

Criterios relativos al emplazamiento de centrales nucleares

Por FERNANDO MEJON ZARRALUQUI

Ingeniero de Caminos, C. y P.
CEOTMA, MOPU.

La localización de instalaciones industriales es uno de los aspectos más importantes de la ordenación del territorio, que adquiere particular trascendencia en el caso de las centrales nucleares. En este artículo se presenta un esquema de los estudios previos a la elección de emplazamiento, con todos los criterios a tener en cuenta y las limitaciones existentes en relación con recursos hidráulicos, accesos, seguridad, impacto económico, social, estético, etc., incluyéndose un ejemplo de la metodología a seguir, así como una propuesta de las acciones que deben realizarse dentro de los estudios preliminares.

1. GENERALIDADES

La elección del emplazamiento de cualquier instalación industrial es un problema complejo, imposible de solucionar de forma perfecta, si bien entre todos las soluciones posibles existen algunas que se pueden aproximar a los objetivos previamente establecidos.

Sin embargo, tales objetivos son frecuentemente motivados por voluntades políticas o técnicas en función de "pesos" relativos difíciles de discernir y medir con unidades comparables, por lo que sería ingenuo creer en una doctrina sobre la materia que permita conducir racionalmente a una decisión mediante un método sistemático automáticamente aplicable.

No obstante, el análisis de las limitaciones técnicas y la valoración económica de los aspectos más fácilmente cifrables deben presentar una ayuda importante a la decisión de la elección de emplazamientos, así como su interacción con el medio ambiente.

Hasta el presente en el caso concreto de instalaciones nucleares, han sido las empresas eléctricas las que han estudiado el emplazamiento que han considerado más apropiado para la construcción de sus centrales nucleares, solicitando de la Administración la pertinente autorización, en cuya tramitación seguida por el Ministerio de Industria y Energía, se han recabado informes de los Organismos Estatales afectados, destacando entre ellos la Junta de Energía Nuclear, y a la vista de todos los informes emitidos, el Ministerio de Industria y Energía ha otorgado o no la autorización solicitada, recogiendo e imponiendo en el primer caso las prescripciones sugeridas por los organismos informantes.

La práctica seguida no significa que las empresas eléctricas hayan escogido los emplazamientos de forma caprichosa. Sus técnicos encargados del análisis del problema se han sujetado a unos criterios previos, entre los que posiblemente hayan tenido una gran importancia los factores económicos, y fundamentalmente la proximidad a sus propios mercados, y aunque también es posible que no hayan tenido presente de forma suficiente otras cuestiones de interés nacional, es indudable que cuando la empresa se lanza a realizar las fuertes inversiones necesarias, es porque conscientes de su misión de Empresa de Servicios Públicos, son absolutamente precisas para atender la demanda de su mercado y en consecuencia para hacer frente a una necesidad nacional.

Sin embargo, y a pesar de que existen ya algunos emplazamientos elegidos suficientes para un plazo relativamente largo, dada la conflictividad que generan las centrales nucleares parece que debe ser la propia Administración, la que debe tomar la iniciativa en cuanto a la selección de emplazamientos dentro de un contexto general de la política de Ordenación del Territorio. Por otra parte, una reserva anticipada de posibles emplazamientos facilitará el destino a ese fin de los más adecuados, sin tener que introducir forzosas descalificaciones de suelos previstos para otros usos.

Es evidente que las necesidades de energía son crecientes, y eso tanto en un modelo social como en otro. España es uno de los países europeos en los que por habitante el consumo energético es menor (incluso prescindiendo de los destinados a calefacción), lo que da lugar a que en 1976 hayamos consumido por habitante sólo un — 54 por 100 del consumo medio por habitante en Europa producido en 1975.

Nuestro desfase respecto a Europa aún se hará

más agudo en los próximos años, pues si bien la propuesta de Plan Energético Nacional prevé un aumento de la demanda energética del orden del 3 por 100 anual acumulativo, en Europa, tanto dentro del Area de Países de Economía Planificada como de la del Area de Países de Economía de Mercado las tasas de crecimiento de la demanda prevista hasta 1990 superan el 4 por 100 anual acumulativo.

Respecto a la generación de electricidad la tendencia en los países desarrollados es de que cada vez representa una parte más importante en el consumo final, y dentro de ella que la participación de la energía nuclear sea cada vez mayor, pues no se prevé que antes de ya entrado el siglo XXI pueda disponerse de aportaciones importantes de energía procedentes de otras fuentes, a parte de las ya consideradas encomendadas al carbón, y aunque en España están estudiadas y proyectadas 329 nuevas centrales hidroeléctricas capaces de aportar en año y medio del orden de 25.000 GWh, su construcción está condicionada a un cambio en los condicionantes económicos que los afecta, y sólo serviría para reducir algo las necesidades nucleares.

De lo expuesto se desprende el interés que puede tener una acertada elección de emplazamientos para las centrales nucleares, cuya reserva no debe limitarse a las necesidades de los próximos diez años.

En el presente artículo se consideran dos partes. La primera consiste en un resumen esquemático de los factores que se consideran en Francia como determinantes en la elección de emplazamientos. Se ha elegido Francia, tanto por disponerse de abundante información sobre el tema como por ser una nación con demostrada tradición democrática. Dentro de esa primera parte, se destacan los criterios económicos con la influencia del transporte y las limitaciones impuestas por los vertidos por tratarse de factores que de forma relativa o absoluta conducen a una primera eliminación de emplazamientos, y se completa con un capítulo en el que se expone una propuesta de una metodología objetiva a seguir a modo de ejemplo para valorar la calidad comparada de varios emplazamientos.

En la segunda parte se sugieren acciones que deberían realizarse de forma inmediata, y que podrían considerarse como parte de los estudios preliminares definidos en el apartado primero de la primera parte. Con ello se tendría una eliminación de amplias zonas del territorio nacional, que quedarían liberadas de una posible servidumbre nuclear, reduciéndose las áreas en las que habría que hacerse análisis más profundos que forzosamente requerirían plazos más dilatados.

PRIMERA PARTE

1.1. Esquema de las fases de estudios previos a la elección de emplazamientos.

Las fases de estudios contemplados son las siguientes:

Estudios preliminares (se realizan nueve u ocho años antes de la fecha prevista para la entrada en servicio de la central).

Estudios de anteproyecto (se realizan de ocho a siete años antes de la fecha prevista para la entrada en servicio de la central).

Como consecuencia de los estudios preliminares quedan eliminados varios de los emplazamientos contemplados, continuándose en los considerados inicialmente como posibles los estudios de anteproyecto, eligiéndose el emplazamiento según los resultados de estos estudios, iniciándose la tramitación oficial y la Declaración de Utilidad Pública.

