

¿Qué es la Energía?

La energía es la capacidad de un sistema físico para realizar trabajo. La materia posee energía como resultado de su movimiento o de su posición en relación con las fuerzas que actúan sobre ella. Se manifiesta en varias formas, entre ellas la energía mecánica, térmica, química, eléctrica, radiante (o de luz) o atómica. Todas las formas de energía pueden convertirse en otras formas mediante los procesos adecuados. En el proceso de transformación puede perderse o ganarse una forma de energía, pero la suma total permanece constante. Es decir, que si quemamos un papel, la energía que pierde el papel, pasa una parte a la luz y otra al calor, pero es igual a la inicial.

Todas las formas de energía tienden a transformarse en calor, que es la forma más degradada de la energía. En los dispositivos mecánicos la energía no empleada para realizar trabajo útil se disipa como calor de rozamiento, y las pérdidas de los circuitos eléctricos se producen fundamentalmente en forma de calor.

Las observaciones empíricas del siglo XIX (y como se ha citado anteriormente) llevaron a la conclusión de que aunque la energía puede transformarse no se puede crear ni destruir. Cuando las velocidades se empiezan a aproximar a la de la luz, como ocurre en las reacciones nucleares, la materia puede transformarse en energía y viceversa (según la teoría de la Relatividad, expresada por Einstein). En la física moderna se unifican ambos conceptos, la conservación de la energía y de la masa.

Recursos energéticos

Los recursos energéticos son el conjunto de medios con los que los países del mundo intentan cubrir sus necesidades de energía. La energía es la base de la civilización industrial; sin ella, la vida moderna dejaría de existir. Durante la década de 1970, el mundo empezó a ser consciente de que los recursos de energía tienen un límite. A largo plazo es posible que las prácticas de conservación de energía proporcionen el tiempo suficiente para explorar nuevas posibilidades tecnológicas. Mientras tanto el mundo seguirá siendo vulnerable a trastornos en el suministro de petróleo que después de la II Guerra Mundial se ha convertido en la principal fuente de energía.

Energías renovables

Las energías renovables, también llamadas energías alternativas o blandas, engloban una serie de fuentes energéticas que en teoría no se agotarían con el paso del tiempo. Estas fuentes serían una alternativa a otras tradicionales y producirían un impacto ambiental mínimo, pero que en sentido estricto ni son renovables, como es el caso de la geotermia, ni se utilizan de forma blanda. Las energías renovables comprenden: la energía solar, la hidroeléctrica, la eólica, la geotérmica y la procedente de la biomasa.

Radiación y Energía radiante

La radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección: las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas por un vacío. La radiación es un término que se aplica genéricamente a toda clase de fenómenos relacionados con ondas electromagnéticas. Algunos fenómenos de la radiación pueden describirse mediante la teoría de ondas, pero la única explicación general satisfactoria de la radiación electromagnética es la teoría cuántica. En 1905, Albert Einstein sugirió que la radiación presenta a veces un comportamiento cuantizado: en el efecto fotoeléctrico, la radiación se comporta como minúsculos proyectiles llamados fotones y no como ondas. La naturaleza cuántica de la energía radiante se había postulado antes de la aparición del artículo de Einstein, y en 1900 el físico alemán Max Planck empleó la teoría cuántica y el formalismo matemático de la mecánica estadística para derivar una ley fundamental de la radiación. La expresión matemática de esta ley, llamada distribución de

Planck, relaciona la intensidad de la energía radiante que emite un cuerpo en una longitud de onda determinada con la temperatura del cuerpo. Para cada temperatura y cada longitud de onda existe un máximo de energía radiante. Sólo un cuerpo ideal (cuerpo negro) emite radiación ajustándose exactamente a la ley de Planck. Los cuerpos reales emiten con una intensidad algo menor.

La contribución de todas las longitudes de onda a la energía radiante emitida se denomina poder emisor del cuerpo, y corresponde a la cantidad de energía emitida por unidad de superficie del cuerpo y por unidad de tiempo. Como puede demostrarse a partir de la ley de Planck, el poder emisor de una superficie es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta.

El factor de proporcionalidad se denomina constante de Stefan–Boltzmann en honor a dos físicos austriacos, Joseph Stefan y Ludwig Boltzmann que, en 1879 y 1884 respectivamente, descubrieron esta proporcionalidad entre el poder emisor y la temperatura. Según la ley de Planck, todas las sustancias emiten energía radiante sólo por tener una temperatura superior al cero absoluto. Cuanto mayor es la temperatura, mayor es la cantidad de energía emitida. Además de emitir radiación, todas las sustancias son capaces de absorberla. Por eso, aunque un cubito de hielo emite energía radiante de forma continua, se funde si se ilumina con una lámpara incandescente porque absorbe una cantidad de calor mayor de la que emite.

Las superficies opacas pueden absorber o reflejar la radiación incidente. Generalmente, las superficies mates y rugosas absorben más calor que las superficies brillantes y pulidas, y las superficies brillantes reflejan más energía radiante que las superficies mates. Además, las sustancias que absorben mucha radiación también son buenos emisores; Las que reflejan mucha radiación y absorben poco son malos emisores.

Algunas sustancias, entre ellas muchos gases y el vidrio, son capaces de transmitir grandes cantidades de radiación. Se observa experimentalmente que las propiedades de absorción, reflexión y transmisión de una sustancia dependen de la longitud de onda de la radiación incidente. El vidrio, por ejemplo, transmite grandes cantidades de radiación ultravioleta, de baja longitud de onda, pero es un mal transmisor de los rayos infrarrojos, de alta longitud de onda.

Una consecuencia de la distribución de Planck es que la longitud de onda a la que un cuerpo emite la cantidad máxima de energía radiante disminuye con la temperatura. La ley de desplazamiento de Wien, llamada así en honor al físico alemán Wilhelm Wien, es una expresión matemática de esta observación, y afirma que la longitud de onda que corresponde a la máxima energía, multiplicada por la temperatura absoluta del cuerpo, es igual a una constante, 2.878 micrómetros–Kelvin. Este hecho, junto con las propiedades de transmisión del vidrio antes mencionadas, explica el calentamiento de los invernaderos. La energía radiante del Sol, máxima en las longitudes de onda visibles, se transmite a través del vidrio y entra en el invernadero. En cambio, la energía emitida por los cuerpos del interior del invernadero, predominantemente de longitudes de onda mayores, correspondientes al infrarrojo, no se transmiten al exterior a través del vidrio. Así, aunque la temperatura del aire en el exterior del invernadero sea baja, la temperatura que hay dentro es mucho más alta porque se produce una considerable transferencia de calor neta hacia su interior.

Además de los procesos de transmisión de calor que aumentan o disminuyen las temperaturas de los cuerpos afectados, la transmisión de calor también puede producir cambios de fase, como la fusión del hielo o la ebullición del agua. En ingeniería, los procesos de transferencia de calor suelen diseñarse de forma que aprovechen estos fenómenos. Por ejemplo, las cápsulas espaciales que regresan a la atmósfera de la Tierra a velocidades muy altas están dotadas de un escudo térmico que se funde de forma controlada en un proceso llamado ablación para impedir un sobrecalentamiento del interior de la cápsula. La mayoría del calor producido por el rozamiento con la atmósfera se emplea en fundir el escudo térmico y no en aumentar la temperatura de la cápsula.

Fuentes de Energía

En el ámbito de la física, se diferencia una ingente variedad de procesos capaces de generar energía en alguna de sus manifestaciones. Sin embargo, las fuentes clásicas de energía utilizadas por la industria han sido de origen térmico, químico o eléctrico, recíprocamente intercambiables entre sí y transformables en energía mecánica.

Las fuentes de energía se pueden clasificar en:

- 1.- Renovables.
- 2.- No Renovables.

- **Fuentes de Energía Renovables:**

Las energías renovables son aquellas que llegan en forma continua a la Tierra y que a escalas de tiempo real parecen ser inagotables.

Son fuentes de energía renovables:

Energía Hidráulica:

Es aquella energía obtenida principalmente de las corrientes de agua de los ríos. El agua de un río se almacena en grandes embalses artificiales que se ubican a gran altura respecto de un nivel de referencia. El agua adquiere una importante cantidad de energía potencial (aquella que poseen los cuerpos que se encuentran a cierta altura). Posteriormente, el agua se deja caer por medio de ductos, por lo tanto toda su energía potencial se forma en energía cinética (aquella que posee un cuerpo gracias a su estado de movimiento). La energía cinética de las caídas de agua se aprovecha, por ejemplo, para mover turbinas generadoras de electricidad, tal es el principio de las Centrales Hidroeléctricas.

Energía Solar

Es la energía que llega a la Tierra proveniente de la estrella más cercana a nuestro planeta: El Sol. Esta energía abarca un amplio espectro de Radiación Electromagnética, donde la luz solar es la parte visible de tal espectro.

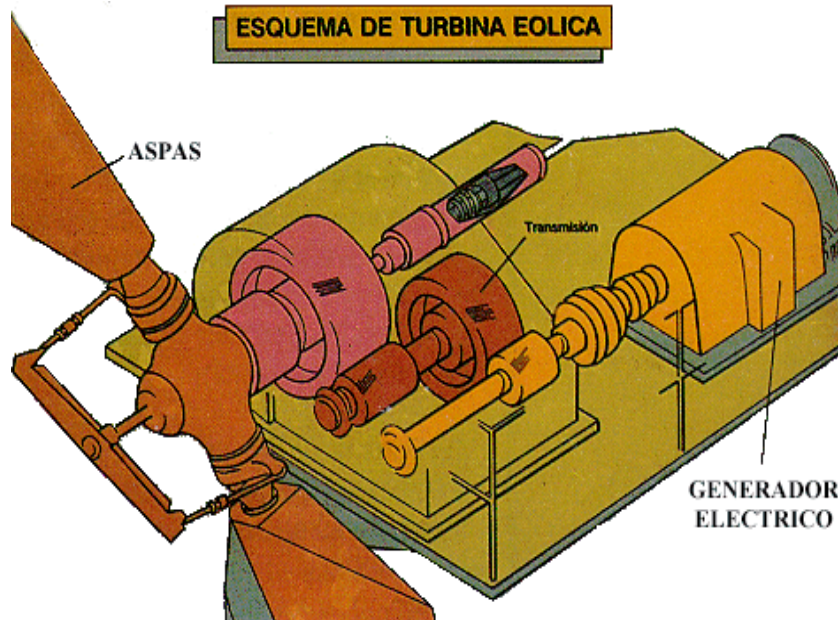


La energía solar es generada por la llamada Fusión Nuclear que es la fuente de vida de todas las estrellas del Universo.

El hombre puede transformar la energía solar en energía térmica o eléctrica. En el primer caso la energía solar es aprovechada para elevar la temperatura de un fluido, como por ejemplo el agua, y en el segundo caso la energía luminosa del sol transportada por sus fotones de luz, incide sobre la superficie de un material

semiconductor (Ej.: el silicio), produciendo el movimiento de ciertos electrones que componen la estructura atómica del material. Un movimiento de electrones produce una corriente eléctrica que se puede utilizar como fuente de energía de componentes eléctricos o bien electrónicos. Es el caso del principio de funcionamiento de las calculadoras solares.

Energía Eólica



Esta energía es producida por los vientos generados en la atmósfera terrestre. Se puede transformar en energía eléctrica mediante el uso de turbinas eólicas que basan su funcionamiento en el giro de aspas movidas por los vientos.

Bajo el mismo principio se puede utilizar como mecanismo de extracción de aguas subterráneas o de ciertos tipos de molinos para la agricultura.

Al igual que la energía solar se trata de un tipo de energía limpia, la cual sin embargo presenta dificultades, pues no existen en la naturaleza flujos de aire constantes en el tiempo, más bien son dispersos e intermitentes.

Este tipo de energía puede ser de gran utilidad en regiones aisladas, de difícil acceso, con necesidades de energía eléctrica, y cuyos vientos son apreciables en el transcurso del año.

Biomasa

Esta energía se obtiene de ciertos compuestos orgánicos que se han producido en el tiempo por procesos naturales, es decir, producto de transformaciones químicas y biológicas sobre algunas especies vegetales o bien sobre ciertos materiales. Un ejemplo de tal proceso lo constituyen los residuos forestales, los residuos de la agricultura y los residuos domésticos. Estos residuos se transforman con posterioridad en combustibles. En el caso de los residuos domésticos es necesario como paso previo a la obtención de energía, un plan amplio para la adecuada clasificación de las basuras y su posterior reciclaje.

Energía del Mar

La energía gravitatoria terrestre y lunar, la energía solar y la eólica dan lugar, respectivamente, a tres manifestaciones de la energía del mar: mareas, gradientes térmicos y olas. De ellas se podrá extraer energía mediante los dispositivos adecuados.

La energía de las mareas o **maremotriz** se aprovecha embalsando agua del mar en ensenadas naturales y haciéndola pasar a través de turbinas hidráulicas.

La diferencia de temperaturas entre la superficie y las profundidades del mar (gradiente térmico), constituye una fuente de energía llamada **maremotérmica**.

La **energía de las olas** es producida por los vientos y resulta muy irregular. Ello ha llevado a la construcción de múltiples tipos de máquinas para hacer posible su aprovechamiento.

Aunque una máquina térmica de baja temperatura es muy difícil de construir en el laboratorio, sí podemos estudiar varios aspectos de la conversión de la energía de las mareas y de las olas a pequeña escala.

Energía Geotérmica

Energía contenida también en el interior de la Tierra en forma de gases. Al ser extraída se presenta en forma de gases de alta temperatura (fumarolas), en forma de vapor y agua hirviendo (géiser) y en forma de agua caliente (fuentes termales).

Tipo de Central	Energía Primaria que Transforma
Térmica	Energía procedente de la combustión de carbón, fuel o gas natural.
Nuclear	Energía procedente de reacciones de fisión nuclear.
Hidroeléctrica	Energía potencial del agua.
Solar (Fotovoltaica o térmica)	Energía del sol
Eólica	Energía del viento
Geotérmica	Calor de la tierra
Mareomotriz	Energía de las mareas.

Residuos Sólidos Urbanos

Los residuos sólidos urbanos (RSU), constituyen una realidad que día tras día se presenta en todas y cada una de las entidades de población. Actualmente en España los RSU tienen cuatro tipos de tratamientos: vertido, compostaje, incineración y reciclado. Desde el punto de vista energético la única posibilidad es la incineración, tal y como se está dando en algunas centrales españolas.

Energía Hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es la que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. La hidroelectricidad es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad. Todo ello implica la inversión de grandes sumas de dinero, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos, aunque el coste de mantenimiento de una central térmica, debido al combustible, sea más caro que el de una central hidroeléctrica. Sin embargo, el peso de las consideraciones medioambientales centra la atención en estas fuentes de energía renovables.

La energía hidráulica se ha utilizado desde siempre. Por ejemplo, para los molinos. Aunque la energía hidroeléctrica debe su mayor desarrollo al ingeniero civil británico John Smeaton, que construyó por vez primera grandes ruedas hidráulicas de hierro colado.

La hidroelectricidad tuvo mucha importancia durante la Revolución Industrial. Impulsó las industrias textiles y del cuero y los talleres de construcción de máquinas a principios del siglo XIX.

La primera central hidroeléctrica se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña. El renacimiento de la energía hidráulica se produjo por el desarrollo del generador eléctrico, seguido del perfeccionamiento de la turbina hidráulica y debido al aumento de la demanda de electricidad a principios del siglo. En 1920 las centrales hidroeléctricas generaban ya una parte importante de la producción total de electricidad.

