



Energía nuclear o energías alternativas



Manuel Adelantado

% **attac**
justicia económica global

ENERGÍA NUCLEAR
O
ENERGÍAS ALTERNATIVAS

MANUEL ADELANTADO

5
ediciones ● Attac Catalunya



attac

Agradecimientos

A todos aquellos que han hecho posible esta publicación con sus aportaciones desinteresadas.

A su autor, Manuel Adelantado, físico, a Luis Edo, por la presentación, a Marina Pino, por la corrección de estilo, a Rafa Partagás, por la diagramación

Y a vosotros también, lectores, que podréis divulgarlo cuanto queráis pues este libro es de libre difusión (copy-left) con el ruego de que sea mencionada la procedencia en su caso.

Imprime A.G.Alpres D.L. B-3507-2007

5
ediciones ● Attac Catalunya

PRESENTACION

Tienes en tus manos un nuevo librito de la colección de Attac-Catalunya que trata sobre las centrales nucleares. No es un tema específico de Attac, pero cuando se planteó su publicación entendimos que debía formar parte de la colección por varios motivos.

Entendimos que el tema que plantea tiene una rigurosa actualidad y está estrechamente relacionado con las cuestiones de contenido económico: control de los mercados financieros, abolición de los paraísos fiscales, tasas globales, redistribución de la riqueza, defensa de los servicios públicos y justicia fiscal, que desde Attac venimos planteando.

Estamos asistiendo a una ofensiva en toda regla del lobby nuclear, tanto a escala nacional como internacional, para reanudar e impulsar la construcción de nuevas centrales nucleares. Hace muchos años que ya se sabía que los combustibles fósiles como el petróleo se iban agotando, pero los intereses de las petroleras y la miopía de los responsables políticos se conjuraron para no impulsar las energías alternativas con la determinación y la adjudicación de recursos económicos que hubieran sido necesarios. Ha transcurrido el tiempo sin que los gobiernos hayan asumido esa situación con plena responsabilidad, y al aumento de la demanda de petróleo de los países desarrollados, se han sumado estos años la de India y China. Ahora se quiere presentar la construcción de nuevas centrales como algo inevitable. Se

dice que ya no queda tiempo para poner a disposición de la demanda otras posibles alternativas y minimizan los riesgos y servidumbres que el almacenamiento de los residuos tendrá para la humanidad en miles de años.

Nuevamente el poder económico y sus servidores acuden a las estrategias de las verdades a medias, al miedo y al chantaje. Por un lado se apunta a los adelantos científicos en materia de seguridad de las centrales, cuando todo parece indicar que esa seguridad siempre estará lejos de conseguirse. A la vez, se induce a las generaciones actuales a que adopten una actitud insolidaria e inmoral respecto de las generaciones venideras, si por el temor a los efectos de una posible crisis energética en un futuro más o menos próximo, se les condena a esas futuras generaciones a sufrir los efectos imprevisibles del almacenamiento de los residuos radioactivos durante miles de años.

También optamos por la publicación de este libro en coherencia con nuestra identidad de movimiento de educación ciudadana orientada a la acción y a la participación en todo aquello que nos afecta, y está claro que este tema nos afecta muy directamente.

Creemos, modestamente, que con la publicación de este libro estamos uniendo nuestro esfuerzo a cuantos compañeros y compañeras llevan años denunciando el despropósito de las centrales nucleares, y por extensión a todo del movimiento ecologista en su conjunto, cuyos postulados hemos ido incorporando a nuestro trabajo de divulgación. El propio autor del libro, Manuel Adelantado, ha manifestado en alguna ocasión que fue a través de Attac, de nuestra Escuela de Verano, donde se reforzó su sensibilidad ecologista. Así pues, nos congratulamos de integrar nuestro discurso y nuestra lucha con las del movimiento ecologista, en una visión de confluencia altermundista y de transformación social a la que todos aspiramos.

ÍNDICE

1. Introducción	9
2. Funcionamiento básico de una Central Nuclear.....	11
2.1 Reacción nuclear de fisión	11
2.2 Esquema de una CN	12
2.3 Riesgos de accidente y contaminación encubierta	14
2.4 Objetivo de ataques terroristas	18
3. Ciclo del combustible	21
3.1 Consumo anual de combustible y producción de CO ₂	21
3.2 Minería del uranio	22
3.3 Enriquecimiento y fabricación de las Pilas de combustible	25
3.4 Combustible gastado	26
3.5 Almacenes de residuos. ATC	29
4. Independencia energética y fiabilidad del suministro	33
5. Responsabilidad civil y CSN.....	37
6. El espejismo nuclear. Inviabilidad económica	41
7. Energía de Fusión. Proyecto ITER	45
8. Energías alternativas. Informe Greenpeace «Renovables 2050»..	47
8.1 Energía eólica	50
8.2 Energía solar.....	58
8.3 Energía mareomotriz	62
8.4 Energía de las olas	62
8.5 Energía minihidráulica	62
8.6 Energía geotérmica	64
8.7 Biomasa	64
8.8 Hidrógeno	66
ANEXO-1 Parques nucleares español y francés	69
ANEXO-2 Dosis de radiación y efectos en la salud	73
ANEXO-3 Enlaces de interés	75

1. INTRODUCCIÓN

Una Central Nuclear (**CN**) tiene una vida productiva de 40 años. En tan corto intervalo generará más de 1000 toneladas de combustible agotado y miles de bidones de residuos de media y baja actividad, que deberán ser custodiados por las generaciones futuras, durante miles de años.

Al problema de los residuos hay que añadir otros dos igualmente graves:

La minería de uranio, igual que el petróleo, mantiene nuestra dependencia energética respecto a unos pocos países productores, y genera un enorme impacto, sistemáticamente excluido de la contabilidad medioambiental.

Las instalaciones nucleares, además de ofrecer blancos estratégicos a los ataques terroristas, han visto su historia plagada de averías y accidentes, que han sido graves, o incluso catastróficos.

Empezaremos este librito describiendo el funcionamiento básico de una CN, de forma asequible a todos los lectores. Ello nos permitirá analizar los riesgos que conllevan estas instalaciones.

A continuación seguiremos el ciclo del combustible, desde su extracción en la mina, hasta que se acumula en piscinas, una vez agotadas sus propiedades. El estudio detallado del ciclo del uranio, pone de manifiesto la falsedad de que la Energía Nuclear (**EN**) sea una energía limpia.

Analizaremos la supuesta independencia energética, la fiabilidad del suministro nuclear y el papel del Consejo de Seguridad

Nuclear CSN, organismo que debería velar por nuestra seguridad.

La inviabilidad económica de esta energía se pone de manifiesto si contabilizamos todos los costes y subvenciones gubernamentales. Si a ello añadimos la inexistencia de uranio suficiente en el planeta, concluiremos que la EN de Fisión no puede ser considerada como una alternativa a los combustibles fósiles.

Finalmente, la imposibilidad técnica de explotar comercialmente la Fusión (la energía del futuro, distinta de la fisión), al menos en las próximas 4 décadas, hace que tampoco esta otra forma de EN, pueda ser tomada como alternativa al petróleo, cuya escasez (**peak oil**) (1), todo el mundo admite que tendrá lugar mucho antes.

La alternativa sostenible la encontraremos en un último y extenso capítulo. Un variado repertorio de fuentes renovables de energía, que están esperando a que se de vía libre para su desarrollo, nos ofrece la posibilidad de satisfacer con creces la demanda de consumo energético en España, estimada para el 2050. El interesantísimo informe «Renovables 2050» de Greenpeace proporciona cifras concretas de los techos de potencia disponibles en cada una de las fuentes renovables, con los cuales podríamos cubrir 56 veces la demanda estimada de consumo eléctrico peninsular.

Este librito termina con un listado de las instalaciones nucleares en España y Francia, un vistazo al concepto de Dosis y los efectos en la salud, y una lista de enlaces que me han sido útiles para obtener los datos que incluyo en el libro.

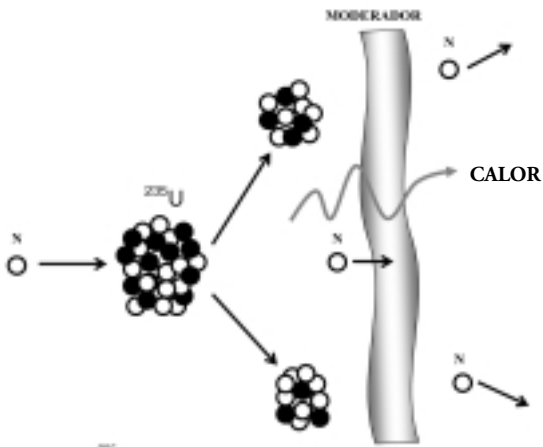
(1) peak oil: vocablo anglosajón con el que se designa el instante en que la producción de petróleo alcance su máximo. A partir de esa fecha, la producción (nº de barriles) iniciará un inevitable descenso. Ello vendrá agravado por dos circunstancias: Los depósitos semiagotados, y cada vez más profundos, suponen una dificultad geológica, que hace cada vez más costosa la extracción del crudo. El crecimiento desbocado de la demanda, junto con el desarrollo económico de India y China, provocan un incremento del consumo, para un producto cada vez más escaso.

2. FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE UNA CENTRAL NUCLEAR

2.1 Reacción Nuclear

De forma análoga a las centrales térmicas, una CN es una instalación ideada para hacer hervir agua. Su peculiaridad reside en la forma de obtener el calor que nos permita convertir el agua líquida en vapor a alta presión.

La fuente de calor de una CN es la **fisión nuclear**, que consiste en romper, fisionar, el núcleo del átomo de Uranio 235 (^{235}U) mediante el impacto con un neutrón N.



El núcleo de ^{235}U puede romperse según diversas posibilidades, dando lugar a las distintas cadenas de desintegración. Pero hay un fenómeno presente en todas ellas, que resulta de especial importancia:

Además de los dos nuevos núcleos resultantes, la fisión del ^{235}U produce 3 nuevos neutrones, cada uno de los cuales será capaz de fisiónar otros tantos núcleos.

Este exceso de neutrones que aparece en la fisión, debe ser controlado para evitar que se produzca una **reacción en cadena**, análoga a la que tiene lugar en la explosión de la bomba atómica.

El control de los neutrones se consigue mediante la introducción de sustancias moderadoras en las pilas de combustible. Estos **elementos moderadores** son capaces de capturar los neutrones. En la medida en que introducimos los moderadores, enfriamos la reacción.

2.2 Esquema básico de una Central Nuclear

Vamos a hacer un breve recorrido por los elementos principales que componen una CN típica como las que tenemos en Ascó.

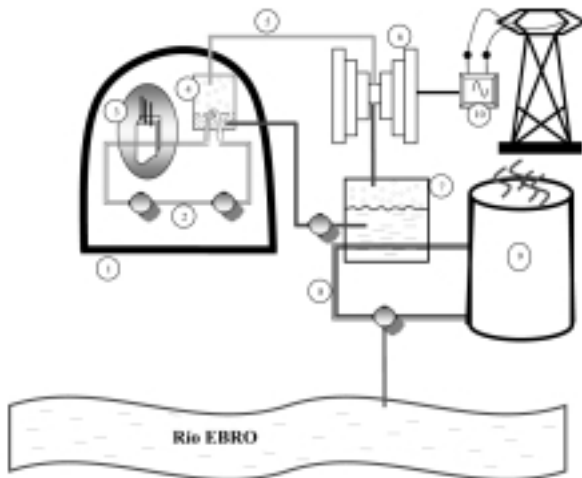
El **edificio de contención** (1) es un cilindro de hormigón con cúpula esférica, blindado con una capa de acero. En su interior alberga el **reactor** (3), el **circuito primario** (2) y los **generadores de vapor** (4).

En el reactor se encuentran las **pilas de combustible**, en las que tiene lugar la fisión nuclear que acabamos de describir.

Las pilas de combustible están penetradas por las barras de control o **elementos moderadores**, que permiten enfriar o acelerar la reacción, según se introduzcan o se extraigan del interior de las pilas. Si las introducimos en su totalidad, detenemos prácticamente la reacción nuclear, y conducimos el reactor a la situación de **parada segura**.

El calor desprendido en la fisión es absorbido por el agua del

circuito primario. Esta agua debe mantenerse en continua circulación, en un circuito cerrado que impide su ebullición. Por ese motivo, alcanza temperaturas superiores a los 200°C y unas presiones muy elevadas. De ahí la denominación PWR de este tipo de reactores (Pressurised Water Reactor).



- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| 1. Edificio de contención | 6. Turbinas |
| 2. Circuito primario | 7. Condensador |
| 3. Núcleo del Reactor | 8. Circuito de refrigeración |
| 4. Generador de vapor | 9. Torre de refrigeración |
| 5. Circuito secundario | 10. Generador eléctrico |

El calor absorbido por el primario es cedido en el **Generador de vapor** (4) al agua del **circuito secundario** (5), la cual sí que hierve. El vapor generado es el que finalmente hace girar las **turbinas** (6), y éstas hacen girar al **Generador de electricidad** (10), el cual entrega a la Red la energía eléctrica generada, debidamente transformada en Alta Tensión.

El vapor generado debe ser nuevamente enfriado y licuado para reintroducirlo en el circuito secundario y completar el ciclo. Para ello es necesario enfriarlo en el **condensador** (7) mediante el agua del **circuito de refrigeración** (8), gran parte de la cual se evapora en la **torre de refrigeración** (9).

2.3 Riesgos de accidente y Contaminación encubierta

Vamos a hacer ahora un recorrido por los elementos que acabamos de describir, analizando los riesgos inherentes a cada uno de ellos (2), y los accidentes que han provocado. La lista es interminable, por lo que solo haré mención a algunos de ellos, los más famosos o los más cercanos a nosotros en el espacio y en el tiempo.