En el emplazamiento elegido continúan los Estudios del Proyecto que se realizan entre siete y cinco años antes de la entrada en servicio, y terminados los cuales se inician las obras.

Desde el punto de vista ecológico, a partir de dos años antes de la entrada en servicio, se inician los Estudios de Seguimiento ecológico que se extienden indefinidamente aun después de que comience el funcionamiento de la central.

Estudios preliminares.

Consisten en la realización de un inventario de posibles emplazamientos, consecuencia de un ligero reconocimiento sobre plano a escala 1/25.000 y sobre el terreno seguido de unos someros informes de la influencia de la central en el medio ambiente, realizados entre otros organismos por el Instituto Científico y Técnico de Pesca Marítima.

Estudios de anteproyecto.

Consisten en:

- Análisis de las características del emplazamiento: geológico, reconocimiento del terreno, meteorología, hidrogeología, estudio de las corrientes marinas, etc.
- Estudio del efecto de la central sobre el medio ambiente: calentamiento de las aguas, influencia sobre flora y fauna, influencia en el emplazamiento y el paisaje, ruido, etc.

CRITERIOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES

- Estudio de volúmenes de la central: disposición de las construcciones, obras hidráulicas y pasillos de líneas.
- Análisis de la seguridad y protección radiológica.
- Estudio del impacto económico y social en la zona tanto durante el período de construcción como durante la explotación.

Importancia especial tienen los estudios ligados a la influencia de la central en el medio acuático que en casos es un factor determinante.

Entre los estudios de anteproyecto se cuentan los encomendados al Instituto Científico y Técnico de Pesca Marítima (ISCTPM) en relación con todas las especies acuáticas objeto de explotación por el hombre, al Centro Nacional de Explotación de los Océanos (CNEXO) respecto a la flora y fauna no comercializada que interviene en la producción del medio marino y los Laboratorios Locales sobre la microbiología y toxicología del medio acuático.

1.2. Criterios económicos. Influencia del transporte.

En el emplazamiento de toda instalación industrial puede tener influencia decisiva la diferencia de costes del transporte de las materias primas y el producto elaborado. En la localización de las centrales térmicas convencionales pesaba enormemente el transporte de los combustibles. Para una producción anual de 6.600 GWh se necesitaban 1,5 millones de toneladas de fuel-oil o 2,5 millones de toneladas de carbón, mientras que en una nuclear es suficiente con 30 toneladas (600 toneladas con embalaje) de uranio, y el coste de su transporte es notablemente inferior al de la energía eléctrica. Por eso y para reducir las pérdidas en el transporte las centrales nucleares se tienden a ubicar en el centro de gravedad de la zona de consumo. Sin embargo, el problema del transporte no es determinante aunque sea preciso eliminar ciertos desplazamientos por la dificultad de conducir a ellos grandes piezas del montaje de la instalación, lo que suele producirse en zonas montañosas, las cuales por razones meteorológicas ya son poco indicadas para localizar centrales nucleares.

Al tomarse la decisión de construir una nueva central se hace una estimación de su coste, admitiéndose ciertos márgenes de desviación. La superación de estos márgenes impuestos por las condiciones del emplazamiento es otro motivo de eliminación.



Central nuclear de Santa María de Garoña, Burgos.

1.3. Limitaciones tecnológicas impuestas por los vertidos.

Se trata de una función absolutamente determinante.

En el estado actual de la técnica, el rendimiento de una central nuclear oscila entre el 30 y el 33 por 100. Esto significa que si la potencia eléctrica suministrada por la central es P y el rendimiento r ,

existe una potencia térmica igual a $P \frac{1-r}{r}$ que

es preciso eliminar al medio ambiente a través de los circuitos de refrigeración y si como ocurre actualmente $P = 1.000$ MW, para $r = 0,333...$ el calor disipado en una hora alcanza el valor:

$$10^6 \frac{0,666...}{0,333...} \times 860 \text{ K Cal.} = 1.720 \times 10^6 \text{ K Cal.}$$

Tres sistemas de refrigeración suelen utilizarse: circuito abierto, circuito cerrado con torres húmedas y circuito cerrado con torres secas.

Si el sistema previsto es de circuito abierto, el agua de refrigeración experimenta un aumento de temperatura de 12 ó 15° y el caudal necesario para un grupo de 1.000 MW está comprendido en-

CRITERIOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES

tre 30 y 40 m³/s, que excepto ligeras pérdidas por evaporación vuelven a la fuente fría constituyendo un vertido térmico, de modo que no vuelvan a entrar en la central.

Si la fuente fría es un río, el caudal necesario en el río debe ser el suficiente para que al mezclarse con el vertido térmico, la temperatura de la mezcla no supere el límite fijado en el río por razones ecológicas en las circunstancias más desfavorables, coincidentes con el estiaje.

Esto significa que si t es la temperatura máxima del vertido, $t_{m\acute{a}x}$ la máxima temperatura mensual del agua del río, Δt el aumento de temperatura del agua de refrigeración, Q_r el caudal de refrigeración y Q_c el caudal de estiaje del río, por grupo de 1.000 MW debe producirse:

$$Q_c > \frac{Q_r \Delta t}{t_1 - t_{m\acute{a}x}} ; Q_c > \frac{1.720 \times 10^3}{3.600} \frac{1}{t_1 - t_{m\acute{a}x}}$$

en metros cúbicos por segundo.

El índice:

$$\frac{Q_c (t_1 - t_{m\acute{a}x})}{Q_r \Delta t}$$

representa la calidad de la fuente fría, y cuanto mayor sea mejor será la capacidad de refrigeración.

Si la fuente fría es el mar los fenómenos hidrodinámicos, corrientes locales, mareas, vientos, son fundamentales y es conveniente estudiar el efecto sobre modelo. La representación de curvas de igual calentamiento permiten comparar varios emplazamientos en función de la "mancha térmica" de la zona con calentamiento superior a 1° C. Para una potencia de 5.000 MW un emplazamiento medio afecta a una superficie entre 5 y 10 Km². Un emplazamiento muy bueno produce una "mancha térmica" de 1 a 2 Km².

Si el sistema de refrigeración es de circuito cerrado con refrigerante húmedo, las necesidades de caudal pueden reducirse a 1,6 m³/s por 1.000 MW, de los que 0,6 se evaporan y sólo se restituye al río 1 m³/s, con lo que el problema se simplifica, si bien en ese caso entra en juego el originado por los vertidos radiactivos.