La tecnología de las principales instalaciones se ha mantenido igual durante el siglo XX. Las centrales dependen de un gran embalse de agua contenido por una presa. El caudal de agua se controla y se puede mantener casi constante. El agua se transporta por unos conductos o tuberías forzadas, controlados con válvulas y turbinas para adecuar el flujo de agua con respecto a la demanda de electricidad. El agua que entra en la turbina sale por los canales de descarga. Los generadores están situados justo encima de las turbinas y conectados con árboles verticales. El diseño de las turbinas depende del caudal de agua; las turbinas Francis se utilizan para caudales grandes y saltos medios y bajos, y las turbinas Pelton para grandes saltos y pequeños caudales.

Además de las centrales situadas en presas de contención, que dependen del embalse de grandes cantidades de agua, existen algunas centrales que se basan en la caída natural del agua, cuando el caudal es uniforme. Estas instalaciones se llaman de agua fluente. Una de ellas es la de las cataratas del Niágara, situada en la frontera entre Estados Unidos y Canadá.

Nivel de producción

A principios de la década de los noventa, las primeras potencias productoras de hidroelectricidad eran Canadá y Estados Unidos. Canadá obtiene un 60% de su electricidad de centrales hidráulicas. En todo el mundo, la hidroelectricidad representa aproximadamente la cuarta parte de la producción total de electricidad, y su importancia sigue en aumento. Los países en los que constituye fuente de electricidad más importante son Noruega (99%), República Democrática del Congo (97%) y Brasil (96%). La central de Itaipú, en el río Paraná, está situada entre Brasil y Paraguay; se inauguró en 1982 y tiene la mayor capacidad generadora del mundo. Como referencia, la presa Grand Coulee, en Estados Unidos, genera unos 6.500 MW y es una de las más grandes.

En algunos países se han instalado centrales pequeñas, con capacidad para generar entre un kilovatio y un megavatio. En muchas regiones de China, por ejemplo, estas pequeñas presas son la principal fuente de electricidad. Otras naciones en vías de desarrollo están utilizando este sistema con buenos resultados.

Hidráulica

La historia de la energía minihidráulica es como la del trasto viejo que pasa de ser indispensable a llenarse de polvo en un rincón olvidado del desván. Hasta que alguien, después de muchos años, descubre el auténtico valor de las cosas viejas antes de que sean vistas sólo como piezas de museo. En los años sesenta, las minicentrales empiezan a declinar; en 1964 todavía había 1.700 en servicio pero el número siguió reduciéndose hasta las 600 que operaban en 1984. Desde ese momento comienzan a valorarse de nuevo los recursos autóctonos y renovables. Pero, a pesar de que la madurez ha permitido afinar al máximo la tecnología de la minihidráulica, apenas consigue remontarse a su pasado glorioso.

En el interesante debate que pretende analizar los impactos ambientales de las distintas fuentes de energía, la minihidráulica está saliendo mal parada. Prueba de ello es que el año pasado sólo 24 pequeñas centrales nuevas (se consideran minihidráulicas hasta una potencia máxima de 10 MW) entraron en funcionamiento, con una potencia conjunta de 30,3 MW. Según datos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la

Energía (IDAE), el número total de estas plantas en España se eleva hoy a 1.071, que suman 1.573 MW de potencia instalada. En el año 2000, estas centrales produjeron 5.028 GWh, un poco más que los parques eólicos, a pesar de que la potencia eólica es superior, hasta 2.270 MW. Por comunidades autónomas, el mayor número de instalaciones se encuentran en Cataluña, seguida de Castilla y León, aunque ésta última región tiene mayor potencia instalada (Ver tabla). La nueva potencia que entró en funcionamiento durante el 2000 se localiza, fundamentalmente, en Galicia (6.850 kW), Navarra (6.632 kW), la Comunidad Valenciana (5.060 kW), Asturias (4.301 kW) y Castilla y León (3.501 kW). Por cuencas hidrográficas, la potencia se incrementó en 8,5 MW en la cuenca del Ebro, que concentra el 31% del total de la potencia hidráulica en plantas de pequeño tamaño. Le sigue en importancia la cuenca del Norte, con el 21% de la potencia instalada, junto a la del Duero (11%), la del Guadalquivir (9,9%), la del Tago (7%) y la de Cataluña, con un 6,9%.

El debate ambiental

No son, desde luego, datos para tirar cohetes. Desde el año 1992, en el que se pusieron en marcha 78 nuevas minicentrales hidráulicas con una potencia acumulada de 116 MW, la nueva potencia instalada no ha superado ningún año los 100 MW. Y desde 1995 ni siquiera ha alcanzado los 50. El evidente estancamiento que ha sufrido esta fuente renovable de energía no es debido a la falta de recurso, aunque tratándose del agua, hay años mejores que otros. El auténtico motivo está en las fuertes críticas acerca de los impactos ambientales de la minihidráulica sobre uno de los ecosistemas más sensibles de la naturaleza: los cursos altos de los ríos.

En julio del año 2000 se hacía público un estudio sobre los impactos ambientales de las distintas formas de generación de electricidad. El informe concluía que la minihidráulica era la energía más respetuosa con el medio ambiente: 1 kWh minihidráulico es 300 veces más limpio que 1 kWh de lignito. Dicho informe no ha servido de mucho, a juzgar por los resultados.

Minihidráulica en Europa

La producción minihidráulica en todo el mundo fue de 85 TWh en 1997, lo que apenas representa un 3% de la producción hidroeléctrica total. En la Unión Europea, ese mismo año había una potencia instalada de 9.705 MW, que permitió una producción de 38.287 GWh, según datos de EurObserv'ER. Los principales productores son Italia (2.186 MW instalados), Francia (2.004 MW), España y Alemania (1.370 MW). Los cuatro países suman el 72% de toda la potencia instalada en la UE. El objetivo plasmado en el Libro Blanco de las Energías Renovables es alcanzar los 14 GW (14.000 MW) en 2010, para lograr una producción estimada de 55 TWh.

Europa tampoco pone demasiado fáciles las cosas a la minihidráulica. Basta echar un vistazo a una de las últimas enmiendas de la recientemente adoptada Directiva sobre la promoción de electricidad producida por fuentes de energía renovable, donde se dice que "se debería excluir de estos sistemas de ayuda a las centrales hidroeléctricas que puedan producir electricidad a precios de mercado habituales a escala local".

El sector ha defendido siempre que para poder comparar los costes de las energías, éstas deben reflejar el coste total si se quiere garantizar la eficacia del mercado. Y este coste total debe estar formado por los costes internos de fabricación del kilovatio hora más los costes externos, entre ellos los ambientales. Según José María González Vélez, "es de locos que, desde el punto de vista ambiental, sea más difícil rehabilitar en Castilla y León una minicentral de 100 kW que instalar una planta de gas de 30.000 kW, a pesar de la diferencia abismal de contaminación en contra de ésta última".

Energía Solar

La energía solar se aprovecha mediante dos vías: la térmica y la fotovoltaica. La térmica transforma la energía procedente del sol en energía calorífica. La fotovoltaica convierte directamente la energía solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. Por otra parte existen también unas centrales de tipo eólico solar.

Los sistemas solares basados en la vía térmica que se utilizan para la producción de electricidad más importantes, son los llamados de alta temperatura. Las centrales de este tipo más extendidas son las centrales termoeléctricas de receptor central. Estas constan de una amplia superficie de helióstatos, es decir de grandes espejos sostenidos por soportes, que reflejan la radiación solar y la concentran en un pequeño punto receptor, que habitualmente está instalado en una torre. Los haces del sol son concentrados y reflejados sobre la caldera que se encuentra en la torre, en ella el aporte calorífico de la radiación solar es absorbido por un fluido térmico (agua, aire, sales fundidas..) que es conducido a través de un circuito primario hacia un generador de vapor, en él intercambia calor y vaporiza a un segundo fluido que circula por un circuito secundario (agua), que es quién acciona los alabes del grupo turbina-alternador para generar energía eléctrica. El fluido del circuito secundario es posteriormente condensado para repetir el ciclo. El fluido del circuito primario, vuelve a la caldera y repite también el ciclo.

El helióstato se va moviendo siguiendo la orden de un ordenador central para que en todo momento se encuentre en la posición idónea para captar la radiación solar.

Entre las instalaciones solares a alta temperatura cabe citar también a las centrales solares con discos parabólicos.

En él la figura geométrica de las superficies reflectantes es la de un paraboloide de revolución.

En los sistemas solares mediante células fotovoltaicas las células Célula fotoeléctrica se disponen en paneles. La luz solar transporta energía en forma de un flujo de fotones, cuando éstos inciden en determinado tipo de materiales (semiconductores) y bajo ciertas condiciones se convierte la energía luminosa en eléctrica. La explotación a un cierto nivel comercial de este tipo de sistemas, está comenzando ha realizarse actualmente.

En cuanto al funcionamiento las centrales eólicas-solares es como sigue: la radiación solar incide sobre una cubierta que calienta el aire contenido en su interior mediante el efecto invernadero. El aire caliente pesa menos que el frío y tiende a subir, canalizado convenientemente se dirige hacia una chimenea de conducción, en el interior de esta hay alojada una turbina que está asociada a un generador de corriente eléctrica.

Célula fotoeléctrica (electricidad)

Dispositivos realizados en un material que tiene la propiedad de emitir electrones cuando es alcanzado por un haz luminoso. El fenómeno fotoeléctrico fue observado por primera vez por Hertz en 1887, pero se debe a Hallwachs (1889) su interpretación correcta. En un principio se pensó que la energía cinética con que se producía la emisión de electrones debería de ser proporcional al flujo luminoso, es decir a la amplitud de la ondulación representante del haz luminoso, sin embargo un resultado importante de las experimentaciones fue el descubrimiento de que la velocidad máxima de emisión de electrones dependía solamente de la frecuencia de la radiación incidente, pero no de la intensidad de dichas radiaciones. Fue Einstein en 1905 el que ofreció una teoría, basada en los Cuantos de Planck, que explicaba perfectamente la emisión fotoeléctrica, básicamente exponía que cuando un fotón choca contra la célula y es absorbido completamente, desaparece cediendo su energía E a uno de los electrones libres. Para extraer este electrón del metal o célula es preciso comunicarle cierta energía superior a un valor umbral E_0 que depende del material de que se trate. El excedente de energía entre la que se le suministra y la energía umbral $E - E_0$, constituye la energía cinética máxima del electrón. E_0 representa la energía mínima necesaria para liberar el electrón del material, mientras que la energía proporcionada por el fotón es directamente proporcional a la frecuencia de la longitud de onda de la radiación, siendo la constante de proporcionalidad, la conocida constante de Planck. Por ello una

radiación puede ser muy débil pero poseer la suficiente energía para producir fotoelectrones. Los electrones emitidos por efecto fotoeléctrico poseen realmente una energía cinética variable dentro de un intervalo de valores, ya que son arrancados del interior de la superficie del metal y antes de emerger sufren colisiones con los átomos del mismo. Los fotoelectrones de energía máxima son aquellos que se originaron muy próximos a la superficie y, por tanto, escaparon sin verificar ningún choque.

Existen muchas aplicaciones tecnológicas del efecto fotoeléctrico. Las células fotoeléctricas se utilizan como aparatos de control, cuando se modifica la iluminación de la fotocélula se produce una variación en la corriente fotoeléctrica y cambia el voltaje a través de una resistencia en serie con la célula, esto provoca la aparición de una señal eléctrica que es amplificada convenientemente. También se usan como medidores de intensidades luminosas, dispositivos de alarma contra robos e incendios, contadores de personas u objetos opacos que pasan por delante de la misma interrumpiendo el haz incidente, apertura automática de puertas etc. Una de las aplicaciones más interesantes del efecto fotoeléctrico es para la producción de energía solar utilizando células solares o fotovoltaicas.

Los sistemas solares fotovoltaicos consisten en un conjunto de células solares realizadas con un material semiconductor (germanio o silicio) dispuestos en paneles que transforman directamente la energía solar en eléctrica. Este tipo de instalaciones se encuentran en su fase de desarrollo, ya que el coste de una célula solar es aún muy elevado.

Emisión de la radiación

Cuando un cuerpo absorbe radiación, se incrementa su estado de excitación, sobre todo los electrones situados en un alto nivel energético, produciéndose fuertes vibraciones de las mallas cristalográficas, es decir, aumentan su temperatura. Los fotones incidentes –"esas cosas rápidas y luminosas"– se habrán esfumado. El cuerpo tiende a restablecer su estado primitivo mediante la irradiación de esta energía adicional. El proceso se desarrolla ahora en sentido inverso; los fotones emitidos de nuevo tienen unas longitudes de onda determinadas que dependen de la variación de energía, aunque el número de posibles valores es a menudo tan grande que podemos considerar que el espectro de emisión es continuo. Cuando un átomo o una molécula alcanza un estado de excitación, habitualmente sólo permanece en él durante un instante muy breve de tiempo, después del cual lo probable es que vuelva a emitir el fotón. Sin embargo, en un cuerpo sólido o en un gas denso, puede antes de hacer eso, transmitir la energía a los átomos próximos por medio de la acción de las fuerzas interatómicas. Por este procedimiento, se iguala la temperatura y se hace más uniforme el estado de excitación del cuerpo. Como resultado de la redistribución de la energía, la radiación emitida puede que tenga una distribución de longitudes de onda diferente de la de absorción. En particular, la distribución depende ahora fundamentalmente de lo que llamamos temperatura del conjunto del cuerpo.

La acción recíproca entre la radiación y un cuerpo cualquiera, es tan compleja que es totalmente imposible predecirla partiendo de los principios básicos. Es por tanto conveniente considerar, en su lugar, el comportamiento de un cuerpo que se toma como patrón o modelo, con unas propiedades determinadas y bastante sencillas. Si este cuerpo tiene un número infinito de niveles de energía permitidos, se le llama CUERPO NEGRO, porque puede absorber toda la radiación que incide sobre él, cualquiera que sea su longitud de onda. La predicción de las propiedades de radiación de un cuerpo negro, debida a MAX PLANCK (1901) fue el primer caso de utilización de las ideas de la teoría cuántica, y fue uno de los pasos conceptuales más importantes de la historia de la física. No vamos a intentar repetir aquí la argumentación, sino decir simplemente que se demuestra que la radiación emitida por un cuerpo negro, debido a su temperatura, tiene una distribución concreta, de densidad energética D .

Nos damos cuenta en primer lugar, que cuando en un cuerpo la densidad de energía próxima a la banda infrarrojo dentro del espectro visible es suficientemente alta como para que tenga una luminosidad que la destaque de su entorno, la temperatura del cuerpo se debe únicamente a la radiación. Esto se produce a

temperaturas próximas a los 1.500 K (alrededor de 1.200 °C) cuando la máxima densidad de energía se produce para una λ de 2 micras. Decimos entonces que el cuerpo está al rojo. Podemos, por supuesto, *percibir* la radiación a temperaturas mucho más bajas a través de su acción de calentamiento de la piel. En una habitación a temperatura ordinaria es posible percibir la radiación térmica de un objeto simplemente si está 10 K más caliente que su entorno. A continuación se muestra una tabla de la densidad de energía en los cuerpos negros:

Temperatura de equilibrio de los cuerpos bajo radiación

Volvamos ahora al estudio del comportamiento de un cuerpo que se deja bajo la acción del sol. Si consideramos las distintas formas en que puede ganar o perder energía, podemos ver que la situación es bastante complicada. Para poder obtener rápidamente una comprensión de su comportamiento, en primer lugar simplificaremos un poco la situación. Hallamos aquí los elementos de lo que se llama **Colector Solar de Lámina Plana**. Recibe energía del sol y la vuelve a irradiar de nuevo. Lo hemos dispuesto de forma que quede "aislado" de su entorno y que no pueda intercambiar radiaciones con él. Por el momento, despreciaremos el intercambio de calor con la atmósfera por convección y radiación, sobre lo que volveremos más tarde.

