo de 45.100.000 kcal.

El consumo total de esta energía no se reparte de forma lineal a lo largo de los tres días que dura el secado sino siguiendo la curva de secado de la especie (ritmo de salida del agua de la madera con el tiempo en función del contenido de humedad de la madera).

Se puede considerar para este pino la siguiente distribución aproximada:

1er día el 60 % del total: 27.060.000 kcal

2º día el 30% del total: 13.530.000 kcal

3er día el 10% del total: 4.510.000 kcal

¹¹ Densidad Básica: cociente entre la masa anhidra y el volumen en verde. Aporta el dato de cantidad de madera realmente existente en un volumen en verde de madera. Su valor se obtiene en tablas según especie.

Por lo tanto y asumiendo que la demanda horaria es lineal, se necesitará un mínimo de $27.060.000 / 24 = 1.127.500$ kcal/h.

Para obtener la potencia de la caldera se deberá considerar el rendimiento real de toda la instalación.

El principio de funcionamiento del método con bomba de calor consiste en hacer pasar el aire húmedo procedente del exterior de la cámara de secado por una batería fría, la cual enfría este aire hasta alcanzar su punto de rocío. En estas circunstancias se condensa una cierta cantidad de vapor de agua contenido en el aire y se elimina de forma líquida. En esta condensación se libera una cierta cantidad de energía (calor latente de evaporación) que es absorbida por la propia batería fría.

Esta energía es recuperada en la batería fría y transferida a una batería caliente, mediante un vehículo adecuado (refrigerante), permitiendo calentar el aire a su paso por ella, antes de su introducción en el secadero.

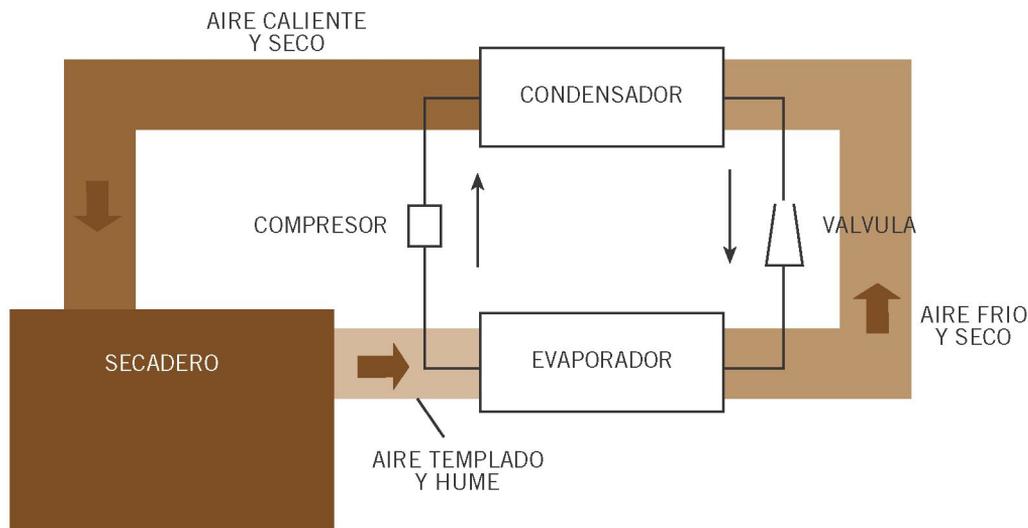


Figura 15. Principio de funcionamiento de secado con bomba de calor en circuito cerrado.

Fuente: Elaboración Propia.

Los únicos consumos de energía en una bomba de calor corresponden al motor eléctrico del compresor, a los ventiladores y a las resistencias eléctricas auxiliares (si las hubiera) que permiten el arranque inicial del proceso.

Dentro del secado por medio de bomba de calor existen dos tecnologías: bombas de calor de circuito cerrado y bombas de calor con circuito abierto (se producen intercambios de aire con el exterior).

Esta tecnología es adecuada en las industrias de pequeño y mediano tamaño, que secan maderas presecadas y para las que el mantenimiento continuado de sistemas de calefacción con calderas es problemático.



Figura 16. Secadero con bomba de calor.

Fuente: Gentileza de Hijos de S. Andrés.

Se aplica el vacío en el interior de la cámara de secado. En estas condiciones se incrementa notablemente la velocidad de circulación de la humedad por el interior de la madera y disminuye la temperatura de ebullición del agua, con lo que se consigue que el secado sea extraordinariamente rápido.

Para transmitir el calor a la madera se utilizan las siguientes tecnologías:

- Método discontinuo: Interrumpir el vacío y restituir la presión atmosférica a intervalos predefinidos y calentar por convección la madera.
- Método continuo: mantener el vacío y calentar la madera por conducción empleando placas metálicas calefactadas en contacto con la madera, por radiación mediante el uso de paneles radiantes, por radiofrecuencia, o mediante vapor de agua sobrecalentado.

El secado en vacío posee los siguientes inconvenientes: debe ser instalado bajo cubierta y requiere altas inversiones tanto en adquisición como en mantenimiento, no es conveniente secar mezclas de especies y el tamaño de las cámaras no permite grandes capacidades.

Este método está indicado para pequeñas y medianas empresas transformadoras de la madera que trabajen con maderas frondosas de gran valor y que necesiten un cuidadoso control de la calidad del secado.

1.7.6. Coste de la Energía en el Secado

La energía consumida en el proceso del secado se debe a:

- Energía eléctrica para el funcionamiento de ventiladores, bombas, compresores, resistencias eléctricas y elementos auxiliares de regulación.
- Energía para la caldera, que es el coste de gasóleo, gas natural o residuos (evaluados a su precio de venta a terceros) empleados para el calentamiento del secadero.

Las cifras indicativas del consumo energético en cada uno de los métodos de secado se muestran en la siguiente tabla, incluidas las pérdidas por conducción y fugas. Las cifras están referidas al kg de agua evaporada.

MÉTODO	CONSUMO CALORÍFICO (KWH/KG)			
Tradicional	1,5 - 1,6	0,9 - 1,3	1,04 - 1,2	0,08 - 0,28
Alta temperatura	-	1,5 - 1,8	1,2 - 1,36	0,04
Bomba de calor	0,6 - 0,9	0,5 - 0,6	0,4 - 0,6	0,06-0,13
Vacío continuo	2,0 - 2,1	1,5 - 1,7	1,0	0,08-0,17

Tabla 6: Consumo Calorífico de Diferentes Métodos de Secado

Fuente: Centro de Investigación Forestal (CIFOR-INIA).

VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL COSTE DE OPERACIÓN DE SECADO Y SU IMPORTANCIA SOBRE EL COSTE TOTAL DE LA OPERACIÓN	
Amortizaciones	40,0 - 45,0 %
Coste de energía	25,0 - 35,0 %
Coste de mano de obra	6,0 - 12,0 %
Coste de mantenimiento	5,0 - 8,0 %
Coste utilización de carretillas	4,0 - 7,0 %
Costes indirectos	4,0 - 5,0 %
Seguros	2,5 - 3,5 %

Tabla 7: Variables que Intervienen en el Coste de Secado

Fuente: Centro de Investigación Forestal (CIFOR-INIA).

Para reducir el consumo de energía en el secado de la madera es conveniente considerar las siguientes propuestas:

- Introducir la madera en los secaderos parcialmente secada al aire (alrededor de 25% de la humedad).
- Reponer y tapar todas las fisuras y comprobar que las puertas cierran herméticamente.
- Aislar térmicamente las cámaras y sobre todo los techos.
- Procurar que dentro del secadero no se produzcan cortocircuitos de aire. El aire caliente debe pasar fácilmente entre la madera apilada.
- En la primera fase del secado es necesario que la velocidad del aire sea elevada (más de 3 m/s) pero en las últimas, las velocidades pueden ser inferiores (1,3 m/s). Regular la velocidad de los ventiladores durante el secado.

- Comprobar los sistemas de regulación y control.
- Determinar con precisión la humedad de la madera que se va a secar y las sucesivas humedades de los testigos durante el control del proceso.
- Revisar periódicamente la instalación productora del calor.

1.8. DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE LA ENERGÍA

El consumo de energía en la industria de la Primera Transformación de la madera puede distribuirse generalmente en tres categorías principales:

- Elaboración y manipulación de materiales.
- Secado del producto.
- Varios

La energía consumida en cada uno de los procesos analizados es muy variable y depende de condiciones externas de temperatura y humedad, pero se pueden aproximar unos consumos medios. En el proceso productivo del aserrado la mayor parte de la energía empleada corresponde al secado del producto; una producción anual de 9.000 m³ de madera supone alrededor de 1.170.300 termias. En la elaboración y manipulación de materiales se emplea energía eléctrica, que supone un consumo de unos 189.000 kWh para la anterior producción. Además, existen consumos adicionales que son necesarios como alumbrado, climatización de oficinas, etc., que supone un consumo eléctrico de unos 63.000 kWh para la citada producción.

En la fabricación de tableros de partículas la mayor parte de la energía se emplea en el secado y prensado del producto; una producción anual de 115.500 m³ de tablero supone alrededor de 81.400.000 termias. La energía eléctrica empleada en la elaboración y manipulación de materiales supone alrededor de 17.822.000 kWh. El consumo eléctrico debido a necesidades complementarias a la elaboración del producto es de 2.968.000 kWh.

En el proceso productivo de la fabricación de tableros de fibras de media densidad (mdf) la mayor parte de la energía se emplea en el secado, desfibrado y prensado del producto; una producción anual de 80.000 m³ de tablero supone alrededor de 66.000.000 termias. La energía eléctrica empleada en la elaboración y manipulación de materiales supone alrededor de 32.000.000 kWh. El consumo eléctrico debido a necesidades complementarias a la elaboración del producto es de 800.000 kWh.

En el proceso productivo de la fabricación de tableros contrachapados la mayor parte de la energía se emplea en el secado y prensado del producto; una producción anual de 8.000 m³ de tablero supone alrededor de 8.791.520 termias. La energía eléctrica empleada en la elaboración y manipulación de materiales supone alrededor de 1.516.160 kWh. El consumo eléctrico debido a necesidades complementarias a la elaboración del producto es de 252.080 kWh.

Se presentan a continuación los diagramas de Sankey para cada proceso productivo, en los que se muestra el consumo total de energía en forma térmica y eléctrica y la proporción en las diversas fases del proceso.

Con estos diagramas, el responsable energético de la instalación puede identificar fácilmente los usuarios primarios de energía a los que habrá de prestar especial atención en la planificación del programa de ahorro energético.

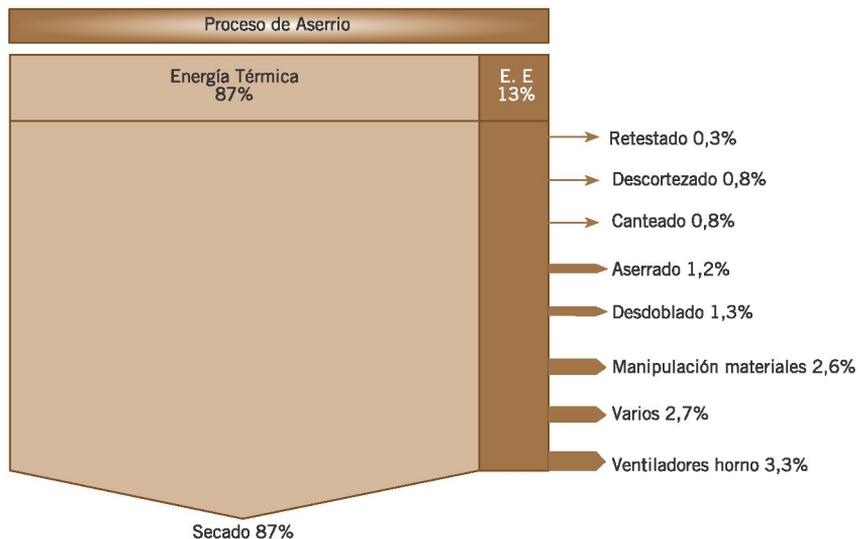


Figura 17. Diagrama Sankey del Proceso de Aserrio. Datos base para un aserradero de madera de frondosas con una capacidad de 100 m³/día.

Fuente: Estudio conservación de energía en las industrias mecánicas forestales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

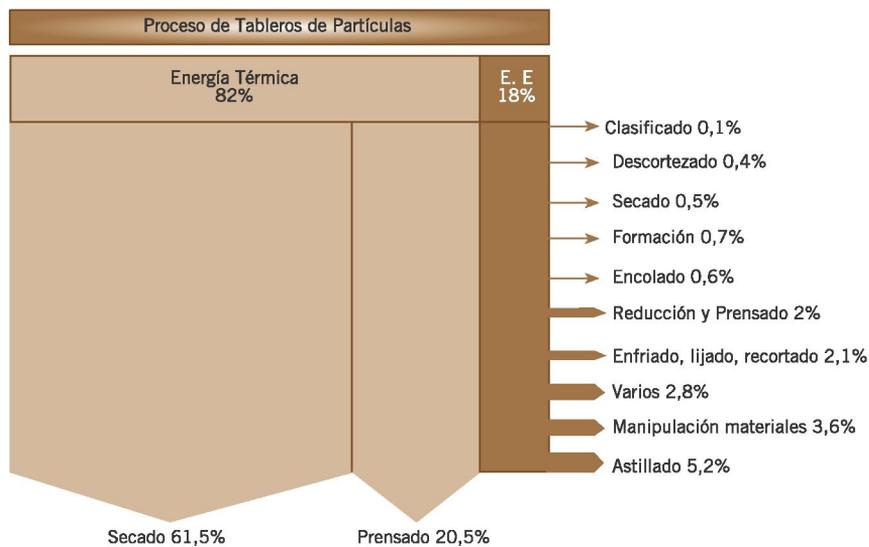


Figura 18. Diagrama Sankey de Tablero de Partículas. Datos base para una fábrica que produce tableros de partículas de 19 mm de madera de frondosas.