Comencemos por las **barras de control** o elementos moderadores, que hemos dicho que sirven para controlar la potencia del reactor y llevarlo a situación de parada segura. Esta operación, que consiste en la introducción total de las barras, requiere seguir un procedimiento de varias horas duración, por lo que no resulta útil ante una situación de emergencia que requiera una respuesta inmediata.

De hecho, el accidente de Chernobil se produjo cuando, tras una serie de errores humanos se quiso detener el reactor, ante una subida alarmante de la potencia. Para entonces, las barras de control habían quedado inutilizadas, posiblemente deformadas por el exceso de temperatura. Se produjo la fusión total del núcleo del reactor, y la posterior explosión hizo volar el techo de 100tn

(2) A las dificultades técnicas que conllevan unas instalaciones por las que circula el agua sometida a presiones y temperaturas muy elevadas, hay que añadir otros dos factores que complican aun más su envejecimiento:

1º Las partículas gamma γ (fotones emitidos en la reacción nuclear) provocan la modificación de las propiedades mecánicas de los materiales, haciendo que con el paso del tiempo, estos materiales se vuelvan frágiles y quebradizos.

2º Las centrales como Vandellós, situadas en el litoral, utilizan agua de mar para el circuito de refrigeración. La salinidad de esta agua provoca severos problemas de corrosión.

del reactor, liberando la gigantesca nube radioactiva que recorrió media Europa y que, 20 años después, sigue causando tragedias humanas en la vecina Bielorrusia.

Una avería típica es la aparición de grietas en la tapa del reactor, como ocurrió en 1991 en Bugey 2 (Francia) o en Ascó 2 en febrero de 2001.

El circuito primario contiene agua desmineralizada, encargada de absorber el calor generado en el reactor. El nivel de contaminación radioactiva del agua del primario es muy elevado. Por eso es imprescindible mantener la estanqueidad de este circuito, evitando cualquier fuga al exterior.

Un sistema redundante de bombas mantiene el agua del primario en continua circulación. Un fallo en el sistema de bombeo o bien una pérdida de líquido en el circuito primario, resultaría catastrófico porque la elevación incontrolada de temperatura provocaría la fusión del núcleo y la consecuente pérdida de control del reactor. Ese fue el accidente de **Three Mile Island** (Harrisburg-USA) en 1979, en que se produjo una **fusión parcial del núcleo** del reactor.

El otro problema que comporta la fuga de líquidos del circuito primario hacia el secundario, es la emisión al exterior de altas dosis de radioactividad. Esto ha ocurrido en Ascó 2, el 30 de mayo de 2006, cuando una **fuga de 3 litros por minuto** del circuito primario obligó a parar la CN durante 4 días. Las normas ETF (3) indican el valor de 3,78 litros por minuto para que semejante fuga implique parada obligatoria de la CN. Al tratarse de una fuga de tan solo 3 litros por minuto se le restó importancia al suceso.

El 29 de marzo de 2006, el desprendimiento de una pieza del generador de vapor, obligó a efectuar una **parada no programada** en la CN Vandellós 2. Los responsables de la CN calificaron

(3) **ETF** Especificaciones Técnicas de Funcionamiento

de **poco habitual este tipo de paradas**, juzgando innecesaria la activación del PENTA (4). Al día siguiente, 30 de marzo, era Ascó 2 quien sufría otra parada no programada, motivada por una avería que mencionaremos más adelante. El 15 de febrero de ese mismo año Vandellós 2 ya había sufrido otra parada (fallo en el control de velocidad de la turbina). Al día siguiente, 16 de febrero, Trillo también se paraba por fallo en una bomba del circuito primario.

Tras la enumeración de esta ráfaga de averías, resulta oportuno mencionar la **antigüedad del parque nuclear español**, circunstancia que está provocando la aparición, con periodicidad casi semanal, de averías y contratiempos. Ante semejante escenario, resulta especialmente grave e irresponsable el afán del lobby nuclear de prolongar la vida de estas instalaciones obsoletas. Una vez amortizados los costes de instalación, su deseo es prolongar tanto como sea posible unos beneficios astronómicos (5), despreciando los gravísimos riesgos a que someten a la población.

También hay que decir que este continuo de averías no es patrimonio exclusivo de las instalaciones españolas. En agosto de 2006 se produjo el apagón de 4 de los 10 reactores suecos, los 2 de Forsmark y los 2 de Oskarshamn, reabriendo en Europa el temor ante el riesgo nuclear.

Reanudando el itinerario por nuestro esquema de la CN, llegamos al **circuito secundario** que conduce el agua cuya ebullición hace girar las turbinas. En este circuito se producen habitualmente emisiones de **Tritio** (6) al exterior, que son aceptadas como normales por el CSN.

(4) Plan de Emergencia Nuclear de Tarragona

(5) una CN estándar de 1000 MW puede llegar a facturar hasta 2 millones de Euros diarios.

(6) **Tritio** isótopo radioactivo del Hidrógeno, que se descompone emitiendo partículas ?

El **Generador eléctrico**, accionado por las turbinas, proporciona la energía eléctrica que inyectaremos a la Red. En su interior hay un alternador que gira a 1500 vueltas por minuto, envuelto en atmósfera de Hidrógeno. Pues bien, una pérdida de estanqueidad de este Hidrógeno fue la que provocó la parada no programada en Ascó 2 del 30 de marzo, que acabamos de citar.

El 19 de octubre de 1989, Vandellós-1 sufrió un gravísimo accidente que provocó su cierre definitivo. Un incendio que comenzó en el generador eléctrico cobró tales proporciones que llegó a poner en peligro la integridad del reactor. Este accidente se calificó como nivel 3 en la escala **INES** (7) de sucesos nucleares y es **el más grave de los ocurridos hasta la fecha en España**. Es un ejemplo claro de cómo un suceso que se produce en los sistemas no nucleares puede poner en peligro la seguridad del reactor y llegar a ser el iniciador de un accidente grave.

Se tardaron 3 años (de 1991 a 1994) en retirar el combustible, que fue trasladado a Francia. Las obras de acondicionamiento del espacio, no concluyeron hasta el 2001, y ahora hay que esperar otros 30 años para proceder a su desmantelamiento. Se da la circunstancia de que Francia nos devolverá en el 2010 este combustible, bajo multa de 57.000 Euros diarios, por cada día que pospongamos su admisión. Este hecho ha obligado al Gobierno de Zapatero a emprender la construcción del primer Almacén de residuos del estado español, del que hablaremos en el capítulo del combustible.

(7) Escala Internacional de Sucesos Nucleares, INES, en España se puso en marcha el 1 de octubre de 1990. Por tanto, cuando ocurrió el accidente en la central nuclear de Vandellós1, en 1989, aún no estaba en vigor este procedimiento, por lo que la calificación del accidente se efectuó a posteriori. Desde entonces han ocurrido en España 27 incidentes por encima del nivel 0, todos de nivel 1 excepto el que ocurrió en Trillo el 31 de enero de 1992 (cuatro sensores del nivel de agua del sistema de refrigeración estaban mal conectados, enviando señales erróneas a la sala de control) (fuente: CSN)

Finalizamos este recorrido con el circuito de refrigeración. En el litoral la refrigeración se efectúa mediante agua del mar, cuya disponibilidad es inagotable, si bien comporta problemas severos de corrosión debido a la salinidad. Lejos del litoral el circuito de refrigeración debe consumir agua de los ríos, resultando inevitable la evaporación de 3,2 litros por cada Kwh generado. Este consumo de agua hace que una central estándar de 1000Mw pueda llegar a evaporar anualmente una cantidad de agua superior a los 20 Hectómetros cúbicos (8). Esto equivale a realizar un **trasvase encubierto de los ríos** hacia la atmósfera, que ninguna administración tiene en cuenta.

2.4 Objetivo de ataques terroristas

Lamentablemente en estos momentos, un atentado de gran envergadura contra una instalación nuclear, no resulta impensable y debe ser tenido en consideración. Los atentados del 11 de septiembre en Nueva York y del 11 de marzo en Madrid dejaron bien claro que el terrorismo internacional no se amedrenta ni ante el número de víctimas ni ante la envergadura del objetivo.

Las consecuencias de un ataque aéreo a una CN solo podemos imaginarlas trasladándonos al accidente de Chernóbil. Hoy por hoy, una instalación nuclear representa un blanco fácil y asequible para un ataque suicida como el de las torres gemelas. El edificio de contención, que contiene el reactor y el circuito primario, es un cilindro de hormigón blindado de acero. Aun así, este edificio no resistiría el impacto de una aeronave. El edificio de control, emplazamiento clave desde donde se maniobra la central, carece de protección. Las piscinas donde se almacena el combustible gastado, altamente radioactivo, también carecen de protección. El circuito y torre de refrigeración, imprescindibles

(8) 20 Hectómetros cúbicos equivalen al agua contenida en un canal de 10m de ancho por 2m de profundo por 1000 kilómetros de longitud !!!

para evacuar el calor sobrante, también carecen de protección. Dotarlas de suficiente protección significaría encarecer muchísimo más unas instalaciones que, como veremos más adelante, ya de por sí resultan económicamente inviables.

Las nuevas centrales EPR (European Pressurized Reactor) que el consorcio francés AREVA anuncia como la última tecnología nuclear, no son más que la misma tecnología de agua a presión PWR, a la que se le han incrementado los sistemas de seguridad. A pesar de ello, un informe secreto de la compañía EDF reconocía la vulnerabilidad de su edificio de contención frente al impacto de un avión comercial. El informe fue divulgado por Stéphane Lhomme, portavoz de la Red francesa «Sortir du nucléaire» (9), lo cual le costó ser detenido el 16 de mayo de 2006 por la DST (policía antiterrorista francesa). Este hecho, además de un atentado contra la libertad de información, representa un ejemplo más de la falta de transparencia en que se desenvuelve la industria nuclear.

(9) www.sortirdunucleaire.org

3. CICLO DEL COMBUSTIBLE

Quienes afirman que la Energía Nuclear es una forma limpia de generar energía, además de ignorar las fugas y consumos de agua antes mencionados, ocultan especialmente cada una de las etapas que recorre el combustible a lo largo de todo su ciclo de vida. En cada una de estas etapas los impactos sobre el entorno son desproporcionados, a la vez que comportan nuevos riesgos de accidentes, tan graves como los que pueden ocurrir en las propias centrales.

3.1 Consumo anual de combustible y producción de CO₂

En 2003 había 440 centrales nucleares en el mundo que necesitaban 68.357 toneladas de mineral de uranio, lo que hace una media de 155 toneladas de uranio por año y por central.

Como veremos en el apartado siguiente, el pobre contenido en uranio de las menas explotadas obliga a utilizar cantidades ingentes de mineral. Su extracción, tratamiento y transporte, se lleva acabo mediante el consumo de combustibles fósiles. La obtención de las sustancias químicas empleadas en el tratamiento, también requiere procesos de un elevado coste energético. Todo ello deriva en una considerable producción de CO₂ que no es tenida en cuenta por quienes afirman que la Nuclear no emite gases de efecto invernadero.

Contabilizando todos los factores asociados a la producción de Energía Nuclear, los autores del informe «Nuclear Power: the

(10) www.stormsmith.nl

energy balance» (10) J.W. Storm y P. Smith (2005), llegan a la conclusión siguiente:

Si el mineral explotado es de alta ley (gran riqueza), el CO₂ producido por el ciclo nuclear completo estará entre un tercio y la mitad del que produce una central a gas de potencia equivalente.

Pero si el mineral es de baja ley (menos del 0,02%), el CO₂ producido iguala al de la central de gas equivalente.

3.2 Minería del Uranio.

El mineral que se explota (**pechblenda**) tiene un contenido muy pobre en óxido de uranio. Son típicos unos porcentajes de riqueza de tan solo un 0,2%. A ello hay que añadir que, del Uranio obtenido, tan solo un 0,7% corresponde a la variedad útil para la fisión nuclear. Por cada tonelada de mineral extraído obtenemos unos 600g de uranio, de los cuales tan solo 5g son del Uranio 235 deseado (11).

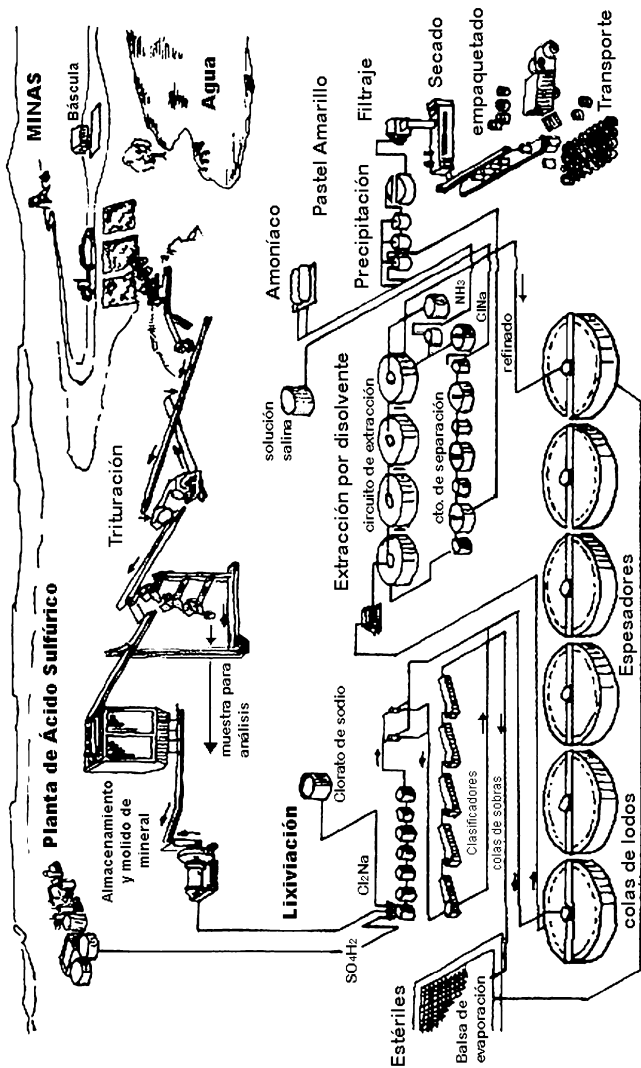


Imagen que da idea de las dimensiones de la maquinaria utilizada en la minería del uranio.