Toda central nuclear produce unos efluentes radiactivos líquidos, después de sufrir los tratamientos precisos, que deben ser evacuados. La masa de agua receptiva de esos efluentes debe tener la capacidad de dilución suficiente para cumplir las normas establecidas. Un grupo de 900 MW produce efluentes que contiene tritio que en un año equivalen a 850 curios (C_i) y un grupo de 1.300 MW a 1.200 curios; los efluentes sin tritio

oscilan entre 1 y 25 curios anuales en grupos de 900 MW entre 1 y 15 curios en grupos de 1.300 MW según se trate de funcionamiento normal o de dimensionado.

Admitiendo en el río un potencial de dilución de 2.000 picocurios por litro para el tritio (un picocurio igual a 10⁻¹² curios) y 20 picocurios por litro para los restantes elementos, el volumen total de dilución necesario es de unos 500 Hm³ anuales equivalentes a un caudal continuo de 15 m³/s. En consecuencia, todo río cuyo caudal de estiaje sea inferior a 15 m³/s no puede ser utilizado, y como tampoco es oportuno realizar vertidos de esta índole en los períodos de avenidas, la aportación de los 500 Hm³ debe producirse sin considerar las avenidas ni los caudales medios diarios inferiores a 15 m³/s.

Las limitaciones consecuencia de la necesidad de dilución de los efluentes radiactivos resultan más decisivas cuando se utilizan sistemas de refrigeración en circuito cerrado tanto si se instalan refrigerantes secos como húmedos. En circuito abierto la limitación exigida por los vertidos térmicos aseguran la posibilidad de dilución.

Si el reactor es de los llamados "rápidos", de los que existe un prototipo funcionando en Francia desde hace algunos años, y es de esperar que puedan construirse en un futuro no lejano, la necesidad de caudales para la dilución es prácticamente despreciables, pues carece de efluentes radiactivos.

En los emplazamientos costeros la representación de curvas de igual concentración permiten el examen del problema.

En este caso, los vientos, las corrientes y las mareas, como en el caso de vertidos térmicos, pueden tener influencia decisiva.

Al parecer, los emplazamientos en los cabos del litoral presentan condiciones más favorables, el efecto producido por el cabo o cualquier saliente del litoral puede amplificar considerablemente la mezcla debido a que las corrientes superficiales no siguen el mismo trazado y evitando que los vertidos pasen nuevamente ante la central.

En las costas convexas se produce una cierta deriva hacia alta mar por lo que después de las zonas salientes son las más convenientes. Sin embargo, existen parajes en costas rectilíneas que dentro de un movimiento zigzageante propio de toda costa, se produce una deriva lateral que también resulta conveniente para activar la mezcla de los vertidos.

Con independencia de la necesidad de realizar los estudios pertinentes para determinar la mayor o menor facilidad para la realización de la mezcla,

CRITERIOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES

en principio parece que las costas en las que están más próximos los fondos importantes resultan más convenientes. También parece más favorable el Cantábrico que las costas atlánticas, pues aunque en ambos mares existen mareas, en el Atlántico éstas llegan frontalmente a la costa originando un efecto de vaivén, pero con escasa deriva.

En el Mediterráneo la dispersión, al no existir mareas prácticamente, queda confiada exclusivamente al efecto chorro y al desplazamiento de las masas de agua producidas por las corrientes generales o por los vientos.

En todas las costas resultan preferibles las zonas rocosas a las arenosas.

Como consecuencia de lo expuesto, se deduce que debido a las condiciones hidrológicas de la España Peninsular, la posibilidad de emplazamientos interiores es muy limitada y que el factor vertidos es elemento decisivo ya en la fase de Estudios Preliminares.

1.4. Otras características técnicas del emplazamiento.

Como complemento del capítulo precedente, sin necesidad de entrar en detalles, es oportuno precisar otras características técnicas que influyen en el coste de la central y por consiguiente en su viabilidad.

Naturaleza del suelo y del subsuelo influye en tres aspectos: sismicidad de la zona, cimentaciones de los edificios y cota de situación de la explanación.

La sismicidad puede motivar la eliminación de un emplazamiento, tanto por temerse movimientos nefastos para las instalaciones como por encarecer excesivamente la construcción.

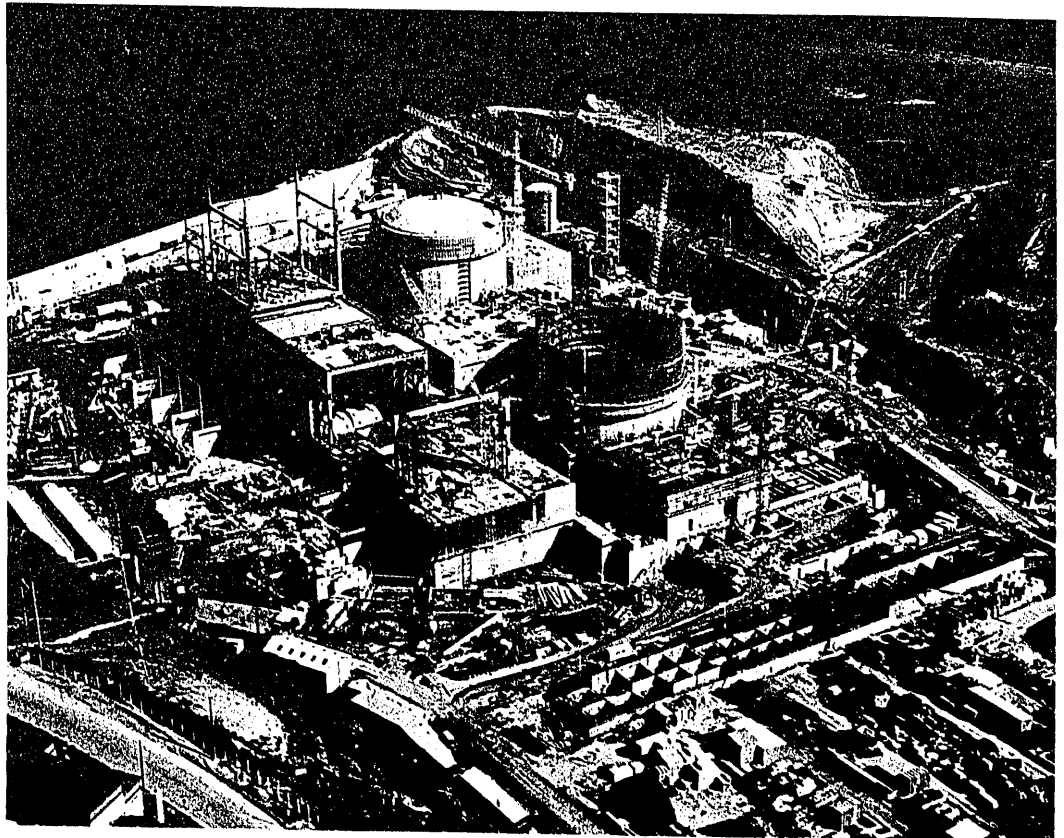
Las cimentaciones exigidas por la geología del terreno pueden influir notablemente en el coste.