Fuente: Estudio conservación de energía en las industrias mecánicas forestales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

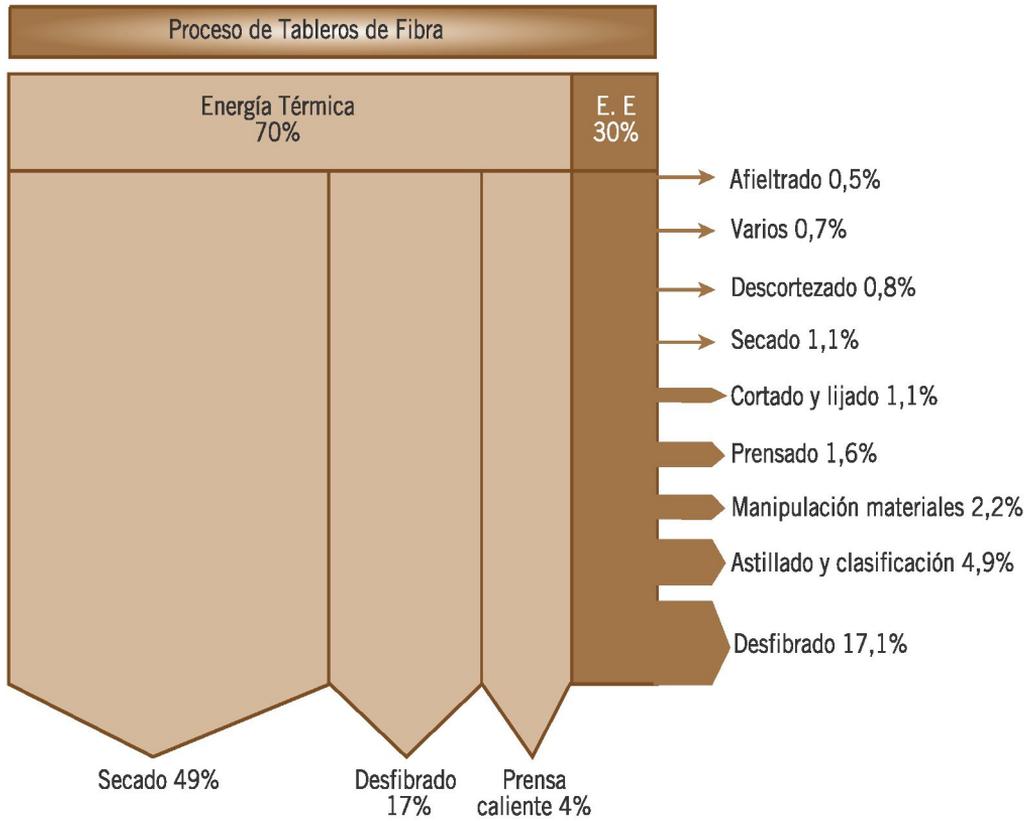


Figura 19. Diagrama Sankey del proceso de Tablero de Fibras de media densidad (mdf) para una producción de 300 m³ diarios.

Fuente: Estudio conservación de energía en las industrias mecánicas forestales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO) y adaptación al proceso de fabricación de las industrias de la región

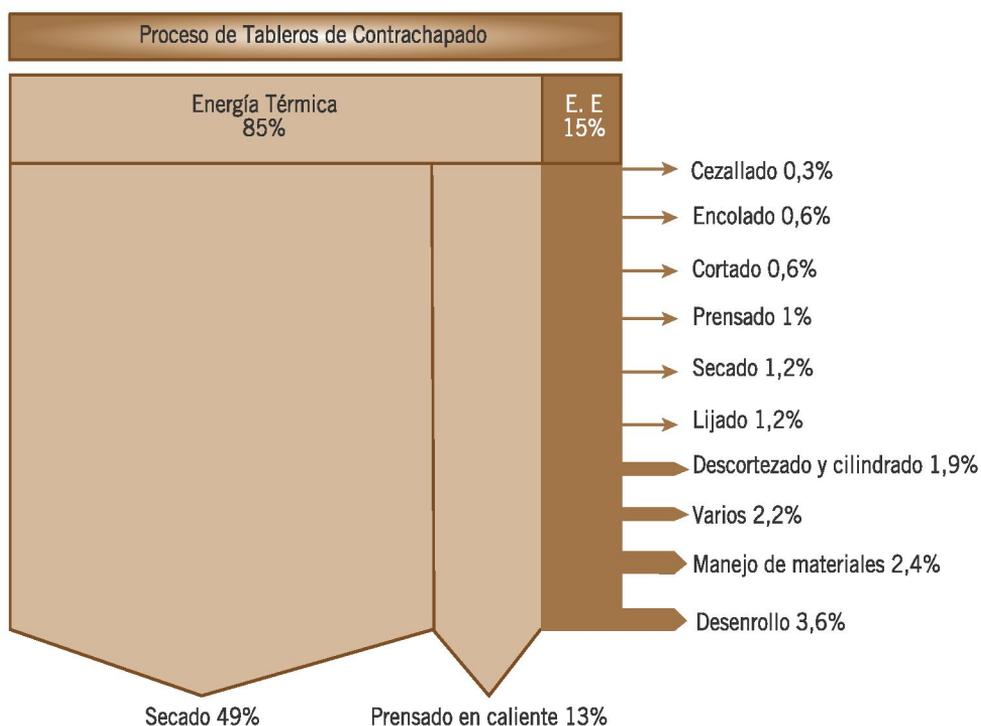


Figura 20. Diagrama Sankey del proceso de tableros de contrachapado. Datos base para una fábrica que produce tableros de contrachapados de 5 mm de espesor de madera de frondosas.

Fuente: Estudio conservación de energía en las industrias mecánicas forestales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO).

2. OBJETIVOS

El plan sectorial constituye un esfuerzo organizado y estructurado para conseguir la máxima eficiencia en el suministro, transformación y utilización de la energía, siendo su objetivo fundamental obtener el mayor rendimiento posible a las cantidades de energía requeridas por las empresas. Los objetivos específicos del presente Plan Sectorial serán:

- En el **Aprovisionamiento**, conocer y definir cuál es la energía más idónea.
- En la **Contabilidad**, identificar la energía que se consume y dónde.
- En **Auditoría**, conocer y controlar la eficiencia con que se utiliza la energía, determinando el estado energético de cada equipo integrante de los procesos de la empresa.

- En **Mejoras**, conocer las medidas innovadoras que pueden aplicarse a los diferentes procesos y sistemas.
- En el **Mantenimiento Energético**, desarrollar un programa de mantenimiento energético que permita mantener los niveles de eficiencia energética deseados.
- En la **Formación del Personal**, determinar qué personal formar y en qué.
- En el **Análisis Económico**, cómo analizar las inversiones a realizar.
- En **Organización Empresarial**, definir cuál es el organigrama energético más idóneo.
- En **Programas de Ahorro**, cómo planificar el ahorro de energía en el tiempo.
- En **Interrelaciones Empresariales** sectoriales, cómo relacionarse energéticamente con el resto del sector.

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

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

3. APROVISIONAMIENTO DE ENERGÍA

En este capítulo se describen las principales alternativas energéticas y los criterios para la selección de las energías más adecuadas, sus precios y otros aspectos a considerar en la contratación de suministro de las mismas.

Es necesario considerar las características particulares de los diferentes productos energéticos para optimizar la compra de acuerdo con el uso del mismo, así como considerar los desechos energéticos propios, que también influirán en la compra del producto más idóneo para su aprovechamiento.

3.1. Necesidades Energéticas

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

- Aporte de energía térmica
 - A partir de un combustible al liberar la energía química almacenada en el mismo.
 - Por transformación en calor de la energía eléctrica aportada.
- Aporte de energía eléctrica
 - Se puede obtener de la red de abastecimiento.
 - Alternativamente se puede generar in situ a partir de la aplicación de un combustible en un sistema de cogeneración.

Desde el punto de vista de la facturación energética de las industrias del sector el mayor peso recae sobre el coste eléctrico que representa en torno al 65-80% de la facturación global. Este porcentaje puede llegar incluso a sobrepasarse cuando concurren situaciones productivas particulares (tales como funcionamiento a dos turnos) que originan un encarecimiento específico de la energía eléctrica consumida.

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

Bajo esta panorámica, aunque la energía eléctrica, y por tanto su contratación y utilización, debe jugar un papel aparentemente preponderante en la gestión eficiente energética, no debe descuidarse todo lo relacionado con el empleo de combustibles, ya que precisamente como consecuencia de su bajo peso relativo, a menudo se deja de lado su seguimiento y control, constituyéndose en un foco potencial de importantes ahorros energéticos y por tanto económicos y medioambientales.

3.2. SELECCIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA

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

3.2.1. Condicionantes Externos

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

3.2.2. Condicionantes Internos

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

3.3. GESTIÓN DE COMPRAS

Las funciones de la gestión de compras deben de comprender:

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

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

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

3.4. ELECTRICIDAD

3.4.1. Términos Principales de la Factura Eléctrica

En la tabla siguiente se muestra la relación de tarifas eléctricas básicas aplicables con los precios de sus términos de potencia y energía según el RD 871/2007

TARIFAS Y ESCALONES DE ALTA TENSIÓN	TÉRMINO DE POTENCIA Tp: € / kW mes	TÉRMINO DE ENERGÍA Te: € / kWh
TARIFAS GENERALES		
<i>Corta utilización</i>		
1.1 General no superior a 36 kV	2,315084	0,079771
1.2 General mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	2,189345	0,074902
1.3 General mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV	2,115381	0,072693
1.4 Mayor de 145 kV	2,056211	0,070257
<i>Media utilización</i>		
2.1 No superior a 36 kV	4,786429	0,073112

2.2 Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	4,526297	0,068448
2.3 Mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV	4,377649	0,066459
2.4 Mayor de 145 kV	4,266164	0,064318
Larga Utilización		
3.1 No superior a 36 kV	12,770703	0,060824
3.2 Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV	11,941728	0,057268
3.3 Mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV	11,575784	0,055059
3.4 Mayor de 145 kV	11,224775	0,053557

Tabla 8: Tarifas Eléctricas, I.V.A. excluido.

Fuente: RD 871/2007

La facturación puede expresarse de forma aproximada por:

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

donde:

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

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

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

P_f es la potencia a facturar en kW.

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

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

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

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

En el cálculo de P_f se distinguen cuatro casos:

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

La facturación será:

$$\text{Potencia: } P_f \times T_p.$$

$$\text{Energía: } E \times T_e.$$

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

3.4.2. Complementos

3.4.2.1. 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.

3.4.2.2. 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.

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

$\cos \varphi$ = 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 $\cos \varphi$:

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

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

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

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%.

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

3.4.2.3. Estacionalidad.

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

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

3.5. COMBUSTIBLES

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

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

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

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

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

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

3.5.1. Ejemplo de Cálculo de una Factura de Gas Natural.

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

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

Tabla 10: Ejemplo de Factura de Gas Natural, I.V.A. excluido.

Fuente: Elaboración Propia

4. CONTABILIDAD ENERGÉTICA

El primer paso para ahorrar energía es conocer los consumos, lo que únicamente puede lograrse cuando se ha implantado un sistema eficiente de contabilidad. Debe de tratar de evitarse la costumbre habitual de registrar únicamente los consumos con el objetivo de comprobar la corrección de la facturación energética realizada por los suministradores. Se suele conocer el gasto global originado por el consumo de energía, diferenciando la facturación eléctrica del resto, pero también se suele ignorar cuál es el consumo real y el gasto que éste ocasiona.

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

Mantener una estadística de consumos anual y mensual por tipos de energía.

- Determinar los consumos globales y específicos.
- Asignar los costes energéticos sobre una base sólida y objetiva.
- Controlar de forma sistemática el consumo energético en las distintas partes del proceso productivo, midiendo la energía eléctrica utilizada, el consumo de vapor, el consumo de agua caliente, el consumo de frío y el consumo de combustibles.
- Analizar los consumos por comparación:
 - Con series históricas propias.
 - Con datos standard tecnológicos.
 - Con equipos similares de otras fábricas.
 - Con estadísticas sectoriales.

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

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

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

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

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

Tabla 11: Sistemas de Contabilidad Energética y Auditoría Contable.

Fuente: Elaboración Propia.

Para poner en práctica un sistema contable es necesario cumplimentar una serie de cuadros y soportes en tres niveles diferentes:

NIVELES DE SISTEMAS CONTABLES	
Nivel 1	<p>Comprende datos de carácter específico, pero tomados en lo posible de contadores. Sólo aquellos datos que no puedan medirse por contador serán estimados en base a un criterio adecuado acordado previamente.</p> <p>Representa un sistema de contabilidad bastante perfeccionado.</p> <p>Periodo aconsejado: un mes</p> <p>Si se observan desviaciones espectaculares en los consumos de dos meses consecutivos, comprobar las posibles anomalías surgidas y contrastar los aparatos de medida.</p>
Nivel 2	<p>Comprende datos de carácter específico, apoyados en los obtenidos en el primer nivel, pero que han sufrido un cierto grado de elaboración.</p> <p>Incluyen gráficos ilustrativos.</p> <p>Se realizan tres sistemas de contabilidad, cada uno apoyado en el anterior:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Consumos totales y específicos por unidad de consumo. 2. Consumos globales de fábrica. 3. Consumos de energía/producción.
Nivel 3	<p>Este nivel se apoya en los dos anteriores, pero hace intervenir además los costes de la energía.</p>

Tabla 12: Niveles de Sistemas Contables.

Fuente: Elaboración Propia.

Se muestran a continuación una serie de cuadros que pueden servir de ayuda para la realización de la contabilidad por parte del industrial. Primero se muestra un cuadro para el nivel 1 de contabilidad.

Centro de Consumo	Electricidad kWh	Combustibles			Total Termias	Ejemplo		
		Gasóleo	Gas Natural	Otros		kWh/m ³	Residuos (kg)	Termias
Enero						159.320	329.280	960.215
Febrero						156.260	317.060	927.034
Marzo						155.820	315.260	922.155
Abril						155.720	314.860	921.069
Mayo						155.270	313.090	916.257
Junio						152.650	302.590	887.754
Julio						152.300	301.200	883.978
Agosto						155.120	312.500	914.653
Septiembre						155.650	314.600	920.359
Octubre						155.740	314.960	921.336
Noviembre						155.950	315.810	923.642
Diciembre						157.220	320.890	937.434
TOTAL						1.867.020	3.772.100	11.035.886

Tabla 13: Contabilidad Energética de Nivel 1: Consumo Global de la Industria. Ejemplo para factoría con producción de 700 m³ de tablero contrachapado.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestran cuadros adecuados para cada proceso productivo. Se presenta el cuadro de secado de madera separado del proceso de aserrado debido a que no se seca en hornos toda la madera aserrada.