Para los cuerpos reales, con unos niveles de distribución de energía complejos, hallamos habitualmente que la radiación no está distribuida como la del cuerpo negro, bien con respecto a la longitud de onda o con la dirección de la emisión. Sin embargo, por razón de sencillez, empleamos a veces el cuerpo negro como un patrón para representar en relación con él las propiedades generales de un cuerpo. De esta forma podemos asignar al cuerpo una emisividad global, e , de forma que a la temperatura T , emita una fracción e de la energía emitida por el cuerpo negro a esa temperatura. Además, asignamos unas propiedades de reflectividad, p , poder de absorción a , y transmisividad, z , a un cuerpo en tal forma que si una radiación de intensidad P incide sobre él, las proporciones en que se refleja la energía, se absorbe y transmite, son respectivamente pP , aP y rP . Hemos de darnos cuenta de que todas las propiedades e , p , a y r varían entre cero y uno para los cuerpos reales, aunque para un cuerpo negro real adquirirían respectivamente los valores 1, 0, 1 y 0.

Estas propiedades de radiación, varían mucho según los cuerpos y, lo que es más importante, varían con la longitud de onda de la radiación para un cuerpo dado. Esta dependencia de la longitud de onda, es por supuesto debida al carácter del proceso absorción-emisión. Esto se puede representar muy bien expresando las propiedades en términos de la temperatura del cuerpo (para la temperatura de la fuente de la radiación incidente, y por lo tanto de su longitud de onda (para las otras propiedades).

Se comprueba, en general, que los metales pulimentados tienen baja emisividad para toda temperatura, aunque su comportamiento varía en gran medida por los tratamientos superficiales, presencia de películas de óxido, etc. Las pinturas que son fáciles de distinguir por la vista o por medio del color, pueden tener un poder de absorción alto o bajo para radiaciones parecidas a la de la luz del sol. Pero cuando se expone a radiaciones de onda larga, o cuando está a temperaturas bajas, su poder de absorción y emisividad son siempre altos, excepto cuando están pigmentados con aluminio u otra capa metálica. Por esta razón, en el rendimiento de un radiador en viviendas no influye el color de su pintura, ya que funciona a bajas temperaturas y radiaciones de onda larga. Son enormemente importantes las propiedades de radiación del vidrio. El vidrio se utiliza porque es prácticamente transparente a las radiaciones de onda corta. Para longitudes de onda mayores, no obstante, es casi opaco y como veremos más tarde podemos aprovechar en gran medida estas características.

Otro factor, con efecto opuesto, es la presencia de radiaciones de onda larga provenientes de la atmósfera. Esta es la re-emisión, de la energía absorbida fundamentalmente por las moléculas de dióxido de carbono y de vapor de agua, de la radiación solar, y de la radiación y convección de la tierra.

Estas moléculas tienen energía de vibración y de rotación, por lo cual las variaciones cuánticas corresponden a energía de ciertos fotones de longitudes de onda dentro del espectro visible y del infrarrojo. Parte de la energía

se redistribuye antes de la reemisión, pero el espectro de emisión de la atmósfera sigue mostrando unas líneas y bandas bastante diferenciadas que corresponden a las longitudes de onda de absorción.

Implantación de la energía solar

A menudo, se considera que la energía solar es gratuita porque podría decirse que nos llueve del cielo en casi todas partes y sin que tengamos que realizar esfuerzo alguno. A muchos les ha extrañado, por lo tanto, por qué no se ha utilizado esta enorme fuente de energía desde hace ya tiempo para proporcionarnos toda la energía que necesitamos a un coste despreciable. Pero la energía solar es igual de gratis que las demás fuentes de energía. Todas se encuentran allí esperando a que la tomemos, pero al cogerla cuesta dinero, y en especial coger la energía solar cuesta más que las demás. En este capítulo, examinaremos brevemente alguna de las características de la energía solar que la hacen costosa de aprovechar, agrupando los distintos métodos de aprovechamiento para ver comparativamente cuáles son sus posibilidades.

Intensidad de la energía solar

Uno de los obstáculos para el aprovechamiento en general de la energía solar es su baja intensidad. Incluso para las condiciones de tiempo despejado que se consideraban en ese capítulo, quedó claro que la baja intensidad (y la variabilidad) de la energía eran unas desventajas importantes en una potencial fuente de energía.

A mediodía, en los trópicos, la intensidad puede acercarse a 1 Kw. por m² de superficie expuesta.

Incluso el mejor de los muchos dispositivos estudiados anteriormente para la conversión de la energía solar en formas más convenientes, no nos daría más de unos 150 W/m² aun en estas condiciones ideales. La energía diaria sería tan sólo de 0,5 a 1 Kwh/m². Evidentemente, el tamaño de los colectores por sí sólo haría antieconómico abastecer por este procedimiento otra cosa que no fuese una demanda de energía local y pequeña. En los países más desarrollados, la demanda total de energía ya es del orden de 50 Kwh por persona y día. Para satisfacer esa demanda en una comunidad de tamaño medio por ejemplo 100.000 personas, mediante el método de mayor rendimiento con el que pudiésemos contar en la actualidad, se necesitarían unos colectores con una superficie total mayor de 5 km². Esta superficie es del mismo orden que el área de terreno sobre la que se construye la ciudad, incluso para las intensidades medias de una ciudad antigua. Si se utilizase una zona alrededor del perímetro de esta ciudad, tendría que ser de una anchura de varios cientos de metros. Donde el clima es menos favorable, hay muchos países del mundo donde el consumo de energía excede a la energía solar que incide sobre todo su territorio, habitado o no,

Se han hecho proyectos para situar colectores solares en autopistas y vías de ferrocarril y, en todos aquellos lugares donde no obstaculicen la incidencia de la luz en las apreciadas tierras de labor. Se puede demostrar que con esos sistemas se podría conseguir una parte importante del suministro de energía en zonas desarrolladas. No obstante, aunque no se puede decir que no llegará el día en que se lleven a la práctica esos proyectos, podemos afirmar sin riesgo a equivocarnos que durante bastante tiempo las comunidades de estas zonas seguirán obteniendo su energía por otros procedimientos.

Sin embargo, para las demandas más modestas de una comunidad en desarrollo o rural, la perspectiva puede ser muy diferente. En este Caso, el aprovechamiento de la energía, en unas cantidades muy inferiores a la energía incidente sobre la región, produciría unos cambios espectaculares para el futuro de la zona. Además, los dispositivos solares serían competitivos con otras fuentes de energía. La prueba la tenemos en el éxito de las instalaciones de agua caliente solar. La demanda de agua caliente, incluso en los países desarrollados, puede satisfacerse por medio de dispositivos cuya área de colectores sea menor que la superficie de cubierta de los edificios normales de viviendas. Los millones de estos aparatos hoy en uso son una prueba de su competitividad en estas aplicaciones.

Hay cantidad de pequeñas labores, en la actualidad realizadas a mano o utilizando trabajo animal o que no se realizan en absoluto, cuya demanda energética estaría dentro de las posibilidades de los sistemas solares con superficies de colector desde unos cuantos metros cuadrados hasta unos cuantos cientos de metros. Al igual que con otras innovaciones, la introducción de estos aparatos es en gran medida una cuestión económica, materia especialmente difícil, que trataremos de examinar brevemente después. Mientras tanto, sin embargo, estudiaremos de nuevo otra causa de dificultades, que existe incluso cuando la intensidad solar es la máxima posible. Es la variación de la intensidad según la hora y la estación, y la gran proporción de tiempo al día en que no podemos contar con la energía solar.

Almacenamiento de la energía

Siempre que se diseñe un sistema de calefacción o de refrigeración de edificios, producción de energía eléctrica para uso continuo y cualquier otra utilización en la que la variación de la demanda no coincida con la variación de suministro, hay que habilitar un sistema de almacenamiento de la energía.

Para un cielo continuamente despejado, que se da durante gran parte del año en algunas zonas desérticas, puede ser necesario habilitar un almacenamiento equivalente únicamente al suministro de un día, ya que al día siguiente el suministro se volverá a restablecer. Este pequeño almacenamiento puede seguir siendo suficiente cuando se prevea la utilización de una fuente auxiliar, para aquellas ocasiones en que el suministro no pueda satisfacer la demanda. La mayoría de sistemas de calefacción para viviendas que funcionan con energía solar suelen llevar un sistema auxiliar, ya que sería antieconómico diseñar un sistema de calefacción solar de forma que pudiese satisfacer la demanda en el día más nublado y frío del año, ya que para el resto del tiempo resultaría una instalación sobredimensionada. Evidentemente hay una relación en este caso, entre la variabilidad de la radiación solar, la variabilidad de la demanda de calefacción, la capacidad del sistema auxiliar y la capacidad de almacenamiento que hay que habilitar. El equilibrio que hay que establecer entre estos factores depende fundamentalmente de razones económicas. No podemos entrar aquí en demasiadas profundidades; depende de factores tales como el coste del combustible, materiales, maquinaria y mano de obra, y de la variación de la temperatura del aire exterior y velocidad del viento durante todo el año. De alguno de estos factores, como el soleamiento, no se puede hacer una predicción exacta para un emplazamiento dado, sino que se debe hacer un acopio de datos estadísticos durante un período largo de tiempo, para ese emplazamiento concreto. Se verá, sin embargo, que en la relación entre estas magnitudes no se incluyen tanto los valores de asoleo máximos o mínimos que se hayan registrado, sino el tiempo que duran esos períodos de máximo o mínimo.

Contando con este tipo de datos, el ingeniero puede empezar a equilibrar las distintas partes del sistema: el convertidor de energía, la maquinaria auxiliar (si hace falta) y el sistema de almacenamiento.

ENERGÍA EÓLICA

Ventajas de la energía eólica

La energía eólica **no contamina, es inagotable** y frena el agotamiento de combustibles fósiles contribuyendo a **evitar el cambio climático**. Es una tecnología de aprovechamiento totalmente madura y puesta a punto.

Es una de las fuentes más baratas, puede competir e rentabilidad con otras fuentes energéticas tradicionales como las centrales térmicas de carbón (considerado tradicionalmente como el combustible más barato), las centrales de combustible e incluso con la energía nuclear, si se consideran los costes de reparar los daños medioambientales.

El generar energía eléctrica sin que exista un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica supone, desde el punto de vista medioambiental, un procedimiento muy favorable por ser limpio, exento de problemas de contaminación, etc. Se suprimen radicalmente los impactos originados por los combustibles

durante su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que **beneficia** la atmósfera, el suelo, el agua, la fauna, la vegetación, etc.

Evita la contaminación que conlleva el transporte de los combustibles; gas, petróleo, gasoil, carbón. Reduce el intenso tráfico marítimo y terrestre cerca de las centrales. Suprime los riesgos de accidentes durante estos transportes: desastres con petroleros (traslados de residuos nucleares, etc). No hace necesaria la instalación de líneas de abastecimiento: Canalizaciones a las refinerías o las centrales de gas.

La utilización de la energía eólica para la generación de electricidad presenta **nula incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo** o su erosionabilidad, ya que no se produce ningún contaminante que incida sobre este medio, ni tampoco vertidos o grandes movimientos de tierras.

Al contrario de lo que puede ocurrir con las energías convencionales, la energía eólica **no produce** ningún tipo de alteración sobre los acuíferos ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos. La generación de electricidad a partir del viento **no produce gases tóxicos, ni contribuye al efecto invernadero, ni destruye la capa de ozono, tampoco crea lluvia ácida**. No origina productos secundarios peligrosos ni residuos contaminantes. Cada kW/h de electricidad generada por energía eólica en lugar de carbón, evita:

0,60 Kg. de CO₂, dióxido de carbono

1,33 gr. de SO₂, dióxido de azufre

1,67 gr. de NO, óxido de nitrógeno

La electricidad producida por un aerogenerador **evita que se quemen diariamente miles de litros de petróleo y miles de kilogramos de lignito** negro en las centrales térmicas. Ese mismo generador produce idéntica cantidad de energía que la obtenida por quemar diariamente 1.000 Kg. de petróleo. Al no quemarse esos Kg. de carbón, se evita la emisión de 4.109 Kg. de CO₂, lográndose un efecto similar al producido por 200 árboles. Se impide la emisión de 66 Kg. de dióxido de azufre –SO₂– y de 10 Kg. de óxido de nitrógeno –NO_x– principales causantes de la lluvia ácida.

La energía eólica es **independiente de cualquier política** o relación comercial, se obtiene en forma mecánica y por tanto es directamente utilizable. En cuanto a su transformación en electricidad, esta se realiza con un rendimiento excelente y no a través de aparatos termodinámicos con un rendimiento de Carnot siempre pequeño.

En el año 2000 las compañías explotadoras pagan una media de alquiler de **400.000 ptas** (2.400 €) por molino y año. Además de los impuestos municipales, licencias de obra, etc.

Al finalizar la vida útil de la instalación, el desmantelamiento no deja huellas.

Un Parque de 10 MW;

Evita	28.480 Tn. Al año de CO ₂
Sustituye	2.447 Tep. toneladas equivalentes de petróleo
Aporta	Trabajo a 130 personas al año durante el diseño y la construcción
Proporciona	Industria y desarrollo de tecnología
Genera	Energía eléctrica para 11.000 familias

Desventajas de la energía eólica

- El aire al ser un fluido de pequeño peso específico, implica fabricar **máquinas grandes** y en consecuencia caras. Su altura puede igualar a la de un edificio de diez o más plantas, en tanto que la envergadura total de sus aspas alcanza la veintena de metros, lo cual encarece su producción.
- Desde el punto de vista estético, la energía eólica produce un **impacto visual** inevitable, ya que por sus características precisa unos emplazamientos que normalmente resultan ser los que más evidencian la presencia de las máquinas (cerros, colinas, litoral). En este sentido, la implantación de la energía eólica a gran escala, puede producir una alteración clara sobre el paisaje, que deberá ser evaluada en función de la situación previa existente en cada localización.
- Un impacto negativo es el **ruido** producido por el giro del rotor, pero su efecto no es mas acusado que el generado por una instalación de tipo industrial de similar entidad, y siempre que estemos muy próximos a los molinos.
- También ha de tenerse especial cuidado a la hora de seleccionar un parque si en las inmediaciones habitan **aves**, por el riesgo mortandad al impactar con las palas, aunque existen soluciones al respecto como pintar en colores llamativos las palas, situar los molinos adecuadamente dejando pasillos a las aves, e, incluso en casos extremos hacer un seguimiento de las aves por radar llegando a parar las turbinas para evitar las colisiones.

Un poco de historia

Aunque el aprovechamiento de la energía eólica data de las épocas más remotas de la humanidad (los egipcios ya navegaban a vela en el año 4.500 a. c.) la primera noticia que se tiene se refiere a un molino que Heron de Alejandría construyó en el siglo II a. C. para proporcionarse aire. Los molinos más antiguos que se conocen eran de eje vertical.

Hacia el siglo VIII aparecieron en Europa, procedentes del este, grandes molinos de eje horizontal con cuatro aspas. Su fabricación en gran número, en particular por los holandeses, les hizo alcanzar una gran firmeza, pese a que, debido a las dimensiones de sus aspas distaban mucho de recoger en máximo de potencia. Necesitaban una regulación de la orientación de la tela. Siempre sucede esto en los molinos de viento de eje horizontal que han de trabajar siempre frente al viento. Estos molinos eran muy adecuados para vientos del orden de 20 Km/h.