La cota de la explanación queda impuesta no sólo por la topografía, sino por las medidas de seguridad precisas para que la central no sea alcanzada por la onda de avenida producida por la rotura de una presa, si se trata de un emplazamiento interior, o por el oleaje del temporal más fuerte registrado coincidente con mareas vivas en un emplazamiento costero. La cota tiene una repercusión económica en la elevación de caudales de refrigeración.

Accesos: Vías de comunicación.

Hay que distinguir dos fases: construcción y explotación.

Durante la construcción, además de la gran cantidad de materiales que es necesario aportar, hay que tener en cuenta diversos elementos embarazosos tanto por su tamaño como por su peso.



Central nuclear
de Lemóniz
(Vizcaya)

CRITERIOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES

A continuación se expresan las características de algunos de los necesarios para un grupo de 900 MW.

	Ton.	Dimensiones en metros
Cuba del reactor	280	6,4 × 6,0 × 10,6
Cúpula de la cuba ...	55	6,4 × 2,0
Equipo interno reactor.	140	4,0 × 4,1 × 12,6
Generador de vapor ...	330	5,0 × 21
Presurizador	90	3,2 × 13
Stator del alternador.	335	3,95 × 13,46
Rotor del alternador ...	180	1,75 × 15,2
Transformador	178	3,0 × 4,0 × 7,0
Separador	75	3,4 × 3,8 × 16,0
Rotor de la turbina ...	147	5,3 × 9,7

Si bien durante la construcción pueden tomarse "medidas heroicas" durante la explotación no cabe esa solución. En el período de explotación hay que considerar los suministros de combustible que técnicamente no tienen problema, pues representan por reactor 90 toneladas al año incluido embalaje, y la evacuación de combustible irradiado y residuos radiactivos, que por grupo de 1.000 MW representan 4.000 toneladas por año, pero que pueden producir un importante impacto psicológico al atravesar poblaciones.

Tratamiento de los caudales de agua para los pequeños suministros.

Los pequeños suministros de aguas lo constituyen por reactor 900 MW.

- Pérdidas en el circuito primario y sus anejos (0,5 toneladas por hora).
- Pérdidas del circuito agua-vapor y del circuito Noria (de refrigeración de elementos auxiliares).
Purgas 36 toneladas por hora no recuperables durante los seis meses iniciales.
Fugas, evaporización, etc., 32,5 toneladas por hora.

Según la calidad de las aguas, éstas deberán tener un tratamiento que representa un coste, muy superior si el agua procede del mar.

Fuente fría y circuito de refrigeración.

La escala comparativa de costes de los distintos tipos de circuitos de refrigeración es la siguiente:

Circuito abierto sobre un río ...	De 70 a 120
Circuito abierto sobre el mar ...	De 180 a 250

Circuitos cerrados refrigerantes húmedos	De 200 a 270
Circuitos cerrados refrigerantes secos	Más de 500

Las tomas de agua pueden realizarse de distintas formas: conducción abierta (acueducto o canal) o conducción cerrada (galería o mediante tuberías) y su elección depende de condiciones económicas.

Los refrigerantes atmosféricos húmedos están constituidos por torres de gran altura (110 a 165 metros) si utilizan el tiro natural y de altura más reducida (80 metros máximo) si tienen tiro forzado. Técnicamente el tiro forzado puede ser tan bueno como el natural, y si no se tienen que tomar precauciones especiales contra el ruido resulta ligeramente más barato. Estos refrigerantes originan penachos que pueden resultar molestos si hay aglomeraciones vecinas.

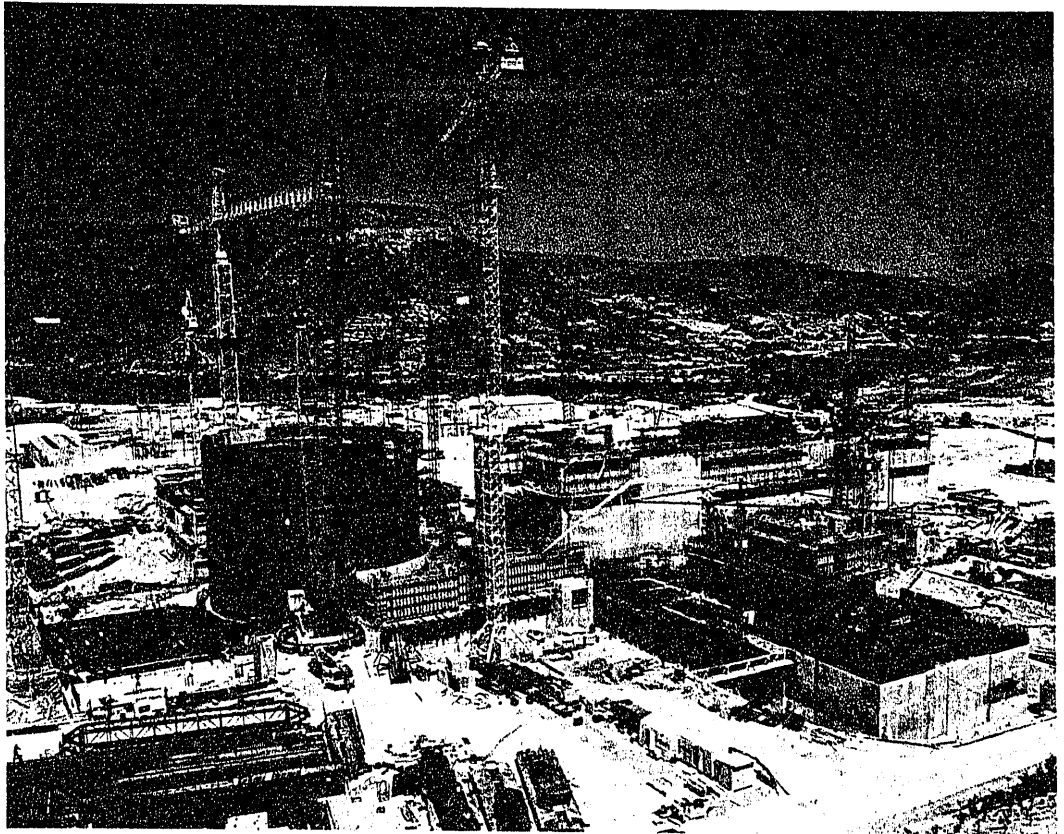
Respecto a los refrigerantes atmosféricos secos, aún no existe en el mundo ninguno del tamaño necesario para un reactor nuclear de 900 MW, estándose realizando numerosos estudios en el tema, para conocer sus posibilidades en relación con las situaciones meteorológicas (dificultades de funcionamiento en tiempo cálido, creación de un chorro térmico cinco veces superior que en un refrigerante húmedo, etc.). Sin embargo, parece posible adoptar una técnica mixta.