Centro de Consumo	Electricidad kWh	Combustibles			Total Termias	Valores de Referencia	
		Gasóleo	Gas Natural	Otros		kWh/m ³	Termias
Descortezadora						1,10	0,95
Sierra principal						2,77	2,38
Desdobladora						3,08	2,65
Canteadora						1,92	1,65
Restestadora						0,77	0,66
Aspiración						3,53	3,04
Compresores						3,97	3,41
Transportes						3,05	2,62
Afilado, alumbrado y oficinas						1,93	1,66
TOTAL						22,12	19,02

Tabla 14: Contabilidad Energética de Nivel 2. Datos Mensuales para el proceso de aserrado por m³ de madera procesada. Datos de referencia para aserradero de Pinus Sylvestris Linneo con producción anual de 9.000 m³

Fuente: Revista Montes n° 35.

Centro de Consumo	Electricidad kWh	Combustibles			Total Termias	Valores de Referencia ¹		
		Gasóleo	Gas Natural	Otros		kWh/m ³	Gasóleo (kg)	Termias
Ventiladores						36,90		31,73
Calefacción							19,34	197,46
TOTAL						36,9	19,34	229,19

Tabla 15: Contabilidad Energética de Nivel 2. Datos Mensuales para el proceso de secado por m³ de madera procesada

Fuente: Elaboración propia.

Centro de Consumo	Electricidad kWh	Combustibles			Total Termias	Valores de Referencia			
		Gasóleo	Gas Natural	Otros		kWh/m ³	Gas Natural	Residuos (kg)	Termias
Descortezado						4,00			3,44
Astillado						52,80			45,41
Secado						4,75	27,7	67,4	532,06
Clasificación						1,41			1,21
Encolado						7,39			6,36
Moldeado o formación						6,69			5,75
Prensado y pre-prensado						20,24	9,3	22,6	194,19
Enfriado, lijado y recortado						20,94			18,01
Manipulación materiales						36,08			31,03
Varios						25,70			22,10
TOTAL						180	37,0	90,0	859,56

Tabla 16: Contabilidad Energética de Nivel 2. Datos Mensuales para el proceso de fabricación de tableros de partículas

Fuente: Elaboración propia.

Centro de Consumo	Electricidad kWh	Combustibles			Total Termias	Valores de Referencia			
		Gasóleo	Gas Natural	Otros		kWh/m ³	Corteza (kg)	Residuos (kg)	Termias
Descortezado						11,1			9,5
Astillado, limpieza y clasificación						66,8			57,5
Desfibrado						234,1	11,8	42,0	407,1
Secado						14,8	32,9	117,6	588,9
Formación						7,4			6,3
Prensado						22,1	2,4	8,4	60,2
Lijado, acabado y dimensionado						14,8			12,7
Manipulación materiales						29,9			25,7
Varios						9,0			7,8
TOTAL						410,0	47,2	168,0	1175,7

Tabla 17: Contabilidad Energética de Nivel 2. Datos Mensuales para el proceso de fabricación de tableros de fibras mdf con producción de 300 m³ diarios.

Fuente: Elaboración propia.

Centro de Consumo	Electricidad kWh	Combustibles			Total Termias	Valores de Referencia		
		Gasóleo	Gas Natural	Otros		kWh/m³	Residuos (kg)	Termias
Tronzado, descortezado y cilindrado						28,8		24,7
Desenrollo						53,1		45,7
Cizallado						3,9		3,4
Secado						17,3	58,0	941,8
Encolado						8,3		7,1
Prensado						15,4	68,8	185,3
Cortado						9,0		7,7
Lijado						17,9		15,4
Manipulación materiales						35,9		30,9
Varios						31,5		27,1
TOTAL						221,0	126,8	1289,1

Tabla 18: Contabilidad Energética de Nivel 2. Datos Mensuales para el proceso de fabricación de tableros de chapa.

Fuente: Elaboración propia.

5. AUDITORÍA ENERGÉTICA

Para conocer la situación energética de las instalaciones, es necesario establecer, con cierta periodicidad, una auditoría que permita diagnosticar el estado de los diferentes equipos. Como primer paso, cabe establecer una auditoría en profundidad, consistente en un análisis técnico de los componentes o grupos de componentes de cada proceso aislado. Se basa en los datos de operación existentes o estimados e identifica la energía consumida en un equipo, en una parte del proceso o en el proceso total, obteniendo el consumo energético determinado de un equipo, una operación básica o un proceso.

Además de emplear los propios medios de la instalación, en este nivel se requieren consultas a personal especializado, fabricantes de equipos y a la documentación técnica.

Cuando se dispone de toda esta información organizada, se recalculan los balances de materia y energía, si es necesario, y se determinan las pérdidas en cada fase del proceso. Posteriormente se realiza un análisis más exhaustivo en los principales equipos y operaciones que consumen energía de una forma más continua e intensiva.

El paso siguiente consiste en determinar el ahorro potencial de energía. Puede incluir conceptos tales como: revisión de los procesos, aprovechamiento de los calores residuales, instalación de nuevos equipos y muchos otros.

Así, por ejemplo, el rendimiento térmico de los generadores de vapor es muy sensible a los ajustes en el aire de combustión. Por lo tanto, es necesario un chequeo periódico de dicho sistema.

El costo de un analizador de humos y las horas necesarias para realizar un análisis periódico del contenido de oxígeno en humos pueden amortizarse en breve tiempo, por el ahorro de combustible que puede conseguirse.

En algunos casos, ciertos equipos y operaciones requieren un control energético permanente. Éste se realiza mediante un registro continuo de ciertos parámetros relacionados con el gasto energético. Frecuentemente se computa el empleo de la energía y su rendimiento, basándose en estos registros continuos.

Como ejemplo, se pueden citar el empleo de los analizadores continuos de gases de combustión en calderas y secaderos, o el registro continuo de la demanda máxima de corriente eléctrica en una instalación.

Para finalizar, se realiza un análisis económico de las inversiones requeridas, se determinan los períodos de amortización y se confecciona una tabla de los proyectos en orden de prioridad.

En esta auditoria se detectarán ciertos elementos que son esenciales en el consumo, pudiendo ser necesario realizar periódicamente su auditoría basada en unas técnicas prefijadas.

FASES DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA	
Información básica general	Características generales de la industria Descripción de los procesos productivos Fuentes de suministro energético Cálculos técnicos de consumos específicos. Fijación de indicadores
Análisis detallado de la utilización de la energía en la industria	Diagrama de flujo energético Desglose por centros y unidades consumidoras Fijación de medidas analíticas. Determinación de la instrumentación a emplear y de los sistemas de medida. Realización de balances de energía.
Informe técnico-económico	Evaluación de las eficiencias energéticas de las Operaciones Básicas y centros productivos Factores de corrección
Determinación de las Mejoras	Determinación de mejoras. Valoración de ahorros e inversiones

Tabla 19: Fases de una Auditoria Energética.

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo final y más importante de la auditoría es la determinación de las posibles mejoras para obtener un ahorro energético, las cuales podrán establecerse a partir del análisis de los datos recopilados, fundamentalmente de la consideración de las pérdidas y de la comparación de los rendimientos y consumos específicos reales, con los nominales y teóricos.

La auditoría energética no es una operación que se realice una sola vez. Es preciso realizarla de forma continua si se desea que la industria mantenga su eficiencia energética óptima. En realidad, el programa de conservación energética, en su conjunto, es algo que ha de mantenerse y desarrollarse continuamente, con independencia de si se han alcanzado, o no, los objetivos o metas que se fijaron inicialmente. Hay que controlar con regularidad los ahorros de combustibles y energía, realizar un examen constante de las técnicas nuevas y mejoras de funcionamiento, de los procesos industriales y de producción, todo lo cual redundará en beneficio de los esfuerzos de ahorro energético desplegados en la industria.

5.1. BASES DE PARTIDA PARA DESARROLLAR UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.

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

- **Características de operación.**

- Temperatura.
- Producto Tratado.
- Humedad.
- Mermas.

- **Estado de la Conductos y Tuberías.**

- Aislamiento.
- Estanqueidad.
- Pérdidas de carga en conductos.

- **Características de cada equipo.**

- Potencia nominal.
- Intervalos de utilización.
- Aparatos de medida y control instalados.
- Antigüedad.
- Rendimiento.

- **Energía utilizada.**

- Tipo de energía.
- Consumo horario o anual.
- Potencia instalada en kW o kcal/h.
- Energía utilizada, porcentaje sobre total.
- Rendimiento.

- **Producto tratado.**

- Tipo de producto.
- Ciclo operativo.
- Condiciones ambientales.
- Proceso de fabricación.
- Necesidades energéticas teóricas.

- **Efluentes térmicos.**

- Localización y evaluación de posibles pérdidas energéticas.
- Aprovechamiento y recuperación de calor en vapor y gases de escape.
- Composición química de los gases.
- Caudal.
- Temperatura.
- Presión.

Los centros de consumo de mayor importancia en las industrias de la Primera Transformación de la madera son las operaciones de secado. A continuación, se muestra el proceso para calcular el Balance Energético de un Secadero, obtener su rendimiento energético y valorar la implantación de mejoras energéticas.

5.2. ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LOS SECADEROS

Los sistemas de aportación/evacuación de energía en los secaderos empleados en el sector de la Primera Transformación de la madera presentan una gran diversidad tecnológica, por lo que resulta difícil establecer un criterio único respecto a la forma más apropiada de realizar una auditoría y análisis de posibles mejoras en los mismos. No obstante, se indica a continuación un procedimiento de evaluación energética genérico que puede ser adaptado de acuerdo con las características del proceso de secado de cada instalación.

5.2.1. Determinación de los parámetros y datos base

Los parámetros y datos que hay que tener en cuenta para realizar el balance de energía en un secadero, son los siguientes:

- **Datos relativos al producto a secar:**

- Cantidad (kg/h).
- Calor específico medio (kcal/kg °C).
- Temperatura de entrada del producto (°C).
- Temperatura de salida del producto (°C).
- Caudal de agua evaporada (kg/h)

- **Datos relativos al combustible:**

- Caudal medio (kg/h).
- Temperatura de inyección (°C).
- Análisis.

- Densidad a 15°C.
- Poder calorífico (kcal/kg).
- Aire teórico necesario (kg/kg).

• **Datos relativos a los gases:**

- Temperatura de entrada al secadero (°C).
- Temperatura de salida del secadero (°C).
- Valores medios de los análisis (%CO₂, %O₂, %N₂).
- Exceso de aire sobre el estequiométrico.

• **Otras mediciones:**

- Temperatura media envolvente del secadero (°C).
- Presión atmosférica (mm de Hg).
- Humedad relativa del aire (%).
- Temperatura ambiente (°C).

5.2.2. Esquema de Proceso.

En la figura se representa el esquema general del proceso de secado con indicación de los parámetros a evaluar.

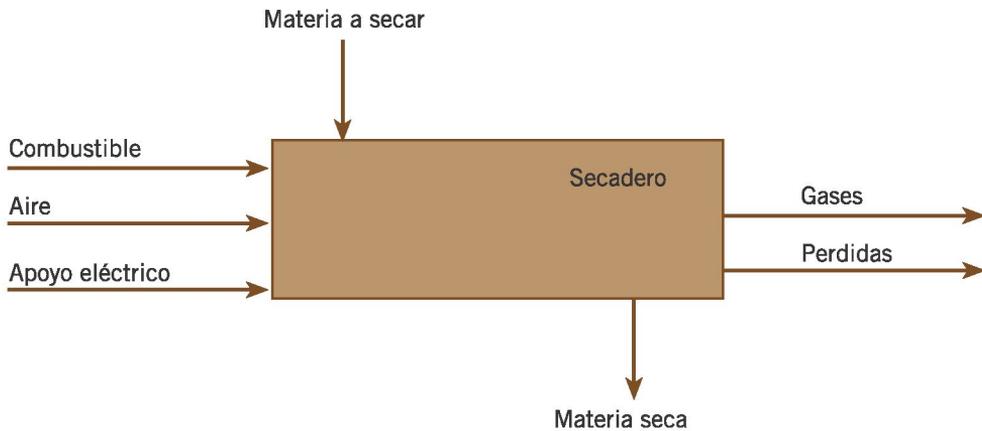


Figura 21: Esquema básico para balance energético de un secadero
Fuente: Elaboración Propia.

5.2.3. Definición de los Puntos de Medida

Una vez determinados los parámetros y datos base para la realización del balance energético, es necesario localizar los puntos o lugares destinados a la toma de medida de aquellos. A continuación se indican, de manera genérica, estos puntos así como los equipos que podrían utilizarse en cada caso.

PUNTOS DE MEDICIÓN			
CONCEPTO			
Combustible	Muestra para análisis elemental, humedad, densidad aparente, materias volátiles, cenizas y azufre. Caudal Temperatura Composición, PCS, Cp. Caudal Temperatura	Parque de almacenamiento Entrada al secadero Depósito Entrada al secadero Entrada al secadero Entrada al secadero	Laboratorio Contador Termómetro Laboratorio Contador Termómetro Manómetro Cálculo
Materia prima entrante	Muestra para análisis: composición, humedad, calor específico. Cantidad Temperatura de entrada	Entrada al secadero Alimentación al secadero Entrada al secadero	Laboratorio Báscula Termómetro
Materia prima saliente	Muestra para análisis: composición, humedad, calor específico. Cantidad Temperatura de salida	Salida del secadero Salida del secadero Salida del secadero	Laboratorio Báscula Termómetro
Aire de combustión	Caudal Presión Temperatura	Entrada al secadero Entrada al secadero Entrada al secadero	Tubo de Pitot Manómetro Termómetro
Gases	Análisis: composición, Cp. Caudal. Temperatura Exceso de aire	Salida del secadero	Analizador gases Tubo de Pitot Termómetro Cálculo
Apoyo eléctrico	Consumo (kWh)	Entrada al secadero	Contador

Tabla 20: Puntos de medida para balance energético del secadero.

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.4. Balance de Energía

A continuación se muestran los datos y cálculos necesarios para la realización del balance energético simplificado de un secadero.