Es a partir de los siglos XII–XIII cuando empieza a generalizarse el uso de los molinos de viento para la elevación de agua y la molienda de grano, los más antiguos aparecieron en Turquía, en Irán y en Afganistán A principios del siglo XII. Europa se llenó a su vez de molinos, sobre todo en Bélgica y en los Países Bajos. Los molinos de Holanda tienen 4 aspas de lona, mientras que los de Baleares y Portugal tienen 6, y los de Grecia, 12.

Los molinos con gran número de palas determinan velocidades de rotación relativamente bajas y un funcionamiento útil a partir de velocidades del viento del orden de 2 m/s.

Todos estos molinos se mantendrán hasta bien entrado el siglo XIX. El desarrollo de los molinos de viento se interrumpe con la revolución industrial y la utilización masiva de vapor, la electricidad y los combustibles fósiles como fuentes de energía motriz. Es sin embargo en la segunda mitad del siglo XIX cuando tiene lugar uno de los más importantes avances en la tecnología del aprovechamiento del viento, con la aparición del popular "Molino multipala tipo americano", utilizado para bombeo de agua prácticamente en todo el mundo, y cuyas características habrían de sentar las bases para el diseño de los modernos generadores eólicos.

Fue entre las guerras mundiales cuando aparecieron, como consecuencia de los progresos técnicos de las hélices de aviación, y con ellas los proyectos de grandes aerogeneradores de dos o tres palas. Se tendió a construir casi únicamente los de dos, ya que resultan mas baratos. Incluso se pensó en utilizar una única pala equilibrada con un contrapeso. Actualmente predominan los molinos tripalas. Estos aerogeneradores giran más rápidamente que los multipalas, lo que constituye una ventaja cuando se trata de alimentar máquinas de gran velocidad de rotación como los alternadores eléctricos. Los grandes aerogeneradores están situados en lo alto de una torre tronco-cónica de acero.

Los aerogeneradores de eje vertical tienen la ventaja de adaptarse a cualquier dirección del viento. Por ello se los llama panémons (todos los vientos). No precisan dispositivos de orientación. En su forma mas moderna derivan todos ellos del inventado en 1925 por el ingeniero Francés Darrieus, patentado en Estados Unidos y luego caído en un olvido casi total. Su estudio volvió a iniciarse en Canadá en 1973 y en Estados Unidos a partir de 1975.

El primer aerogenerador fue construido en Francia, en 1929, pero se rompió a causa de una violenta tormenta. La compañía electromecánica construyó e instaló en Bourget un aerogenerador de dos palas de 20 metros de diámetro. El aparato fue destruido por las ráfagas de viento.

En Rusia se puso en funcionamiento en 1931, en Crimea, frente al mar muerto, un aerogenerador de 30 metros, que tenía que proporcionar 100 kW a la red de Sebastopol, la media durante dos años fue de 32 kW.

En 1941 los estadounidenses y mas concretamente la NASA construyó un bipala de 53 m de diámetro, previsto para una potencia máxima de 1.250 kW que se instaló en Vermont, en el nordeste de EEUU. Las primeras pruebas, iniciadas en octubre de 1941 continuaron durante unos 15 meses. Un pequeño incidente en 1943 bloqueó la máquina durante dos años, ya que las dificultades ligadas a la guerra retrasaron la fabricación de piezas nuevas. Vuelto a poner en marcha, el aerogenerador proporcionó corriente al sector durante veintitrés días, luego se rompió una de las palas y se abandonó el proyecto.

En 1975 se pusieron en servicio los aerogeneradores Mod. 0 con unas palas de metal con un diámetro de 38 metros, produciendo 100 kW. En 1977 se construyó el Mod. 0A que tenía 200 kW. La GENERAL ELECTRIC termina el bipala Mod. 1 en 1978 que con un diámetro de 60 metros acciona un alternador de 2 MW. Mientras la BOEING estudia el Mod. 2, ideal para los vientos medios de las grandes llanuras, que con 91 metros de diámetro produce 2,5 MW, con palas de acero.

En Francia, un vasto programa patrocinado por la Electricité de France, ha realizado un estudio del viento en todas las regiones y ha construido varios grandes aerogeneradores experimentales. El aerogenerador "Best, Romani" tripala de 30 m de diámetro con chapas de aleación ligera fue instalado en Nogent-le-Roy, podía proporcionar 800 kW a la red con un viento de 60 Km/h.

Esta máquina experimental aportó entre 1958 y 1962 un gran número de informaciones sobre su funcionamiento en condiciones reales de explotación. La compañía Neyrpic instaló en Saint-Rémy-des-Landes (Manche) dos aerogeneradores de tres palas. El primero de 21 metros de diámetro y que producía 130 kW de potencia, funcionó hasta marzo de 1966. El otro, de 35 metros y previsto para producir 1.000 kW, proporcionó una potencia satisfactoria durante las pruebas, pero a la ruptura de un palier en 1964 hizo que se abandonase el programa de estudios.

En Alemania se construyó entre 1955 y 1957 un aerogenerador de dos palas de 34 metros de diámetro, de fibra de vidrio, a 80 Km. al este de Stuttgart. Esta máquina funcionó hasta 1968. Dinamarca construyó en 1957 el "Gedser Mill", hélice de tres palas de 24 metros de diámetro que funcionó hasta 1968. Producía 200 kW con una velocidad del viento en el eje de la máquina de 15 m/s.

El bajo precio del petróleo determinó entonces la suspensión total de los grandes proyectos en todo el mundo.

Pero en los años 70, coincidiendo con la primera crisis del petróleo, se inicia una nueva etapa en el aprovechamiento de la energía del viento. Las aplicaciones de las modernas tecnologías, y en especial de las desarrolladas para la aviación, ha dado como resultado la aparición de una nueva generación de máquinas eólicas muy perfeccionadas, y que permiten su explotación, bajo criterios de rentabilidad económica, en zonas de potencial eólico elevado.

A principios de los años 70, los norteamericanos enfrentados al aumento de los problemas de abastecimiento de energía iniciaron un amplio programa para explotar la energía eólica. En aquel momento se estimaba que esta energía renovable podría, aparte de sus aplicaciones tradicionales, proporcionar kW/h a las redes eléctricas a un precio igual o inferior al de las centrales térmicas. Ello sería pronto una realidad con la puesta en servicio, de grandes aerogeneradores que producirán 2 y 5 MW.

Producción

Actualmente la energía eólica se aprovecha de dos formas bien diferenciadas:

Por una parte se utilizan para sacar agua de los pozos un tipo de eólicas llamados aerobombas, actualmente hay un modelo de máquinas muy generalizado, los molinos multipala del tipo americano. Directamente a través de la energía mecánica o por medio de bombas estos molinos extraen el agua de los pozos sin mas ayuda que la del viento. Por otra parte, están ese tipo de eólicas que llevan unidas un generador eléctrico y producen corriente cuando sopla el viento, reciben entonces el nombre de aerogeneradores.

Aerogenerador

Hélice aerodinámica de indicación fija, de 2 a 4 m con multiplicación.

En el de que te decidas por utilizar hélices aerodinámicas, este es el modelo más fácil de construir. Su producción podrá cubrir con holgura las necesidades normales de una vivienda. Es un aparato muy silencioso y eficaz.

Ante todo, hay que tener presente las características de la hélice aerodinámica que nos condiciona la construcción del aparato.

- La hélice aerodinámica tiene poco por de arranque, por lo que debemos evitar toda torpeza al arranque.
- La hélice aerodinámica se puede embalar con funestas consecuencias. Debe tener desorientación automática que limita la velocidad de giro.
- La hélice aerodinámica debe estar perfectamente centrada y equilibrada para que no se produzcan vibraciones destructoras.

Utilizaremos dos bujes de ruedas delanteras de Renault 4. Uno para eje de la hélice, y otro para eje vertical sobre el que pivota todo el molino. Utilizaremos como eje para hélice el buje que mejore los rodamientos. Debes tener en cuenta que este buje que meta un tornillo que pase por dentro del agujero central cogiendo las dos caras del mismo para impedir que se salga el eje, con la hélice ... Para esto sirve la pieza ranurada que trae el palier y entra dentro del agujero central. El otro buje será el eje vertical soporte del molino y lo preparamos para bajar la corriente generada, según las instrucciones que se dan en bajada de corriente.

Debes hacer la hélice tal como se indica en hélices aerodinámicas. La hélice puede ser bpalada estabilizada (V. estabilización de hélices bpalada en regulación), o mejor, tripalada.

Utilizaremos el desarrollo estrecho en todas las hélices, excepto en las bpaladas de menos de 2,4m que

haremos según el desarrollo ancho. No conviene hacer hélices de menos de 2m porque surgirían problemas en el arranque.

En la mayoría de los casos, bastará con utilizar el tambor del freno con polea grande para multiplicar las revoluciones al generador. Si se necesita más multiplicación (V. cálculo de la multiplicación) pondremos al generador una polea más pequeña, o bien, colocaremos una polea mayor a la hélice.

Se debe utilizar correa trapezoidal del modelo más estrecho y se debe tensar el mínimo para favorecer el arranque. Las correas trapezoidales dentadas, tienen más agarre para la misma tensión.

El generador puede ser uno convencional, aunque se debe procurar que sea lo más lento posible (dinamos de camión...) para que su vida sea más larga y la correa no tenga que multiplicar tanto.

Si quieres tener la instalación a 125 ó 220 V, debes utilizar alternadores asíncronos.

La veleta estará articulada para poder desorientar manualmente el molino y permitir la desorientación automática por eje descentrado. La sirga de la desorientación pasa por el agujero central del buje soporte.

El eje de la hélice se descentra de 5 a 7 cm respecto del eje vertical sobre el que pivota el molino. La desorientación automática empezará con vientos superiores a 30–40 km/h. Para esto debes calibrar la tensión del mueble o su posición sobre la platina de la veleta.

La veleta debe tener un 2–4% de área barrida por la hélice.

En los modelos mayores (3,5 a 4m) se debe estudiar la posibilidad de colocar frenos aerodinámicos además de la desorientación automática. Solo se podrán si son necesarios en la práctica.

Aeromotor

Molino ideal para comunidades que necesitan fuerza motriz, electricidad, e incluso calefacción.

Hay ocasiones en que es muy interesante tener una toma de fuerza para serrar, moler, mover un torno, una noria de bombeo de cangilones ...

Cuando se piensa en potencias un poco fuertes (2 a 10 Kw.) para máquinas (sierras, cepilladoras, tornos, fresadora, taladradora...) debemos rechazar la generación de electricidad para acumularla en enormes baterías y usarla luego para mover las máquinas. Esto es ruinoso. Estas máquinas (a menos que cambiemos los motores) funcionan con corriente alterna trifásica. Es muy difícil y caro encontrar convertidores que transformen la corriente continua de la batería en alterna trifásica con potencia para arrancar motores.

Es mucho más práctico, fácil y económico utilizar la fuerza del viento en directo sin intermediarios ni pérdidas. Hay muchas horas de viento aprovechables al cabo del año (más de 3.000) durante las horas de trabajo, y no es muy difícil organizar el curello de acuerdo con los vientos de la zona (esto ya hacían los molineros).

La instalación puede resultar parecida a los antiguos talleres con las máquinas acopladas por correas acopladas al árbol motriz que llega del molino.

Para estas aplicaciones, es necesario una transmisión que nos baje la fuerza de la hélice por un árbol

motriz vertical y esto se consigue mediante el empleo de puentes traseros de automóviles. El puente trasero es el sistema de propulsión tradicional de la mayoría de coches antiguos y algunos modernos. Es muy robusto y tiene en su interior engranajes cónicos helicoidales muy silencioso, que permiten multiplicar las revoluciones de la hélice por 4 o 5.

El puente trasero tienen un grupo diferencial con engranajes, satélites y planetarios que debemos utilizar con unos puntos de soldadura entre los engranajes. Para poder extraer el grupo diferencial del puente es necesario demostrar los palieres de las ruedas.

De este modo, el palier girará solidario a la corona multiplicado al máximo las revoluciones.

Por lo general, eliminaremos el palier que no utilizamos para evitar al máximo rozamiento y fuga de aceite (el agujero que queda se cierra con un taco y una goma ajustado).

Con el puente trasero así preparado, tenemos buena parte del molino hecho. Sobre la rueda en la que dejamos el palier, montamos la hélice y la salida del cordón irá hacia abajo para mover lo que tengamos pensado.

Los puentes convencionales de coche (Seat 1.500, 1.430...) más servirán para diámetros de hasta 6 m. Para diámetros mayores (hasta 8–10m.) es necesario y utilizar los puentes de pequeños camiones.

El árbol motor vertical se acoplará al cordón del puente de modo que queda bien centrado sobre el agujero central del brazo de suspensión. Esto nos permitirá además colocar desorientación manual mediante el sistema de correderas que se describe en bajada de corriente.

La hélice puede ser multiplicada con calado normal (V. hélice multipala) o bien del tipo que utilizaban los auténticos y verdaderos molinos de viento de cuatro aspas (V. hélice tradicional). En las hélices citadas, cuanto más se les refrena más fuerza tienen, realizando todas las labores mecánicas de modo satisfactorio.

La hélice multipala es adecuada hasta 4m. pero es mejor usar la tradicional para diámetros mayores.

Al bajar la fuerza motriz por el eje vertical, se produce una pequeña fuerza que tiende a desorientar el molino y apartarlo del viento.

Por esto se debe colocar una veleta grande y bien situada que contrarreste esta fuerza y mantenga la hélice bien orientada al viento.

El tamaño de la veleta será del 6–10% del área barrida por la hélice situada a una distancia del eje aproximadamente igual al diámetro de la hélice. La veleta estará articulada para permitir la desorientación manual y automática por paleta lateral (V. sistemas de regulación).

Toda la máquina se soporta en un poste fuerte de madera hasta 4m. o bien torre metálica para mayores diámetros. También puede construirse una torre circular de obra como en los antiguos molinos.

El árbol motor se arrastrará con cojinetes cada tres metros de modo que no se produzca trepidación.

En la base de la torre, dispondremos las máquinas y aparatos que debe mover el aeromotor. La solución más normal puede ser acoplar una caja de cambios de coche de modo que dispongamos de una toma de fuerza con varias velocidades según usos y necesidades. De este modo, si tenemos por ejemplo un molino de 6m., que gira a 50 rpm. con viento de 30km/h, mediante la multiplicación del puente trasero (x5) y la de la caja de cambios (con los satélites sin inmovilizar), podemos disponer de mucha

más velocidad.

Clasificación de los aerogeneradores

Molinos hay y ha habido de muchos tipos. Desde sus orígenes han sufrido infinidad de variaciones en su construcción adaptándose a los medios materiales y tecnológicos de la época. Una manera muy interesante de conocerlos es clasificándolos según su construcción. Los aerogeneradores se pueden clasificar de distintas maneras, según su construcción:

1.-Por la posición del aerogenerador

- Eje vertical
- Eje horizontal

2.-Por la posición respecto al viento.

- A barlovento
- A sotavento

3.-Por el numero de palas.

- De una pala
- De dos palas
- De tres palas
- De cuatro palas
- De más de cuatro o "multipalas"

4.- Por el tipo de orientación.

- Por conicidad
- Por veleta
- Por servomotores
- Molino auxiliar
- Por "dos buenos brazos"

5.- Por la regulación de la velocidad

- Por paso variable de las palas.
 - Paso variable total.
 - Paso variable parcial.