Enlace con la red de transporte o de interconexión.

La evacuación de la energía producida por una central nuclear está prevista a la tensión de 400 kilovoltios. En general se utilizarán líneas aéreas, pues las subterráneas tienen un coste unas diez veces superior.

Una central nuclear debe tener dos tipos de enlace, uno a 400 kV por reactor, necesario para la evacuación de la energía o para la alimentación de los elementos auxiliares (fuente externa principal) y otro distinto del anterior a 225 kV (fuente externa auxiliar) común a dos grupos, impuesto por la seguridad nuclear que alimenta en caso de socorro a los auxiliares permanentes y de seguridad.

Si la distancia al centro más próximo de la red general de transportes y de interconexión es inferior a 50 Km, las limitaciones de estabilidad permiten la existencia de una línea de evacuación por grupo. Si la distancia es superior es necesario instalar un centro próximo a la central enlazado a la red por un número suficiente de líneas (en principio de 3 a 400 kV por cada dos grupos).



Central nuclear
de Cofrentes
(Valencia)

Ruidos: Isonorización y respeto de los límites de ruido.

Durante los estudios preliminares deben realizarse medidas del nivel del ruido de fondo en ciertos puntos de la vecindad de los emplazamientos seleccionados.

De noche, sin viento, lejos de carreteras principales el nivel de presión acústica es de 23 decibelios en pleno campo, y puede alcanzar 42 decibelios a orillas del mar con viento e incluso 50 en las proximidades de una zona industrial. Durante el día aumenta en varios decibelios.

Las principales fuentes emisoras de ruidos son los turboalternadores de salas de máquinas que en ausencia de isonorización producen niveles de presión de 135 a 140 decibelios a un metro de distancia. Los dispositivos para reducir estos niveles que se utilizan actualmente, los disminuyen en 45 dBA y cuestan del orden del 5 por 100 del precio total del grupo turboalternador.

Otra fuente productora de ruidos son los refrigerantes atmosféricos que con tiro natural alcanza niveles de 85 dBA en la boca y con tiro natural forzado con ventiladores silenciosos 48 dBA a 500 metros.

Los transformadores no protegidos producen niveles de 115 dBA.

Estos niveles pueden reducirse rebajándolos hasta 15 dBA en las torres de tiro natural con incrementos de coste del refrigerante hasta el 25 por 100, hasta 10 dBA en las torres de tiro forzado con incrementos de su coste del 70 por 100 y 20 dBA en los transformadores con incrementos de coste del 0,2 por 100 del total de la central.

La intensidad del ruido varía con el cuadrado de la distancia influyendo el coeficiente de absorción, que depende de la viscosidad del medio y de la frecuencia.

El ruido se atenúa más fácilmente si la fuente está en el fondo de un valle o en una región forestal, mientras que una lámina de agua la refuerza. El nivel de presión disminuye cuanto mayor es la zona ocupada por la central, pero la extensión de ésta está limitada por el coste del suelo.

El conseguir un límite de la presión acústica de 45 dBA es a veces difícil y puede representar un coste de un 1 por 100 del total de la central.

Seguridad: Agresiones posibles debidas a fenómenos ligados a actividades humanas.

No sólo es preciso tener en cuenta la influencia de la central en el medio ambiente, sino la de éste en la central.

Aparte de fenómenos naturales, ya insinuados

CRITERIOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES

como seísmos, huracanes, tempestades e inundaciones, existen otros ligados a actividades humanas que pueden afectar la seguridad de la explotación de la central.

Sin contar el peligro de inundación causado por rotura de una presa los principales peligros a considerar son:

- Incendio a distancia.
- Caída de proyectiles.
- Explosión a distancia.
- Deriva de nubes inflamables y su explosión en el emplazamiento.
- Emisión de productos tóxicos o corrosivos.

Por consiguiente, hay que tener en cuenta la proximidad a instalaciones fijas potencialmente peligrosas y a las vías de comunicación por las que pueden circular productos peligrosos, y en función de los riesgos calcular la resistencia a los mismos de los elementos estructurales no debiendo admitirse emplazamientos que no respeten los mínimos de distancia siguientes:

- A depósito de petróleo bruto o fuel pesado: 400 metros por 100.000 toneladas.
- A depósitos de gasolina: 400 metros por 100.000 toneladas.
- A gaseoductos: 2 kilómetros por 100 toneladas de CH_4 .
- A puerto metanero: 4 kilómetros por unidades de 100.000 toneladas.
- A refinerías: 2 kilómetros.
- A estaciones de desgasificado: 1,5 kilómetros.

Especial atención merece la consideración del entorno aeronáutico.

Impacto económico y social sobre el medio ambiente.

Este impacto es diferente según la vocación de la zona sea agrícola, turística, industrial o no tenga vocación definida.

Es necesario estudiar sucesivamente su influencia sobre la ordenación del territorio y sus efectos económico-sociales distinguiendo la fase de construcción de la de explotación.

Si la ubicación en la zona hoy día no reporta ventajas de disponer energía para otras industrias, consecuencia de la interconexión e igualdad de tarifas, la disponibilidad de la producción de vapor puede ser interesante para ciertos usuarios.

Durante la explotación se emplean unos 300 agentes, lo que representa una aportación suplementaria de población de unas 1.000 a 1.500 personas que puede influir en el desarrollo de la zona en especial desde un punto de vista comercial, creándose además otros puestos de trabajo complementarios, jardinería, limpieza, conservación de locales e instalaciones (la conservación en gran escala correspondería al propio personal de la central, pero existe otra gama de trabajos diversos como son pintura, transportes, servicios y otras menudencias, peluquerías, farmacias, etc., y además centros escolares).

También hay que considerar la influencia de las tasas locales, todo lo cual puede contribuir a elevar el nivel de vida de la zona.

Durante la construcción, período que puede durar de siete a diez años, puede asignarse una importante afluencia de población (para la construcción de dos grupos decalados un año se necesitan unos 1.500 trabajadores) y la experiencia francesa demuestra que un 10 por 100 de la inversión en la central corresponde a gastos realizados en la zona.