CALORES ENTRANTES			
Calores entrantes		<i>Determinación</i>	<i>Observaciones</i>
E1	Calor de combustión	$Q_{cc} = Q_g \times PCS$	Q_g = Caudal de combustible PCS = Poder calorífico superior
E2	Calor sensible del combustible	$Q_{sc} = Q_g \times \rho \times C_{pmc} \times (t_c - t_i)$ $Q_{sc} = Q_g \times (\%ai/100) \times C_{pmi} \times (t_c - t_i)$	C_{pmc} = Calor específico combustible (kcal/kg °C) ρ = densidad del combustible (kg/l) $\%ai$ = porcentaje del compuesto mayoritario C_{pmi} = Calor específico de ai (kcal/Nm ³ °C) t_c = temperatura de combustible a la entrada (°C) t_i = temperatura de referencia (°C)
E3	Calor sensible del aire seco de combustión	$Q_{sa} = Mac \times C_{pma} \times (t_a - t_i)$	Mac = aire de combustión (m ³ / h) C_{pma} = calor específico aire seco (kcal/Nm ³ °C) t_a = temperatura de entrada del aire (°C)
E4	Calor del aire de combustión húmedo	$Q_{va} = (Z \times Mac) \times H$	Z = humedad del aire de combustión (kg/m ³) H = entalpía húmeda aire de combustión(kcal/kg)
E5	Calor sensible de la madera seca	$Q_{mse} = M_{mse} \times C_{pmm} \times (t_{em} - t_i)$	M_{mse} = madera seca a la entrada (kg) C_{pmm} = calor específico de la madera seca (kcal/kg°C) t_{em} = temperatura de entrada de la madera
E6	Calor sensible del agua de la madera	$Q_{mhe} = M_{mhe} \times C_{aa} \times (t_{em} - t_i)$	M_{mhe} = madera húmeda a la entrada (kg) C_{aa} = calor específico del agua (kcal/kg °C)
E7	Calor aportado por energía eléctrica	$Q_e = 860 \times W_{ae}$	W_{ae} = Consumo energía eléctrica (kWh)
E1			

Tabla 21: Calores entrantes en un secadero.

Fuente: Elaboración Propia.

CALORES SALIENTES			
Calores salientes			
S1	Calor sensible con materia seca de la madera	$Q_{mss} = M_{mss} \times C_{pmm} \times (t_{sm} - t_i)$	M_{mss} = cantidad de madera seca a la salida (kg) t_{sm} = temperatura de salida de la madera (°C)
S2	Calor sensible con humedad de la madera	$Q_{ms} = M_{mhs} \times C_{aa} \times (t_{sm} - t_i)$	M_{mhs} = cantidad de madera húmeda salida (kg)
S3	Calor sensible en gases	$Q_{gs} = M_g \times C_g \times (t_{sg} - t_i)$	M_g = cantidad de gases secos (m ³ /kg) C_g = calor específico de los gases (kcal/kg°C) t_{sg} = temperatura de salida de gases (°C)
S4	Calor con vapor de agua evaporada	$Q_v = (Q_{va} + Q_{vac} + Q_{vc}) \times H_v$	Q_{va} = cantidad de agua evaporada madera(kg) Q_{vac} = cantidad agua en aire combustión (kg) Q_{va} = cantidad de agua por combustible (kg) H_v = entalpía vapor de agua (kcal/kg)
S5	Calor perdido a través de las paredes	$Q_p = h \times S \times (t_p - t_a)$	h = coeficiente de convección de las paredes (kcal/h m ² °C)
Si	SUMA DE CALORES SALIENTES		

Tabla 22: Calores salientes en un secadero.

Fuente: Elaboración Propia.

Para comprender mejor el balance de energía en el proceso de secado, se presenta a continuación un ejemplo.

Ejemplo:

Se considera un secadero rotativo que seca 20 Tm/h de partículas de madera para su procesamiento posterior en la fabricación de tableros. La alimentación se realiza a una temperatura de 50 °C con un 77% de humedad y el secado se prolonga hasta un 8 % de humedad con una temperatura de salida de las partículas de 100 °C.

Al secadero entran los gases procedentes de la combustión de gas natural en un quemador, los gases salen del secadero con una temperatura de 130 °C. El secadero posee una superficie de envolvente de 54 m².

En la siguiente tabla se recogen los datos de partida y los resultados obtenidos en el balance energético.

			Pr	760 mmhg
			Tr	292 K
E5	Qmse	0,07 10 ⁶	To	273 K
Calor sensible de la madera seca			(Z x Mac) en cond. normales	72,667
			Madera entrada	20000 kg/h
			humedad	77%
E6	Qmhe	0,77 10 ⁶	Mmse	4600 kg/h
Calor sensible del agua de la madera			Cpmm0,3	0,3 kcal/kg °C
			tem	50 °C
E7	Qe	0,04 10 ⁶	Mmhe	15400 kg/h
Calor aportado energía eléctrica			Cpaa	1 kcal/kg °C
			Wae	50 kWh
Ei	12,37 10 ⁶ kcal/h			
CALORES SALIENTES				
S1	Qmss	0,14 10 ⁶	Mmss	4600 kg/h
Calor sensible con materia seca de la madera			Cpmm	0,3 kcal/kg °C
			tsm	100 °C
			Mmhs	15400 kg/h
S2	Qms	0,13 10 ⁶	Hum. salida	8%
Calor sensible con humedad de la madera			CO ₂	1,077 Nm ³ /m ³
			N ₂	8,017 Nm ³ /m ³
			O ₂	0,21 Nm ³ /m ³
S3	Qgs	0,01 10 ⁶	CgCO ₂	0,422 kcal/Nm ³ °C
Calor sensible en gases			CgN ₂	0,305 kcal/Nm ³ °C
			CgO ₂	0,296 kcal/Nm ³ °C
			tsg	130 °C
			Hum. salida	8%
S3	Qv	10,00 10 ⁶	Hv	655 kcal/kg
Calor vapor de agua evaporada			Madera salida	5000 kg/h
			Qva	15000 kg/h
			H ₂ O	18%
			h	15 kcal/h m °C
S4	Qp	0,02 10 ⁶	S	52 m ²
Calor perdido por paredes			tp	45 °C
			ta	19°C
S1	10,3 10 ⁶ kcal/h			
DIFERENCIA	2,1 10 ⁶ Kcal/h			

Tabla 23: Balance Energético de un Secadero Rotativo.

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa en el ejemplo que los gases de salida tienen un elevado contenido calorífico. Se puede aprovechar parte de este calor recirculándolo, aproximadamente el 40% de estos gases calientes y húmedos.

El rendimiento del proceso de secado lo podemos definir como el cociente entre el calor del agua evaporada y el calor suministrado por el combustible, expresado en %.

$$\text{Rendimiento Secado} = \frac{\text{Calor del agua evaporada}}{\text{Calor suministrado por el combustible}} \times 100$$

Para el ejemplo planteado, el rendimiento es del 89 %.

6. MEJORAS ENERGÉTICAS

En este apartado se presenta una recopilación de algunas de las medidas energéticas más importantes de mejora de eficiencia energética, muchas de las cuales ya han sido implementadas con buenos resultados.

6.1. APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL SECADO

El secado con energía solar es un método que reduce las desventajas del secado al aire libre (lentitud, defectos en la madera y contenido final de humedad inadecuado) y rebaja el coste del secado en cámara.

Teniendo en cuenta que el funcionamiento de este tipo de secaderos depende de las condiciones ambientales y principalmente de la intensidad de radiación solar recibida, el rendimiento que se puede obtener dependerá de su situación geográfica. Además las condiciones de operación variaran con el lugar, clima, especies a secar, espesores y modelo de secadero, debiéndose realizar un estudio en cada caso y situación particular.

De igual forma que en los secaderos tradicionales, el aire interior juega el doble papel de fluido térmico y de agente secante. Por ello antes de entrar en contacto con la madera lo hace sobre la superficie absorbente del colector solar.

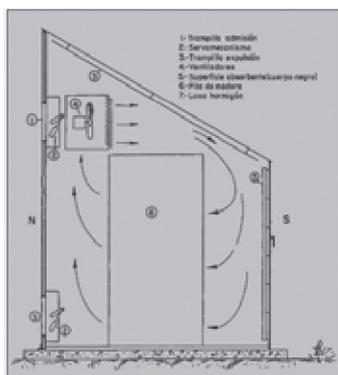


Figura 22: Secadero con Energía Solar

Gentileza del Departamento Industrias Forestales. CIT-INIA

De las experiencias desarrolladas por el Departamento de Industrias Forestales CIT-INIA comparando el secado al aire con el secado solar se obtienen las siguientes conclusiones:

El secado solar es más rentable conforme mayor es el espesor de la madera.

- Aunque el secado solar es de 4 a 5 veces más rápido en verano que en invierno, con respecto al secado en aire es más rentable en invierno.
- El método solar resulta ser más rápido que el método al aire tan solo a partir del 70 - 80 % del contenido de humedad.
- La calidad de la madera secada por el método solar es superior a la del secado al aire y además comparable, si no superior, a la obtenida por el método tradicional en cámara.
- La cantidad de kWh consumidos en el secado solar por kg de agua evaporada es, aproximadamente, la décima parte consumida por el método tradicional en cámara.

6.2. APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE LA MADERA PARA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA.

Las industrias de la Primera Transformación de la madera poseen la ventaja de poder utilizar sus residuos para contribuir a sus necesidades energéticas. El aprovechamiento altamente eficiente que se realiza de los residuos de la madera, especialmente en los aserraderos e industrias de contrachapados, juega un papel importante en la producción eficiente de energía y puede convertirse en un factor notable a la hora de determinar si un aserradero obtiene beneficios o pérdidas, sobre todo cuando la madera aserrada proviene de trozas marginales.

A la hora de plantear este aprovechamiento es necesario analizar detalladamente los siguientes elementos que influyen en la viabilidad económica del proyecto:

- Costos actuales y futuros de las fuentes tradicionales de energía y su disponibilidad.
- Necesidades energéticas en la instalación.
- Disponibilidad y fiabilidad de los suministros de residuos, su costo, tipo, tamaño, contenido en humedad y proporción de elementos extraños.
- Costo del equipo necesario para recoger, tratar y quemar los residuos.
- Valor de reventa de los residuos como materia prima para la fabricación de tableros, pastas, etc.

Los residuos provienen de las siguientes operaciones:

ORIGEN DE LOS RESIDUOS DE MADERA	
Operaciones Forestales	Ramas, agujas, hojas, tocones, raíces, madera de mala calidad y podrida, recortes y aserrín.
Aserrío	Corteza, aserrín, recortes, madera partida, virutas, lijaduras
Producción Tableros Contrachapados	Cortezas, almas, aserrín, hojas, recortes y residuos de chapas, recortes de paneles, lijaduras.
Producción de Tableros de Fibras	Cortezas, cribaduras, menudos, recortes de paneles, aserrín, lijaduras.
Producción de Tableros de Partículas	Cortezas, cribaduras, menudos, recortes de paneles, aserrín, lijaduras.

Tabla 24: Origen de los Residuos de la Madera

Fuente: Estudio Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO).

Todos los residuos de la madera y su corteza, que se suelen denominar aserrín basto debido al proceso de reducción del tamaño en una “desmenuzadora”, tienen valor como combustible. Estos residuos tienen diversos valores caloríficos por sus diversos contenidos de humedad y su gran gama de tamaños.

El contenido de humedad es un determinante importante del valor calorífico del residuo de la madera que puede variar desde 4.700 kcal/kg con el 0% del contenido de humedad hasta a 2.400 kcal/kg con el 50% de humedad.

El contenido de humedad habitual se indica en la siguiente tabla.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS RESIDUOS MADEREROS%	
Lijaduras	2 - 10
Virutas	10 - 20
Aserrín	25 - 40
Corteza (desmenuzada)	25 - 75
Limpiezas de apiladeros de trozas	40 - 60
Forestales de agujas a tocones	30 - 60

Tabla 25: Contenido de Humedad de los Residuos de la Madera

Fuente: Estudio FAO.

El valor calorífico de la madera también depende de las especies y de la parte del árbol que se aproveche; varía entre 4.000 kcal/kg y 5.500 kcal/kg de madera en seco (valor en PCS -Poder calorífico superior-); generalmente, las coníferas tienen valores caloríficos superiores a las maderas duras o de frondosas, con un valor medio de 5.000 kcal/kg para maderas resinosas y 4.700 kcal/kg para otras.

El tamaño y la forma de la partícula también tienen una gran importancia en la eficiencia de la combustión. Mientras que las lijaduras finas y las virutas de madera pueden quemarse en suspensión, los residuos de la madera de mayor tamaño, en forma de grandes astillas, residuos triturados en forma gruesa y costeros, necesitan un tiempo de estancia mayor para su combustión.

Por tanto todas las medidas que se adopten para reducir el contenido de humedad y el tamaño de los residuos repercutirán sensiblemente en la rentabilidad de la producción de energía.

El proceso de preparación de los residuos suele comprender: desmenuzamiento, deshidratación, criba, reducción del tamaño, almacenamiento a granel, mezcla y desecado.



Figura 23: Residuo tratado apto para ser introducido en el horno.

Fuente: Gentileza de C.H.I. 214.

6.2.1. Aplicaciones de la Energía Producida por Residuos

A continuación se muestran posibles aplicaciones de la energía producida por los residuos de la madera en las industrias de la Primera Transformación, según el medio calefactor empleado.

MEDIO CALEFACTOR	APLICACIONES
Aire Caliente	Secado directo de: <ul style="list-style-type: none"> - Madera aserrada. - Chapa de contrachapados. - Material para tableros
Agua caliente o aceite térmico	Como medio indirecto para suministrar calor a: <ul style="list-style-type: none"> - Acondicionamiento de trozas - Secado de maderas y chapas - Preparación de colas y resinas - Prensado en caliente de tableros. - Calefacción de locales
Vapor	<ul style="list-style-type: none"> - Producir electricidad por medio de un generador acoplado a una turbina de vapor. - Accionamiento directo de la planta (bombas de agua, ventiladores, compresores neumáticos, etc.) por medio de pequeñas turbinas de vapor.

Tabla 26: Aplicaciones de los Residuos de la Madera

Fuente: Estudio FAO.

6.2.2. Combustión de los Residuos de Madera

Las lijaduras finas y las virutas de madera pueden quemarse en suspensión y los residuos de mayor tamaño, en forma de astillas, residuos gruesos desmenuzados y los costeros, al necesitar más tiempo para quemarse, suelen realizar su combustión en parrillas.

Los métodos tradicionales de combustión del residuo desmenuzado consisten en la utilización de calderas que emplean el método de quema de pilas de residuos sobre una parrilla. La combustión es lenta y con un elevado contenido de humedad.

Los sistemas básicos de combustión de estos residuos son:

- El calor se transmite desde el horno a la superficie de la caldera situada encima de la cámara de combustión. Estos hornos suelen utilizarse para quemar combustible de hasta un 65% de contenido de humedad.
- Se emplean para quemar combustibles desmenuzados con un 50 - 60% de humedad. El combustible avanza progresivamente a lo largo de la parrilla a través de la cámara de combustión.