Los aerogeneradores pueden producir energía eléctrica de dos formas: en conexión directa a la red de distribución convencional o de forma aislada:

Las aplicaciones aisladas por medio de pequeña o mediana potencia se utilizan para usos domésticos o agrícolas (iluminación, pequeños electrodomésticos, bombeo, irrigación, etc.), Incluso en instalaciones Industriales para desalación, repetidores aislados de telefonía, TV, instalaciones turísticas y deportivas, etc. En caso de estar condicionados por un horario o una continuidad se precisa introducir sistemas de baterías de acumulación o combinaciones con otro tipo de generadores eléctricos (grupos diesel, placas solares fotovoltaicas, centrales minihidráulicas, ...)

También se utilizan aerogeneradores de gran potencia en instalaciones aisladas para usos específicos; Desalinización de agua marina, producción de hidrógeno, etc.

La conexión directa a la red viene representada por la utilización de aerogeneradores de potencias grandes (mas de 10 ó 100 kW). Aunque en determinados casos y gracias al apoyo de los estados a las energías renovables, es factible la conexión de modelos mas pequeños, siempre teniendo en cuenta los costes de enganche a la red (equipos y permisos). La mayor rentabilidad se obtiene a través de agrupaciones de máquinas conectadas entre si y que vierten su energía conjuntamente a la red eléctrica. Dichos sistemas se denominan parques eólicos.

Por sus condiciones de producción caprichosa está limitada en porcentaje al total de energía eléctrica (en la conexión directa a la red). Se considera que el grado de penetración de la energía eólica en grandes redes de distribución eléctrica, puede alcanzar sin problemas del 15 al 20% del total sin especiales precauciones en la calidad del suministro, ni en la estabilidad de la red..

Las nuevas máquinas eólicas

Los avances en la aerodinámica han incrementado el rendimiento de los aerogeneradores del 10 hasta el 45%. En buenos emplazamientos, con vientos medios anuales superiores a los 5 m/s a 10 metros de altura, se consiguen producciones eléctricas anuales por metro cuadrado de área barrida superiores a los 1.000 kW/h. El tamaño medio de los grandes aerogeneradores es de 600–1.300 kW con rotores de 40 metros de diámetro. Existe una tendencia generalizada hacia las máquinas tripala, que representan más del 80% de los aerogeneradores instalados.

Los futuros desarrollos tecnológicos buscan la reducción de costos mediante la elección de conceptos simplificados como, por ejemplo, el uso de trenes de potencia modulares, diseños sin caja de multiplicación, sistemas de comunicación pasivos y con orientación libre. Los desarrollos inciden también en la reducción de cargas y desgastes mecánicos mediante articulaciones y sistemas de velocidad variable, con control de par, reduciendo las fluctuaciones y mejorando la sincronización a la red. Todo esto se traducirá en trenes de potencia más ligeros y baratos.

Hace pocos años los prototipos instalados tenían una potencia de 1.500 kW, en el año 2001 son los mas vendidos, ahora se proyectan máquinas de 2.500 y 3.000 kW, incluso de 5.000 kW.

Los generadores sincronicos parecen haber llegado a su fin, hoy se habla de generadores doblemente inducidos y velocidad variable, también se estudian generadores de imanes permanentes multipolares y con rotores conectados directamente al rotor.

Los nuevos diseños buscan, asimismo, la reducción del impacto visual y la disminución del ruido aerodinámico.

Palas

Los materiales que tradicionalmente se han utilizado en la fabricación de las palas de los aerogeneradores se han visto desplazados por la utilización de plásticos y resinas, La fibra de vidrio se aplica al 99% de los grandes aerogeneradores. Existe una tendencia clara hacia el uso de epoxy (generalmente resina de poliester) reforzado de fibra de vidrio o carbono.

En cuanto a las turbinas pequeñas, igualmente el 99 % usan materiales plásticos, solo algún fabricante usa madera, la mayoría son de materiales plásticos inyectados. Antes de aplicarse estos materiales las palas eran de madera, acero y aluminio.

La potencia generada por el aerogenerador se controla esencialmente por dos métodos: control por pérdida aerodinámica y control por cambio de paso. La tendencia a fabricar aerogeneradores de paso fijo controlados por pérdida aerodinámica generalizada en tamaños de 20–25 metros de diámetro va desapareciendo a medida que aumenta el tamaño. La tendencia se invierte y en aerogeneradores de gran potencia se adopta el cambio de paso.

La energía eólica en España

En 1979 el Ministerio de Industria y Energía Español, a través del Centro de Estudios de la Energía, puso en marcha un programa de investigación y desarrollo para el aprovechamiento de la energía eólica y su conversión en electricidad. El primer paso fue el diseño y fabricación de una máquina experimental, de 100 kW a una velocidad de viento de 12 m/s. Su objetivo era facilitar el proyecto de grandes aerogeneradores con potencias del orden del MW. La máquina, estaba formada por una aeroturbina de eje horizontal con tres palas de fibra de vidrio y poliéster de 20 metros de diámetro. Para su emplazamiento se hizo un estudio previo de las curvas de potencial eólico en España, realizado en el Instituto de Técnica Aeroespacial (INTA), escogiéndose la región de Tarifa por ser la que presenta un mayor número de horas de viento al año con un régimen de gran uniformidad y una intensidad (densidad de potencia) de mas de 500 W/m² de media anual.

El estudio de la potencia eólica Española se realizó por el Centro de Estudios de la Energía en colaboración con el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial "Esteban Terradas" para ello se inició un análisis de datos que permitió trazar un mapa del potencial existente. Como consecuencia de estos trabajos previos, se decidió construir la planta experimental en Punta de Tarifa (Cádiz), pasándose en 1983 a la segunda fase del proyecto, consistente en las pruebas de la máquina.

Galicia, Andalucía, Canarias, Navarra y Aragón tendrán los parques mas ambiciosos, otras como Castilla y el País Vasco cuentan con instalaciones gracias a las subvenciones estatales por su pobre rentabilidad. En 1992 se ponen en funcionamiento 14 proyectos con una inversión de 6.700 millones de ptas y unas ayudas públicas de 1.700 millones de ptas.

La Comisión Europea concedió una subvención de 19.000 millones de pts para fomentar las energías renovables en 1996, a través de inversiones directas del IDAE. En abril de ese año había instalados en España 36 parques, con una potencia de 115 MW.

En 1998, el sector eólico español dio trabajo directo e indirecto a más de 4.000 personas, en los sectores de promoción, implantación, fabricación, operación y mantenimiento de parques eólicos.

El gobierno español espera que en el 2006 el 8% de la energía consumida en España sea renovable, y que en el 2010 llegue al 15%.

La evolución e investigación en los aerogeneradores y la creación de máquinas mas grandes y potentes, ha permitido incrementar el rendimiento y reducir el coste del kW producido con esta energía:

Año	Precio kW	Potencia Parque	Potencia Máquinas
84	300.000 pts	0.3 MW	25 kW
92	210.000 pts	5 MW	200 kW
96	140.000 pts	10 MW	500 kW

La energía eólica en Galicia

Galicia es la comunidad autónoma de mayor potencial eólico, junto con Canarias, Navarra y Tarifa.

Durante los comienzos del desarrollo de la energía eólica en España, se han realizado instalaciones en Galicia ya que existen áreas de gran potencial eólico, sobre todo entre los cabos de Estaca de Bares y Finisterre. A finales de 1993, las instalaciones eran de baja potencia y pequeñas. Aunque se conservan todavía molinos de viento multipala para la extracción y elevación de agua, e incluso se cuenta con la implantación reciente de otros del mismo tipo, el aprovechamiento de la energía eólica para producir electricidad comienza en Galicia a principios de los años 80, con la instalación de una serie de aerogeneradores de pequeña potencia en las provincias de A Coruña y Lugo.

El PE Estaca de Bares fue el pionero operando desde 1987, está formado por 12 aerogeneradores de fabricación española. Tripalas de 10 m de diámetro de 30 kW de potencia cada uno, con una potencia total de 360 kW y una producción anual próxima al millón de kW/h.

En el campo de la alta potencia, se ha puesto en marcha el proyecto AWEC-60 de 1.200 kW, consistente en la instalación en Cabo Vilano (Camariñas) de un aerogenerador de 1.200 kW de potencia, con una altura de 45 m y un diámetro de aeroturbina de 60 m. La producción anual se estima de orden de los 3,5 millones de kW/h. Este proyecto está subvencionado por la CEE a través de sus programas de investigación y desarrollo.

En 1990 se instalaron diversas estaciones de medida para conocer el potencial en Galicia y definir el mapa eólico de la comunidad, que se cifraría en unos 5.500 MW

En 1994 la comunidad recibe mas de 30 solicitudes para la implantación de parques eólicos y como consecuencia de ello a mediados de 1995 aprueba (por primera vez en España) el decreto que regula el aprovechamiento de la energía eólica en la comunidad. Este plan establece la figura del *Plan Eólico Estratégico*, que planificará la implantación de los parques y las instalaciones de las industrias relacionadas con la instalación de estos. Especifica los criterios por los que se regirán las autorizaciones, las condiciones técnicas, socioeconómicas y medioambientales. Los promotores deberán presentar unos planes precisando los plazos, las investigaciones, etc. La Xunta exigirá estudios de impacto ambiental. El plan eólico prevé inversiones por mas de 200.000 millones de ptas hasta el año 2005.

A finales de 1997 se instalaron mas de 85 torres de investigación. Ese mismo año se ajustan a la realidad los ambiciosos planes de la Xunta gallega y se anuncia la creación de 2.000 empleos en el sector eólico, cuando dos años atrás se preveían 5.000.

En mayo de 1999 están en funcionamiento 15 parques con una potencia de 257 MW, otros 9 están en construcción (182 MW) y 32 están en tramitación (673 MW). El objetivo es llegar al 2005 con 3.000 MW instalados. En ese momento es la comunidad con mayor potencia instalada y con mayor potencial a medio plazo.

En mayo del 2.000, la Consellería de Industria prevé instalar 3.150 MW hasta el 2010, con una inversión de 450.000 millones de ptas. La energía eólica ha creado 2.000 empleos directos en la comunidad. Esta Consellería trabaja en la reordenación del sector con el fin de adecuar la planificación a los nuevos planes aprobados, y su aplicación en actuaciones industriales. También espera actualizar el decreto regulador de esta energía pionero en España.

Biomasa

Biomasa, abreviatura de masa biológica.

La biomasa es la energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica; esa energía la podemos recuperar por combustión directa o transformando la materia orgánica en otros combustibles.

Utilización de la Biomasa

Bosques. La única biomasa realmente explotada en la actualidad. Para fines energéticos es la de los bosques para cubrir parte de la demanda energética sólo puede constituir una opción razonable en países donde la densidad territorial de dicha demanda es muy baja, así como también la de la población (Tercer mundo). En España (por lo demás, país deficitario en madera) sólo es razonable contemplar el aprovechamiento energético de los desechos de la corta y saca y de la limpia de las explotaciones forestales (leña, ramaje, follaje, etc.), así como de los residuos de la madera .



Residuos agrícolas y deyecciones y camas del ganado.

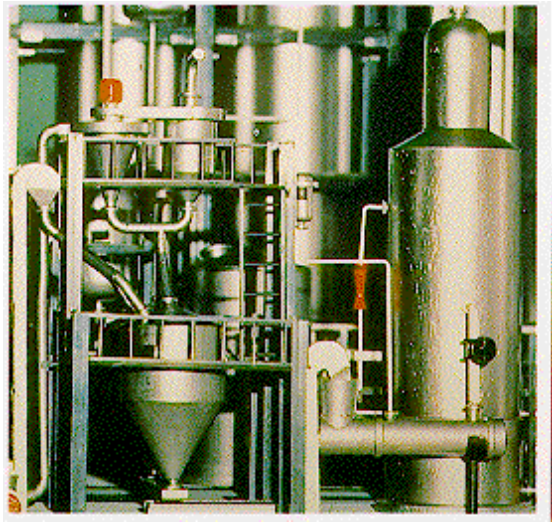
Estos constituyen otra fuente importante de bioenergía, aunque no siempre sea razonable darles este tipo de utilidad. En España sólo parece recomendable el uso a tal fin de la paja de los cereales en los casos en que el retirarla del campo no afecte apreciablemente a la fertilidad del suelo, y de las deyecciones y camas del ganado, cuando el no utilizarlas sistemáticamente como estiércol no perjudique las productividades agrícolas.

Cultivos energéticos. Consiste en cultivar vegetales para la posibilidad del aprovechamiento de cultivos energéticos. Esta opción no es muy rentable. Es muy discutida la conveniencia de los cultivos o plantaciones con fines energéticos, no sólo por su rentabilidad en si mismos, sino también por la competencia que ejercerían con la producción de alimentos y otros productos necesarios, (madera, etc.) Las dudas aumentan en el caso de las regiones templadas, donde la asimilación fotosintética es inferior a la que se produce en zonas tropicales.

No obstante, el problema de la competencia entre los cultivos clásicos y los cultivos energéticos no se plantearía en el caso de otro tipo de cultivo energético: los cultivos acuáticos. Una planta acuática particularmente interesante desde el punto de vista energético sería el jacinto de agua , que posee una de las productividades de biomasa más elevadas del reino vegetal (un centenar de toneladas de materia seca por hectárea y por año) .podría recurrirse también a ciertas algas microscópicas (microfitos), que tendrían la ventaja de permitir un cultivo continuo. Así, el alga unicelular *Botryococcus braunii*, en relación a su peso produce directamente importantes cantidades de hidrocarburos.

Conversión de la biomasa en energía

Métodos termoquímicos. Estos métodos se basan en la utilización del calor como fuente de transformación de la biomasa. Están bien adaptados al caso de la biomasa seca, y ,en particular, a los de la paja y de la madera.



La combustión, oxidación de la biomasa por el oxígeno del aire, libera simplemente agua y gas carbónico, y puede servir para la calefacción doméstica y para la producción de calor industrial.

La pirólisis, combustión incompleta de la biomasa en ausencia de oxígeno, a unos 500 grados centígrados, se utiliza desde hace mucho tiempo para producir carbón vegetal. Aparte de este, la pirólisis lleva a la liberación de un gas pobre, mezcla de monóxido y dióxido de carbono, de hidrógeno y de hidrocarburos ligeros. Este gas, de débil poder calórico, puede servir para accionar motores diesel, o para producir electricidad, o para mover vehículos. Una variante de la pirólisis, llamada pirólisis flash, llevada a 1000 grados centígrados en menos de un segundo, tiene la ventaja de asegurar una gasificación casi total de la biomasa. De todas formas, la gasificación total puede obtenerse mediante una oxidación parcial de los productos no gaseosos de la pirólisis. Las instalaciones en la que se realizan la pirólisis y la gasificación de la biomasa reciben el nombre de gasógenos. El gas pobre producido puede utilizarse directamente como se indica antes, o bien servir la base para la síntesis de un alcohol muy importante, el metanol, que podría sustituir las gasolinas para la alimentación de los motores de explosión (carburol)

Métodos biológicos.

La fermentación alcohólica es una técnica empleada desde muy antiguo con los azúcares, que puede utilizarse también con la celulosa y el almidón, a condición de realizar una hidrólisis previa (en medio ácido) de estas dos sustancias. Pero la destilación, que permite obtener alcohol etílico prácticamente anhidro, es una operación muy costosa en energía. En estas condiciones la transformación de la biomasa en etanol y después la utilización de este alcohol en motores de explosión, tienen un balance energético global dudoso. A pesar de esta reserva, ciertos países (Brasil, E.U.A.) tienen importantes proyectos de producción de etanol a partir de biomasa con un objetivo energético (propulsión de vehículos; cuando el alcohol es puro o mezclado con gasolina, el carburante recibe el nombre de gasohol).

