

UN PLAN HIDROELECTRICO NACIONAL

Por ENRIQUE SANCHEZ CONDE,
Ingeniero de Caminos.

Concluye en el presente artículo el interesante trabajo que hemos venido publicando bajo este epígrafe, y en él llega el autor, después de haber pasado revista a las soluciones adoptadas para el mismo problema en Francia y en Italia, a exponer lo que a su juicio deben constituir las normas fundamentales de este plan, basándose en datos que presenta con claridad en cuadros y gráficos. Al final del artículo expone un resumen de sus referencias.

IV

La producción eléctrica española.

La producción y distribución de energía eléctrica se ha desarrollado en España con características análogas a las de otros países de economía semejante. Desde su iniciación han ido aumentando, siguiendo una ley exponencial, con las oscilaciones propias de las circunstancias adversas o favorables por las que atravesaban. A la central aislada, suministradora de energía para las necesidades locales, han sucedido, al tratar de mejorar los rendimientos de las explotaciones, primero las empresas con intereses regionales, y más tarde, al ir fundiéndose y agrupándose éstas, llegamos a la época actual en que el mercado se encuentra abastecido por un corto número de grupos de Empresas respaldadas normalmente por entidades bancarias.

En su crecimiento, reflejado en la curva de la figura 5.^a, se distinguen perfectamente dos períodos. En el primero, anterior a nuestra guerra, la oferta supera a la demanda, se alcanza el máximo de producción en el año 1935 y sus instalaciones pueden hacer frente a las necesidades de años posteriores.

En el segundo, como consecuencia de la paralización en los trabajos de nuevas centrales y del desarrollo cada vez más fuerte de la industria, después de un breve período de equilibrio, la oferta es superada por la demanda, y a partir del año 1943 es necesario imponer restricciones de consumo que se agudizan extraordinariamente en los años 1945 y 1949, según nos muestra el cuadro núm. 1, en los que llegan a ser el 33 y el 30 por 100, respectivamente, de la producción total.

CUADRO NÚM. 1. — Restricciones eléctricas durante el período 1943-51.

AÑO	MILLONES DE KW.H.		Por ciento de restricción
	Producción	Restricción	
1943	4 817	—	—
1944	4 719	400	8,5
1945	4 236	1 400	33
1946	5 466	500	9
1947	6 005	350	6
1948	6 165	500	8
1949	5 629	1 700	30
1950	7 150	650	9
1951	8 500	103	1,2

La repercusión que estas restricciones han tenido en la industria es enorme. Al ser aplicadas durante cortas fracciones de año para alcanzar un 8 por 100 del total, cifra frecuente según vemos, es necesaria una restricción del 32 por 100 durante un período de tres meses de aplicación. Si a esto unimos la necesidad de atender a servicios indispensables y que en algunas horas no es posible utilizar totalmente la energía producida, se explica que para porcentajes de restricción relativamente bajos haya sido necesario cortar el servicio durante tres días a la semana.

Este problema llevó al Estado a iniciar en el año 1945 un programa de apoyo a las construcciones eléctricas, estableciendo la absoluta preferencia y coordinación de entrega de materiales para todas las obras relacionadas con el aumento de producción de eléc-