En los hornos la superficie donde se deposita el combustible se denomina parrilla. Existen sistemas de parrilla fija donde el combustible no sufre movimiento alguno, sistemas de parrilla móvil, en los que la biomasa avanza al tiempo que arde, y sistemas de parrilla semimóvil, que es un tipo de parrilla escalonada cuyas piezas giran sobre su eje y vierten el combustible a los niveles siguientes, favoreciendo la disgregación de los inquemados.

La cesión del calor producido en los hornos a los fluidos térmicos empleados en los procesos, se realiza en las calderas.

- Las calderas se dividen en dos categorías: pirotubulares y acuotubulares. Las primeras se emplean principalmente cuando se necesitan presiones de vapor inferiores a 20 kg/cm² y se prestan muy bien para las necesidades térmicas de las industrias de la Primera Transformación de la madera. Son relativamente baratas y funcionan aprovechando el principio de los gases calientes de la combustión que pasan por tubos de acero colocados en camisas exteriores de agua. Las calderas acuotubulares constan de tubos soldados de tal manera que constituyen paredes que encierran la cámara de combustión, a través de los tubos fluye el agua que se va a calentar. Se emplean cuando se necesitan presiones de vapor superiores a 20 kg/cm², especialmente para proporcionar energía motriz a los generadores de turbinas.
- Queman las partículas finas de madera que existen en suspensión, en cámaras de combustión o en hogares de la caldera, en un ambiente turbulento provocado por aire forzado de combustión. Para un funcionamiento eficiente, las partículas no deben ser superiores a 6 mm de tamaño y un contenido máximo de 15% de humedad.
- Los combustores de lechos fluidizados pueden quemar combustible desmenuzado sin tratar con niveles de humedad hasta de un 60%, en una zona mezcladora turbulenta encima de un lecho fluidizado de arena de sílice inerte. El combustible se mantiene en suspensión durante la combustión por alta velocidad del aire expulsado a través del lecho de arena, lo que determina que la arena adopte propiedades fluidizadas y de libre flujo.

- Bajo la denominación de “gasificación” se recogen todos aquellos procesos que llevan implícita una combustión en condiciones de defecto de oxígeno, con producción de monóxido y dióxido de carbono, hidrógeno y metano, en proporciones diversas según la composición de la materia prima y las condiciones del proceso. Para obtener un buen rendimiento de la mezcla gaseosa resultante es necesaria una temperatura mínima de 700 a 800 °C.

Los tipos de gasificadores que pueden ser utilizados en la gasificación de la biomasa son los de lecho móvil, de lecho fluidizado y de transporte. Cada uno de estos reactores presenta una serie de ventajas e inconvenientes, lo que hace que su elección dependa de varios factores. Los principales criterios de selección son el tamaño y la densidad del residuo a procesar, la capacidad de procesamiento y la calidad deseada para el producto gaseoso a obtener.

COMPARACIÓN DE LOS DIVERSOS GASIFICADORES				
Tamaño de partículas adecuado (mm)	2-50	20-100	0-20	0-1
Estado de las cenizas eliminadas	sólido o líquido	sólido	sólido	líquido
Presión de trabajo (atm)	1-30	1	1-70	1-70
Capacidad de procesamiento (kg/h)	100-500	100-800	600-6000	-
Modo de operación	contra-corriente	corrientes paralelas	-	corrientes paralelas

Tabla 27: Comparación de Gasificadores.

Fuente: Energías Renovables y Medio Ambiente, Universidad de Vigo.

- El proceso de pirólisis consiste en la descomposición de la materia orgánica por la acción del calor y en ausencia de oxígeno. La descomposición térmica de estos materiales biomásicos se produce a través de una serie compleja de reacciones químicas, además de procesos de transferencia de masa y calor, lo que hace difícil predecir el transcurso de la pirólisis, puesto que influyen una serie de variables como son las condiciones de operación o el tipo de biomasa empleado.

Una instalación típica de aprovechamiento de la biomasa es como combustible en una caldera que calienta aceite térmico empleado en el proceso de secado de la madera.

Las cortezas se introducen en el horno a través de un sistema de alimentación automático; este horno, de parrillas móviles, es el lugar donde se produce la combustión. Los gases producidos se aprovechan en una caldera de 6.000.000 kcal/h de potencia que constituye el núcleo principal de la instalación. En esta caldera el fluido que se calienta es aceite térmico, a partir del cual el calor obtenido es utilizado en los procesos de secado de chapa de madera. Los gases de combustión pasan por unos multi-ciclones donde son depurados y donde son conducidos a la chimenea.



Figura 24: Instalación de Caldera de Biomasa.

Fuente: Gentileza de C.H.I. 214.

6.2.3. Ejemplo: Cogeneración con Aprovechamiento de los Desechos de Madera

Una industria de tableros de partículas produce 340.000 m³/año de tablero, con un consumo de 230.000 toneladas de materia prima. La madera se utiliza con una humedad de 60% a 70% y se seca hasta un 6% de humedad.

La compañía decidió instalar una planta de cogeneración basada en la utilización de los desechos de madera para generar energía térmica y eléctrica para el autoconsumo de la propia planta.

El calor residual de la instalación energética será empleado en el proceso de secado de partículas y la energía eléctrica para autoconsumo de la propia industria.

La instalación de cogeneración se compone de:

- Silo de almacenamiento de polvo de lijado producido en el proceso de fabricación (6% de humedad).
- Silo de almacenamiento de desechos (humedad variable).
- Caldera de lecho fluidizado de 35 MW de capacidad térmica.
- Turbina de vapor de contrapresión.
- Alternador de 3,5 MW.
- Tanque de condensación.
- Depurador de gases.

6.2.3.1. Descripción del proceso

En el silo de desechos se almacenan los recortes de tablero y la corteza producida en el proceso de descortezado. De este silo son transportados 170 t/día de desechos a la parte superior de la caldera de lecho fluidizado. El polvo de lijado producido en el proceso de fabricación se almacena en otro silo, del cual se transportan de 40 a 50 t/día a la caldera.

Para alcanzar las 170 t/día de desechos requeridos, la fábrica necesita adquirir del exterior 50 t/día.

La caldera produce 40 t/h de vapor a 450 °C y 70 kg/cm² de presión. Este vapor alimenta la turbina de contrapresión que acciona un alternador de 3.5 MW de capacidad.

El vapor de exhaustación de la turbina tiene una presión de 6 a 10 kg/cm² y una temperatura entre 180 °C y 200 °C. El calor de este vapor se emplea en el secado de las partículas de madera. El agua de vapor condensado retorna a un depósito de condensados para alimentar nuevamente la caldera.

La planta funciona 7 días por semana de manera continua (24 horas al día), 330 días/año, haciendo una totalidad de 7.920 horas/año.

RESULTADOS

Gastos Inversión turbina y generador = 2.035.000 €

Inversión caldera¹² = 750.000 €

Coste mantenimiento instalación cogeneración = 116.000 €/año

Varios (5% inversión) = 139.000 €/año

Biomasa comprada al exterior = 291.000 €/año

Total gastos= 3.331.000 Euros

Ahorros

Producción energía eléctrica = 15 GWh/año

Energía eléctrica autoconsumida cogeneración = 0,64 GWh/año

Energía eléctrica autoconsumida en la fábrica = 14,36 GWh/año

Precio energía eléctrica = 0,091706 €/kWh

Periodo simple retorno= 2,53 años

¹² Se considera la diferencia entre el coste de una caldera normal para el proceso y el coste de la caldera de lecho fluidizado necesaria.

Esquema de proceso

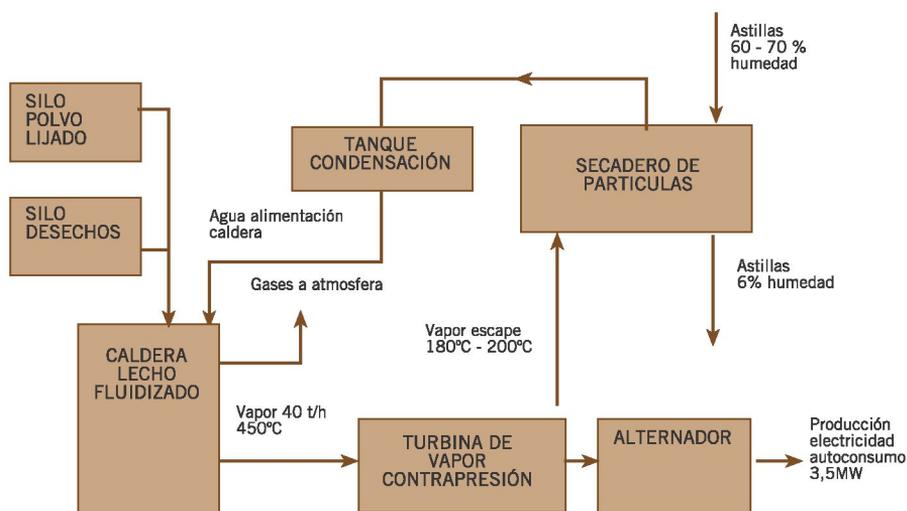


Figura 25: Ejemplo de Cogeneración con Residuos de Madera.

Fuente: Elaboración Propia.

6.3. LA COGENERACIÓN EN EL SECTOR DE LA MADERA

Las industrias del sector de la madera que centran sus actividades en la Primera Transformación son grandes consumidores de energía eléctrica como térmica, la factura energética de estas industrias es importante, por lo tanto, la utilización eficiente de sus recursos energéticos es un aspecto clave y fundamental para incrementar su competitividad.

La cogeneración es un proceso por el cual se produce simultáneamente calor y electricidad, dos demandas constantes en los procesos industriales de este sector.

Algunos de los factores que aconsejan la introducción de la cogeneración en el sector son:

- Las energías requeridas en el proceso.
- La continuidad del proceso de producción.
- La cantidad de horas anuales de trabajo.
- Las aplicaciones sencillas para el calor recuperado.
- La facilidad de implantación de las instalaciones sin alterar la producción.

6.3.1. Sistemas de cogeneración

De acuerdo con el orden en que se realiza la producción de energía térmica los sistemas de cogeneración pueden ser:

- Ciclos de cabeza o sistemas superiores: Aquellos en los que la energía primaria se utiliza para producir un fluido caliente y a presión que genera energía mecánica, mientras el calor residual se aprovecha en un proceso industrial.
- Ciclos de cola o sistemas inferiores: Aquellos en los que la energía primaria se utiliza en el proceso industrial y la energía térmica no aprovechada en el mismo se recupera en la producción de energía mecánica.

Los sistemas de cogeneración pueden estar compuestos por los siguientes elementos motores:

6.3.1.1. Turbina de gas

La turbina de gas está básicamente constituida por una turbina accionada por la expansión de los gases calientes procedentes de una cámara de combustión, en la que el aire se introduce mediante un compresor accionado por la propia turbina.

La energía mecánica generada es utilizada en la producción de energía eléctrica mediante el accionamiento de un alternador.

Los gases de salida de la turbina pueden aprovecharse en los procesos de secado.

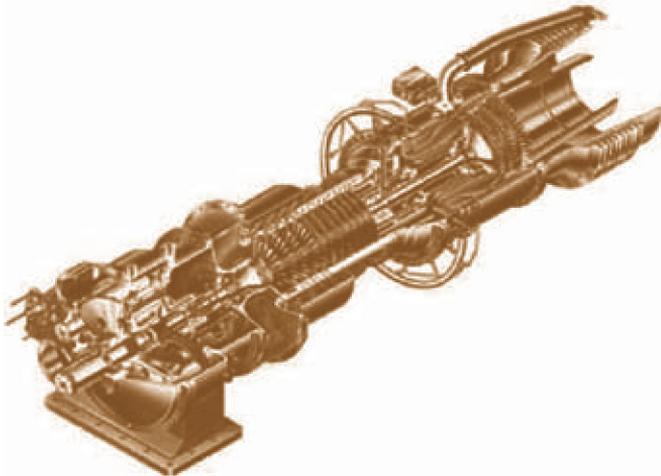


Figura 26: Turbina de Gas.

Fuente: Gentileza de Turbomach.

6.3.1.2. Turbina de vapor

En este caso, el accionamiento se produce por la expansión del vapor de alta presión procedente de una caldera convencional. La energía mecánica generada puede recibir las mismas aplicaciones que en el caso de la turbina de gas; sin embargo el vapor de baja presión procedente de las turbinas de contrapresión solamente es utilizable en el proceso industrial cuando se requiera vapor a un bajo nivel de temperatura.

6.3.1.3. Motores alternativos

Sean de explosión o diesel, los motores alternativos pueden utilizarse en la cogeneración. Aunque el rendimiento térmico obtenido con estos motores es más alto que el obtenido con las turbinas de gas o con las de vapor, presentan como inconveniente fundamental una mayor dificultad en la recuperación y aprovechamiento del calor.

La energía mecánica generada se puede recuperar de igual manera que con las turbinas de gas, mientras que la energía térmica se puede recuperar en dos niveles:

- Los gases de escape, para producir aire caliente, aceite térmico o vapor a baja presión.
- El circuito de refrigeración del motor, para la producción de agua caliente para usos industriales o de servicios y para precalentar aire para otros procesos.

Dentro de la industria de la madera, la implantación de la cogeneración se realiza con motores alternativos, turbinas a gas y con turbinas de vapor.

Se presentan cuatro casos prácticos en los que se analiza la rentabilidad de cada uno de los ejemplos.

6.4. EJEMPLOS

6.4.1. Fabrica de chapas y contrachapados

Fábrica de chapas y contrachapados con un horario de funcionamiento de 5.760 horas/año, repartidos en 24 h/d (de lunes a viernes) y 240 d/año (no se trabaja 23 días por vacaciones). La demanda de energía eléctrica es de 7.500.000 kWh/año y con un consumo de gasóleo C de 13.800.000 kWh/a (1.368.858 l/a), para la producción de vapor en una caldera con un 80% de rendimiento. El vapor se utiliza para el calentamiento en un secadero.

La caldera de vapor tiene una antigüedad de 20 años y el empresario ha decidido modernizar la instalación implantando un sistema de cogeneración. La caldera de vapor queda como reserva para los periodos de mantenimiento de los motores.