La fermentación metánica es la digestión anaerobia de la biomasa por bacteria. Es idónea para la transformación de la biomasa húmeda (más del 75% de humedad relativa). En los fermentadores, o digestiones, la celulosa es esencialmente la sustancia que se degrada en un gas, que contiene alrededor de 60% de metano y 40% de gas carbónico. El problema principal consiste en la necesidad de calentar el equipo, para mantenerlo en la temperatura óptima de 30–35 grados centígrados. No obstante, el empleo de digestores es un

camino prometedor hacia la autonomía energética de las explotaciones agrícolas, por recuperación de las deyecciones y camas del ganado. Además, es una técnica de gran interés para los países en vías de desarrollo. Así, millones de digestores ya son utilizados por familias campesinas chinas.

La biomasa en las fuentes de energía.

Al contrario de las energías extraídas de la biomasa (carbón; petróleo), la energía derivada de la biomasa es renovable indefinidamente. Al contrario de las energías eólica y solar, la de la biomasa es fácil de almacenar. En cambio, opera con enormes volúmenes combustibles que hacen su transporte oneroso y constituyen un argumento a favor de una utilización local y sobre todo rural. Su rendimiento, expresado en relación a la energía solar incidente sobre las mismas superficies, es muy débil (0.5 % a 4% contra 10% a 30% para las pilas solares fotovoltaicas), pero las superficies, terrestres y acuáticas, de que puede disponer no tienen comparación con las que pueden cubrir, por ejemplo, los captadores solares.

Conceptos sobre la Biomasa

¿Qué es el biogás ?

Mezcla de metano y otros gases que se desprende durante la degradación anaerobia de la materia orgánica por la acción de microorganismos.

El biogás se obtiene mediante un digestor o bien canalizándolo directamente en un vertedero controlado. En el primer caso, la temperatura del digestor se mantiene a unos 50 grados centígrados; de este modo se logra que el pH este comprendido entre 6.2 y 8, lo que favorece la actividad de los microorganismos. La degradación bioquímica, de gran complejidad y que dura entre 10 y 25 días, se desarrolla en tres fases principales: la hidrólisis y acidogénesis, la acetogénesis y la metanogénesis.

Tanto el tipo de sustrato orgánico como las condiciones del proceso y el grado que este alcanza hacen que las proporciones de los componentes del biogas (54%–70% para el metano, 27%–45% para el CO₂, etc.) varíen mucho. El biogás se emplea tanto para la generación de calor mediante combustión como para la generación de energía mecánica o eléctrica, principalmente en las mismas plantas donde se obtiene.

¿Qué es el digestor?

Dispositivo que permite llevar a cabo la degradación anaerobia controlada de residuos orgánicos para obtener biogás y otros productos útiles.

El dispositivo mas simple de este tipo esta formado por un recipiente cerrado, de base cónica saliente, dotado con un conducto lateral para la entrada de los residuos, otro superior de escape del gas y un tercero inferior para evacuar los demás productos de la digestión (digestor discontinuo). Los digestores mas perfeccionados disponen de un agitador y de un calefactor que regulan la homogeneidad y la temperatura del proceso (digestor de mezcla completa), y de otros sistemas para enriquecer la flora bacteriana (digestores de contacto

y de filtro anaerobio).Una instalación básica comprende el sistema de almacenamiento y alimentación, el digestor y los depósitos de gas y de los demás productos resultantes de la digestión. El digestor se alimenta con residuos orgánicos en las plantas de compostaje, con lodos de decantación en las depuradoras de aguas y con las deposiciones de los animales en las explotaciones ganaderas; además del biogás, los productos de la digestión son el compost, los lodos útiles para obtener mas compost y los fertilizantes.

¿Qué son los combustibles fósiles?

Los aceites vegetales constituyen un amplio grupo de biocombustibles que pueden sustituir a los combustibles fósiles, ya sea directamente o mediante transformaciones químicas poco complejas.

El aprovechamiento a gran escala de aceites para su uso como carburantes no solo es beneficioso por el carácter renovable de tales aceites sino también porque puede reducir el déficit energético de los países menos desarrollados, en un grado mayor que el de los alcoholes: varias plantas y arbustos, de cuyas semillas se extraen aceites, tienen su hábitat en grandes zonas áridas y de suelos pobres, donde los cereales escasean y la fermentación alcohólica es, pues, inviable. Entre los aceites mas conocidos, el de colza ejemplifica las ventajas y los problemas técnicos que plantea este grupo de sustancias; así, puede alimentar un motor diesel, pero al ser mas denso que el gas-oil, presenta varios inconvenientes en la combustión, por lo que es preferible someterlo a esterificación con un alcohol mas fuerte que la glicerina; el nuevo éster proporciona un par motor igual al del gas-oil , con un consumo algo mas elevado.

¿Qué son los combustibles alcohólicos?

Los alcoholes son los biocombustibles más utilizados actualmente en algunos países ,tanto para dar una salida a excedentes agrícolas convertibles en alcohol como por dificultades financieras en la importación de combustibles fósiles.

En principio, es posible obtener alcoholes a partir de cualquier producto que contenga glúcidos fermentables ; en particular, el proceso de fermentación alcohólica se puede dar con sustancias azucaradas (caña de azúcar , mostos, remolacha ,jugos de frutas, etc.), amiláceas (cereales y tubérculos) y celulósicas (madera ,paja de cereal, etc.)pero los rendimientos son muy desiguales . Algunos estudios señalan el metanol como el alcohol con más condiciones para la combustión en motores: sirve tanto para motores Otto como Diesel.

Su densidad de energía es menor que la de la gasolina, pero su combustión, en cambio, es mejor, se le debe añadir un 10% de hidrocarburos ligeros para facilitar el encendido en frío en los motores de explosión ; presenta también dificultades de arranque en los Diesel ; y causa problemas de corrosión.

¿Qué es el compostaje?

El compostaje, es decir, la fermentación controlada de residuos orgánicos para obtener compost, es un proceso

de transformación de residuos poco costosos y de gran utilidad en extensas regiones del mundo con suelos agrícolas pobres.

La materia prima del proceso proviene de residuos sólidos urbanos (RSU), estiércol y lodos de depuradora. Para los RSU, hay que prever un tratamiento de separación de la fracción orgánica, así como la eliminación del rechazo final del compostaje en un vertedero o incineradora.

¿Es económica la biomasa?

La biomasa agrícola y forestal supone un potencial económico importante especialmente en las zonas tropicales y subtropicales, dado que en ellas se dan las condiciones más idóneas para el desarrollo de los vegetales. Los organismos fotosintéticos, tanto terrestres como marinos, pueden ser considerados como convertidores continuos de la energía solar, y por consiguiente renovables, en materia orgánica. Las plantas fijan anualmente mediante la fotosíntesis una cantidad de carbono equivalente en energía a 2·10²¹ julios, que equivalen aproximadamente a 10 veces el consumo mundial de energía y aproximadamente a 200 veces la energía consumida en forma de alimentos.

El interés de la biomasa en el medio ambiente

El interés medioambiental de la biomasa reside en que, siempre que se obtenga de una forma renovable y sostenible, es decir que el consumo no vaya a más velocidad que la capacidad del bosque, la tierra, etc. para regenerarse, es la única fuente de energía que aporta un balance de CO₂ favorable, de manera que la materia orgánica es capaz de retener durante su crecimiento más CO₂ del que se libera en su combustión.

Biomasa en España

La biomasa es la fuente renovable de mayor potencial en España, cuantificándose los recursos en 25'7 Mtep. (millones de toneladas equivalentes de petróleo), lo que equivale a una cantidad superior a todos los consumos energéticos de la industria española. Sin embargo, los planes del Gobierno apenas pasan de "quedarse donde estamos": aunque fuentes oficiales señalan unos recursos utilizables de 10 Mtep./ año, las autoridades carecen de voluntad política para dejar de arrojar a la basura todo ese potencial energético y el Plan energético nacional solo contempla el aprovechamiento de 2,8 Mtep.

Biomasa en el mundo

Aunque en nuestro país se ha realizado entre los años 1.996 y 1.990 un total de 235 instalaciones para el aprovechamiento de la biomasa, aún estamos lejos de alcanzar el nivel de Francia, el país líder de la C.E. en el que seis millones de hogares utilizan la madera como fuente de calor, o de Dinamarca, donde una planta

quema 28.000 toneladas anuales de paja para producir 13 Mw. de electricidad. En Brasil unos 2.000.000 de vehículos funcionan con alcohol casi puro, obtenido del cultivo de la caña de azúcar, y 8.000.000 más utilizan una mezcla de gasolina y alcohol.

Uno de los ejemplos más destacados en el campo de la tecnología de las fuentes de energía renovables es el caso de la obtención de alcohol industrial por fermentación en Brasil. En 1976, el gobierno brasileño decidió dejar de ser el mayor importador de petróleo entre los países en desarrollo, y se embarcó en un programa para la producción masiva de etanol, a partir de melazas de caña de azúcar o de la pulpa de mandioca, para ser utilizado como combustible. Actualmente se producen entre 3 y 5 millones de m de etanol por año. Gran parte del etanol se mezcla con gasolina, y constituye el 20 % del combustible que utilizan los automóviles, con el consiguiente ahorro de energía fósil (gasolina).

Es poco probable que el combustible de biomasa sea factible en muchos países occidentales pequeños y densamente poblados. Pero en Brasil, las vastas extensiones de terreno, la elevada productividad agrícola y los altos niveles de precipitaciones y sol, hacen que el proceso sea ideal.

Incluso los países avanzados están buscando medios para reducir su dependencia de los combustibles fósiles y organizando proyectos de biomasa tendentes a satisfacer una parte de sus necesidades energéticas. Suecia obtiene ya un 10 % de su energía de desechos forestales y agrícolas, y Finlandia, el 14 %. En el Reino Unido existen proyectos para producir alcohol en fermentadores en proceso continuo, que son lo suficientemente rápidos y el alcohol lo bastante concentrado como para poder competir con la gasolina como combustible para el transporte.

EE.UU. tiene instalados más de 9.000 MW para generación de energía eléctrica, obtiene el 4% de la energía que necesita de esta fuente. La Unión Europea tiene un potencial económico en biomasa del orden de 100 Mtep, aproximadamente el 10% de sus necesidades, su potencial técnico es del orden de 306 Mtep

Energía Maremotriz

Se entiende por marea el movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso de las aguas del mar, producido por las acciones gravitatorias del Sol y de la Luna, aunque se ve asimismo influenciado por factores terrestres. Así, a pesar de que la diferencia entre los niveles más alto y más bajo ("amplitud de la marea") en mitad del océano es de apenas 1 m, en algunos puntos del globo llega a alcanzar hasta los 15 m. Por otro lado, la variación periódica de las pleamares y bajamares ("margen de la marea") es también muy diferente según el lugar geográfico. De esta forma queda patente que las mareas constituyen un fenómeno muy complejo que, aunque parezca una de las manifestaciones más potentes de la Naturaleza, sólo está provocado por fuerzas de muy pequeña magnitud.

La utilización de la energía de las mareas, o energía maremotriz, consiste simplemente en separar un estuario del mar libre mediante un dique y aprovechar la diferencia de nivel mar-estuario. Desde la antigüedad es conocida esta técnica, que ya fue aplicada para mover los primitivos molinos de marea egipcios. Su desarrollo histórico fue parecido al de los molinos hidráulicos: en el siglo XIII ya funcionaban algunas ruedas maremotrices en Inglaterra y en el siglo XVIII aparecen varias instalaciones para moler grano y especias tanto en Francia como en EE.UU.

A partir de los años 1920 se realizaron los primeros estudios en profundidad en Francia, URSS, Canadá y EE.UU., alcanzándose los primeros resultados prácticos en la construcción de centrales maremotrices en Francia (1966) y la URSS (1968). Como sucedió con otras fuentes energéticas renovables aprovechadas desde la antigüedad, el interés decreció ostensiblemente al producirse la electricidad a bajo coste en las centrales térmicas, pero a raíz de las sucesivas crisis energéticas se ha vuelto a prestar una gran atención a esta fuente

de energía.

Realidades y posibilidades de la energía maremotriz

Los grandes esquemas maremotrices son técnicamente factibles pero es muy difícil valorar sus ventajas económicas. Aunque existen dos centrales actualmente operativas, la situación económica actual ha dejado reducidos todos los intentos de instalación de nuevas plantas a la situación siguiente:

- Central del estuario del Rance: funciona desde 1967 con un dique de 600 m, operando con mareas de hasta 13,5 m; tiene 24 turbinas bulbo de 10 MW cada una y 6 compuertas
- Central de la bahía de Kislaya: situada en el Mar de Barents (URSS) fue puesta en servicio en 1968; su potencia es pequeña (2 grupos de 4 MW)
- Proyecto del estuario del Severn: cerca de Bristol (Gran Bretaña) existen mareas de más de 16 m de amplitud, que se está pensando aprovechar desde 1977
- Proyecto de la bahía de Fundy: en la costa oriental de Norteamérica, frontera entre EE.UU. y Canadá existen amplitudes de marea de hasta 20 m; los estudio preliminares, acabados en 1969, están actualmente paralizados
- Proyecto de las islas Chausey: cerca de la central del Rance, requeriría 40 Km. de dique, instalándose 300 grupos bulbo de 40 MW; la elevadísima inversión y el largo período de construcción (de 10 a 20 años) tienen el proyecto detenido
- Otros proyectos maremotrices: en la URSS se pretende instalar 4 centrales, mientras que en otros países (Canadá, Australia, Corea, Argentina y República Popular China) tienen varios proyectos en perspectiva de diversa consideración.

En resumen, la cantidad global de energía de las mareas es suficientemente elevada como para incitar a amplios programas para el desarrollo de las técnicas necesarias para la puesta a punto de grandes esquemas maremotrices. Si bien la economía de estas centrales no es muy competitiva en la actualidad con otros métodos de producción energética, la situación futura podría ser diferente.

El hecho de que el período de vida de las centrales maremotrices puede ser de más de 75 años, y que el coste de combustible es nulo, hace que no se deba tomar ninguna postura previa en contra de esta fuente de energía, intentando superar los obstáculos actualmente existentes para la total explotación del potencial maremotriz mundial.

Centrales maremotrices

Una central maremotriz requiere contener el agua en un depósito artificial durante la pleamar y soltarla durante la bajamar; al igual que en las centrales hidroeléctricas, el agua pasa a través de unas turbinas para generar energía eléctrica. Ahora bien, para llevar a cabo esto, la amplitud de la marea debe ser como mínimo de 5 m, por lo que sólo hay un número limitado de lugares en todo el mundo donde las condiciones de la marea son adecuadas para su explotación. Con todo, se ha cifrado el potencial aprovechable de esta fuente energética en unos 15.000 MW.

La forma más sencilla de operar con una central maremotriz es mediante un ciclo elemental de efecto simple, que se realiza con un solo estuario, donde está situado el dique y las turbinas, fluyendo el agua en un solo sentido: del estuario al mar. Las fases de funcionamiento de esta disposición serían:

- Llenado durante la marea ascendente, pasando el agua al embalse a través de compuertas
- Espera mientras baja la marea; el nivel del embalse no varía al estar las compuertas cerradas.
- Producción de energía mediante las turbinas, como consecuencia de la altura de caída del agua

Como una disposición de este tipo proporciona energía sólo durante 3 horas, dos veces al día, se han dispuesto

diversas variaciones de este esquema como medio de generar potencia de forma más continua. Así, el ciclo elemental de doble efecto consiste en un estuario y unas turbinas trabajando durante el llenado y el vaciado, el ciclo múltiple implica la utilización de varios embalses y el almacenamiento por bombeo está basado en un concepto similar al explicado para las centrales hidroeléctricas.