Aparte de estas influencias hay que considerar el impacto turístico que puede tener signos contrarios y mientras en zonas desarrolladas turística-mente puede tener efectos negativos, en otras zonas representa un elevado número de visitantes de la central.

En cuanto al período de construcción es interesante hacer constar que en Francia existe una legislación reciente que afecta a los "grandes trabajos de construcción" en los que se señalan las mínimas condiciones que deben ofrecer a los trabajadores.

1.5. El problema estético.

Si, en general, una central hidroeléctrica, incluida la presa por grande que sea, queda empuñada por el paisaje, una central nuclear emerge del paisaje, lo que da lugar a considerarla como una alteración importante de la naturaleza.

Aunque los problemas estéticos son subjetivos y las centrales nucleares pueden considerarse representativas de una cierta fase de la evolución industrial, las corrientes de opinión actuales obligan a aplicarlas un tratamiento estético. Sin embargo, nadie en la actualidad osaría destruir construcciones de siglos pasados, representativas de su época por mucho que alterase el paisaje como, por ejemplo, la gran mole de las pirámides de Egipto.

Una central térmica está constituida por diversos edificios entre los cuales el de mayor volumen

CRITERIOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES

es el del reactor, superado sólo por las torres de refrigeración, cuando existen, que pueden alcanzar alturas de hasta 150 metros.

La disposición de los distintos edificios, máxime cuando la misma central consta de varios grupos puede dar lugar a un mejor efecto estético. Las torres con tiro forzado alcanzan menores alturas, y aunque las masas debidas a grupos de 1.300 MW son sólo ligeramente superiores a las motivadas por grupos de 900 MW, todos ellos son datos del problema a resolver.

El grupo de expertos de las relaciones recíprocas entre la electricidad y el medio ambiente, subsidiario del Comité de Energía Eléctrica de Ginebra, de la Comisión Económica para Europa, tiene en fase más o menos avanzados trabajos relacionados con la estética de las centrales y de las líneas eléctricas de transporte.

1.6. Ejemplo de una metodología a seguir.

Como muestra de una metodología objetiva, procurando una clasificación automática que podría utilizarse se expone el ejemplo siguiente:

Primera etapa:

Se establece una relación de inconvenientes:

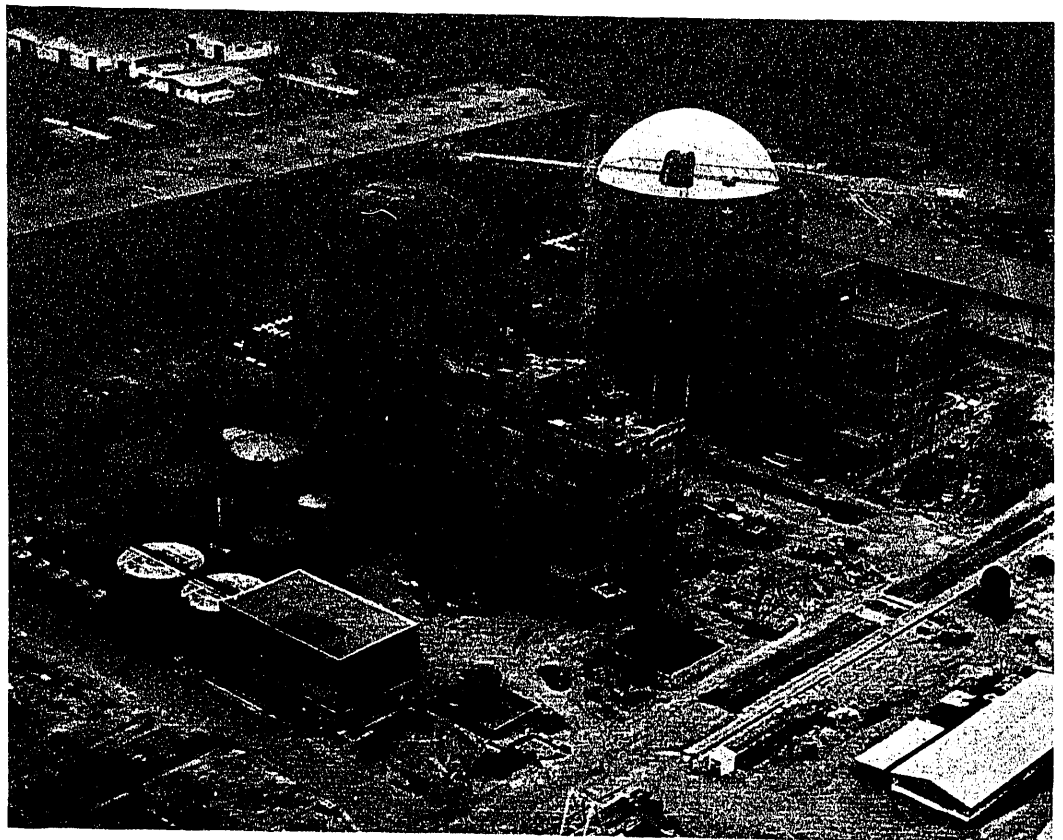
1. Calentamiento del agua.
2. Vertidos líquidos radiactivos.
3. Emisiones gaseosas radiactivas.
4. Efectos atmosféricos de los sistemas de refrigeración: nieblas y penachos.
5. Efectos ligados al ruido.
6. Aspecto estético: central, refrigerantes, pasillos de líneas eléctricas.

La relación podía modificarse en caso necesario y por supuesto en ciertos casos habrá que tener en cuenta los problemas ligados a la ocupación del suelo.

Segunda etapa:

Se definen los criterios que permitan caracterizar y calificar los inconvenientes.

De forma general deberá hacerse un esfuerzo



Central nuclear
de Almaraz
Fases I y II
(Cáceres)

CRITERIOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES

para reducir los criterios característicos, mediante la calificación 1, 2 ó 3 definida como sigue:

- Calificación 1: Mala calidad del emplazamiento.
- Calificación 2: Calidad media del emplazamiento.
- Calificación 3: Buena calidad del emplazamiento.

1. Calentamiento de las aguas.

1.1. Emplazamientos costeros: los criterios podrían ser:

- Características del calentamiento.
- Características del medio viviente.
- Características del medio físico-químico.

Como no es posible en el estado actual de conocimiento prever el impacto ecológico igual que se prevé el impacto físico-químico habrá que limitarse a valorar la sensibilidad del emplazamiento desde el punto de vista ecológico por la presencia o ausencia de circunstancias desfavorables en la zona sometida a la influencia térmica.

En primera aproximación se considera el área calentada más de 1° C a sabiendas que la mancha térmica no tiene porqué coincidir con la mancha biológica.