En consecuencia, para la obtención del combustible requerido por una CN durante un año, es necesario extraer 250.000 toneladas de mineral, que serán tratadas con métodos altamente tóxicos, y que dejarán cerca de un millón de toneladas de residuos peligrosos.

En estado natural, la radiación emitida por el mineral de uranio no representa ningún peligro. El bajo contenido de uranio, añadido al hecho de encontrarse protegido

(11) el Uranio natural es mayoritariamente el isótopo 238. Tan solo un 0,7% corresponde al isótopo 235, que es el único que resulta fisiónable.



por la corteza terrestre, hacen que la intensidad de radiación natural en superficie no represente ningún peligro para los seres vivos. Una vez extraído de los yacimientos y concentrado, estamos poniendo el uranio natural en contacto directo con la biosfera.

El mineral extraído se tritura hasta convertirlo en polvo para su posterior tratamiento. Este proceso comporta riesgos de dispersión en forma de aerosoles atmosféricos.

El óxido de uranio es separado del mineral triturado mediante procesos de lixiviación con ácido sulfúrico. La lixiviación es la separación de una mezcla mediante el uso de disolventes que actúan de forma selectiva. El subproducto son enormes cantidades de lodos tóxicos (**relave de molino**) que además de sustancias químicas muy contaminantes, contienen Radio y Torio, y una serie de metales pesados, que son acumulados en las **balsas de retención de estériles**, donde se dejan evaporar a cielo abierto.

Igual que ocurrió en Aznalcóllar en abril de 1998, también se han producido accidentes en estas balsas. El más grave ocurrió en Church Rock (EEUU) el 19 de julio de 1979, cuando se rompió el dique de retención, abocando al río Puerco (afluente del Colorado) 1200 toneladas de sólidos y 378 millones de litros líquidos, contaminando radiactivamente hasta 130km río abajo.

Una variante actual de este proceso es la **Lixiviación in situ**, que consiste en efectuar la lixiviación de forma subterránea. El ácido sulfúrico (disolvente) se inyecta directamente al interior del yacimiento. Posteriormente se bombea hacia el exterior la disolución que contiene el óxido de uranio deseado.

Dados los efectos imprevisibles del líquido de lixiviación en la roca del subsuelo, los riesgos de contaminación de acuíferos escapan a cualquier control. Además resultará imposible restaurar las condiciones naturales de la zona después de acabar la operación de lixiviación.

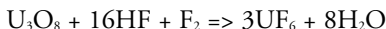
La fabricación de los productos químicos utilizados en el proceso (ácido sulfúrico, cal, aminas, queroseno y amoníaco) consume grandes cantidades de energía, que como decimos, deben contabilizarse en el cómputo de CO₂. La cantidad de sulfúrico empleado es tan grande que la planta de fabricación se instala en la propia mina, lo cual implica que dicha planta sea también impulsada mediante combustibles fósiles.

3.3 Enriquecimiento y fabricación de las pilas de combustible

El óxido de uranio obtenido hasta aquí (**pastel amarillo**) se almacena en tambores que se apilan mediante montacargas mientras esperan su despacho, a veces hacia el otro extremo del planeta.

El pastel amarillo contiene las proporciones naturales de isótopos del uranio. Es necesario **enriquecer** este uranio, aumentando su contenido en U235. Para su uso civil en una CN, basta con alcanzar entre un 3 y un 5% de riqueza. El proceso de enriquecimiento es el mismo que el empleado en la fabricación de bombas, solo que entonces el enriquecimiento debe superar el 90%. Todo lo que hay que hacer es prolongar el proceso hasta alcanzar el porcentaje de riqueza deseado. De ahí la oposición de Bush a que Irán enriquezca su propio uranio.

El procedimiento utilizado es la **centrifugación**, para lo cual hay que disolver el óxido de uranio en ácido fluorhídrico y gas flúor para producir hexafluoruro de uranio (12) en estado gaseoso:



Este gas se transporta a continuación en grandes cilindros para su posterior enriquecimiento en las plantas centrifugadoras. Estas instalaciones funcionan con electricidad, de modo que esta

(12) El hexafluoruro de uranio UF₆ es un compuesto volátil muy corrosivo y venenoso.

etapa puede ser alimentada directamente por la planta nuclear. Puede ser necesario destinar la energía de todo un reactor para suministrar el consumo requerido por la planta de enriquecimiento. Sin embargo, para construir las cascadas de centrífugas se requiere gran cantidad de combustible fósil.

Una vez hemos aumentado el contenido de U235 en el hexafluoruro de uranio, el gas enriquecido se traslada a la planta de fabricación del combustible nuclear. Para ello el gas se convierte en dióxido (UO_2) en polvo, se comprime para fabricar tacos, y se cuece en un horno a petróleo para dar origen a un material cerámico.

A partir de este punto, la fabricación de las pilas de combustible se realiza en España. Exactamente en el pueblo de **Juzbado**, en la provincia de Salamanca, a cargo de la empresa pública **ENUSA** (13), participada por SEPI y CIEMAT.

Los tacos se cargan en un tubo de una aleación de zirconio. Varios de estos tubos se juntan para conformar una celda de combustible. El zirconio aparece en la naturaleza siempre acompañado de hafnio, del que es preciso separarlo (otro proceso de alto consumo energético) para su uso nuclear. Se necesitan hasta 2 toneladas de zirconio por cada tonelada de uranio en el combustible.

Un reactor nuclear de 1000 MW contiene entre 100 y 130 toneladas de dióxido de uranio, y cerca de una tercera parte de éste es cambiado cada año en forma rotativa.

3.4 Combustible gastado

En la etapa final del ciclo del combustible nos encontramos con uno de los problemas más graves de la energía nuclear, cuya

(13) Se ha concedido a ENUSA Industrias Avanzadas SA, antes Empresa Nacional del Uranio SA, la sexta prórroga, por una duración de diez años, del permiso de explotación de la fábrica de combustible en Juzbado (Salamanca). Publicado en BOE nº 182 de 1 de agosto de 2006.

solución lleva ya más de 50 años sin conseguirse, ni esperanzas de hacerlo en un futuro inmediato. Cada CN produce anualmente unas 30 toneladas de combustible gastado.

Aunque su vida útil se haya agotado, este material sigue siendo altamente radioactivo, por lo que debe ser almacenado y custodiado bajo rigurosas medidas de seguridad.

En la fisión de U-235 se producen núcleos más ligeros (iodo, cesio, estroncio o manganeso), denominados **productos de la fisión**. Los productos de la fisión son tremendamente radiactivos, con **periodos de semidesintegración** de unos centenares de años (14). La radiactividad que desprenden es tan grande que la energía emitida puede generar potencias de 1,6 Mw por tonelada de residuos en forma de calor. Esta es una característica fundamental al tratar de resolver el problema de los residuos: los productos de la fisión están muy calientes y es necesario **refrigerarlos** para evacuar el calor que se produce. Por tanto, se introducen en piscinas en la propia central y se hace circular agua para que estén permanentemente refrigerados.

Además de los productos de fisión, en el núcleo del reactor se producen otras reacciones subsidiarias. Este segundo tipo de reacciones dan lugar al segundo tipo de nucleidos presentes en el combustible gastado de las centrales nucleares: los **transuránidos**. Si bien su actividad es menor que la que presentan los pro-

(14) periodo de semidesintegración es el tiempo que tardan en desintegrarse la mitad de los núcleos presentes en una muestra. Para los transuránidos pueden ser de millones de años. Valores típicos

Uranio235	700 millones de años
Uranio238	4.500 “
Neptunio237	2.130.000 años
Plutonio 239	24.400 “
Plutonio240	6.600 “

No confundir con vida media, promedio de tiempo que tarda un único núcleo radioactivo en desintegrarse.

ductos de la fisión, todos ellos poseen **periodos de semidesintegración** de decenas de miles de años, lo cual los hace tóxicos aproximadamente durante unos 250.000 años.

La montaña de Yucca, en el desierto de Nevada (EE UU), donde ya se depositan residuos de alta actividad, era un volcán hace tan solo 20.000 años, y hace 5.000 años el Sahara era un vergel. ¿Quién puede garantizar que estas peligrosas sustancias estarán confinadas durante todo este tiempo? Incluso parece difícil que las generaciones futuras no acaben olvidándose de su existencia al cabo de unos siglos. La historia de la humanidad no tiene más de 20.000 años.

Por último se generan otras sustancias denominadas **venenos nucleares**, debido a su propiedad de absorber neutrones. Ello hace que se comporten como elementos moderadores que restan potencia al reactor. La acumulación de estos venenos en las barras de combustible es otro de los motivos que hacen necesaria la renovación del combustible, a razón de unas 30 toneladas por CN y por año.

La larga vida de estas sustancias es sin duda el problema técnico más serio, pero no es el único. Por efecto de las desintegraciones se generan gases nobles. En concreto se genera al año un volumen aproximado de gas igual al volumen de los residuos, lo cual hará aumentar seriamente la presión en el contenedor. Debe tenerse en cuenta este hecho para su diseño y habilitar algún sistema de evacuación de gases o alguna forma de resistir la presión. Otro problema serio es el calor desprendido que hace necesario pensar en sistemas de refrigeración o de difusión de calor, para evitar que se fundan los residuos y la propia contención. Otro gran problema técnico es la propia radiactividad emitida que hace que cambien las propiedades de los materiales. Un intenso bombardeo de rayos gamma convierte en frágiles materiales que antes eran resistentes.

3.5 Almacenes de residuos. ATC

Estas peligrosas propiedades del combustible gastado son el motivo de que jamás se haya encontrado un emplazamiento idóneo donde depositarlo. Se han propuesto todo tipo de alternativas, incluso la de lanzarlos al espacio. Afortunadamente, el elevado coste de semejante operación disuadió a sus temerarios promotores.

Durante un tiempo se lanzaron a las **fosas atlánticas** barriles llenos de combustible, supuestamente blindados. Unas oportunas fotografías del oceanógrafo francés Jacques Cousteau denunciaron a la comunidad internacional el estado en que se encontraban estos barriles. Totalmente agrietados y reventados, dejaban escapar al mar peligrosas dosis de radioactividad que, obviamente, acabarían incorporándose a la cadena alimenticia humana.

Se han barajado también **emplazamientos subterráneos** en zonas de supuesta estabilidad geológica. Pero acabamos de ver que el periodo de vida activa de algunos radionúclidos presentes en estos residuos supera incluso la edad geológica de algunas formaciones geográficas, que hoy calificamos de estables.

Hoy por hoy, el almacenamiento se efectúa en **piscinas** ubicadas dentro de las instalaciones de cada CN. Pero la saturación de la capacidad de las piscinas, junto con la devolución del combustible de Vandellós-I (15), obliga al estado español a la construcción de un Almacén de residuos de alta actividad (RAA) antes del 2010. Poniendo un plazo mínimo de 2 años para su construcción, el emplazamiento del almacén debe ser decidido inevitablemente durante esta legislatura.

(15) al interrumpir su actividad en 1989 debido al accidente, el combustible de Vandellós-I fue llevado a Francia. Este combustible debe retornar a España en el 2010, sufriendo una sanción de 57.000 euros por cada día que se demore su admisión, a partir del 31 diciembre de 2010.

Afortunadamente la administración ha recogido una de las recomendaciones de los ecologistas, y el futuro **Almacén Temporal Centralizado ATC** será una **instalación de superficie**. Por lo menos, esta alternativa permite no perder el control de los residuos con el paso de los siglos.

Al futuro ATC se le asignará una duración de **100 años**. Frente a los miles de años de peligrosidad del material almacenado, esto no puede significar otra cosa que endosarle el problema a las generaciones futuras. De aquí a 100 años, es poco probable que ninguno de nosotros esté aquí todavía.

Una condición irrenunciable que los ecologistas exigimos para negociar la ubicación del ATC, es el establecimiento de un **calendario de cierre** de todas las CN. Mientras éstas siguen activas, continúa inexorablemente la producción de combustible gastado. Resulta así imposible dimensionar ningún almacén, si no se sabe cuánto combustible deberá albergar. Como dice Carlos Bravo de Greenpeace, resulta absurdo recoger con el mocho el agua que rebosa de la bañera, mientras nos empeñamos en mantener el grifo abierto.

Durante el verano de 2006 se abren las candidaturas de los municipios aspirantes a albergar el ATC en su territorio. El municipio escogido será agraciado con una lluvia de millones de euros, aún por determinar. La magnitud del soborno estará en correspondencia con el rechazo social que el proyecto provoque. En julio de 2006 sabemos que Vandellós (Hospitalet del infant) en Tarragona, y La Mierla en Guadalajara, se han declarado en pleno municipal en contra de la instalación en sus términos municipales. En cambio, los ayuntamientos de Mora la Nova y Tivissa, gobernados mayoritariamente por CIU, han dejado la puerta abierta al ATC, y se sospecha que han llegado a entrar en negociaciones con ENRESA (16), de espaldas a la población.