Por otro lado, como los saltos hidráulicos en las posibles centrales maremotrices siempre serán inferiores a los 15 m, es necesario utilizar turbinas especiales. La más aceptada y específicamente diseñada para este fin es la de bulbo axial, que actualmente se está construyendo con rotores de 7,5 m de diámetro y potencias de hasta 60 MW. También es aplicable la turbina hidráulica Kaplan modificada (tipo "tubo") y algún otro diseño como el denominado de "rotor anular".

Relación entre energía geotérmica y energía maremotriz

Con el calor del interior de la tierra se puede generar energía. Para obtenerla, hay que perforar la corteza terrestre unos 3000 metros (aunque las mayores reservas de calor se encuentran a más de 6000 metros de profundidad). Actualmente, en unos 176 países se genera electricidad a partir de energía geotérmica, por ejemplo en Islandia.

Construyendo centrales mareomotrices (parecidas a las hidroeléctricas) se puede obtener energía de las mareas, donde el mar se une con los ríos.

El esquema de aprovechamiento de este recurso es la inyección de agua fría a una cierta profundidad, donde el propio calor terrestre eleva su temperatura y su posterior utilización en un intercambiador de calor.

Se puede aprovechar a sí mismo vapor o agua ya caliente procedentes de un manantial subterráneo.

La energía del oleaje o de las mareas puede accionar turbinas que transformarían ese recurso mecánico en electricidad. La construcción de compuertas en áreas con mareas muy intensas permitiría represas gigantes volúmenes de agua que, después, podrían liberarse a voluntad y aprovecharse de manera análoga a como sucede en los pantanos de los ríos. Sin embargo, una intervención de esta naturaleza provocaría un cambio drástico en el ecosistema costero, por lo que tiene graves inconvenientes.

Aprovechamiento de la Energía del Mar

Los océanos albergan energías de nivel incalculable que apenas aprovechamos. Realmente, sólo existe una cuarta parte del planeta que no está cubierta de agua, las otras tres partes guardan recursos energéticos de gran valor si supiéramos aprovecharlas; y no sólo de tipo energético, también recursos animales, minerales o vegetales.

Se estima que en el siglo XXI la mayor parte de la energía que consuma la humanidad será extraída de los océanos. Actualmente apenas está explotada; las investigaciones se centran sobre todo en las mareas y el oleaje, tanto una como otra ofrece expectativas, no en vano son fuentes permanentes con gran potencial y además 100% renovables, aunque es la energía por mareas la que podría dar el mejor rendimiento con menores complicaciones técnicas.

Las mareas es el primer punto de atención de las posibles energías marinas explotables. Como se sabe, son producidas por la Luna debido a la atracción que su masa y proximidad a la Tierra ejerce sobre todos los objetos que esta contiene. Sin embargo, el agua por su fácil movilidad es afectada en mayor medida, provocando la elevación del nivel del mar cíclicamente en aquellas regiones de la Tierra por donde pasa nuestro satélite, que según el punto geográfico puede ser de sólo unos pocos centímetros hasta varios metros; la inclinación de la Tierra también afecta a estas variaciones. Durante todo el año se produce el ciclo de las mareas (dos pleamar y dos bajamar cada 24 horas) y son perfectamente predecibles.



La tecnología para aprovechar las mareas se basa en el sistema utilizado en los embalses de río.

La tecnología para aprovechar las mareas se basa en el sistema utilizado en los embalses de los ríos. Como se sabe, estos embalses se ubican en lugares apropiados para almacenar el agua a la mayor altura posible, de forma que millones de litros de agua obligue a salir a ésta por un único orificio practicado en la parte mas baja del embalse, produciéndose un chorro a gran presión que mueve las palas de una turbina para generar energía eléctrica. Este sistema es sumamente eficaz y es utilizado generalizadamente, aunque genera otros problemas de carácter social y ecológica, como los desplazamientos de población allí donde se ubique, o la inundación de zonas que puede albergar recursos naturales de importancia

Los embalses construidos en el mar, denominadas centrales maremotrices, pueden ser una alternativa ideal con menor coste ecológico. El sistema, como se dijo, se basa en una variante del descrito para los embalses de los ríos. El objetivo es retener el agua de las mareas cuando comienzan a subir, y mantenerla cuando comience a descender hasta que haya alcanzado su mínimo. La energía potencial del agua acumulada es empleada para mover las turbinas, al estilo del embalse de río, haciéndolas pasar por un conducto estrecho que le da una alta presión.

Embalse de una central maremotriz

Existen algunas diferencias técnicas entre las centrales maremotrices y las de río. En las de río se utilizan lugares que permiten concentrar el agua, y considerables alturas para darle presión con un menor espacio de terreno. En las maremotrices, sin embargo, la altura está determinada por el máximo nivel que adquiere la marea, porque una altura mayor sería absolutamente inútil. Para compensar este problema, se edifican los embalses en anchura, con objeto de disponer de un volumen potencial similar; esto implica realizar construcciones de varios cientos de metros de ancho.

Ilustración de las turbinas de una central maremotriz

La instalación maremotriz pose una serie de compuertas accionadas por motores gobernadas desde una central, que permiten inundar los embalses cuando la marea sube. Cuando ésta ha llegado a su límite superior las compuertas se cierran reteniendo el agua en su interior, el cual es soltada durante la bajamar a través de unos conductos mucho más pequeños que le inciden alta presión, y en el cual se encuentran instaladas unas turbinas generadoras de electricidad. Lógicamente, en estos embalses al existir menor altura, según el principio de Pascal el agua saldrá a menor velocidad que en un embalse de río, sin embargo esta compensado por la superficie, que al ser mayor permite instalar también un número superior de turbinas, que combinadas pueden igualar a la energía producida por el embalse de río, e incluso superarla, pues así como en un río estamos limitados por la altura máxima que podríamos construir, en el mar esta limitación sólo la marca el coste de las instalaciones.

Otra forma de energía marina que podría ser aprovechable es la del oleaje, aunque todavía en estudio. El principio para su explotación estaría centrado en la disposición de una gran red de boyas flotantes, los cuales tendrían la facultad de girar alrededor de unos ejes fijos. Cuando el oleaje golpease estas boyas las empujaría hacia atrás, recuperando por si mismas la posición inicial cuando la ola hubiese pasado. Cada boya tendría acoplado un generador que aprovecharía el movimiento de la boya para convertirlo en electricidad.

Así como la central maremotriz tiene excelentes expectativas, el sistema de oleaje presenta dificultades, algunas de importancia. Hay que tener en cuenta que el oleaje no es un fenómeno estable; además, por debajo de determinado nivel de olas la generación de energía podría ser nula. El mismo problema podría darse por exceso, si la amplitud de las olas es excesiva podría dañar los dispositivos. Estas limitaciones no permiten pensar en una aplicación práctica, por lo que cabe estimar que solamente tendría interés en determinadas zonas, donde existen condiciones estables para su utilización.

Centrales Maretérmicas

En noviembre de 1926, el ingeniero francés Georges Claude, presentó en la Academia Francesa un pequeño experimento que demostraba la posibilidad de aprovechamiento de la energía térmica del mar. En un recinto en el que se había producido un alto vacío, Claude introdujo agua a 25° C. que se evaporó, obteniéndose vapor a baja presión que se condensaba en otro recipiente en el que se había introducido hielo, y unido al primero a través de un tubo. La corriente de vapor al circular por el tubo de unión hacía girar una pequeña turbina acoplada a un minúsculo generador eléctrico, produciéndose una corriente que permitió encender una pequeña lámpara.

Claude proponía, basándose en este experimento, construir una central de energía eléctrica aprovechando la diferencia de temperatura entre las capas superficiales y las profundas del mar, que se presenta en las zonas cálidas, tropicales y, sobre todo, ecuatoriales. Dicha diferencia, que puede alcanzar los 22°, puede aprovecharse en la forma demostrada por Claude, es decir, evaporando en una cámara de vacío el agua de mar superficial relativamente caliente y condensando a baja presión el vapor producido, en un condensador refrigerado por las aguas frías (a unos 4 a 6° C.) de las capas profundas del mar. Basta intercalar en el conducto de unión, entre evaporador y condensador, el grupo turbogenerador para disponer de una central maretérmica.

Claude, en colaboración con Boucherot, proyectó primero la central maretérmica piloto de 50 Kw., que se construyó en Ougrée, Bélgica. Se puso en marcha el 28 de abril de 1928 utilizando el agua de refrigeración de los hornos altos con una diferencia de temperatura de 20° y con un rendimiento del 75%. La central funcionó perfectamente y quedó demostrada la efectividad del principio a escala industrial. En vista de ello, el paso siguiente fue la construcción de una central mayor en la costa de Matanzas, isla de Cuba (1929–30).

Si bien no había problema en la captación del agua caliente de la capa superficial, presentó dificultades insospechadas al transporte y fondeo de los tubos de gran diámetro para la captación del agua fría de las profundidades. En efecto, para lograr captar agua suficientemente fría la tubería debía extenderse hasta unos 4 Kilómetros mar adentro. Una y otra vez debía repararse las tuberías al ser rotas o despedazadas por las tempestades, de manera que, a pesar de unas premisas excelentes para el éxito, se tuvo que abandonar la explotación de la central por dificultades de orden financiero.

Diagrama de la central maretérmica Claude-Boucherot: 1-bomba de aspiración de agua caliente superficial; 2-evaporador; 3-conducto de vapor; 4-turbina; 5-generador; 6-condensador; 7-bomba de aspiración del agua fría del fondo; 8-tubería de aspiración de agua fría; 9-tubería de salida del agua condensada.
--

Claude no se arredró por el fracaso, y en años posteriores realizó un nuevo ensayo, utilizando esta vez una central mareotérmica flotante, instalada en un buque. Fondeado frente a la costa africana, evitaba el inconveniente del largo tubo de captación de agua fría que presentaba una central sobre la costa, ya que en el caso de central flotante dicho tubo pende verticalmente del buque hasta llegar a la capa fría del fondo, reduciéndose así su longitud al mínimo.

Los ensayos también confirmaron la bondad del sistema y se llegó a establecer el proyecto de una gran isla flotante como soporte de la central mareotérmica.

La ventaja evidente era la de poder escoger para su fondeo el punto de mayor diferencia de temperatura entre capas superficiales y profundas del mar y, por consiguiente, asegurar un rendimiento máximo.

La Segunda Guerra Mundial interrumpió el desarrollo del proyecto de central mareotérmica flotante que, por otra parte, presentaba la incógnita de la resistencia de una isla flotante de esa naturaleza a los embates del mar. No obstante, después de la ocupación de Francia por los alemanes, el Ministerio Francés de Ultramar encargó al *Centre National de la Recherche Scientifique*, que estudiara las posibilidades industriales del sistema Claude y como consecuencia del informe se creó la compañía *Energie des Mers*. Esta compañía estudia los emplazamientos más adecuados en la costa de las colonias francesas africanas para una central mareotérmica y en 1948 determina que Abidjan es el punto que interesa.

Situada en la Costa de Marfil, en plena zona ecuatorial, con agua superficial a 28° C., Abidjan presenta la particular característica de que a 4 kilómetros de la costa se halla el llamado *Trou sans Fond*, de 468 metros de profundidad, con agua a 6° C. La diferencia de temperatura, o sea 22° C., es el máximo que prácticamente puede alcanzarse.

También en este proyecto se prevé como máxima dificultad el fondeo del tubo de captación de agua fría, de 2,5 metros de diámetro. Por ello, se establece un plan de ensayos en los que se utilizarán hombres-rana, cuya técnica se ha puesto a punto durante la guerra, para el acoplamiento submarino mediante juntas de goma, de los distintos tramos del tubo. Los ensayos se realizaron primero con secciones de 50 m. y después de 150, en la costa francesa de Brest, entre 1946 y 1954, poniéndose a punto la técnica de fondeo y acoplamiento submarino.

En 1957 se logró fondear a gran profundidad con pleno éxito el primer tramo de tubería. Podía, pues, pasarse a la realización del proyecto de central mareotérmica de Abidjan, cuyas características eran las siguientes:

- a) Dos grupos generadores de 5000 Kw. de potencia deberían suministrar la energía necesaria.
- b) El conjunto evaporador-turbina refrigerada de cada grupo, iba ubicado en un recipiente estanco en forma de esfera achatada de 26 metros de diámetro y 14 de altura. Para poder resistir la presión exterior las paredes deberían ser de chapa de acero de 2,5 cm. de espesor, capaz de resistir presiones de hasta 10.000 kp./m².
- c) El evaporador circular se hallaba dispuesto en la parte superior del recinto y al mismo llegaría el agua caliente de la superficie.
- d) La corriente de vapor engendrada accionaría una turbina de 8 m. de diámetro, de eje vertical y que gira a 600 r.p.m., arrastrando al generador situado sobre el recipiente el vapor de condensación que se halla en el condensador circular inferior, al que llega el agua fría del fondo.
- e) La potencia disponible, una vez descontado el propio consumo de la central, en especial el accionamiento de las bombas de captación del agua fría, hubiera sido de unos 3.500 kilovatios pro grupo.

Un aprovechamiento secundario de esta central habría podido ser la instalación desalinizadora, calculándose que con adecuados condensadores de superficie se habrían obtenido hasta 7.000 ton. de agua dulce cada veinticuatro horas. No obstante lo avanzado del proyecto, la disgregación del imperio colonial francés, y el alcanzar su independencia la Costa del Marfil por un lado, y el progreso de las centrales nucleares por otro, dieron lugar a la suspensión de los trabajos abandonándose la construcción de centrales mareotérmicas.

Residuos Sólidos Urbanos

Tratamiento de los RSU

Definición

De acuerdo con el R.D. 1160 del 13 de junio de 1986 se denomina residuo a cualquier sustancia u objeto del cual se desprende su poseedor o tenga la obligación de desprenderse en virtud de las disposiciones en vigor. Por tanto los residuos sólidos urbanos (R.S.U.) serán los residuos generados dentro de un área urbana.

Clasificación

La clasificación de los RSU puede hacerse según distintos criterios: fuente de producción, tipo de materiales, posibilidades de tratamiento, etc.

Según su procedencia los RSU los podemos clasificar en:

Residuos domiciliarios: procedentes de la actividad doméstica, como residuos de cocina, restos de alimentos, embalajes, etc. se incluyen dentro de este grupo los procedentes de domicilios colectivos como cuarteles, residencias, etc.

Residuos voluminosos: de origen doméstico, como grandes embalajes, muebles etc. que debido a sus dimensiones, no son adecuados para su recogida por los servicios municipales, pero que pueden ser eliminados junto a los residuos domésticos.

Residuos comerciales y de servicios: generados en actividades comerciales y del sector servicios dentro del área urbana. En este grupo, por sus características especiales, no se incluyen los residuos de hospitales ni los de mataderos.

Residuos de limpieza viaria: procedentes de la limpieza de calles y del arreglo de jardines y parques.

Composición y características

El conocimiento de la composición de los residuos tiene gran importancia a la hora de tomar decisiones para la elección del sistema de tratamiento. La composición de los RSU es enormemente variable y en ella influyen una serie de factores muy diversos. Se puede decir que la composición de los RSU es consecuencia de:

Las características de la población: según sea urbana o rural, tenga principalmente áreas residenciales, sea turística o industrial, etc.

La época de producción de residuos: el clima y las estaciones influyen en la composición de los residuos.

El nivel social de la población.

Los hábitos de consumo de la población.

Las características principales de los RSU para tomar decisiones sobre el sistema de tratamiento son:

Densidad: la densidad de las basuras va descendiendo con el tiempo como consecuencia de los hábitos de consumo.

Humedad: el grado de humedad de los residuos, depende, además de los propios residuos, del clima y las

estaciones anuales.