1.1.1. Características del calentamiento.

- Mancha térmica de 1° C < 3 Km²: Calificación 3.
- Mancha térmica de 1° C entre 3 y 8 Km²: Calificación 2.
- Mancha térmica de 1° C > 8 Km²: Calificación 1.

1.1.2. Características del medio viviente.

La persistencia de especies a considerar dentro de las manchas térmicas superior a 1° C se califica con 2 ó 3, según su mayor o menor cantidad, reservándose la calificación 1 a las no persistencias.

1.1.3. Características del medio físico-químico.

Existe una cantidad considerable de consideraciones entre las que destacan:

- Reparto anual de temperatura.
- Amplitud máxima de las variaciones de temperatura.
- Proximidad e importancia de aportaciones de agua dulce.
- Proximidad e importancia de fuentes de contaminación industriales o urbanas.

Estas consideraciones no son homogéneas por lo que a cada una deberá atribuirse un peso hasta llegar a las calificaciones 1, 2 ó 3.

Una vez calificados los tres criterios a cada uno se le debe atribuir un peso en tanto por ciento, por ejemplo, al criterio primero se le da un peso $\alpha = 50$ por 100; al segundo un peso $\beta = 25$ por 100, y al tercero un peso $\gamma = 25$ por 100, y si se están comparando tres emplazamientos con las calificaciones que se expresan en el cuadro siguiente cuya bondad se refleja en el mismo cuadro:

Emplazamiento	Calificaciones	Características del inconveniente
A	322	$3 \times 50 + 2 \times 25 + 2 \times 25 = 250$
B	132	$1 \times 50 + 3 \times 25 + 2 \times 25 = 175$
C	313	$3 \times 50 + 1 \times 25 + 3 \times 25 = 250$

Resultado que para el criterio calentamiento cuanto más se acerque a 300 el emplazamiento está más indicado.

La elección de los pesos α , β y γ deberá ser establecida por un grupo de especialistas en el inconveniente considerado.

1.2. Emplazamientos fluviales.

Las consideraciones anteriores son válidas, teniendo en cuenta que en este caso no existe mancha térmica, sino perfil térmico y que pueden superponerse los efectos de otra central ya existente aguas arriba o influir en otra existente aguas abajo.

2. Vertidos líquidos radiactivos.

2.1. Emplazamientos costeros.

Criterio 1. Superficie de curvas de igual concentración (similar a la mancha térmica).

Criterio 2. Naturaleza de los fondos.

- Limos: Calificación 1.
- Arenas: Calificación 2.
- Rocosos: Calificación 3.

Criterio 3. Utilización de las aguas.

- Pesca: Calificación 1.
- Baños: Calificación 2.
- Sin uso: Calificación 3.

2.2. Emplazamientos fluviales.

Criterio 1. Dilución $\frac{q_v}{Q_m}$

donde q_v es el caudal del vertido y Q_m el caudal medio del río.

CRITERIOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES

Criterio 2. Fondos (igual que en los costeros).

Criterio 3. Utilización del agua.

Abastecimientos: Calificación 1.

Riegos: Calificación 2.

Sin utilización: Calificación 3.

3. Vertidos gaseosos radiactivos.

Primer criterio: Estudio de la población que se encuentra en un radio de 50 kilómetros:

$$\sum \frac{N \cdot F}{\varphi(d)} \cdot c$$

donde N es la población; F la frecuencia del viento; $\varphi(d)$ la función de la distancia de la población N , y c el coeficiente de dispersión.

Será necesario establecer una escala, a valores altos le corresponderá la nota 1, a los bajos la nota 3 y a medios la calificación 2.

Segundo criterio: Naturaleza de la vegetación.

Viveros: Calificación 1.

Agricultura: Calificación 2.

No utilizada: Calificación 3.

Tercer criterio: Descompuesto en:

— Consumos de leche.

— Inhalación.

— Inmersión.

4. Efectos atmosféricos de sistemas de refrigeración.

4.1. Circuito abierto.

En circuito abierto los vertidos térmicos no suelen originar nieblas y en todo caso son ligeras y de poco espesor. Sólo será necesario un criterio, las molestias a la navegación o circulación por carretera.

4.2. Circuito cerrado.

Actualmente sólo cabe considerar los refrigerantes húmedos.

Sería conveniente poder cifrar las soluciones técnicas, y los factores que podrían considerarse son:

Criterio 1. Disminución de la isolación producida sobre la tierra debida a los penachos.

Criterio 2. Naturaleza de los cultivos, muy sensibles, poco sensibles o indiferentes.

Criterio 3. Impacto estético de las torres de refrigeración.

Criterio 4. Impacto estético de los penachos.

5. Efecto del ruido.

Por ejemplo, tomando un círculo dentro del que se produce un nivel de 35 dB, el emplazamiento se caracteriza por:

$$\sum \frac{NF}{\log d^2} \times \frac{\Delta LW}{LW_0}$$

donde N la población; d la distancia de la población N ; F la frecuencia del viento en dirección de la población N , y ΔLW el aumento de nivel sonoro.

Tercera etapa:

La etapa anterior permite comparar los emplazamientos estudiados, inconveniente por inconveniente por comparación de las calificaciones atribuidas en una escala que varía de 100 a 300, significando 100 muy mala calidad del emplazamiento y 300 muy buena calidad del emplazamiento.

A continuación conviene ponderar esas calificaciones para lo que es necesario comparar entre los seis tipos de inconvenientes (o más tipos que se establezcan) fijando la importancia relativa global afectando a cada uno de los porcentajes del inconveniente total.

Esta ponderación se deberá descansar en el juicio básico sobre consideraciones esencialmente subjetivas y deberá realizarse en el futuro por un grupo de "ciudadanos enterados" del que podrían formar parte:

— Técnicos especialistas en las afecciones consideradas.

— Ingenieros.

— Literatos.

— Sociólogos.

— Psicólogos.

— Médicos.

— Farmacéuticos.

Una vez fijados los coeficientes de ponderación

CRITERIOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES

la confección del cuadro adjunto automáticamente ofrecería las distintas soluciones a comparar.

Inconvenientes	Emplazamiento A Emplazamiento B				
	1	2	3	4	5
	Coefic. ponder.	Resulta. 2.ª etapa	Ponder. de resul.	Resulta. 2.ª etapa	Ponder. de result.
Calentamiento del agua..	a_1	N_{11}	$a_1 N_{11}$	N_{21}	$a_1 N_{21}$
Vertidos líquidos radiactivos	a_2	N_{12}	$a_2 N_{12}$	N_{22}	$a_2 N_{22}$
Emanaciones gaseosas radiactivas	a_3	N_{13}	$a_3 N_{13}$	N_{23}	$a_3 N_{23}$
.....					
.....					
Aspectos estéticos	a_i	N_{1i}	$a_i N_{1i}$	N_{2i}	$a_i N_{2i}$
	100		$a_{ii} N_{1ii}$		$a_{ii} N_{2ii}$

Cuarta etapa:

Una última etapa podría desarrollarse, la del "consenso" ponderando los valores encontrados en la tercera etapa.