El proyecto consiste en una planta de cogeneración a base de dos grupos motor alternador accionados a gas natural, cuya electricidad generada se destina a cubrir toda la demanda interna a lo largo de 240 d/a, comprando la energía en fines de semana y período de vacaciones, y exportar el excedente a la red de la compañía eléctrica.

El calor disponible en el circuito de refrigeración de los motores se utilizará para precalentar el aire de entrada desde la temperatura ambiente hasta los 80 °C, posteriormente, en una cámara de mezcla, con el aporte del calor contenido en los gases de escape elevaremos la temperatura de la masa de aire hasta alcanzar la temperatura de proceso de 142 °C.

SITUACIÓN ACTUAL		
Consumo energía eléctrica	7.500.000	kWh/año
Potencia contratada	1.150	kW
Potencia media consumida	1.094	kWh
Horario de funcionamiento	5.760	horas/año
Consumo de combustible	13.800.000	kWh/año
PCI = 10.200 kcal/kg	1.368.858	l/a
d = 0,85		
Consumo medio combustible	2.396	kW
Coste combustible (0.55 €/l)	752.872	€/año
Coste energía eléctrica	687.780	€/año
Coste total	1440652	€/año
SITUACIÓN AL COGENERAR		
Bases de partida		
Potencia de la planta	2.076	kW
Rendimiento eléctrico	0,378	
Consumo de combustible	5.490	kW
Calor necesario en secadero	1.648	te/h
Calor recuperado planta cogeneración	2.080	te/h
Horario de funcionamiento	5.760	horas/año
Precio del combustible	0,040	€/te
Precio de la energía eléctrica exportada	0,096	€/kWh
Consumo servicios auxiliares de la cogeneración	50	kW
Coste del mantenimiento	0,009	€/kWh
Resultados		
Consumo térmico planta de cogeneración	4.520.033	kWh/año
Aporte térmico sistema convencional al secadero	0	
Energía eléctrica generada	11.950.000	kWh/año
Energía eléctrica autoconsumida cogeneración	290.000	kWh/año
Energía eléctrica autoconsumida fábrica	6.300.000	kWh/año
Total autoconsumo	6.590.000	kWh/año
Porcentaje de autoconsumo	0,552	
Rendimiento eléctrico equivalente	0,618	
Energía eléctrica comprada a red	1.200.000	kWh/año
Energía eléctrica exportada	5.660.000	kWh/año
Precio del gas término fijo	63,130	€/mes
Precio del gas término variable	0,031	€/kWh
Precio de la electricidad comprada	0,092	kWh/año
Costes al cogenerar		

Costes de combustible cogeneración	973.526	€/año
Energía eléctrica comprada	110.047	€/año
Energía eléctrica exportada	542.794	€/año
Coste mantenimiento	103.926	€/año
Varios (5% inversión)	75.000	€/año
Total al cogenerar	719.705	€/año
Ahorro al cogenerar	720946,971	€/año
Inversión prevista	1.500.000	€
Período simple de retorno	2,08	años

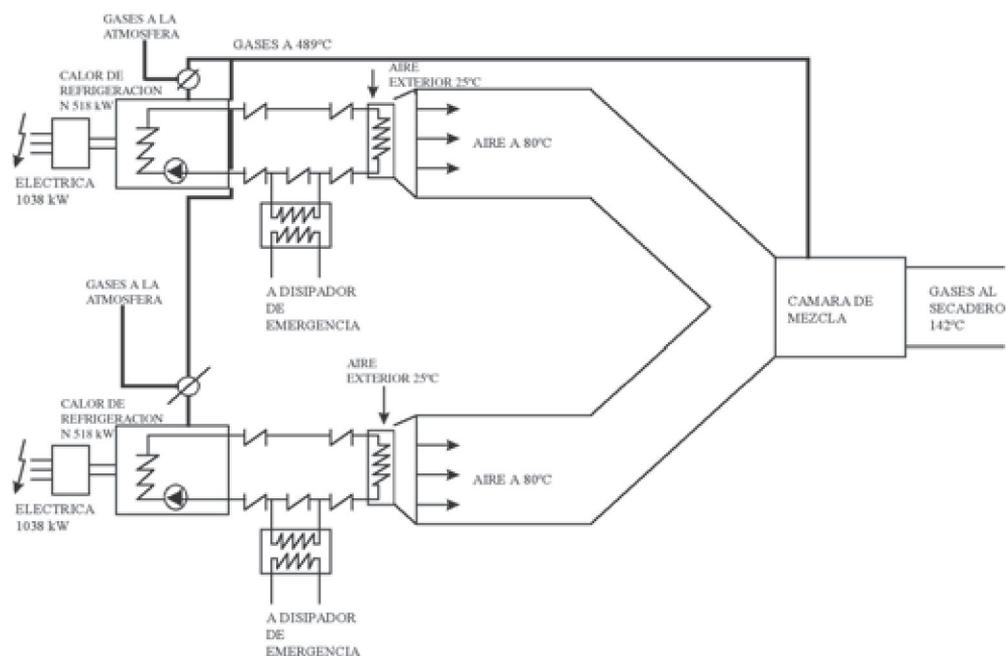


Figura 27: Ejemplo 1 de Cogeneración.

Fuente: Elaboración Propia.

6.4.2. Fabrica de tableros

Fábrica de tableros con procesos consistentes en el secado de viruta de madera en secaderos mediante aire, previamente calentado por la combustión de gas natural y de residuos de la industria (corteza, polvo de lijado y recortes) y gases de escape de una caldera alimentada también por residuos de la propia industria.

La industria de tableros tiene un importante consumo de energía eléctrica y una producción continua de aproximadamente unas 7.000 horas/año en uno de sus dos secaderos, el otro secadero trabaja menos de la mitad de horas que el primero, razón por la que se pensó instalar un sistema de cogeneración con turbina de gas natural que estuviera en operación el mismo período de tiempo que el primer secadero, que produjese una cantidad de electricidad próxima a la consumida actualmente y se aprovecharan los gases de escape en los secaderos.

El consumo de energía eléctrica tiene una demanda media muy uniforme de 3.700 kW, con unas puntas de 4.200 kW, la cantidad de madera tratada en el secadero es aproximadamente de 68.000 t/año con una humedad de la madera del orden del 64%.

SITUACIÓN ACTUAL		
Consumo energía eléctrica	26.135.032,000	kWh/año
Potencia contratada	4.100,000	kW
Potencia media consumida	3.700,000	kWh
Horario de funcionamiento	7.008,000	horas/año
Consumo de combustible secadero 1	22.278.720,000	te/año
Consumo de combustible secadero 2	11.384.080,000	te/año
consumo de combustible total	33.652.800,000	te/año
Consumo medio de combustible secadero 1	3.179,000	te/h
Consumo medio de combustible secadero 2	1.623,000	te/h
Consumo medio total	4.802,000	te/h
Coste unitario de combustible	0,011	€/te
Coste combustible	376.911,360	€/año
Coste unitario de energía eléctrica	0,092	€/kWh
Coste energía eléctrica	2.396.739,245	€/año
Coste total	2.773.650,605	€/año
SITUACIÓN AL COGENERAR		
Bases de partida		
Potencia de la turbina	3.402,000	kW
Rendimiento eléctrico	0,274	kg/s
Caudal	14,200	°C
Temperatura	536,000	kW
Consumo de combustible	12.441,000	kW
Calor necesario en secadero nº 1 y 2	4.802,000	te/h
Calor aportado cogeneración	4.145,000	horas/año
Horario de funcionamiento	7.008,000	€/te
Precio del combustible	0,040	€/kWh
Precio de la energía eléctrica exportada	0,096	kW
Consumo servicios auxiliares de la cogeneración	120,000	€/kWh
Coste del mantenimiento	0,009	
Resultados		

Consumo térmico planta de cogeneración	6.520.572,576	kWh/año
Aporte térmico postcombustión a secaderos	4.600.000,000	kWh/año
Energía eléctrica generada	23.840.000,000	kWh/año
Energía eléctrica autoconsumida cogeneración	584.000,000	kWh/año
Energía eléctrica autoconsumida fábrica	23.000.000,000	kWh/año
Total autoconsumo	23.584.000,000	kWh/año
Porcentaje de autoconsumo	1,000	kWh/año
Rendimiento eléctrico equivalente	0,480	€/mes
Energía eléctrica comprada a red	2.290.000,000	€/kWh
Energía eléctrica exportada	0,000	kWh/año
Precio del gas término fijo	63,130	
Precio del gas término variable	0,031	
Precio de la electricidad comprada	0,092	
Costes al cogenerar		
Costes de combustible cogeneración	1.035.973,181	€/año
Costes de combustibles postcombustion al secadero	60.690,000	€/año
Energía eléctrica comprada	210.006,740	€/año
Energía eléctrica exportada	0,000	€/año
Coste mantenimiento	207.127,000	€/año
Varios (5% inversión)	106.098,150	€/año
Total al cogenerar	1.559.205,071	
Ahorro al cogenerar	1.214.445,534	€/año
Inversión prevista	2.121.963,000	€
Período simple de retorno	1,747	años

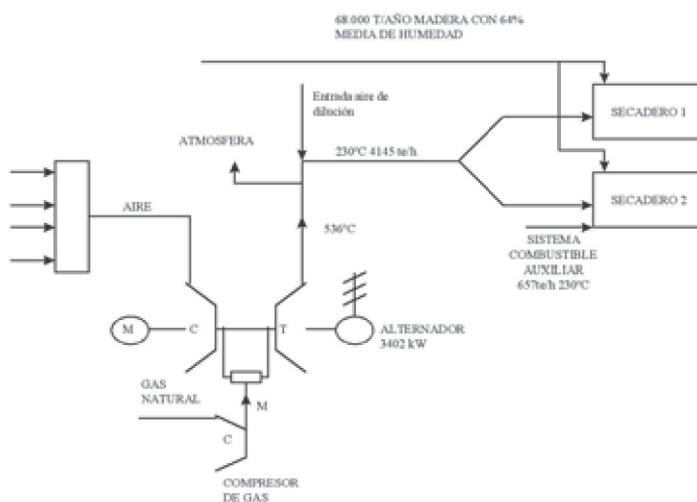


Figura 28: Ejemplo 2 de Cogeneración.

Fuente: Elaboración Propia.

6.4.3. Fabrica de tableros de fibra

Fábrica de tableros de fibra con procesos consumidores de energía térmica consistentes en el secado de viruta de madera en secaderos mediante aire caliente y prensado de los tableros utilizando calor a partir de aceite térmico. En este ejemplo se trata de aprovechar el calor residual de un motor alternador para alimentar ambos procesos y a su vez generar parte de la electricidad demandada por la industria.

La industria de tableros tiene un importante consumo de energía eléctrica y una producción continua a lo largo de 5 días a la semana durante 16 horas diarias, en este ejemplo se muestra la rentabilidad de instalaciones con menor número de horas año de funcionamiento.

La energía térmica del circuito de refrigeración de alta temperatura se utilizará para precalentar el aire de entrada al secadero y el calor contenido en los gases de escape para calentar el aceite térmico de la línea de prensado. La energía térmica a aportar por el sistema de cogeneración es del 80% del consumo de combustible ya que el 20% se pierde por el rendimiento de la caldera.

La demanda de energía eléctrica es muy uniforme de 1.250 kW, prácticamente sin demandas puntas, la temperatura del aceite térmico es de 220 °C en la impulsión y de 210 °C en el retorno.

SITUACIÓN ACTUAL		
Consumo energía eléctrica	6.052.800,000	kWh/año
Potencia contratada	1.450,000	kW
Potencia media consumida	1.250,000	kWh
Horario de funcionamiento	4.160,000	horas/año
Consumo de combustible en la prensa	2.500.000,000	te/año
Consumo de combustible secadero	4.100.000,000	te/año
Consumo de combustible total	6.600.000,000	te/año
Consumo medio de combustible prensa	601,000	te/h
Consumo medio de combustible secadero	986,000	te/h
Consumo medio total	1.587,000	te/h
Coste unitario de combustible	0,275	€/l
Coste combustible	178.070,588	€/año
Coste unitario de energía eléctrica	0,092	€/kWh
Coste energía eléctrica	555.078,077	€/año
Coste total	733.148,665	€/año
SITUACIÓN AL COGENERAR		
Bases de partida		
Potencia del motor alternador	1.038,000	kW
Rendimiento eléctrico	0,378	kW
Consumo de combustible	2.745,000	te/h
Calor necesario en prensa	480,800	te/h
Calor necesario en secadero	788,800	te/h
Calor aportado cogeneración	894,000	te/h
Horario de funcionamiento	4.160,000	horas/año
Precio del combustible	0,040	€/te
Precio de la energía eléctrica exportada	0,096	€/kWh
Consumo servicios auxiliares de la cogeneración	35,000	kW
Coste del mantenimiento	0,010	€/kWh
Resultados		

Consumo térmico planta de cogeneración	1.632.234,240	
Consumo térmico resto: secadero y prensa	5.281.536,000	
Energía eléctrica generada	4.320.000,000	kWh/año
Energía eléctrica autoconsumida cogeneración	150.000,000	kWh/año
Energía eléctrica autoconsumida fábrica	4.170.000,000	kWh/año
Porcentaje de autoconsumo	1,000	
Rendimiento eléctrico equivalente	0,653	
Energía eléctrica comprada a red	1.730.000,000	kWh/año
Energía eléctrica exportada	0,000	€/mes
Precio del gas término fijo	63,130	€/kWh
Precio del gas término variable	0,031	kWh/año
Precio de la electricidad comprada	0,092	
Costes al cogenerar		
Costes de combustible cogeneración	50.968,350	€/año
Costes de combustible adicional	61.993,196	€/año
Energía eléctrica comprada	158.651,380	€/año
Energía eléctrica exportada	0,000	€/año
Coste mantenimiento	43.815,000	€/año
Varios (5% inversión)	50.000,000	€/año
Total al cogenerar	365.427,926	€/año
Ahorro al cogenerar	367.720,739	€/año
Inversión prevista	1.000.000,000	€
Período simple de retorno	2,719	años

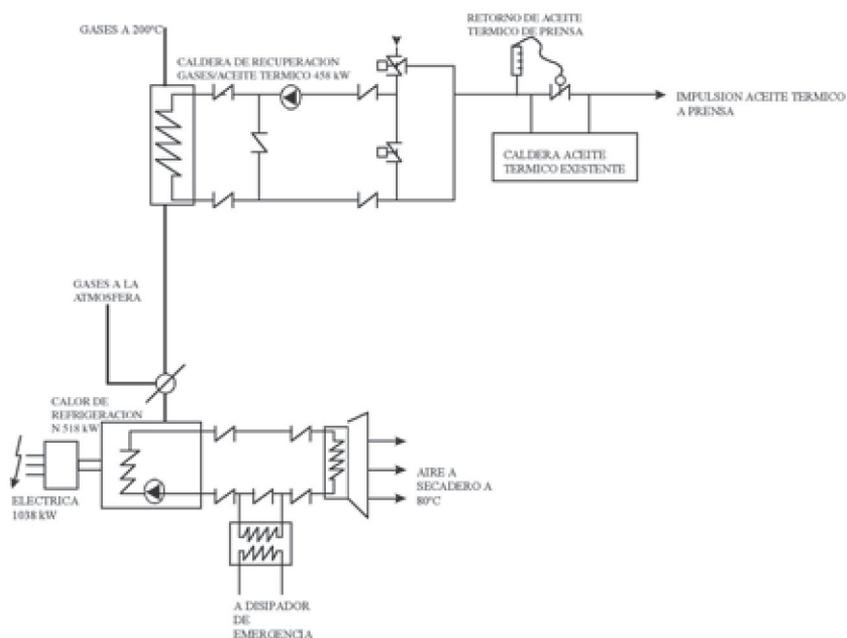


Figura 29: Ejemplo 3 de Cogeneración.