Además de los residuos de alta actividad RAA, se generan otros residuos de baja y media actividad RBMA, como herramientas o indumentaria contaminada. Los RBMA son generados por otras industrias, además de la nuclear, como por ejemplo la industria farmacéutica. Los RBMA también deben ser almacenados bajo custodia. Para este tipo de residuos sí que existe un almacén en Córdoba, junto a la localidad de **El Cabril**.

A finales de 2005 había almacenados en España unos 37.200 m³ de RBMA, de los cuales aproximadamente un 75% están ya en las instalaciones de El Cabril, un 24% en los recintos de las CCNN y el pequeño porcentaje restante en los almacenes de Juzbado y CIEMAT. Estas cantidades seguirán aumentando mientras las CN sigan funcionando. Cada CN genera anualmente 350 bidones de RBMA, además de las 30 toneladas de combustible gastado que ya hemos mencionado.

Para acabar este punto mencionaré el **reprocesamiento nuclear**, proceso que separa cualquier elemento utilizable (uranio y plutonio) de productos de fisión y otros materiales existentes en el combustible gastado. Normalmente, el objetivo es añadir estos elementos en un nuevo combustible de óxido mezclado (MOX), aunque algunos reprocesamientos se realizan para obtener plutonio para armas. Este proceso puede utilizarse para recuperar materiales de armas nucleares obsoletas, y de combustibles de reactor nuclear gastados.

(16) ENRESA (Empresa Nacional de Residuos Radiactivos SA), empresa pública encargada de la gestión de los residuos radiactivos que se generan en nuestro país y del desmantelamiento de las instalaciones nucleares.

Se constituyó mediante el Real Decreto 1522/1984 de 4 de Julio como empresa pública, sin ánimo de lucro, cuyos accionistas son el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI).

En España el tratamiento en el ATC será de **ciclo abierto**, es decir, se limitará a la acumulación de los residuos, sin proceder a su reprocesamiento. Esto me hace pensar que la alternativa del reciclaje no representa ninguna panacea.

4. INDEPENDENCIA ENERGÉTICA Y FIABILIDAD DEL SUMINISTRO

Los partidarios de la industria nuclear atribuyen a la EN dos ventajas que se sostienen tan poco como la limpieza y respeto al medio ambiente, que también ellos le atribuyen. La primera es la independencia energética. Encadenados al consumo de un petróleo cada vez más caro y más escaso, nuestra economía se encuentra secuestrada, dicen, en manos de unos pocos países productores, políticamente inestables. Concluyen estos señores que la única forma de liberarnos de esta dependencia es apostando decididamente por la EN.

Al igual que el petróleo, los yacimientos de uranio se encuentran ubicados en un reducidísimo club de países productores. Pero a diferencia de aquellos, insisten los pronucleares, los países productores de uranio gozan de estabilidad política. A nadie se le escapa que los movimientos geoestratégicos se centran hoy en el control de los combustibles fósiles. Bastaría pues, que las necesidades energéticas cambiaran de combustible para que los conflictos internacionales se mudaran de escenario, cebándose en los, hoy por hoy, estables países productores de uranio.

Hay actualmente 18 países productores de uranio en el mundo. La mayor parte de la producción se centra en unos pocos países, que en 2003 fueron:

Canadá (10457 tn), Australia (75 72 tn), El Kazajstán (3300 tn), Nigeria (3143tn), Rusia (3150 tn), Namibia (2036 tn), El Uzbekistán (1770 tn), EEUU (846 tn), Ucrania (800 tn), África del sur (824 tn) y China (750 tn).

Prospecciones de uranio en España. La empresa australiana Berkeley Resources Ltd anunció en febrero de 2006 su intención de efectuar prospecciones de uranio en la península ibérica, concretamente en las provincias de Salamanca, Guadalajara y Cáceres. Por el bien de estas tierras, esperemos que semejante proyecto no llegue a ver nunca la luz. Incluso con uranio de origen español, tampoco cabría hablar de independencia energética; las declaraciones de Bush y Putin durante la cumbre G8 de julio de 2006 acerca de su intención de controlar la red internacional de enriquecimiento del uranio no dejan lugar a dudas (17).

La otra gran ventaja que esgrimen los pronucleares, frente a la dependencia del sol y del viento de las energías renovables, es la fiabilidad del suministro nuclear, que garantiza una fuente de energía las 24 horas del día y los 365 días del año. Un pequeño repaso a la larga lista de interrupciones que en los últimos años han sufrido nuestras CCNN, desmiente por completo esta supuesta ventaja que se le quiere atribuir a la alternativa nuclear.

En seis años y medio (desde el 2000), las CCNN españolas han acumulado un total de **346 hechos notificables**, según los informes presentados por el CSN al Congreso de Diputados y al Senado. Buena parte de estos sucesos provocan **paradas no programadas** de las CCNN, y comportan **desconexiones de la red de entre 500 y 1000 Mw**, que deben ser inmediatamente sustituidos por incrementos de potencia de las centrales térmicas.

(17) STRELNA, Russia, July 15, 2006 (ENS) - Russian President Vladimir Putin and U.S. President George W. Bush have agreed to **control the spread of uranium enrichment** by creating one central enrichment system that will supply client countries with fuel for nuclear power plants.

Mención especial merece la avería de Vandellós 2 en 2005, que la mantuvo fuera de servicio ¡durante 5 meses! Esta misma CN lleva acumulados, en los ocho primeros meses de 2006, seis hechos de obligada notificación al CSN. El último de los cuales, ocurrido el 9 de agosto, significó la desconexión súbita del 30% de la potencia que en aquel momento se consumía en Catalunya. Y todavía en ese mismo mes de agosto, el día 28, esta misma CN sufrirá una parada programada de 30 días para sustituir 104 tornillos de las barras de protección del control del reactor. El coste de la operación, 2,5 millones de euros, nos da una idea de la competitividad del suministro nuclear.

Otro motivo de fiasco, que se ha evidenciado en el verano de 2006, lo protagonizan las CCNN situadas junto a los ríos. Durante la **canícula del verano** los ríos sufren una reducción de su caudal, y la poca agua que baja se encuentra a una temperatura elevada, lo cual provoca que los circuitos de refrigeración sean incapaces de evacuar todo el calor generado. Entonces la CN se ve obligada a reducir potencia, coincidiendo con los días en que el consumo eléctrico registra récords históricos debido al abuso de los aires acondicionados.

Esta situación veraniega ha provocado en julio de 2006 que el estado francés, paradigma de potencia nuclear con sus cincuenta y ocho reactores, se vea obligado a importar electricidad. Siendo el precio medio de unos 40 euros el Mwh, el gobierno francés no tuvo más remedio que pagarlo a Italia a un precio de 160 euros, mientras España era incapaz de suministrar energía al país vecino, y no por falta de líneas de interconexión, sino porque aquí también se estaban pulverizando récords de consumo.

5. RESPONSABILIDAD CIVIL Y CSN

Un hecho tan curioso como desconocido nos da pistas del peligro real que representan las instalaciones nucleares. El hecho es que ninguna compañía de seguros del mundo acepta darle a una CN una cobertura de responsabilidad civil ilimitada.

En España, en caso de accidente nuclear, el explotador de la CN siniestrada tan solo estará obligado, por ley, a **indemnizar por un valor máximo de 700 millones de euros**, según normativa que ha de entrar en vigor en diciembre de 2006. En la actualidad esta cantidad es aun menor. Cualquier Responsabilidad Civil Nuclear que supere esta cantidad, deberá ser aportada por fondos públicos (18), es decir, mediante nuestros impuestos.

Los daños provocados por el accidente de Chernóbil en 1986, han sido valorados en unos 320.000 millones de euros actuales. Esta cifra, que obviamente no contempla las consecuencias que todavía hoy sufre la población en Bielorrusia, convierte en insignificantes los 700 millones previstos como

(18) según la web del Ministerio de Industria (www.mityc.es) España suscribe el **Convenio de París** en 1960, modificado en febrero de 2004 y que debe entrar en vigor en diciembre de 2006. Esta última revisión prevé compensaciones por los daños causados por un accidente nuclear, con las siguientes cuantías:
700 M€ (Millones de €) con que responde el explotador de la CN origen del incidente nuclear.

700 M€ hasta 1200 M€ aportados por el Estado donde opera el explotador.

1200 M€ hasta 1500 M€ aportados por los Estados firmantes del convenio.

indemnización por Responsabilidad civil por daños nucleares.

El Consejo de Seguridad Nuclear **CSN** es el organismo encargado de velar por nuestra seguridad, fue creado en 1980 y su equipo directivo lo forman un presidente y cuatro consejeros, que son nombrados por el Gobierno y refrendados por el Congreso de los Diputados.

Este organismo goza de un enorme descrédito ante los ecologistas, por su excesiva tolerancia frente a los reiterados incumplimientos de normativa y especificaciones, en que a menudo incurre la industria nuclear.

Las sanciones previstas en la normativa del CSN son:

60.000 euros en caso de falta leve.

600.000 euros en caso de falta grave.

3 millones de euros en caso de falta muy grave.

Si tenemos en cuenta que una CN puede llegar a facturar 2 millones de euros diarios, vemos que 2 días de funcionamiento bastan para amortizar la peor de las sanciones.

Según el comunicado de prensa que Greenpeace publicó el 25 de julio de 2006, el CSN se limita a remitir cartas amonestando a los infractores y recordándoles sus obligaciones, en lugar de imponer sanciones económicas.

Desde que en 1999 se modificara la Ley de Energía Nuclear para permitir que el CSN pudiera **sustituir multas por apercibimientos** (que son simples advertencias a los titulares en las que se les conmina a cumplir sus obligaciones), el CSN no ha parado de utilizar la figura del apercibimiento en lugar del de las sanciones, habiendo dejado sin multar un total de **818 infracciones desde el año 2000**, de carácter grave en un número significativo de casos.

De los ocho apercibimientos notificados en el 2000, se pasó a 96 en el 2001, año en el que María Teresa Estevan Bolea ya

ocupaba la presidencia del CSN, y casi 200 en el 2002. La tónica se ha mantenido en los años sucesivos, con una cifra récord de 221 en el 2005. Así queda constatado en un informe remitido por el CSN al Congreso de los Diputados, a petición del diputado Joan Herrera, del grupo parlamentario IU-ICV-IV, quien realizó, a petición de Greenpeace, una pregunta parlamentaria al respecto.

El mismo comunicado de prensa de la organización ecologista afirmaba que *«Es un verdadero escándalo que el organismo oficialmente encargado de velar por la seguridad de las centrales nucleares, les perdone multas de entre 10 y 100 millones de pesetas como si no pasase nada. Con ello, en lugar de fomentar el cumplimiento riguroso de la normativa, favorece que los gestores de estas instalaciones hagan caso omiso de ella»*.

Del análisis del informe remitido por el CSN al Parlamento se concluye que mayoritariamente son las instalaciones radioactivas las que se ven más beneficiadas en número, debido a la magnanimidad o arbitrariedad de este organismo regulador. No obstante, también a las centrales nucleares se les perdonan las multas, tanto en lo relativo a su funcionamiento como instalación nuclear, como en lo que atañe a las deficiencias de las instalaciones o servicios radioactivos autorizados que prestan servicios para las mismas.

A la central nuclear de Vandellós-2 se le perdonaron dos multas, en el 2001 y en 2002, por realizar cambios de titularidad de la central sin autorización y por superar la potencia máxima autorizada del reactor. Si esta situación se hubiera analizado y sancionado con rigor en su momento, es posible que se hubieran detectado los graves problemas de organización que dos años más tarde estarían detrás del grave accidente que provocó la rotura de una tubería del sistema de agua de servicios esenciales.

La central nuclear de Cofrentes con cuatro apercibimientos, el último de hace tan sólo unos meses, es la que mejor parada sale con esta práctica. El CSN perdonó a Cofrentes una multa en el 2001 por el incumplimiento de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento ETF, una infracción que, según consta en el apercibimiento, fue calificada como grave, y por tanto se debería haber sancionado con multa entre 60.101 € y 601.012 € (entre 10 y 100 millones de Pts). A esta misma central se le han perdonado otras tres multas más. Las centrales de Almaraz, Ascó y Zorita también han resultado agraciadas en esta rifa de favores.

Entre las muchísimas instalaciones radioactivas apercibidas por el CSN se encuentran todo tipo de actividades, desde meras actividades industriales, hasta hospitales y centros de salud. Resulta increíble observar la inacabable lista de hospitales y clínicas que tendrían que haber sido duramente sancionadas y que, sin embargo, el CSN lo ha arreglado con una sencilla carta de amonestación.

Los responsables políticos deberían exigir al CSN que hiciese cumplir la normativa de manera estricta y rigurosa para evitar que se repitan accidentes tan graves como el del acelerador de Zaragoza, que provocó la muerte de varios pacientes. De no haberse producido víctimas, seguramente para el CSN las deficiencias del acelerador no serían más que leves incumplimientos formales que no hubieran dado lugar ni siquiera a una sanción.

Quizá los inspectores que visitan las instalaciones y denuncian las infracciones no sean responsables de que después éstas se transformen en simples apercibimientos. Son sus inmediatos superiores y los directores, que tienen nombres y apellidos, quienes impiden que estas conductas se sancionen con el debido rigor. Por tanto es necesario que se depuren responsabilidades dentro del CSN para acabar con una práctica antijurídica, que debiera repugnar al organismo regulador.

6. EL ESPEJISMO NUCLEAR. INVIABILIDAD ECONÓMICA

Cuando hablamos de alternativas a las actuales fuentes de energía, debemos tener presente que, de toda la energía primaria que consumimos actualmente, un 80% lo obtenemos de los combustibles fósiles (gas, petróleo y carbón). Del consumo energético, una parte considerable corresponde al transporte, accionado principalmente con este tipo de combustibles.