Esta "participación" podría hacerse mediante una encuesta en forma de cuestionario dirigida a varias categorías de individuos con el fin de hacer intervenir la noción de "juicio colectivo". Podrían ser interrogados varios grupos:

- Estudiantes.
- Ambientalistas.
- Ejecutivos.
- Hombres de la calle.

Naturalmente el método expuesto no está totalmente desarrollado y sólo se expone a título de ejemplo de un procedimiento objetivo que podría utilizarse.

SEGUNDA PARTE

PROPUESTA DE ACCIONES QUE DEBEN REALIZARSE DENTRO DE LOS ESTUDIOS PRELIMINARES

Se parte de las premisas siguientes:

- El crecimiento de la demanda de energía eléctrica en los países del Mercado Común, al que se quiere pertenecer, representa do-

blarla cada diez años, aunque en las décadas anteriores, el crecimiento en España era notablemente superior, es de esperar que superada la actual coyuntura económica se experimente un crecimiento de ese orden.

— Aunque con una estructura diferente de las tarifas eléctricas, y una mejora de la curva de carga, puede alterarse algo, existe un cierto paralelismo entre el crecimiento de la demanda y la potencia instalada y aunque parte del crecimiento de la demanda se cubre con centrales que quemen carbón y con hidroeléctricas, la mayor parte de las nuevas potencias tendrán que ser reactores nucleares.

— Dada la necesidad de contar con unos diez años desde los estudios iniciales de emplazamientos hasta la entrada en servicio de las centrales nucleares, es preciso analizar ya los posibles emplazamientos para cubrir la demanda del año 2000. Es de esperar que para ese año las nuevas técnicas energéticas, en especial las centrales nucleares de fusión, estén puestas al día, pero en todo caso los estudios que ahora se hagan de forma sistemática podrán ser útiles para las centrales que fueran necesarias para fecha posterior.

En consecuencia, si no se estudian los emplazamientos posibles para centrales nucleares y no se toman decisiones respecto a ellos con la debida antelación se corre el riesgo de padecer restricciones eléctricas como en la década de los años 40 o de tener que tomar decisiones precipitadas respecto a algunos emplazamientos que pueden ser origen de conflictos.

Actualmente se encuentran autorizados emplazamientos para las siguientes centrales:

	MW	Previsto entrar en servicio
Almaraz I	930	1979
Almaraz II	930	1980
Lemóniz I	930	1980
Asco I	930	1981
Lemóniz II	930	1982
Asco II	930	1982
Cofrentes	975	1983
	6.555	

CRITERIOS RELATIVOS AL EMPLAZAMIENTO DE CENTRALES NUCLEARES

Capaces de producir del orden de 43.000 GWh anualmente en total.

Y tienen otorgada autorización previa:

Vandellós II	950
Valdecaballeros I	975
Trillo I	1.032
Sayago	1.070
Valdecaballeros II	975
Rogodola	930
Vandellós III	950
Trillo II	1.032
	<hr/>
	7.914

Capaces de producir del orden de 52.000 GWh.

Con ese equipo, admitiendo que todas las autorizaciones previas se elevasen a definitivas, se cubrirían probablemente las necesidades de 1990. Para llegar hasta el año 2000 serían necesarios unos 15 ó 16 grupos más del orden cada uno de 1.000 MW, existiendo ya un cierto número de solicitudes de autorizaciones previas (Santillán, Oguella, Escatrón, Punta Endala, Páramo, Vergara, Bajo Cinca, Atmella, Asperillo, Tarifa y Cabo Cope).

Puesto que hasta el presente los emplazamientos han sido seleccionados por las empresas, parece interesante que los estudios que se realicen de forma general y objetiva por la Administración, no sólo conduzcan a la selección y si es necesario reserva de los destinados a esos 15 ó 16 nuevos grupos, sino a comprobar que los que disfrutan ya de autorización previa son las más convenientes, y esto es urgente, pues si no se conceden ya nuevas autorizaciones de construcción difícilmente podrán terminarse centrales en 1984.

En la primera parte de estas notas se ha puesto de manifiesto y justificado las limitaciones que en un posible emplazamiento impone la necesidad de agua para refrigeración o dilución de efluentes radiactivos, y las características geométricas y de resistencia de las vías de comunicación para el transporte de elementos embarazosos de la central.

La superposición de sendos mapas de España en los que se reflejen las cargas admisibles por

cada carretera, los caudales de estiaje de los ríos y las aportaciones anuales de los mismos, darían lugar a una eliminación en principio de comarcas acotando la realización de acciones posteriores. Un tercer mapa de las costas, clasificándolas en rocosas y arenosas con curvas de nivel de los fondos marinos acotaría aún más las zonas de análisis posteriores.

Parece, pues, oportuno la realización de los tres mapas referidos.

Posteriormente, sobre las zonas no eliminadas en principio, organismos expertos en materia biológica y de sanidad, deberían emitir informes previos, lo que conduciría a nueva reducción de las zonas en las que habría de realizarse estudios más profundos.

Con independencia de estas actuaciones, un cambio de impresiones con las empresas eléctricas que tienen solicitadas autorizaciones, puesto que es de presumir que sus técnicas hayan contemplado emplazamientos alternativos de los solicitados, permitiría tener un conocimiento de las características de los emplazamientos despreciados por ellas.

Evidentemente el análisis de los resultados obtenidos y las decisiones que se tomen en consecuencia deberá recaer en la Comisión Interministerial sobre Ordenación del Territorio creada por Real Decreto 2491/1978 de 1 de septiembre, en cuyo seno deberá constituirse el grupo o los grupos de trabajo oportunos, que serían los responsables del encargo de los distintos trabajos e informes contenidos tanto en la fase de estudios previos como en la de estudios de anteproyecto, estos últimos en estrecha colaboración con las empresas eléctricas de la zona.

Aunque en un principio, y como consecuencia de las tendencias autonomistas actuales, pudiera parecer que cada región autónoma será la llamada a resolver su propio problema eléctrico, las fuertes limitaciones que afectan a las centrales nucleares, exigen una solidaridad regional en este aspecto por lo que toda la problemática de selección y reserva de emplazamiento para tales centrales debe ser responsabilidad de la Administración Central.