Fuente: Elaboración Propia.

Ejemplo 4: cogeneración con motor de gasóleo en una industria de madera

En la actualidad una empresa de la región de Castilla y León tiene en proyecto la instalación de un motogenerador de gasóleo que producirá energía eléctrica y térmica que será aprovechada en las instalaciones de la propiedad de dos formas:

- La energía eléctrica será consumida parcialmente en las instalaciones de fábrica y los excedentes serán vendidos a la compañía eléctrica.
- La energía térmica generada por el motor se aprovechará en el proceso de secado de madera, en cuatro secaderos recientemente adquiridos.

Los gases de combustión del motor se aprovecharán en una caldera mixta de agua caliente. Esta caldera tendrá una potencia instalada de recuperación de calor de gases de escape de 510 te/h. También dispondrá de un quemador de gasóleo de 2.000 te/h, para completar la demanda térmica del secado y para funcionar durante los períodos de mantenimiento del motogenerador.

El objetivo de este ejemplo es mostrar los diferentes componentes de la instalación de cogeneración.

La energía térmica de refrigeración de alta temperatura del motor se aprovechará para calentar el agua de retorno de secaderos, antes de su entrada a la caldera de recuperación. La potencia recuperada en este punto será de 404,2 te/h.

La instalación eléctrica comprende la interconexión en baja tensión con el transformador del C.T. intemperie, con los cuadros de protección de la propiedad y con el cuadro de consumo de servicios auxiliares de la instalación de cogeneración.

El **motogenerador** funcionando con gasóleo es la pieza básica de la instalación. El aprovechamiento térmico de los motores será de la forma siguiente:

Los gases de escape del motor irán a una caldera de recuperación para producción de agua caliente. El circuito de refrigeración de aceite y camisas del motor (alta temperatura) se utilizará para precalentar el agua de retorno de los secaderos antes de la entrada a la caldera.

La caldera de recuperación para producción de agua caliente estará dimensionada para recibir gases procedentes del motogenerador. La caldera estará dotada de un quemador de gasóleo capaz de producir hasta 2.000 te/h.

En su construcción se han de diferenciar los dos circuitos de calentamiento, uno el de la llama y los gases producto del funcionamiento del quemador y el otro el de los gases procedentes del motor, ambos bañados por un único circuito de agua.

Se dispondrá de un sistema de by-pass, con válvula y chimenea, a fin de arrojar a la atmósfera todo o parte de los gases de escape, durante los periodos de tiempo en los que la demanda de calor de los secaderos sea inferior a la producción de la caldera de recuperación o durante el proceso de arranque del motor.

La regulación de la temperatura del agua suministrada por la caldera se realizará mediante un transmisor de temperatura y un regulador proporcional que actuará sobre la válvula de tres vías de distribución de gases, enviándolos hacia la caldera o hacia la atmósfera, según que la demanda de calor en secaderos aumente o disminuya. Esta sonda estará situada en la tubuladura de salida del agua de la caldera, próxima a la brida de conexión con las tuberías del circuito exterior.

En secuencia con lo descrito en el párrafo anterior se prevé la maniobra del quemador de gasóleo, es decir, si estando el circuito de humos a pleno rendimiento aumentase la demanda térmica de secaderos, entraría el quemador, cuyo funcionamiento es escalonado, nada-poco-todo.

De la misma forma y si la demanda disminuye, primero pararía el quemador, entrando a regular la producción de calor la válvula distribuidora de gases.

La temperatura máxima del circuito se cifra en 100 °C, no obstante si la misma alcanzase los 103 °C se activaría una alarma de aviso por exceso de temperatura.

Ante un posible fallo del dispositivo de regulación de la temperatura de la caldera, se ha dispuesto, junto al transmisor de temperatura mencionado, un termostato de seguridad que actuará, a una temperatura de unos 105 °C, mandando primero parar el quemador y a continuación cerrar el paso de humos hacia la caldera desviándolos directamente a la atmósfera y por último, parando el motor si fuese preciso.

El circuito de refrigeración de alta temperatura dispondrá de un intercambiador de calor para el calentamiento del retorno del agua de los secaderos.

Cuando las necesidades térmicas de los secaderos sean inferiores a las necesarias de refrigeración del motor, se instalará un aerorrefrigerador de emergencia dimensionado para disipar la totalidad del calor de la refrigeración del motor.

El calor del circuito de baja temperatura del motor no será aprovechable, por lo que se disipará íntegramente en la batería de baja temperatura del aerorrefrigerante.

El combustible para el funcionamiento de los motores y del quemador de la caldera auxiliar es gasóleo. Para el almacenamiento y preparación para las condiciones de consumo se han previsto 2 depósitos, uno de 80 m³, para consumo del motor y otro de 40 m³ para el quemador de la caldera mixta de recuperación.

La unidad de transferencia de gasóleo contará con dos bombas eléctricas para trasiego del gasóleo, con un caudal unitario 3.000 l/h, una para motores otra para quemador. Las motobombas estarán dotadas de la correspondiente valvulería y filtros.

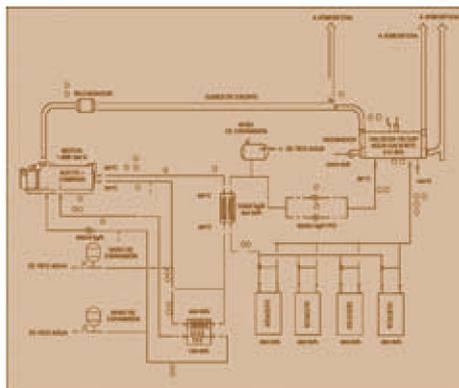


Figura 30: Ejemplo 4 de Cogeneración.

Fuente: Elaboración Propia.

7. ANÁLISIS ECONÓMICO DE MEJORAS

7.1. 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.

7.2. 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 de Soporte para la Evaluación Preliminar de las Mejoras.

Fuente: Centro de Estudios de la Energía.

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

Mejora propuesta. Optimización de la combustión.				Fecha. 05/04/07		
Descripción. Regulación automática de la combustión.				Responsable. Jefe de Mantenimiento.		
.....				Suministradores. Los habituales		
Mejoras relacionadas. Control de la combustión.					
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 (Nm³/año)						
Gasóleo (t/año)						
Propano (Nm³/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.

Fuente: Elaboración Propia.

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

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

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

7.3. 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.

7.3.1. 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.

7.3.2. 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.

7.4. 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.

7.4.1. 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.

7.4.2. 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).

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

7.5. OTROS ASPECTOS A CONSIDERAR

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

7.6. ANÁLISIS DE LA OFERTA DE FINANCIACIÓN

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

7.6.1. 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.

7.6.2. 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.

7.6.3. 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.

7.6.4. Financiación por terceros.

Cuando la empresa no tiene capacidad para llevar a cabo una inversión puede aceptar que una tercera empresa se haga cargo de ella. En este caso, la tercera realiza la inversión a cambio de recuperarla,

bien a través de los ingresos o ahorros que se conseguirán con la puesta en marcha de la misma, bien mediante el pago de una cantidad fija (leasing o renting).

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

8. MANTENIMIENTO ENERGÉTICO

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

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

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

La implantación de un mantenimiento preventivo requiere:

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

En orden a obtener la mayor eficiencia posible en el proceso de fabricación, se hace necesario un chequeo regular de todos los parámetros operacionales en cada uno de los equipos de la línea de producción. A continuación se muestran unas posibles listas de operaciones de chequeo de la instalación.

8.1. FUNCIONAMIENTO DEL SECADERO

Es de suma importancia seguir un programa preestablecido de mantenimiento preventivo, efectuando controles regulares, con objeto de asegurar que su operación no se sale de lo establecido, detectar posibles anomalías, tomar las medidas correctivas oportunas si es posible y, en todo caso, acumular datos que sirvan de base para realizar las mejoras necesarias en el proceso.

Se citan a continuación algunos de los parámetros que deben controlarse:

- Control de las materias primas y de la composición.
- La manipulación de la carga es una de las operaciones que necesita una atención continuada. Un control inadecuado en esta fase repercute negativamente en la operación y productividad del secado.
- Deben chequearse las propiedades físicas y químicas de las materias primas, para comprobar si cumplen las especificaciones requeridas.

Para evitar consumos superiores a los prefijados se debe realizar con cierta frecuencia una inspección externa, con objeto de detectar posibles aberturas incontroladas y juntas parcialmente cerradas o abiertas.

8.2. OPERACIONES DE PROCESO Y PLANTA

- Descubrir y reparar todas las fugas de vapor.
- Desconectar los compresores cuando no se necesiten.
- Descubrir y reparar todas las fugas de aire comprimido.
- Mantener regularmente los compresores e instalaciones de aire.
- Evitar producciones cortas donde se requieran grandes cantidades de calor.
- Utilizar el equipo más eficiente a su máxima capacidad y equipo menos eficiente solamente donde sea necesario.
- Desconectar toda la maquinaria y equipo cuando no se necesite.
- Asegurar que todo el equipo mecánico es apropiado y está regularmente lubricado.
- Comprobar que las máquinas eléctricas no estén sobredimensionadas para su trabajo.
- Reducir/eliminar el transporte de stocks calientes entre operaciones donde sea posible.
- Desconectar el suministro de agua cuando no se necesite.
- Taponar todos los ventiladores no utilizados, especialmente en techos y tejados.
- Mantener abiertas las puertas exteriores grandes las menos veces posibles.
- Considerar el uso de puertas flexibles en las puertas exteriores que deben permanecer abiertas durante largos períodos y/o cortinas flexibles alrededor de camiones y tractores estacionados en las puertas, para sellar la entrada.
- Proteger el aislamiento térmico del medio ambiente y de daños físicos.

8.3. ALUMBRADO Y FUERZA

- Reducir el tiempo ocioso de la máquina a un mínimo y desconectar cuando no esté en uso.
- Comprobar el factor de potencia de la planta, especialmente si se sabe que las cargas inductivas son altas.
- Utilizar electricidad en horas no punta cuando sea posible.
- Asegurar que las luces están desconectadas cuando locales u oficinas estén desocupados, manteniendo la iluminación de seguridad adecuada.
- Utilizar lámparas eficaces con reflectores y difusores apropiados para el área de trabajo.
- Recibir asesoramiento de expertos sobre valores de iluminación apropiada, selección de fuente de luz, diseño de las lámparas, su montaje, peso, control y mantenimiento.
- Evitar iluminar las partes altas de materiales apilados.
- Uso completo de la luz natural.
- Mantener todas las ventanas y tejados transparentes limpios.
- Limpiar y realizar mantenimiento regular de todas las lámparas de iluminación.
- No decorar con colores negros, ya que absorben la luz más que reflejarla..
- Comprobar que la electricidad se compra bajo la tarifa más apropiada y que el consumo de electricidad se conoce y controla.

8.4. TRANSPORTE

- Utilizar la dimensión del transporte correcta para la carga.
- Cargar el transporte a su completa capacidad de diseño en todos los viajes.
- Mantener regularmente las flotas de coches y camiones.
- Concienciar a los conductores de que una aceleración excesiva origina un alto consumo de energía.
- Desconectar todas las cintas transportadoras, carretillas elevadoras, etc. cuando no se necesiten.
- Cargar baterías en períodos no puntas.
- Mantener regularmente las cintas, carretillas elevadoras, grúas, etc.

9. FORMACIÓN DEL PERSONAL

Un programa de ahorro energético sólo será positivo si mantiene el interés participativo de todos los miembros de la instalación. La formación y mentalización del personal ha de llevarse a cabo mediante campañas de formación y entrenamiento que garanticen una correcta ejecución del programa de ahorro energético. Es necesario el establecimiento de reuniones periódicas con el personal para mantenerlos informados sobre el curso de los programas de ahorro y los logros conseguidos. Se intenta obtener un personal que durante un espacio de tiempo limitado sea capaz de operar su equipo con el mejor rendimiento posible.

El personal, a cualquier nivel, debe mentalizarse de la necesidad de utilizar racionalmente la energía. Dicha mentalización deberá conseguirse como resultado de dos aspectos primordiales:

- Campaña de motivación del personal en el campo del ahorro energético.
- Rigurosos programas de formación del personal.

El éxito de la campaña de motivación dependerá del cuidado con que, entre otros, sean preparados los siguientes puntos:

- Selección del instante de inicio de la campaña.
- Importancia que le atribuya la dirección (difundiéndolo al máximo mediante folletos, carteles, slogans, adhesivos, formularios, conferencias, coloquios, encuestas, etc.).
- Establecimiento de una relación de recomendaciones generales y objetivos concretos fáciles de aceptar por el personal.
- Llamadas a iniciativas individuales para ahorrar energía (localización de consumos inútiles, etc.).
- Convocatorias de concursos o premios a ideas que estimulen el ahorro (mejoras en operación, cambios de procesos, etc.).
- Difusión de información concreta (realizaciones, actuaciones de otros grupos o departamentos, comparaciones históricas, etc.).
- Publicación de resultados (ahorros conseguidos, economía realizada, objetivos de nuevos organigramas, modificaciones efectuadas, etc.).