Poder calorífico: el poder calorífico de los residuos en España tiene valores en el rango entre 800 y 1600 kcal/kg.

Relación C:N, que indica la capacidad del residuo para ser utilizado para compostaje. El valor óptimo está entre 25 y 30.

Composición porcentual en peso de los RSU en países de la CEE (1985)

	PyC	Plástico	Vidrio	Metales	M.O.	Otros
Alemania	17.9	5.4	9.2	3.2	40.8	23.5
Bélgica	35	5.8	8.2	5.1	16	29.9
España	15	6	6	2.5	52	18.5
Francia	27.5	4.5	7.5	6.5	37	17
Reino Unido	29	7	10	8	26.7	19.3
Portugal	19	3	3	3.5	53.3	18.2

Producción de RSU

La cantidad de RSU producidos por un colectivo es muy variable y depende, entre otros factores, de los siguientes:

Nivel de vida de la población: la producción de RSU aumenta con el nivel de vida (ver tabla).

Época del año: generalmente es mínima en verano para la misma población.

Modo de vida de la población: rural o urbano.

	Kg/h/día		Kg/h/día
Alemania	1.76	España	0.8
Dinamarca	1.5	Austria	0.78
Francia	1.09	Portugal	0.57

Los datos que actualmente se manejan en España son:

zonas rurales: de 0.55–0.82 kg/h/día

zonas urbanas: 0.8–1.1 Kg/h/día

La producción de residuos está encabezada por Estados Unidos con 2.2 kg/h/día.

Efecto sobre el medio ambiente

Las calles de las ciudades necesitan un cuidado especial en lo que concierne a su limpieza y eliminación de residuos. Todo ello tiene como objetivo mejorar la calidad de vida del hombre. Desde una época relativamente reciente, el volumen de desperdicios generados en las ciudades ha llegado a un volumen tal que se plantean problemas respecto a su recogida y eliminación. Este problema se agrava año tras año debido a cuatro causas principales:

El crecimiento demográfico

La concentración de la población en núcleos urbanos.

La mayor utilización de bienes de rápido envejecimiento.

El uso más generalizado de envases sin retorno fabricados con materiales no biodegradables.

Los problemas originados por los RSU cuya gestión no es correcta son los siguientes:

Deterioro paisajístico.

Producción de malos olores.

Riesgos de incendios: los residuos fermentables son fácilmente autoinflamables.

Posibilidad de contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

Facilitan la presencia de roedores e insectos portadores de enfermedades.

Gestión de RSU

Se entiende por gestión de RSU el conjunto de operaciones realizadas desde su generación hasta su destino final más adecuado desde el punto de vista ambiental y sanitario, de acuerdo con sus características de volumen procedencia, costes, posibilidades de recuperación y comercialización y directrices administrativas.

La gestión de residuos comprende las fases de pre-recogida, recogida y transporte y tratamiento de los mismos.

Pre-recogida

El envasado de los residuos en su lugar de generación constituye el primer paso en el proceso de gestión. Existen diversos recipientes utilizados para la pre-recogida, siendo cada vez más generalizado el uso de contenedores con enganches normalizados y los contenedores de recogida selectiva.

Recogida

Esta fase comprende el conjunto de operaciones que se realizan desde que los residuos son presentados hasta que son descargados en el centro de tratamiento. El coste de esta fase de gestión supone entre el 60 y el 80 % de los costes globales de gestión de RSU. El sistema de recogida más común es la descarga directa de los contenedores en camiones de transporte o bien la recogida directa de bolsas de basura. Actualmente está en fase de implantación la recogida selectiva de residuos, con el objeto del aprovechamiento de los mismos.

El transporte de los residuos hasta el centro de tratamiento puede realizarse en los propios camiones de basura o bien en otros camiones, realizando un trasvase previo. La ubicación de los centros de tratamiento de RSU cada vez más alejados de los centros urbanos hace conveniente separar la función de recogida de la de transporte. Así los camiones de recogida vacían los RSU en las denominadas estaciones de Transferencia, donde se trasvasan a camiones de mayor volumen optimizando de esta forma los rendimientos.

Las estaciones de transferencia pueden ser de distintos tipos, según el sistema de tratamiento que sufran en ellas los residuos para su posterior traslado:

Estaciones de transferencia sin compactación: en ellas se realiza el trasvase directo de residuos de un camión a otro mediante palas. No se da en ellas ningún tipo de tratamiento.

Estaciones de transferencia con compactación: en este caso la parte esencial de las instalaciones son dispositivos mecánicos que permiten la compactación de los residuos en el contenedor. De esta forma se reducen los volúmenes de RSU a transportar.

Estaciones de transferencia mixtas.

Tratamiento

Esta fase de gestión comprende el conjunto de operaciones tendentes a la eliminación de los residuos o al aprovechamiento de los recursos contenidos en los mismos. Se desarrolla con mayor extensión en los próximos apartados.

Sistemas de tratamiento de residuos urbanos.

Se entiende por tratamiento de residuos las distintas operaciones o métodos para deshacerse de las basuras. Los métodos de tratamiento más utilizados actualmente son:

Vertido controlado

Incineración

Producción de compost

Reciclado

Transformación o aprovechamiento por técnicas específicas.

Evolución del tratamiento de RSU en España (miles de toneladas)

SISTEMA DE TRATAMIENTO	1978	1986	1991
Vertido incontrolado	4972	3204	2555
Vertido controlado	1812	4780	6493
Compostaje	799	2042	2429
Incineración	510	542	557
–con recuperación de energía	191	296	369
–sin recuperación de energía	319	246	188

Vertido controlado

La filosofía de este sistema consiste en enterrar el máximo volumen de residuos en un espacio mínimo.

Se denomina vertido controlado cuando se toman las medidas necesarias para evitar todo aquello que pueda resultar nocivo o molesto y pueda resultar en un deterioro del medio. En España todavía se eliminan en vertidos incontrolados el 21% de las basuras que se producen.

Vertido controlado simple

En este tipo de tratamiento resulta fundamental la elección de un terreno desde el punto de vista hidrogeológico, con capacidad suficiente y buenas comunicaciones. Los vertederos controlados pueden ser de varios tipos según el tratamiento a que se sometan los residuos:

de baja densidad: En ellos los residuos se someten a una compactación ligera obteniendo una densidad media de 600 Kg/m³. Los residuos vertidos diariamente se cubren.

De media densidad: Los residuos son compactados hasta una densidad media de 750 Kg/m³, realizándose la cubrición con una mayor periodicidad.

De alta densidad: los residuos son tratados con maquinaria pesada que los tritura y compacta llegándose a obtener densidades medias de 1100 Kg/m³. En este tipo de vertederos no se necesita cubrición.

La elección de uno u otro tipo influyen varios factores, aunque muchas veces se supedita al volumen de residuos generados: así los de alta densidad se utilizan en pequeños vertederos de menos de 130 T/día, los de media para vertederos que reciben entre 130 y 300 T/día y los de baja para más de 300 T/día.

Las ventajas que presentan los vertederos controlados frente a otro tipo de tratamientos son:

Es un sistema económico.

Capacidad para absorber variaciones en el volumen de RSU generados.

El terreno del vertedero es regenerable y recuperable.

La principal desventaja es la elección de un terreno adecuado para su ubicación.

Requisitos de un vertedero

El lugar de depósito de los vertidos debe cumplir una serie de requisitos de los cuales destacamos los siguientes:

Necesidad de impermeabilización: con el fin de proteger las aguas subterráneas de filtraciones. La impermeabilización no es un requisito imprescindible: puede evitarse cuando se considere que el suelo de asiento sea impermeable o cuando no existan cauces de agua subterráneas en las proximidades. La impermeabilización se realiza mediante revestimientos bituminosos o de alquitrán o bien mediante materias sintéticas (telas plásticas).

Recogida de lixiviados: Los lixiviados se recogen a través de drenajes subterráneos para su posterior evacuación a colector o planta de tratamiento o para su tratamiento in situ.

Recogida de gases procedentes de las fermentaciones mediante tubos perforados introducidos en la capa de residuos. El gas recuperado (biogás) puede utilizarse para la generación de energía o no.

Tipos de vertido

Hay distintos métodos para realizar la colocación de vertidos en los vertederos:

Vertido en superficies: es el método más usado, los residuos se extienden y compactan siendo cubiertos por material inerte (p.ej. arcilla).

Vertido en zanjas: los vertidos se depositan en zanjas previamente excavadas. Allí son cubiertas y

compactadas. A veces se combina este método con el anterior.

Reacciones en el vertedero

Formación de gases: como consecuencia de las fermentaciones anaerobias y aerobias que tienen lugar en los residuos de los vertederos tiene lugar la producción de gas. Este tiene una composición aproximada del 50% en metano y 50% de CO₂. La formación de gas depende, entre otros factores del contenido en materia orgánica de los residuos, de la edad de los residuos, de la humedad de los mismos y del pH. El poder calorífico del gas generado tiene un valor medio de 4200 Kcal/m³.

Formación de lixiviados: El lixiviado es el residuo líquido generado en un vertedero. Su origen es doble:

Aguas de percolación: el agua de origen exterior, generalmente procedente de la lluvia, percola por el vertedero, dando como resultado la salida de aguas cargadas de contaminantes orgánicos e inorgánicos.

Aguas de generación: los procesos de fermentación que ocurren en el interior de los residuos producen la generación de aguas que percola de forma similar al caso anterior.

Se puede estimar que un 25 % de la precipitación media se convierte en lixiviado. Los lixiviados tiene como característica una fuerte carga contaminante. En la tabla se indica una composición aproximada de los lixiviados:

Parámetro	Mg/L	Parámetro	Mg/L
DQO total	3000-45000	Nitrógeno orgánico	10-600
DBO5	2000-30000	Fósforo total	1-70
Sólidos en suspensión	20-1000	pH	5.3-8.5

Incineración

Durante años se ha considerado la incineración como la única solución realmente eficaz para la eliminación de RSU. Sin embargo, hay que considerar que la incineración no se hace otra cosa sino transformar un residuo sólido en uno gaseoso.

La incineración es un proceso de combustión controlada que transforma los RSU en materiales inertes (cenizas) y gases. En este proceso se efectúa una reducción de peso del 70% y en volumen del 80-90%. Esto unido a que necesita poco espacio para su ubicación explica la favorable acogida de este sistema.

Aunque existen instaladas plantas incineradoras sin aprovechamiento energético, hoy en día las instalaciones suelen acoplar la combustión de los RSU con la generación de energía.

Los factores que determinan o condicionan la implantación de un sistema de incineración son:

Volumen de residuos a incinerar.

Poder calorífico de residuos (PCI).

Costes de inversión y gastos de explotación.

En general se considera un volumen mínimo para la rentabilidad del proceso de 100 Tm/día de residuos con un poder calorífico mínimo de 1000 Kcal/kg.

Fases en el proceso de incineración

El proceso de incineración consta de las siguientes fases:

Alimentación: los residuos pueden alimentarse de forma directa al horno o sufrir un proceso previo de separación de materiales inertes. La alimentación además se puede realizar de forma discontinua o continua, siendo el modo discontinuo propio de instalaciones más obsoletas.

Cámara de combustión: donde tiene lugar la incineración de residuos en exceso de aire ya una temperatura entre los 800 y 1000°C. en ella existen elementos de soporte y recogida de cenizas.

Cámara de postcombustión: su misión es la combustión completa de los gases de salida antes de que pasen al circuito de tratamiento de gases. A la salida de la cámara de postcombustión se permite el enfriamiento de los gases para evitar condensaciones.

Tratamiento de humos: los gases de salida, en la mayoría de los casos necesitan un tratamiento para eliminar contaminantes .

Productos resultantes de la combustión. Depuración de humos

Tal y como se ha indicado, en el horno deben existir dispositivos para la recogida y evacuación de cenizas, que son depositadas en el propio recinto de la planta incineradora o transportadas a vertederos.

En el enfriamiento de los humos tiene lugar el aprovechamiento energético normalmente en forma de vapor, que alimenta un grupo turbo alternador.

Los humos generados en la incineración deben ser depurados en función de su impacto sobre el medio ambiente.

Los malos olores que pueden emanar los humos son normalmente destruidos al nivel térmico alcanzado en la cámara de combustión. Los principales contaminantes generados son CO₂, CO, SO₂ y ClH.

Tiene especial interés el ácido clorhídrico, procedente de la combustión de PVC así como de la reacción del ClNa procedente de residuos domiciliarios. El control de emisiones de este gas exige, a partir de un cierto porcentaje de PVC en las basuras, la depuración de los gases mediante lavado en agua.

En las partículas de los humos se hallan contenidos metales pesados, en concentraciones dependientes de la composición de las basuras. Su presencia exige, por tanto, una eliminación de partículas de los humos de salida.

La directiva 89/369 de la CEE impone unas condiciones determinadas en el caso de la incineración de residuos:

respecto a las condiciones de diseño se exige la permanencia de los gases de combustión, con un contenido mínimo de O₂ de 6% la permanencia como mínimo de 2 segundos a 850°C.

Además en los gases de combustión la concentración de CO no deberá exceder los 100 mg/m³ y los compuestos orgánicos en los gases los 20 mg/m³.

Además se fijan unos límites(en mg/m³), recogidos en la tabla adjunta, de contaminantes en los gases de emisión.

Partículas totales	30
Pb+Cr+Cu+Mn	5

Ni+As	1
Cd+Hg	0.2
ClH	50
HF	2
SO ₂	200

Para cumplir estos límites es necesario, en la mayoría de los casos, instalar un sistema de lavado de gases y un filtrado de partículas.

7.3. Compostaje.

El compostaje es un proceso de descomposición biológica de la materia orgánica contenida en los RSU que tiene como objeto su transformación en un producto orgánico utilizable para la mejora de suelos en agricultura. El compost no es un abono sino un acondicionador del terreno, aunque en la práctica suele sustituir a abonos orgánicos (estiércol) debido a su calidad superior.

Componente	compost	Estiércol
Humedad	30%	80%
M.O.	43%	17%
N	1%	0.5%
P	0.6%	0.3%

Este proceso requiere la separación previa de materiales no orgánicos de los RSU y la posterior fermentación de la materia orgánica. La fermentación puede tener lugar al aire libre o acelerada en digestores.

En el proceso de compostaje interviene diversos factores de los que cabe destacar los siguientes:

tamaño de residuos: los residuos han de ser previamente triturados para favorecer su descomposición biológica.

Humedad: el grado de humedad óptimo para el tratamiento biológico de los residuos está entre el 40 y 60%.

Aireación: en el caso de realizarse una fermentación (digestión) en condiciones aerobias, es necesaria la inyección de aire a la masa de residuos.

Temperatura: las fermentaciones tiene lugar a temperaturas mesófilas (35°C) o termófilas (50–60°C).

Las ventajas de este tipo de tratamiento serían:

requieren poco espacio en instalaciones.

Permiten la recuperación de residuos y un aprovechamiento racional de la M.O. de los residuos.

Reduce hasta un 30% del volumen inicial los residuos a verter.

La venta del compost puede compensar en parte los gastos de las instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Libro 1º de bach. Ed. McGraw Hill Tecnología Industrial I.

Libro de 4º de E.S.O. Ed. Santillana. Física y Química.

Libro de 1º de bach. Ed. Everest. Tecnología Industrial I.

Libro de 1º de bach.. Ed. McGraw Hill. Física y Química

Energías Renovables Como Instrumento de Desarrollo, Ed. I.F.A tomo II.

Diversas webs de Internet.

Enciclopedia Universal Larousse, varios tomos.

Pequeño Larousse en Color

Nuevo Diccionario Enciclopédico Ilustrado

40

87