Cabe argumentar que la EN solo proporciona electricidad, difícilmente aplicable al transporte privado. Si bien esta pega también es compartida con la mayoría de las energías renovables.

Pasando por alto este pequeño inconveniente (19), olvidando incluso todos los problemas que hemos visto que comporta el uso de la EN, vamos a suponer que toda la demanda de energía estimada para el 2030, hubiera de ser satisfecha exclusivamente mediante la aportación nuclear.

Según estimaciones de Internacional Energy Outlook 2005 DOE/IEA, la potencia eléctrica para el 2030 debería ser de 6160 GWe (20), los cuales, descontando 1201 GWe generados con fuentes renovables, exigirían la construcción de **4740 nuevos reactores**. Esto significaría construir un nuevo reactor cada 2

(19) Como veremos en el capítulo 8, podríamos esperar que parte del excedente eléctrico se destinara a la obtención de hidrógeno con el que sustituir los actuales combustibles requeridos por el transporte.

(20) GWe = Gigawatio eléctrico = 1000Megawatios. Una CN estándar suministra 1GWe.

días, durante 25 años. Suponiendo una estimación optimista de 5 años para la construcción de cada reactor, esto supondría 950 equipos trabajando simultáneamente.

En cuanto al coste, podemos decir que el presupuesto del nuevo reactor EPR que el consorcio franco-alemán AREVA quiere construir en Cherbourg (Normandía), ya ha sufrido un incremento del 11,2% respecto al presupuesto inicial, cuando todavía no se ha iniciado su construcción (verano de 2006), elevándose ya a 3300 millones de euros.

Según informe de la EIA para 2006 (21), contabilizando todos los costes de instalación, suministro y mantenimiento, para las diferentes plantas de generación de energía en USA, y teniendo en cuenta su vida útil a partir de 2015, el coste en Dólares por Mwh generado resulta considerablemente **más caro con plantas nucleares que con los restantes tipos de plantas:** 53.1\$ el carbón, 52.5\$ gas natural, 55.8\$ el eólico y 59.3\$ el nuclear.

Supongamos que fuera posible construir estos reactores. ¿Cuánto uranio haría falta para alimentar 4959 reactores, los 4740 nuevos más los ya existentes? En el año 2004, con una potencia instalada de 365GWe, se produjeron 36 ktU (22) de origen minero, a las que se añadió uranio reprocesado y procedente del stock militar. En el año 2015 se requerirían 400 ktU y en el 2030 700 ktU. Debe tenerse en cuenta que el precio del uranio se ha triplicado en los últimos años (23), y que se requiere un período inevitable de 20 años entre que el mercado lanza una señal de falta de uranio y se produce una respuesta en forma de suministro.

(21) EIA Energy Information Administration, annual energy Outlook DOE/EIA-0383 (2006) (Washington DC; February 2006).

[http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484\(2006\).pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484(2006).pdf)

(22) ktU = kilotonelada de Uranio = mil toneladas de Uranio.

(23) Dicho por Tim Gitzel vicepresidente de AREVA, en el simposio anual de la World Nuclear Association de 2004 en una ponencia sobre Natural Uranium Availability to Fuel a Nuclear Renaissance: Challenging or Easy?

Supongamos aun que es posible este suministro anual de combustible. A lo largo de toda su vida útil, estos 4959 reactores necesitarían 45 millones de toneladas de uranio. Las reservas actualmente conocidas se limitan a 3,2 millones de toneladas.

Si bien la cantidad total de uranio estimada en el planeta es enorme, en su mayor parte se encuentra tan disperso que resulta inutilizable. La minería actual explota yacimientos cuyas menas tienen riquezas superiores a las 1000 ppm (partes por millón). Cuando se intenta explotar menas inferiores a 150ppm, ya vimos en el apartado de minería que se generan unas cantidades de CO₂ iguales a las emitidas por la central de gas natural equivalente. Querer aprovechar uranios aun más dispersos es del todo impensable.

Supongamos un último milagro, y todo el uranio requerido aparece en alguna parte. Durante los próximos 25 años, los 4959 reactores nos dejarían más de **un millón de toneladas de residuos**, para los cuales es inimaginable ningún tipo de almacén, ni geológico ni de superficie. El almacén de Finlandia, con una capacidad de 4000 toneladas resulta ridículo. El de Yucca Mountain (EEUU), después de 15 años en estudio no se sabe si estará operativo en 2012, y en principio está previsto para tan solo 70000 toneladas. Habría que construir un «*Yucca Mountain*» cada año.

Finalmente deberíamos tener presente que, con una red de casi 5000 reactores esparcidos por el planeta, incluso manejando las tasas de riesgo utilizadas por la propia industria nuclear, la probabilidad de sufrir un accidente nuclear grave se elevaría hasta cotas verdaderamente temibles. Como dice Marcel Coderch vicepresidente de la CMT y secretario de AEREN:

«Los que defienden la EN hablando del cambio climático y del petróleo, no hacen más que servirse de una cortina de humo para

salvar una industria que agoniza. Debemos desenmascararlos pidiendo que hagan propuestas concretas».

7. ENERGÍA DE FUSIÓN. PROYECTO ITER

La fusión nuclear se anuncia como la energía del futuro, una fuente inagotable de energía que no dejará residuos (lo cual es muy dudoso). Al contrario de la fisión (romper un núcleo pesado), la fusión consisten en fundir dos núcleos ligeros para formar un nuevo núcleo. Esta es la energía que se produce en el interior de las estrellas. Y ahí radica su problema. Para que se produzca la fusión es necesario dotar al plasma (24) de una **temperatura superior a los 10 millones de grados**. No se conoce ni se imagina ningún material capaz de resistir semejantes temperaturas.

Incluso empleando los núcleos más ligeros, los isótopos del hidrógeno, Deuterio y Tritio, la reacción solo ha sido posible confinando una pequeña cantidad de plasma mediante campos magnéticos, en un dispositivo llamado Tokamak. El resultado es que debe suministrarse mucha más energía que la que a continuación nos devuelve la fusión.

La situación actual es que el fenómeno de la fusión ha podido ser reproducido en el laboratorio, pero en condiciones inaplicables industrialmente. Algunos aventuran un periodo de 40 años para tener disponible la fusión comercial. Pero semejante plazo, en ciencia, es reconocer que se anda perdido. En cualquier caso, si que hay evidencias de que el peak oil (escasez de petró-

(24) plasma es un gas de átomos a temperaturas tan elevadas que se hallan totalmente ionizados. La fusión debe producirse entre los núcleos de estos átomos.

leo) acontecerá mucho antes. Eso significa que **la fusión no puede considerarse la alternativa al petróleo.**

Existe el proyecto **ITER** (International Thermonuclear Experimental Reactor), que es un consorcio internacional formado en 1986, para demostrar la viabilidad científica y tecnológica de la fusión nuclear. A fecha de 24 de mayo de 2006, los siete socios integrantes son la Unión Europea, Japón, Estados Unidos, Corea del Sur, la India, Rusia y China. El reactor se construirá en **Cadarache**, en el Sudeste de Francia.

No me extenderé sobre este monstruoso proyecto, que promete engullir presupuestos astronómicos que, de emplearse en desarrollar energías renovables, podrían dar frutos valiosísimos en muy corto plazo de tiempo.

Concluiré este punto refiriéndome a un interesantísimo artículo publicado en El País, el 10 de diciembre de 2003, titulado «La fusión nuclear y el proyecto ITER». Su autor es José Canosa, doctor en Física Aplicada por la Universidad de Harvard y un antiguo investigador en el Laboratorio de Física de Plasma de Princeton. En el artículo hace Canosa un repaso de los fracasos estadounidense y británico en la investigación de la fusión. Inglaterra no participa en el ITER, mientras Estados Unidos lo hace solo en un 10% frente al 50% de la Unión Europea. Repasa los presupuestos dilapidados, el coste del combustible Tritio, y otras dificultades que le llevan a decir:

«... llevamos ya 50 años de investigación y desarrollo sobre energía de fusión. Cincuenta años después de haber empezado, tenemos que dar otros cincuenta años (y fondos ilimitados) para demostrar que funciona. A eso lo llamo yo la constante física de la fusión: es de 50 años, siempre 50 años. Modificando una broma brasileña podemos decir que la fusión es la energía del futuro, y siempre lo será.»

8. ENERGÍAS ALTERNATIVAS. INFORME «RENOVABLES 2050»

Las energías renovables o alternativas son aquellas que provienen del aprovechamiento de los recursos energéticos que proporcionan los ciclos anuales del planeta (sol, viento, el mar, ríos y vegetación), la actividad biológica de los seres vivos (residuos orgánicos) o el calor interno del planeta (geotermia). Todas ellas provienen en última instancia del sol, fuente primaria de energía de nuestro sistema (25). También podemos recurrir a aprovechamientos mixtos, como la energía eléctrica fotovoltaica o la obtención de hidrógeno mediante electrolisis del agua.

Hay que decir que estas energías también tienen un impacto ambiental, que no es debido a su uso sino al ciclo de vida de los materiales que utilizamos para su aprovechamiento. Este impacto es notablemente inferior al que provocan los combustibles fósiles, la energía nuclear o incluso las grandes infraestructuras hidráulicas. También hay que mencionar los impactos visuales o paisajísticos, esgrimidos por algunas plataformas locales para

(25) El sol envía a nuestro planeta una densidad de potencia de 1.353 W/m^2 , que es lo que se denomina «constante solar». Esto significa que sobre la sección iluminada del planeta están incidiendo constantemente unos 172 millones de GW. Es decir, la potencia de 172 millones de centrales nucleares. Esta cifra debe reducirse por los efectos de latitud, radiación reflejada al espacio y el filtrado atmosférico. Pero, en cualquier caso, el sol nos está regalando continuamente una cantidad de energía astronómicamente superior a toda la que nosotros pretendamos generar con nuestros propios medios.

oponerse a la instalación de parques eólicos en su territorio. Todo el mundo acepta que estas instalaciones, al igual que ha ocurrido con otros equipamientos conflictivos, son necesarias, pero provocan el rechazo de algunos ciudadanos cuando son proyectadas cerca de sus lugares de residencia. Es lo que se ha dado en llamar «fenómeno NIMBY» (Not In My Back Yard), siglas que en inglés indican «No en mi casa». Resulta sorprendente que en Tarragona los parques eólicos hayan generado un rechazo mayor que el que sufren los tres reactores nucleares que hay en la misma provincia.

Igual que ocurre con la agricultura ecológica, sometida a impuestos adicionales de los que la agricultura intensiva está exenta, las energías alternativas se ven sometidas a unas trabas por parte de la Administración, que parecen estar destinadas a dificultar su desarrollo. Así tenemos que el prepirineo catalán tiene amplias zonas excluidas de posibles aprovechamientos eólicos, a fin de evitar el impacto visual de los molinos. En cambio, esta exacerbada protección salta por los aires cuando se trata de petróleo. Según hizo público el diario La Vanguardia de 25 de agosto de 2006, la empresa CEPSA tiene autorización para realizar prospecciones petrolíferas en una amplia y hermosísima zona de 177.000 hectáreas, que va desde Bagá hasta Figueres, afectando a las comarcas de Berguedà, Ripollès, Garrotxa y Alt Empordà.

Otro caso ilustrativo de estas trabas adicionales con las que se castigan estas energías, es el proyecto de Decreto de la Generalitat (verano de 2006) sobre la regulación de la ubicación de sistemas de captación de energía solar fotovoltaica, instalados directamente sobre el terreno, con conexión a la Red eléctrica. Este Decreto persigue la regulación de la ubicación de instalaciones de captación solar a fin de preservar el territorio y el paisaje ante un hipotético impacto visual. Pero en ningún momento hace un análisis global y comparativo de los impactos causados por las diferentes

formas de generar electricidad. El Decreto excluye del aprovechamiento solar terrenos improductivos o de cultivo inviable, favoreciendo el despoblamiento y la degradación del campo. Y para finalizar tan brillante iniciativa, el Decreto establece una **fianza para sufragar los costes de desmantelamiento** de estas instalaciones y la restauración de los terrenos, una vez finalizada su explotación. ¿Qué habría ocurrido si semejante condición se hubiera aplicado a las centrales nucleares, a las térmicas o a los grandes embalses? ¿Habrían visto alguna vez la luz?

El Plan de Fomento de las Energías Renovables (**PFER**, Ministerio de Industria y Energía, 1999) establece como objetivo que las fuentes renovables cubran al menos el 12% de la demanda total de energía en España para el 2010. Para ello establece unos objetivos de desarrollo de las distintas tecnologías consideradas. Algunos, como el de la eólica, serán claramente superados por el desarrollo comercial de la tecnología. Otros, en cambio, quizá no lleguen a alcanzarse, al ritmo actual de crecimiento. Y otras tecnologías, como la geotérmica o la de las olas, quedan completamente excluidas del PFER.

Con el fin de acallar de una vez por todas a aquellos que insisten en que las fuentes renovables son incapaces de satisfacer la demanda energética, Greenpeace encargó un informe a un equipo de trabajo muy especial. El informe, titulado «**Renovables 2050**» analiza la capacidad de la España peninsular para satisfacer la demanda estimada de energía en el horizonte del 2050, exclusivamente mediante fuentes renovables.

El muy especial equipo de trabajo que fue contratado por Greenpeace para elaborar este informe, es el Instituto de Investigación Tecnológica (**IIT**) de la Universidad Pontificia de Comillas de Madrid. La peculiaridad del IIT reside en ser un asesor habitual de las grandes compañías eléctricas, lo cual le sitúa fuera de toda sospecha.