En cuanto a la formación del personal, es necesario que éste adquiriera el grado adecuado a sus puestos de trabajo, efectuando inicialmente una selección por puestos de mayor consumo energético.

Los procedimientos de formación podrán variar desde cursos de información básica y perfeccionamiento profesional hasta programas preparados específicamente, cursos de dinámica de grupos, etc. Asimismo, se considera fundamental repetir las campañas de mentalización y formación con cierta periodicidad para evitar al máximo las actuaciones rutinarias.

9.1. INSTALACIONES DE GENERACIÓN DE CALOR

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

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

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

9.2. INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS

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

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

10. ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL

Los modelos para organizar las empresas de cara a la energía pueden clasificarse en tres grupos:

- Creación de un Departamento de Energía autónomo (similar a otros staffs de la empresa) con dependencia directa de la dirección general.
- Creación de un Comité de Energía que apoya a los diferentes grupos especializados en que se divide el trabajo de la fábrica. En este caso, la organización se basa en crear una estructura paralela a la ya existente en la actualidad que sirva de apoyo a todos los grupos de trabajo de la empresa en materia energética. Su principal órgano de gestión será el Comité de Energía.
- Asunción por parte de un director técnico de las responsabilidades ejecutivas y de control del plan de utilización racional de energía.

10.1. EL COMITÉ DE ENERGÍA

La necesidad de disponer y preparar los medios y recursos humanos suficientes para llevar adelante el programa plantea la primera incertidumbre al empresario, al tener que escoger entre colaboradores exteriores o equipo formado por personal propio.

Pensando en los graves inconvenientes que tiene un personal no familiarizado con ciertos aspectos de los procesos, las reticencias del empresario a entregar sus datos de fabricación y, lo que es más importante, la exigencia de una continuidad para el programa, se expone a continuación un tipo de organización dentro de la propia empresa.

La organización, debe ser:

- Específica y única para evitar interferencias con la existente en la empresa.
- Paralela y con una función staff a la anterior.
- Dependencia directa de la dirección: Sin el apoyo de la dirección, el programa se diluye e induce a una falta de colaboración entre los diferentes estamentos de la empresa.

Deberá estar formada por un equipo de personas cualificadas, con suficiente conocimiento técnico y de operación, para así poder establecer un programa de actuación por objetivos.

Su composición dependerá evidentemente de la propia estructura de la empresa e importancia de sus consumos energéticos.

Como idea general y a título orientativo, el comité de energía podría estar formado por un representante de cada uno de los diferentes departamentos siguientes:

- Mantenimiento
- Producción
- Ingeniería
- Administración

Existirá un presidente designado por la dirección, con las siguientes funciones:

- Promover, estableciendo políticas de actuación por objetivos fijados.
- Asistir, prestando la ayuda técnica y bibliográfica necesaria.
- Seguir los planes de acción acordados.
- Controlar las líneas de actuación y los procesos alcanzados.
- Comunicar, manteniendo una información entre los diferentes estamentos, de manera que la participación sea con el consenso de todo el personal de la instalación.

10.2. EL COORDINADOR DE ENERGÍA

La necesidad de un enlace entre los diferentes estamentos que promueva y transmita ideas, controle los programas desarrollados, estimule a los miembros del Comité y, en general, cree conciencia a todos los niveles, hace que surja la figura del coordinador de energía, como persona clave dentro de la organización del Comité.

Supervisará las actividades de conservación de energía marcando periódicamente los objetivos a lograr. Para ello:

- Podrá pedir todo tipo de datos a otros departamentos.
- Podrá ordenar la realización de ensayos, toma de datos y análisis.
- Tendrá personal colaborador a sus órdenes directas.
- Contará con el presupuesto adecuado.

Se responsabilizará:

- De mantener un adecuado número de personal instruido.
- De mantener un inventario satisfactorio de equipo.
- De reunir toda la información y documentación necesaria.

10.3. Funciones del inspector

El inspector es la persona del equipo de ahorro energético que efectúa la revisión.

Es evidente que su acción no debe remitirse solamente a anotar los despilfarros, sino que intervendrá en corregir las pequeñas deficiencias que pueda encontrar, como parar un ventilador, arreglar un purgador, etc. Sin interferirse nunca con el servicio de mantenimiento.

Aportará razones técnicas que sirvan de base para la elaboración de reglas para el posible ahorro de energía y dialogará con el personal de producción para informarse de las dificultades observadas.

10.4. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los datos suministrados por el personal operario al equipo de ahorro energético deben presentarse en esquemas de antemano codificados y de una manera sintetizada con el fin de facilitar su ágil lectura y rápido análisis. La presentación debe permitir igualmente la comparación con los valores anteriores para así poner en evidencia los resultados alcanzados.

Con la lectura de éstos, el responsable del Comité de Energía deberá estar en condiciones de decidir las acciones necesarias para su mejoramiento buscando las causas de este consumo excesivo.

- Deberá fijarse una periodicidad (semana o mes) en su presentación.
- Se intentará que sea lo más completo y conciso, suprimiendo toda cifra no esencial y, en particular, todos los valores intermedios que no tengan un interés directo.

Al lado de cada punto se dejará una columna para “observaciones” donde se expondrán los resultados anormales, las razones de sus variaciones y, eventualmente, las medidas tomadas o a tomar.

11. PROGRAMAS DE AHORRO

La estrategia energética dentro del Programa de Ahorro supone un criterio lógico de planificación, cuyos elementos claves son:

- Interés general de la alta dirección por el programa de conservación de energía.
- Nombramiento del coordinador de energía en el que se depositen la responsabilidad, la autoridad y los medios para lograr los ahorros energéticos efectivos.
- Realización de una auditoría energética.
- Programa de enseñanza y capacitación para formar a los empleados en la utilización de la energía y dotarles de los conocimientos básicos para el ahorro energético.
- Programa de mantenimiento preventivo para asegurar un buen funcionamiento del plan y salvaguardar averías costosas.
- Criterio escalonado respecto a las inversiones en energía.
- Una buena administración, siendo éste el primer y principal factor determinante de los ahorros de energía.
- Sistema de seguimiento de los flujos y utilización de la energía y establecer objetivos para proporcionar a la administración los medios de reducir progresivamente el consumo energético de los distintos departamentos.
- Despliegue frecuente de material de promoción con instrucciones que se consideren indispensables para fomentar un constante interés y participación en el programa de ahorro energético.

El establecimiento y fijación de objetivos es la base inicial del programa con el fin de canalizar y aunar fuerzas en pro del ahorro. El plan debe ser la traducción concreta de la voluntad de la dirección de “mejorar la utilización de la energía en la empresa”. Se compondrá de una serie de medidas coordinadas, a través de acciones cuantificables en costo y tiempo. Los objetivos se fijarán teniendo en cuenta la evolución de los consumos específicos energéticos y deberán ser por tanto:

- Claros.
- Específicos.
- Medibles (cuantificables en costo y tiempo).
- Razonables (estableciendo prioridades para llevarlos a cabo).

La elaboración del plan, en definitiva, será el resultado de una labor de trabajo y coordinación entre el Comité de Energía y los departamentos de fabricación interesados. Por tanto, deberá hacerse por departamentos con la participación activa del personal que después tendrá que intervenir en los mismos.

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

12. INTERRELACIONES EMPRESARIALES

El sector de la Primera Transformación de la madera tiene ciertos problemas estructurales bien conocidos por los empresarios. La necesidad de mejorar la competitividad exige la disminución del aislamiento y el fomento de las relaciones, no sólo al nivel actual de Asociaciones Provinciales existentes, sino que sería conveniente a nivel de toda Castilla y León.

Las ventajas de una mayor relación facilitarán los conocimientos y avances tecnológicos, así como la divulgación de experiencias exitosas. Cualquier mejora energética obtenida en una instalación puede redundar en beneficio de otras, siempre que exista esta relación. El Ente Regional de la Energía de Castilla y León tiene entre sus objetivos la difusión sectorial de medidas que favorecen el uso más eficiente de la energía y apoya en principio las iniciativas empresariales encaminadas a la diversificación y ahorro energético.

Una mejor interrelación de los profesionales del sector permite aprovechar las sinergías que se establecen en cuanto a mejoras tecnológicas, energéticas, de calidad, normalización y de capacitación.

La implicación sectorial en estos aspectos es más positiva si se realiza a través de las asociaciones que si se hace a título individual. Se debería comenzar por fortalecer las relaciones regionales y mostrar un conjunto fuerte y preparado para acometer también proyectos con otras regiones e incluso otros países. Por ejemplo, a nivel europeo se están favoreciendo sólo aquellas actividades que tienen la componente de interrelación entre países.

Existen a nivel regional y también nacional ciertos programas que facilitan subvenciones, créditos y otros instrumentos para financiar parcialmente los proyectos e instalaciones eficientes. Las Asociaciones y sus afiliados pueden acceder a estos instrumentos de una manera coordinada entre los mismos, con el objeto de obtener ventajas complementarias con las que todos pueden salir beneficiados. Las interrelaciones sectoriales favorecen la formación de consorcios, asociaciones de interés económico, acuerdos de cooperación y otras fórmulas actuales que potencian la capacidad técnica y financiera para presentarse a los proyectos y acometer la modernización del sector. Esta cultura interempresarial está cada vez más extendida en los países industrializados y produce buenos resultados sea cual sea el sector o subsector que la practica.

El gasto energético (combustibles, electricidad) es una partida que ha de abonarse siempre y por lo tanto conseguir su minimización ha de ser el objetivo empresarial. Con el intercambio de experiencias de mejoras energéticas y la actualización de los conocimientos técnicos en planificación integrada de los recursos se puede avanzar en la disminución del consumo energético sin mermar la calidad de los productos.

Alcanzar estos objetivos depende en gran medida del abandono paulatino de ciertos individualismos y un decidido interés por aumentar las interrelaciones sectoriales.

ANEXOS

I BIBLIOGRAFÍA

- Manual del secado de maderas. Centro de investigación forestal (CIFOR-INIA)
- Energías renovables y medio ambiente. Luis Ortiz. Universidad de Vigo.
- Boletines Aitim. Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera y Corcho.
- Besoins en énergies thermique et électrique dans les industries du bois. Courier de l'Industriel du Bois et de L'Ameublement.
- Conservación de energía en las industrias mecánicas forestales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO)
- Revistas técnicas (Revista Montes, Infopower, etc.).
- Iberese. Ingeniería de proyectos de cogeneración.
- IMFYE, S.A. Ingeniería de la madera, foresta y energética.
- Bases documentales del Ministerio de Industria y Energía (MINER) y del Departamento de Ingeniería Agrícola de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrícolas de la Universidad de Valladolid en Palencia.
- Información facilitada por la empresa TRADEMA.

II UNIDADES Y EQUIVALENCIAS

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

Tabla 30: 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 /s) kilogramos por segundo (kg/s)

Tabla 31: Unidades de Uso Común.

Fuente: Elaboración Propia.

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

Tabla 32: Relación entre las Principales Unidades de Energía, Trabajo o Cantidad de Calor.

Fuente: Elaboración Propia.

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

III DEFINICIONES

Tonelada equivalente de petróleo (tep):

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

Tonelada equivalente de carbón (tec):

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

Poder calorífico:

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

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

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

IV COMBUSTIBLES Y CARACTERÍSTICAS

COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

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

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

Tabla 33. Combustibles líquidos. Fuelóleo 1 y Fuelóleo 1 BIA

Fuente: Elaboración Propia.

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

Tabla 34. Combustibles líquidos. Gasóleo C

Fuente: Elaboración propia

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

Tabla 35. Combustibles gaseosos. Gas Natural.

Fuente: Elaboración propia.

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

Tabla 36. Combustibles gaseosos. Propano.

Fuente: Elaboración propia.

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

Tabla 37. Combustibles gaseosos. Butano.

Fuente: Elaboración propia.

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

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

V LEGISLACIÓN

Extracto de normativa legal energética aplicable.

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

Gas natural y GLP

- Planificación 2002-2011 de los Sectores Eléctrico y Gasista
- ORDEN ITC/3992/2006, de 29 de diciembre, por la que se establecen las tarifas de gas natural y gases manufacturados por canalización, alquiler de contadores y derechos de acometida para los consumidores conectados a redes de presión de suministro igual o inferior a 4 bar.
- ITC/2065/2006, de 29 de junio, establece el sistema de determinación automática de precios de los gases licuados del petróleo.
- Ley de hidrocarburos 34/1998 de 7 de octubre.
- Norma UNE 60-601-93/1M: 1996
- Orden de 25 de mayo de 1993 de la Junta de Castilla y León (BOCyL 7/6/93 y modificación 22/4/94)
- Reglamento de aparatos que usan gas como combustible.
- Reglamento de instalaciones de almacenamiento y suministro de gases licuados del petróleo en depósitos fijos y de seguridad en centros de almacenamiento y suministro de gases licuados del petróleo a granel.
- Reglamento de instalaciones de gas.
- Reglamento del servicio público de gases combustibles.
- Reglamento de aparatos a presión. REAL DECRETO 1495/1991. (BOE 15/10/91).
- Reglamento de aparatos que utilizan combustibles gaseosos. REAL DECRETO 494/1988 de 20 Mayo BOE 25/5/88.
- Ley del gas. (Ley 10/1987 de 15 de Mayo. BOE 17/6/87).
- Reglamento de redes y acometidas de combustibles gaseosos. REAL DECRETO 1853/1993 de 22 de Octubre. BOE 8/3/1994.
- Publicación mensual de precios en el BOE.

- Nota: A medida que vaya siendo desarrollada, la Ley de hidrocarburos irá sustituyendo a todos estos reglamentos.

Combustibles líquidos

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

Energía eléctrica

- REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- El REAL DECRETO 871/2007, de 29 de junio, establece la tarifa eléctrica a partir del 1 de julio de 2007.
- REAL DECRETO 1432/2002 de metodología para la aprobación de la tarifa eléctrica media o de referencia.
- REAL DECRETO 2818/1998 sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos o cogeneración.
- Ley 17/2007, de 4 de julio, por la que se modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.
- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- REAL DECRETO 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica..

Cogeneración

- Directiva 2004/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al fomento de la 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 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.
- ORDEN ITC/1522/2007, de 24 de mayo, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia.
- REAL DECRETO 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración.
- REAL DECRETO 616/2007, de 11 de mayo, sobre fomento de la cogeneración.

7

7

PLAN DE
ASISTENCIA
ENERGÉTICA
EN EL SECTOR
MADERA