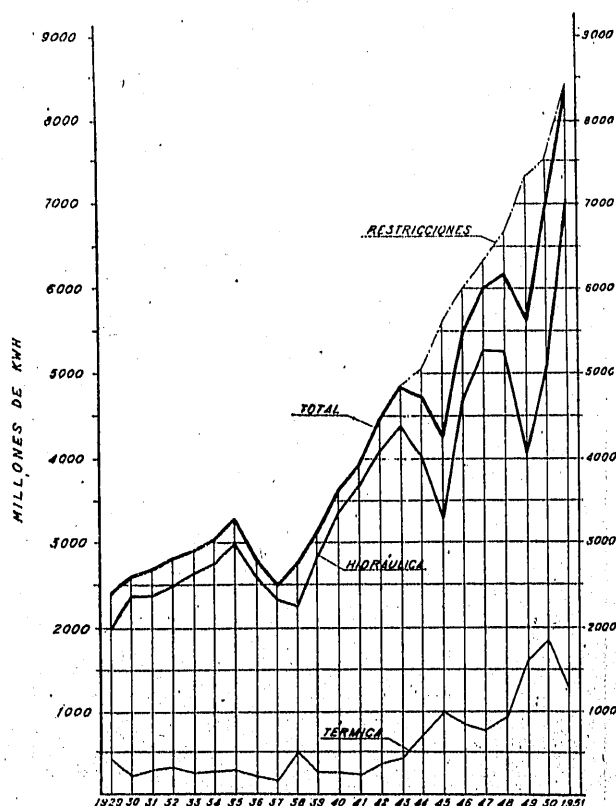


Fig. 5.^a — Curva de producción de energía en España.

tricidad, cuyas consecuencias se pueden apreciar en el cuadro núm. 2, deducido de los datos del "Documento azul" núm. 8 del Ministerio de Industria, de abril de 1952.

CUADRO NÚM. 2. — *Potencia anual instalada.*

AÑO	POTENCIA INSTALADA DURANTE EL AÑO		
	Hidráulica KVA.	Térmica KVA.	TOTAL KVA.
1940	2 300	500	2 800
1941	5 000	5 400	10 400
1942	45 700	20 000	65 700
1943	17 000	36 500	53 500
1944	40 800	2 000	42 800
1945	65 500	1 000	66 500
1946	51 500	20 200	71 700
1947	166 600	17 700	184 300
1948	91 700	51 800	143 500
1949	155 300	158 500	313 800
1950	36 200	72 100	108 300
1951	91 000	32 000	123 000

Sin embargo, todos los esfuerzos hechos no han sido suficientes y las restricciones aparecen en cuanto el sistema hidráulico se debilita, avisando que es imprescindible la redacción de un plan de realizaciones que nos permita mirar con más tranquilidad el porvenir.

Hemos visto en artículos anteriores que estos mismos problemas han llevado a Francia e Italia a trazar ese plan, cuando sus aprovechamientos habían alcanzado, en tanto por ciento de las posibilidades to-

tales de la nación, una potencia semejante a la que hay instalada en España, y las circunstancias nos imponen cada vez más su creación. A pesar de que el crecimiento de nuestra producción hidroeléctrica ha sido grande en los últimos años, una ojeada al cuadro número 3 nos muestra que, aunque comparable, ha sido inferior al de las dos naciones citadas.

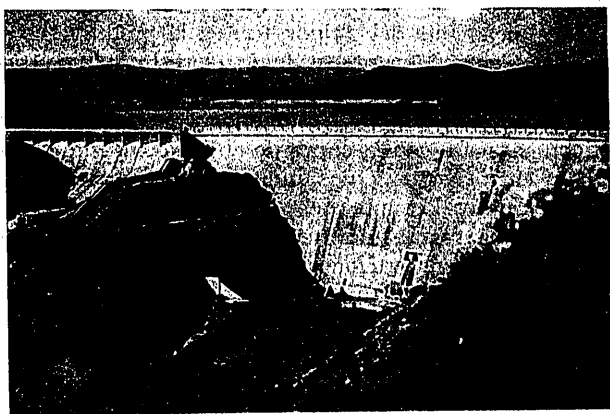
Hemos de observar que la primera línea del cuadro no se ajusta por completo a la realidad, ya que ninguno de los dos países con los que se hace la comparación habían llegado a igualar su producción de 1946 con la anterior a la guerra europea, pero una extrapolación del período 1947-51 al quinquenio señalado nos ha venido a dar coeficientes de crecimiento de producción prácticamente iguales a los del cuadro, que por tanto admitimos como buenos.