La sorprendente conclusión del Informe es que la capacidad total de la España peninsular para generar electricidad mediante fuentes renovables, sumando todos los techos de producción de las distintas modalidades (26), sería **equivalente a 56 veces la demanda eléctrica peninsular, y más de 10 veces la demanda de energía total, estando ambas demandas proyectadas para el año 2050**. El informe está disponible en Internet, en formato pdf, y puede bajarse un resumen o el informe completo en la página

<http://energia.greenpeace.es/info.shtml>

El silencio con que este informe ha sido arrinconado, me hace pensar que están en lo cierto quienes consideran el suministro energético como una herramienta de control político. Para ello, cuanto más centralizado, más fácil de manejar. Y ese sería el gran defecto de las energías renovables: irremediabilmente distribuidas por el territorio, son más difíciles de centralizar, por consiguiente más democráticas que las hidráulicas, las fósiles o las nucleares.

Veremos a continuación cada una de las modalidades de energías renovables, con una descripción de su funcionamiento y los techos de potencia que el informe de Greenpeace les asigna.

8.1 ENERGÍA EÓLICA

Consiste en aprovechar la fuerza del viento para mover un generador de electricidad o accionar una bomba hidráulica. Entre el 1 y el 2% de la energía proveniente del sol se convierte

(26) En el informe se aportan los **techos de potencia** para cada modalidad de energía (eólica terrestre, eólica marina, solar termoelectrica, fotovoltaica, biomasa, geotérmica y energía de las olas). Por **techo de potencia** entendemos la potencia máxima instantánea, medida en GW. Teniendo en cuenta que ninguna fuente puede ofrecer su máxima potencia de forma ininterrumpida, el informe ofrece también los **techos de generación** (TWh anuales), que es la energía total que cada fuente podría suministrar a lo largo de un año.

en viento, debido al movimiento del aire ocasionado por el desigual calentamiento de la superficie terrestre. Esto supone un potencial de energía eólica cinco veces mayor que el actual consumo eléctrico en el mundo. Por tanto, en teoría, la energía eólica permitiría atender sobradamente las necesidades energéticas del mundo.

Como la mayor parte de las energías renovables, la eólica permite un aprovechamiento a pequeña escala, a nivel local, incluso a nivel doméstico. No obstante, aquí nos fijaremos en su aprovechamiento industrial, con grandes aerogeneradores capaces de proporcionar hasta 4MW.

Además del innegable impacto visual que causa la presencia de molinos, se acusa injustamente a la energía eólica de otros dos tipos de impacto. Uno es el ruido que genera el giro de las palas. Hay que decir que cuando giran las palas es que hay viento, y éste de por sí ya produce un ruido natural que enmascara al que puedan generar las propias palas. Además, cuanto mayor es el molino, más lentamente giran sus palas y más silenciosas resultan.

La otra acusación que sufren los molinos de viento es la de provocar mortandad entre las especies de aves protegidas. Esta última y penosa acusación se desmiente con una simple visita a un parque eólico. Una vez allí comprobaremos que es imposible encontrar restos de sangre en las palas, o cadáveres de aves supuestamente masacradas por unas palas que giran a la soporífera velocidad de 22rpm. Resulta curiosa esta preocupación por parte de ciudadanos que ni se inmutan ante la destrucción masiva de los humedales costeros, verdadero refugio de multitud de aves migratorias.

A pesar de las pocas ayudas que recibe, la energía eólica es una tecnología en continuo progreso. Los avances tecnológicos en aerodinámica, dinámica estructural y micrometeorología han contri-

buido a un incremento del 5 por ciento anual en el campo energético por metro cuadrado de área de rotor (registrado en Dinamarca entre 1980 y 2001). La introducción de nueva tecnología en los nuevos aerogeneradores es continua. En cinco años el peso de los aerogeneradores daneses se ha reducido a la mitad, el nivel de sonido se ha reducido a la mitad en tres años, y la producción de energía anual ha aumentado 100 veces en 15 años ¿Cual sería el progreso tecnológico si invirtiéramos aquí una parte de los disparatados presupuestos que devora la industria nuclear? (recordemos el proyecto ITER, el almacén de residuos o simplemente las averías que atormentan a nuestro desvencijado parque nuclear).

Mapa Eólico

Es un Mapa donde se consignan los datos eólicos de cada zona. Estos datos son la velocidad media y las direcciones predominantes del viento, los valores extremos y su regularidad a lo largo del año. Esta herramienta debe permitir la planificación racional del desarrollo de la energía eólica.

En Cataluña este mapa no se ha realizado a partir de datos registrados sino mediante simulación por modelos meteorológicos. El mapa de recursos eólicos resultante proporciona datos con una resolución de 200m. Es decir, disponemos de datos para cada 200m de territorio. El resultado es una malla a dos alturas, 60m y 80m, que incorpora información sobre la orografía del territorio y los usos del suelo (rugosidad). Estos datos deben ser confirmados por mediciones in situ, en aquellas zonas donde se proyecte una instalación.

Una desventaja real de la energía eólica es su variabilidad en función de si hay o no hay viento. Esta variabilidad en el suministro se reduce aumentando el número de parques eólicos conectados a la red. Cuantos más aerogeneradores haya en la red, más se cancelarán mutuamente las fluctuaciones debidas a la presencia/ausencia de viento.

Algunas zonas deben ser excluidas del mapa eólico, incluso estando dotadas de valores de viento aprovechables. Éstas son las zonas asociadas a espacios naturales protegidos y la Red Natura 2000 (Zonas de Especial Protección de Aves ZEPA y Lugares de Interés para la Conservación LIC). También deben ser excluidas otras zonas en función del uso del suelo (zonas urbanas, industriales, de transporte, arrozales, bosques, cursos de agua...).

Puede consultarse el Mapa eólico de Catalunya en el siguiente link: http://mediambient.gencat.net/cat/el_medio/sostenibilitat/mapa_eolic/

Teniendo en cuenta todas estas exclusiones, el informe «*Renovables 2050*» de Greenpeace asigna un **techo de potencia** de 915 GW para la energía eólica terrestre en la península, es decir, el equivalente a 915 Centrales Nucleares. A este techo hay que añadirle otros 164 GW correspondientes a la eólica marina.

Aerogeneradores

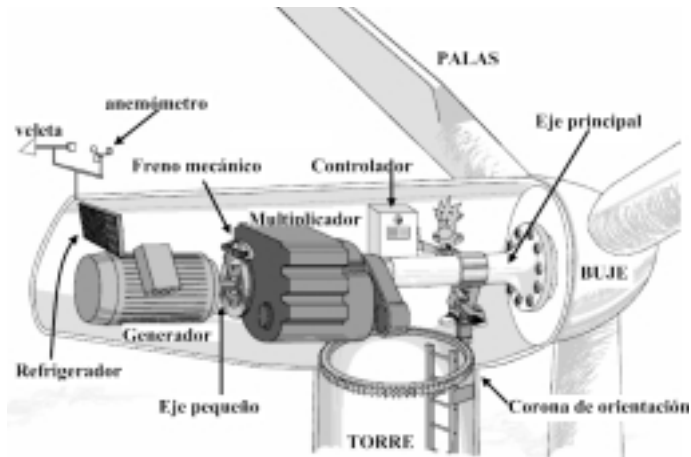
Los aerogeneradores o molinos de viento pueden ser de dos tipos, según el eje de giro. Los de eje vertical (tipo ventilador de techo), si bien no necesitan orientarse al viento ni desconectarse cuando éste alcanza velocidades altas, han caído en desuso debido a su poca eficiencia para generar electricidad.

Los que se han acabado imponiendo son los de eje horizontal (eje de rotación paralelo al suelo) con tres palas. Nos centraremos en este tipo de aerogeneradores. Su principal ventaja es, que al estar a una altura de entre 40 y 60 metros del suelo, aprovechan mejor las corrientes de aire. Tienen una eficacia muy alta y todos los mecanismos para convertir la energía cinética del viento en electricidad están ubicados en la torre y la góndola. Como desventaja tenemos el transporte, debido a sus grandes dimensiones (torres de 60 metros y palas de 40 metros), la fuerza que tienen que resistir las palas, así como que en velocidades

altas de viento (más de 100 Km/h) los aerogeneradores deben de ser parados para evitar daños estructurales.

El mayor aerogenerador de la actualidad, el E-112 fabricado por la empresa alemana ENERCON, tiene una potencia nominal de 6 MW, una góndola de 12m de diámetro diseñada por Norman Foster y una altura de 180m desde el suelo hasta el extremo de la pala, cuando ésta se encuentra en posición vertical.

Partes de un aerogenerador



www.windpower.org/es/kids/index.htm?d=1

Torre

Soporta la góndola y el rotor. Generalmente es una ventaja disponer de una torre alta, dado que la velocidad del viento aumenta conforme nos alejamos del nivel del suelo. Una turbina moderna tendrá una torre de unos 60 metros. Una escalera interior permite acceder a la parte superior de la turbina. En su parte superior está la **corona de orientación**, que permite girar la Góndola para orientarla al viento.

Góndola

Sus dimensiones son tan grandes que podemos calificarla de verdadera sala de máquinas del aerogenerador, en cuyo interior los operadores de mantenimiento pueden permanecer de pie, accediendo por la escalera interior de la torre. Contiene los componentes clave del aerogenerador, incluyendo el multiplicador y el generador eléctrico.

Palas del rotor

Capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje. Su diseño es muy parecido al del ala de un avión y longitudes de 40 metros son habituales.

Buje

El buje del rotor es la parte donde se ensamblan las tres palas con el eje de baja velocidad del aerogenerador.

Eje principal o de baja velocidad

Conecta el buje del rotor al multiplicador. Debe soportar grandes esfuerzos, por lo que es muy grueso. En un aerogenerador moderno el rotor gira muy lento, a unas 22 revoluciones por minuto (rpm) El eje contiene conductos del sistema hidráulico que acciona los frenos aerodinámicos.

Eje pequeño o de alta velocidad

Conecta el Generador con el multiplicador. Este eje gira a 1500 rpm, pero no debe transferir tanta fuerza de giro como el eje principal, por lo que es mucho más pequeño.

Multiplicador

Conjunto de engranajes que hacen que el eje pequeño o de alta velocidad gire más rápido que el eje principal, pasando de 22 rpm a las 1500 rpm, lo que permite que el generador eléctrico produzca corriente alterna de 50Hz. Está equipado con un freno de disco mecánico de emergencia. El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina.

Freno mecánico

El freno mecánico se sitúa en el eje pequeño, entre el multiplicador y el generador. Sólo se utiliza como freno de emergencia en caso de que el freno en punta de pala falle. También se utiliza cuando el aerogenerador está siendo reparado, para eliminar cualquier riesgo de que la turbina se ponga en marcha de repente.

Generador eléctrico

Suele ser un generador asíncrono o de inducción. En los aerogeneradores modernos la potencia máxima suele estar entre 500 kW y 4 MW.

Controlador electrónico

Es un ordenador que continuamente monitoriza las condiciones del aerogenerador y que controla el mecanismo de orientación. En caso de cualquier disfunción, para automáticamente el aerogenerador y llama al ordenador del operario encargado de la turbina a través de un enlace telefónico mediante módem.

Unidad de refrigeración

Contiene un ventilador eléctrico utilizado para enfriar el generador eléctrico. Además contiene una unidad refrigerante por aceite empleada para enfriar el aceite del multiplicador. Algunas turbinas tienen generadores refrigerados por agua.

Anemómetro y Veleta

El anemómetro mide la velocidad del viento y la comunica al controlador electrónico. La veleta mide la dirección del viento.

Principio de funcionamiento de un aerogenerador

La captación de la energía eólica se produce mediante la acción del viento sobre las palas. El principio aerodinámico por el cual el conjunto de palas gira, es el mismo que hace que los aviones vuelen. El aire que fluye por las caras superior e inferior del perfil aerodinámico de las palas, genera una diferencia de pre-

siones entre ambas caras, dando origen a una fuerza de **sustentación** de dirección perpendicular al viento. La suma de las sustentaciones que experimentan las tres palas hace girar el conjunto del rotor.

El conjunto de rotor y góndola deben permanecer orientados al viento. Esto se consigue haciendo girar todo este conjunto sobre el extremo de la torre, gracias a la corona de orientación. Por razones obvias, el extremo de las palas debe guardar en todo momento una distancia de seguridad con el suelo.

Para que un aerogenerador se ponga en marcha necesita un valor mínimo de viento denominado velocidad de conexión, comprendida entre 3 y 5 m/s. Por debajo de la **velocidad de conexión**, el aerogenerador permanece desconectado. A partir de este punto puede generar energía que entregará a la Red, y alcanza su **potencia nominal** para velocidades por encima de 15m/s. Conforme aumenta la velocidad del viento empiezan a actuar los mecanismos activos o pasivos de regulación (modificación del ángulo de ataque de las palas), y la potencia que entrega sigue siendo la nominal, hasta que se alcanza la **velocidad de corte**, donde, por razones de seguridad, debe detenerse el rotor (esta velocidad se considera a partir de 25 m/s).

El eje principal gira solidario con el rotor, a unas 22rpm. Pero el generador necesita girar a 1500rpm para poder generar corriente alterna de 50Hz. Por ese motivo se intercala el multiplicador entre el eje principal y el eje pequeño.

En la interesantísima web www.windpower.org/es/tour/wres/index.htm se pueden recorrer de forma muy didáctica todos los detalles relativos a la energía eólica, desde el origen de los vientos e historia de los molinos, hasta los detalles técnicos de los modernos aerogeneradores. Incluye también una visita guiada para niños en www.windpower.org/es/kids/index.htm llamada «*Moliner y el*

viento» con numerosas animaciones interactivas que abarcan todos los temas de la energía eólica. Por ejemplo, podemos visitar el interior de un aerogenerador, obteniendo explicaciones de cada una de sus partes.

8.2 ENERGÍA SOLAR

Esta fuente se aprovecha de dos formas, según dediquemos la radiación solar a la generación de electricidad (solar fotovoltaica) o utilicemos directamente el calor (solar térmica).

El Código Técnico de la Edificación **CTE**, marco normativo de la Ley de Ordenación de la Edificación LOE, establece entre sus exigencias la de incorporar la utilización de la energía solar térmica y la fotovoltaica en los edificios de nueva construcción.

Solar térmica

Una utilización directa del calor solar nos permite obtener calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria para uso doméstico y climatización de piscinas. Todos estos usos constituyen lo que se denomina **energía termosolar de baja temperatura**. En Cataluña existen **subvenciones** para proyectos basados en este tipo de energía. Los destinatarios de estas subvenciones pueden ser familias, comunidades de propietarios, instituciones sin ánimo de lucro e incluso empresas privadas. Las solicitudes para estas subvenciones deben ser cursadas a través del Institut Català d'Energia de la Generalitat ICAEN (www.icaen.net).

Más allá del nivel doméstico, la energía solar térmica se aprovecha para generar electricidad. El calor captado se destina a calentar un fluido que acabará accionando una turbina generadora de electricidad. Las diferentes tecnologías se agrupan en dos categorías: las de media y de alta temperatura. En las de alta temperatura (centrales de torre y generadores discoparabólicos), el fluido puede sobrepasar los 700°C.

En España existe la **Plataforma Solar de Almería (PSA)**, como único proyecto termoeléctrico de alta temperatura, que cuenta con una central de Torre de 7 MW térmicos y 1,2 MW eléctricos. Otro proyecto en marcha es la Planta solar PS10 en Sanlúcar la Mayor (Sevilla): un campo de 624 helióstatos (refletores con seguimiento solar que apuntan al extremo de la torre) de 50 hectáreas, enfocarán al receptor térmico situado en lo alto de una torre de 90m, para alcanzar una potencia nominal de 11MWe.

Los de media temperatura son las **centrales de colectores cilindroparabólicos**, en las que el fluido alcanza los 400°C. Consisten en unos espejos cilindroparabólicos que reflejan la radiación sobre un tubo situado en su eje focal. Por dicho tubo circula el fluido, cuyo vapor sobrecalentado acciona la turbina que genera la electricidad. Este tipo de colector precisa de sistemas de seguimiento solar. En este momento esta tecnología es la más desarrollada siendo, junto con las centrales de torre, las más apropiadas para proyectos de gran tamaño conectados a la red, en el rango de los 30 a 200 MW. Diversos proyectos con colectores cilíndricoparabólicos se encuentran instalados en la Plataforma Solar de Almería. (fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía **IDAE**, adscrito al Ministerio de Industria www.idae.es)

La Plataforma Solar de Almería (PSA), dirigida por el **CIEMAT** (27), es el mayor centro de investigación, desarrollo y ensayos de Europa dedicado a las tecnologías solares. Tiene una extensión de 103 Hectáreas y en ella trabajan cerca de 90 personas, en el centro de Almería, y otras 17 desde las oficinas en Madrid. Si lo comparamos con el emplazamiento nuclear de

(27) CIEMAT Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, organismo adscrito al Ministerio de Educación y Ciencia, dedica sus esfuerzos, tanto a las energías renovables como a las fósiles o a las nucleares.

Tricastin en Francia, con 600 hectáreas y 5000 empleados, sobran los comentarios. En la PSA se realizan estudios múltiples sobre el uso de radiación solar concentrada y la generación de energía eléctrica, así como para avanzar en el desarrollo de esta tecnología y su abaratamiento.

Chimenea solar

Debido a su peculiaridad, el informe Greenpeace considera la chimenea solar como una energía con entidad propia, asignándole un enorme techo de potencia de 324 GW, con los que podría cubrirse hasta tres veces la demanda eléctrica peninsular para el 2050. La chimenea solar consiste en un invernadero de enormes proporciones (unos 4 Km²), en cuyo centro se encuentra una chimenea de gran altura. El aire caliente del invernadero asciende por la chimenea, accionando la turbina que genera la corriente. La energía almacenada por el suelo permitiría un funcionamiento de 24 horas, con suelos cuya pendiente no exceda del 2%, o bien del 7% si la orientación es a Sur, y utilizando acumuladores que devuelvan por la noche el calor acumulado durante el día.

Solar fotovoltaica

Consiste en aprovechar la radiación solar para producir electricidad directamente, mediante el efecto fotovoltaico en células de silicio.

Los paneles fotovoltaicos (agrupaciones de células de silicio) proporcionan corriente continua, que puede ser utilizada directamente para cargar baterías, alimentar señalizaciones y estaciones de comunicación, pero también puede convertirse en corriente alterna y conectarla a la red.

La situación de esta energía a finales de 2004 en España era de una potencia instalada de 38,7MW, muy por detrás de Alemania con 794MW, y Países Bajos con 75,2MW, ambos países con una insolación anual abrumadoramente inferior a la de España. (fuente: IDAE).

Según el real decreto 436/2004 de 12 de marzo, la producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por fuentes renovables podrá ser vendida al distribuidor, percibiendo por ello una retribución en forma de tarifa regulada.

Un problema que ahoga esta interesantísima fuente de energía es la insuficiente producción de silicio. Las células que constituyen los paneles fotovoltaicos están fabricadas con el silicio empleado por la industria microelectrónica. Los fabricantes de este tipo de silicio (de grado semiconductor), consideran a la industria fotovoltaica en segundo lugar en lo que sus prioridades se refiere. Ya en 2005 se han producido incumplimientos de suministro a algunos fabricantes de células, y es de esperar que el problema se agrave en los próximos años. Por otro lado, esta escasez de silicio está impidiendo a la industria fotovoltaica adquirir un desarrollo que le permita satisfacer la creciente demanda, y a la vez convertirse en un cliente potente, capaz de desencadenar un incremento en la producción de silicio. En definitiva, un círculo vicioso que no podrá romperse a menos que la Administración se implique. Ecologistas en Acción, junto con CCOO y UGT, han propuesto públicamente la instalación en España de una factoría capaz de producir 5000 toneladas anuales de silicio fotovoltaico.

El informe Greenpeace desglosa la fotovoltaica en dos categorías. En primer lugar las instalaciones fijas integradas en edificios, a las que les asigna un techo de 494,5 GW. En segundo lugar las instalaciones con seguimiento (mecanismo que les permite seguir el movimiento del sol), a las que les asigna techo de 708,4 GW. La suma de ambas modalidades permitiría cubrir 7 veces la demanda eléctrica peninsular para 2050.

8.3 ENERGÍA MAREOMOTRIZ

Consiste en aprovechar el cambio de nivel del mar que provocan las mareas para llenar un recinto que aprovecha posteriormente la fuerza de salida del agua almacenada, para mover turbinas y generar electricidad. El informe Greenpeace no toma en consideración esta fuente de energía, supongo que por el hecho de que la mayor parte de nuestro litoral carece de mareas.

8.4 ENERGÍA DE LAS OLAS

Consiste en aprovechar la fuerza de las olas para mover estructuras en forma de batiente, que muevan turbinas que generen electricidad. Aunque no existe en España ninguna instalación en fase comercial, es interesante considerar esta fuente de energía, dado el extenso litoral que posee la península.

El informe Greenpeace considera aprovechable sólo un 90% del potencial disponible a lo largo de una franja entre 5 y 30 km de distancia a la costa, en una línea paralela a la misma, distribuyendo los sistemas intercalados de forma que no exista una barrera continua. Estas infraestructuras pueden coexistir con instalaciones de energía eólica marina, en un mismo emplazamiento.

Debido a la escasez de datos, el informe Greenpeace hace una estimación aproximada del potencial de esta fuente de energía. El techo de potencia que le asigna es de 84,4 GW con los que podría cubrirse sobradamente toda la demanda eléctrica peninsular estimada para el 2050.

8.5 ENERGÍA MINI HIDRÁULICA

Siempre que dispongamos de desniveles en el curso de un río, podremos utilizar la energía asociada a la caída del agua para accionar una turbina generadora de electricidad. Si aumentamos artificialmente este desnivel mediante la construcción de presas, podremos utilizar turbinas de mayor potencia. Para conseguir

centrales hidroeléctricas de gran tamaño (algunas superan los 6000MW), es necesaria la construcción de grandes presas que elevan el desnivel del agua a centenares de metros. Estas presas cortan completamente el curso del río, anegando miles de hectáreas, llegando incluso a desalojar forzosamente pueblos enteros. Por este motivo me resisto a considerar la energía hidroeléctrica de gran potencia como una fuente renovable.

No obstante, el informe Greenpeace toma en consideración tanto las centrales hidroeléctricas como las minihidráulicas (Potencias inferiores a 10MW), asignándoles techos de potencia de 16,6 GW y de 2,2 GW respectivamente.

Las centrales minihidráulicas tienen un impacto ambiental muy reducido, ajustándose mejor a la morfología del río y prescindiendo en muchos casos de la construcción de presas. Si ello no es posible, la altura de la presa no debe superar los 15m de altura, para que la central pueda ser considerada minihidráulica. En tal caso conviene construir un canal adyacente, que desvíe parte del caudal, con el fin de mantener el caudal ecológico del río y evitar el corte que supone la existencia de la presa.

Las instalaciones minihidráulicas contribuyen a la diversificación de las fuentes, permiten el acercamiento al usuario, convirtiendo la energía en un recurso gestionado de manera local, y dan servicio a zonas aisladas, como en el caso de las microcentrales, de escaso impacto ambiental y múltiples posibilidades de localización. Son muy útiles para abastecer pueblos o regiones montañosas alejadas de la Red.

A pesar de las claras ventajas medioambientales de este tipo de instalaciones, es necesario que exista una clara voluntad política para su fomento ya que, sobre todo en el caso de las centrales de menor tamaño, el esfuerzo de inversión no es proporcional a la rentabilidad obtenida. La iniciativa pública es fundamental en estos casos, considerando además que muchas de estas infraes-

estructuras son propiedad parcial o total del Estado y su puesta en marcha se realiza mediante concesiones administrativas por concurso público.

(www.construible.es)

8.6 ENERGÍA GEOTÉRMICA

Consiste en aprovechar el calor interno del planeta para perforar pozos que permitan calentar agua a alta, media o baja temperatura, para aprovechamiento energético posterior.

El informe «Renovables 2050» de Greenpeace propone la tecnología de roca seca caliente, que no precisa de acuíferos. Se inyecta un fluido a presión, hasta la profundidad deseada, para que reciba el calor de las rocas, y este mismo calor lo transporte a la superficie.

Asumiendo un nivel térmico de 180°C en las rocas y un rendimiento del 11%, el informe calcula un techo de potencia de 2,48 GW con los que se abastecería el 7% de la demanda eléctrica peninsular prevista para el 2050.

Al ser una energía disponible de forma permanente, podría servir para contrarrestar las fluctuaciones de otras fuentes renovables, sometidas a la variabilidad de la insolación o del viento.

8.7 BIOMASA

Algunos ecologistas están poniendo en duda el carácter renovable de esta fuente de energía. Argumentan que el verdadero uso renovable de la biomasa debería ser la fabricación de compost destinado a la restauración del suelo y como fertilizante para la agricultura ecológica. Por el contrario, su utilización intensiva como recurso energético, no solo dejaría de ser neutra en la emisión de CO₂ ni contribuiría al mantenimiento de la población rural, sino que llegaría a significar una nueva forma de explotación del tercer mundo, imponiendo nuevos monocultivos desti-

nados a satisfacer el derroche energético del primer mundo. No obstante, haré una breve descripción de este recurso.

Consiste en aprovechar una masa de materia forestal o agrícola de renovación periódica para generar energía de dos formas posibles: quemándola y aprovechando el calor para generar electricidad o calentar agua, o bien metanizándola por digestión y aprovechando el gas resultante (metano) para generar electricidad por calor o calentar agua.

Se incluyen también en esta modalidad los llamados **cultivos energéticos** que son unos cultivos de plantas de crecimiento rápido destinadas únicamente a la obtención de energía o como materia prima para la obtención de otras sustancias combustibles. Podemos enumerar tres tipos:

Cultivos productores de biomasa lignocelulósica, apropiados para producir calor mediante combustión directa en calderas. En el área mediterránea son los de especies leñosas cultivadas en turnos de rotación cortos, o los cultivos de especies herbáceas, entre los que destaca el cardo.

Los que se obtienen en estado líquido, que pueden ser usados como carburantes de los motores de combustión interna, y que se adapten al estado actual de la técnica, tanto en los de encendido por compresión como por chispa. Estos son los aceites vegetales con diferentes grados de transformación y los alcoholes obtenidos por destilación.

Cultivos de semillas oleaginosas: básicamente son cultivos de colza, soja y girasoles, destinados a la obtención de aceites vegetales aptos para ser usados como carburantes en el sector de la automoción, y conocidos comúnmente como **biocarburantes**.

El informe de Greenpeace asigna dos techos de potencia para esta fuente. El más restrictivo, que limita el aprovechamiento a zonas con pendientes inferiores al 4% para monte bajo, e infe-

riores al 3% para los cultivos, asigna un techo de potencia de 15,2 GW con los que se podría satisfacer hasta un 39,2% de la demanda para el 2050.

Nuevamente, esta fuente de energía, dada su capacidad de almacenamiento, podría ser muy útil para la regulación del sistema eléctrico.

8.8 HIDRÓGENO

Del consumo total de energía primaria en España, el 50% se obtiene del petróleo. Una buena parte de este consumo está provocado por el transporte y la agricultura. Las fuentes renovables producen principalmente electricidad, por lo cual no son una alternativa inmediata al petróleo. El motivo es que la electricidad es difícilmente almacenable, y el transporte requiere una fuente de energía fácil de almacenar y transportar, que dote de autonomía a vehículos, camiones, tractores, etc.

Un combustible absolutamente limpio es el hidrógeno, ya que su combustión produce agua pura como único residuo. Pero su obtención requiere el consumo de gran cantidad de energía eléctrica. Aquí podría jugar un papel importante la electricidad generada con fuentes renovables, cuyos excedentes, destinados a la obtención de hidrógeno, proporcionarían una auténtica alternativa al petróleo.

Una forma de utilización del hidrógeno que parece destinada a protagonizar el futuro son las llamadas **células de combustible** (en inglés fuel cells). Desde la década de los años 60, los astronautas las han estado utilizando para proveerse de energía a bordo de las naves espaciales. Son tan limpias que actualmente los astronautas beben el agua producida por las células de combustible del Transbordador Espacial.

Las células de combustión están siendo objeto de intensos programas de investigación, y pronto podrían llegar a ser habi-

tuales en la Tierra, proporcionando energía a coches, camiones, ordenadores portátiles y teléfonos móviles. No obstante hay que indicar que, para tener agua pura como único residuo, el combustible empleado debe ser únicamente hidrógeno. El empleo de cualquier otro hidrocarburo, por ejemplo metanol, provoca la aparición de CO₂ junto al agua pura, en el residuo de la combustión. Empleadas así, las células dejan de ser útiles para nuestra lucha contra el efecto invernadero.

ANEXO- 1

PARQUES NUCLEARES ESPAÑOL Y FRANCÉS

En estos momentos, tras el cierre de Zorita en abril de 2006, tenemos en España 8 reactores en servicio, repartidos en 6 localizaciones:

C.N. Santa M^a de Garoña

Localización: Santa M^a de Garoña (Burgos)

Puesta en marcha: 1971

Potencia instalada: 466 MW

C.N. Almaraz 1 y 2

Localización: Navalmoral de la Mata (Cáceres)

Puesta en marcha: 1971; 1983

Potencias instaladas: 973 MW y 983 MW

C.N. Ascó 1 y 2

Localización: Ascó (Tarragona)

Puesta en marcha: 1983 y 1985

Potencias instaladas: 979 MW y 976 MW

C.N. Cofrentes

Localización: Cofrentes (Valencia)

Puesta en marcha: 1984

Potencia instalada: 1025 MW

C.N. Vandellós 2

Localización: Hospitalet de L'Infant (Tarragona)

Puesta en marcha: Marzo 1988

Potencia instalada: 1057 MW

C.N. Trillo 1

Localización: Trillo (Guadalajara)

Puesta en marcha: Mayo 1988

Potencia instalada: 1066 MW

Los 2 reactores siguientes se hallan fuera de servicio, y tienen que transcurrir décadas antes de proceder a su desmantelamiento:

C.N. Vandellós 1

Localización: Hospitalet de L'Infant (Tarragona)

Puesta en marcha: Junio 1972

Parada: Octubre 1989

Potencia instalada: 497 MW

Producción desde origen: 55.647 GWh en 17 años de servicio.

C.N. José Cabrera (Zorita)

Localización: Almonacid de Zorita (Guadalajara)

Puesta en marcha: 1968

Parada: Abril 2006

Potencia instalada: 160 MW

Producción desde origen: 29.371.418 MWh

El Cabril es actualmente el único cementerio nuclear español, acondicionado para residuos de baja y media actividad RBMA (con una vida máxima de 300 años). Está situado en el término municipal de Hornachuelos (Córdoba). Lleva almacenados 17000 m³ de basura (30% de su capacidad). Diariamente llega un camión procedente de alguno de los nueve reactores nucleares españoles, y cada semana dos camionetas cargadas con material contaminado procedente de unos 600 hospitales y centros de investigación. En total, 2000 m³ anuales, con capacidad para recibir residuos hasta la segunda década de este siglo.

Juzbado (Salamanca) alberga la fábrica de elementos combustibles, gestionada por ENUSA Industria Avanzadas SA.

Red Nuclear francesa

El 80 % de la producción francesa de electricidad es de origen nuclear. Cuenta actualmente con 34 unidades de 900 MW, 20 unidades de 1300 MW y 4 reactores de 1450 MW, el último de los cuales fue puesto en servicio en 1999 en Civaux. En total son **58 reactores** en funcionamiento, frente a los 8 reactores españoles, y se encuentran ubicados en 20 emplazamientos:

Belleville, Blayais, Bugey, Cattenom, Chinon, Chooz, Civaux, Cruas-Meyse, Dampierre, Fessenheim, Flamanville, Golfech, Gravelines, Nogent, Paluel, Penly, Saint Alban, Saint Laurent y Tricastin.

Creys-Malville se encuentra actualmente fuera de servicio.

El emplazamiento de Tricastin, el más próximo a España, es la instalación nuclear más importante de Francia. Ocupando una superficie de 600 hectáreas, da empleo a 5000 personas y reúne las unidades de producción (4 reactores de 900Mw), laboratorios de investigación y todas las operaciones ligadas al ciclo del combustible, salvo la minería.

ANEXO- 2

DOSIS DE RADIACIÓN Y EFECTOS EN LA SALUD

Radiaciones ionizantes son aquellas que poseen suficiente energía para arrancar electrones de la corteza atómica. Pertenecen a esta categoría todas las emisiones radioactivas (partículas α , β , neutrones y rayos gamma) así como los rayos X. Estas radiaciones pueden producir radicales libres en los lípidos del cuerpo humano, causantes de mutaciones en el DNA que dan origen al cáncer.

Hay que distinguir entre intensidad de radiación medida en Bequerel (Bq)

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ desintegración por segundo (28)}$$

y **Dosis efectiva**, que es la Energía absorbida por cada Kg de masa, ponderada por el tipo de tejido (el daño biológico varía según el tejido) y el tipo de partícula que incide sobre el mismo. Se mide en Sievert (Sv) y es:

$$Sv = W \times \text{Julio/Kg} \quad (W = \text{Factor de corrección por partícula y órgano})$$

Se utiliza la milésima parte de esta unidad, el **milisievert (mSv)**. También se usa el **rem** = centésima parte del Sv (1 rem = 10 mSv).

La dosis máxima recomendada ha ido disminuyendo con el tiempo, a medida que se conocían los efectos de la radiación. A partir de 1925 empiezan a detectarse enfermedades entre los operadores de rayos X, y se establece una dosis permitida de 500 mSv por año. Esta dosis se redujo a 300 mSv en 1934, a 50 mSv en 1956 y a 20 mSv en la década de los 90.

(28) históricamente se utilizó el Curio (radiación emitida por un gramo de Radio), que ha caído en desuso por ser una unidad excesivamente grande
1 Curio = $3,7 \times 10^{10}$ Bq

El Reglamento sobre protección sanitaria contra Radiaciones Ionizantes del Ministerio de Trabajo (29) propone unas dosis de 20 mSv por año para trabajadores expuestos a radiación, 6 mSv por año para estudiantes que manipulen fuentes radioactivas y 1 mSv por año para el público en general. El plan **PENTA** califica de accidente grave toda fuga que provoque en el exterior de la instalación valores que alcancen 5 mSv.

La conclusión es que **no hay dosis segura**, aceptándose el principio de que la única dosis inocua es la **radiación natural**. Por bajas que sean, las radiaciones ionizantes pueden acabar produciendo modificaciones fatales en los organismos vivos. Buena prueba de ello es la ampliación de El Cabril, que en 2007 entrará en funcionamiento, destinada a recibir residuos de **muy baja actividad**, entre 100 y 1.000 veces por debajo de las de los que actualmente se almacenan en la instalación, ya de por sí considerados de baja y media actividad RBMA.

Los efectos sobre la salud se clasifican en dos grandes categorías, según la cantidad de radiación recibida:

Efectos determinísticos. Cuando la dosis es excepcional (>3000 mSv), los efectos son inmediatos y evidentes, pudiendo producir la muerte en cuestión de pocos días. Tales casos están relacionados con incidentes específicos, accidentes o explosiones nucleares, que no dejan lugar a dudas.

Efectos estocásticos o aleatorios. Son aquellos daños biológicos cuya probabilidad depende de la dosis total recibida, tiempo después de algún incidente, o por efecto acumulativo durante exposiciones continuadas. Como acabamos de ver, no es posible establecer un umbral de dosis de seguridad.

(29) este Reglamento puede consultarse en www.mtas.es/insht/Legislation/RD/radiaciones.htm

ANEXO- 3

ENLACES DE INTERES

La mayor parte de la información contenida en este librito la he obtenido de la Coordinadora **TANQUEM LES NUCLEARS** (www.100x100renovables.net) cuyo objetivo es obtener un calendario de cierre de las CCNN ubicadas en territorio español.

Esta coordinadora, a la que Attac-Catalunya está adherida, ha sido impulsada por **Greenpeace** (www.greenpeace.org/espana) y por **Ecologistas en Acció de Catalunya** (www.ecologistesenaccio.cat), en cuya web se encuentran una serie de documentos y presentaciones en powerpoint que han servido de base para lo aquí expuesto.



Algunas informaciones sobre averías recientes, el almacén español de residuos ATC o el fiasco nuclear francés durante la canícula veraniega, han sido obtenidas de la prensa escrita.

Finalmente, muchos datos puntuales los he obtenido o confirmado en Internet, en direcciones que cito a pie de página, o bien en algunas de las direcciones siguientes:

GCTPFNN – Grup de Científics i Tècnics Per un Futur No Nuclear www.energiasostenible.org/

CRISISENERGETICA – Interesante página sobre el tema de la energía en general, desde un punto de vista crítico y sostenible. Incluye Foros, noticias y entrevistas. www.crisisenergetica.org

SIEVERT - Esta curiosa web sobre la Dosis de radiación, permite calcular la radiación cósmica recibida durante un vuelo en avión. www.sievert-system.org/WebMasters/sp/

WIKIPEDIA – La enciclopedia libre de Internet, de donde he extraído múltiples informaciones

<http://es.wikipedia.org/wiki/Portada>

ANAV – Asociación Nuclear Ascó-Vandellós www.anav.es

CSN – Consejo de Seguridad Nuclear www.csn.es

MINISTERIO de TRABAJO – Reglamento sobre protección sanitaria contra Radiaciones Ionizantes

www.mtas.es/insht/Legislation/RD/radiaciones.htm

Foro de la Industria Nuclear Española www.foronuclear.org

ENRESA – Empresa Nacional de Residuos www.enresa.es

ENUSA – Empresa Nacional del Uranio www.enusa.es

Dirección General de Protección Civil

www.proteccioncivil.org/nuclear.htm

ITER – proyecto de Reactor Internacional Termonuclear Experimental www.iter.org

%

—

attac

ATTAC, MOVIMIENTO INTERNACIONAL DE CIUDADANOS PARA EL CONTROL DEMOCRÁTICO DE LOS MERCADOS FINANCIEROS Y SUS INSTITUCIONES

Attac, es un movimiento de educación popular orientado hacia la acción, que propone:

Grabar con una tasa las transacciones financieras, como la Tasa Tobin.

Obligar que los mercados financieros y las empresas transnacionales paguen impuestos.

Suprimir los Paraísos Fiscales y defender los Servicios Públicos.

Cancelar la Deuda Externa de los países pobres, convertir el "libre comercio" en Comercio Justo.

Exigir una Europa de los ciudadanos.

La reestructuración democrática de los organismos internacionales: BM, FMI, OMC, ...

Avanzar hacia la implantación de la JUSTICIA GLOBAL.

Fomentar el debate y la reflexión entre los ciudadanos, promover la Paz y la Justicia entre los pueblos, y rechazar la violencia como método para solucionar los conflictos.

***SE TRATA DE REAPROPIARNOS TODOS JUNTOS DEL
FUTURO DE NUESTRO MUNDO. QUE NADA QUE NOS
AFECTE SE HAGA SIN NUESTRA PARTICIPACIÓN***

ATTAC - Movimiento internacional de ciudadanos para el control democrático de los mercados financieros y sus instituciones

C/. Aragón, 174-176, 2ª, 3ª • 08011 Barcelona
attac-catalunya@pangea.org http://attac-catalunya.org

Boletín de inscripción

- Deseo recibir más información Deseo inscribirme en ATTAC
Marcar con una X la opción deseada. En caso de desear únicamente más información, rellenar solo nombre y apellidos, domicilio, teléfono y correo electrónico.

DATOS PERSONALES

Nombre y apellidos

DNI Fecha de nacimiento

Domicilio

PoblaciónCodigo Postal.....

Profesión Estudios

Tel. particularTel. trabajo

Fax Correo electrónico

Asociaciones a las que pertenece o ha pertenecido

Cuota trimestral: (marcar X)

A 6 € C 18 €

Firma:

B 12 € D..... € Fecha

DOMICILIACIÓN BANCÀRIA

Sr. Director.....

BANCO O CAJA DE AHORROS.....

Dirección.....

PoblaciónCodigo Postal.....

C. C. C.

--	--	--	--	--

--	--	--	--	--

--	--

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Le agradecería cargue en mi cuenta/libreta arriba indicada y hasta nuevo aviso los recibos que le sean presentados por "ATTAC-Movimient internacional de ciutadans per al control democràtic dels mercats i les seves institucions", en concepto de cuota.

Firma:

Titular

D.N.I.

% attac
justicia económica global

**ASOCIACIÓN para la TASACIÓN de las TRANSACCIONES
financieras y la ACCIÓN CIUDADANA**
Movimiento internacional de ciudadanos para el control
democrático de los mercados financieros y sus instituciones
c/ Aragó, 174-176, 2º, 3ª · 08011 Barcelona
attac-catalunya@pangea.org
www.attac-catalunya.org