De la primera línea podemos deducir que nuestro crecimiento actual de producción hidroeléctrica, que tomamos como base por ser nuestra principal fuente actual y futura, es cercano al de las naciones vecinas, pero no debemos olvidar que España es un país que empieza a industrializarse, y que, por tanto, la demanda debe crecer más rápidamente que en las otras dos naciones más industrializadas. También la segunda línea indica que nuestro actual ritmo de aumento es inferior en los períodos marcados, en que las producciones iniciales fueron iguales a la española de 1946, cuando de existir capital para afrontar las obras debiera ser superior por ser en la actualidad más rápidos los métodos de trabajo, y razonamientos parecidos se pueden hacer para la columna tercera, donde nuestro crecimiento llega a igualarse con el francés, aunque es netamente inferior al italiano.

Si a este crecimiento insuficiente de nuestra producción eléctrica unimos el retraimiento cada vez más manifiesto del capital con relación a los negocios eléc-

CUADRO NÚM. 3. — *Comparación del crecimiento de la producción de energía hidroeléctrica en España, Francia e Italia.*

	Año.	ESPAÑA			FRANCIA			ITALIA		
		1946	1951	% crecimiento	1946	1951	% crecimiento	1946	1951	% crecimiento
Igual período de tiempo.	Producción en 10 ⁶ Kw.h. . .	4,6	7,0	1,52	12,5	21,2	1,69	16,6	26,3	1,58
Igual producción inicial.	Año.	1946	1951	% crecimiento	1925	1930	% crecimiento	1922	1927	% crecimiento
	Producción en 10 ⁶ Kw.h. . .	4,6	7,0	1,52	4,8	7,5	1,57	4,4	8,4	1,91
Igual porcentaje de energía utilizada	Año.	1941	1951	% crecimiento	1929	1939	% crecimiento	1923	1933	% crecimiento
	Producción en 10 ⁶ Kw.h. . .	3,7	7,0	1,89	6,5	12,3	1,89	5,4	11,4	2,11



Pantano de la Breña.

tricos, que nos hace suponer, con sobrados motivos de alarma, un descenso inmediato de nuestro porcentaje de crecimiento de producción, no estaremos muy lejos de la realidad si pensamos que en estas circunstancias las restricciones serán un mal crónico cada vez más agudo.

En el presente artículo trataremos de aplicar, con algunas modificaciones, las ideas expuestas en otros anteriores, estudiando la posible producción de la regiones españolas y su coordinación y explotación, deduciendo de este estudio las medidas que a nuestro entender podrían mejorar el actual estado de la industria eléctrica, sin otra pretensión que llevar nuestra pequeña aportación a la resolución de un problema nacional.

Regiones naturales. — El estudio de las regiones naturales en que podría quedar dividida la península, es difícil de hacer con los datos de que se dispone oficialmente. Estos se obtienen a través de las empresas productoras y sus aprovechamientos se encuentran en diferentes regiones en la mayor parte de los casos. Cualquier estudio que se haga sobre esta base ha de resultar poco exacto y expuesto a errores, aunque creemos que las deducciones obtenidas más adelante no ofrecen lugar a dudas.

El Ministerio de Industria, en su serie de "documentos azules" y el Sindicato de Agua, Gas y Electricidad en sus publicaciones, considera dividida España en las zonas: I, Noroeste; II, Centro-Norte; III, Aragonesa; IV, Catalana; V, Centro-Levante, y VI, Andaluza, de las que omitimos la enumeración de las provincias que ocupan por ser sobradamente conocidas.

Más útil para nuestros propósitos, por acercarse más a la realidad, al menos en lo que se refiere a la hidrología, han sido las publicaciones de la Jefatura de Servicios Eléctricos de Obras Públicas, dependiente de este Ministerio, que afronta el estudio por cuencas agrupadas en el presente trabajo en regiones de características semejantes.

Consideramos como tales regiones: 1.^a La Mese-

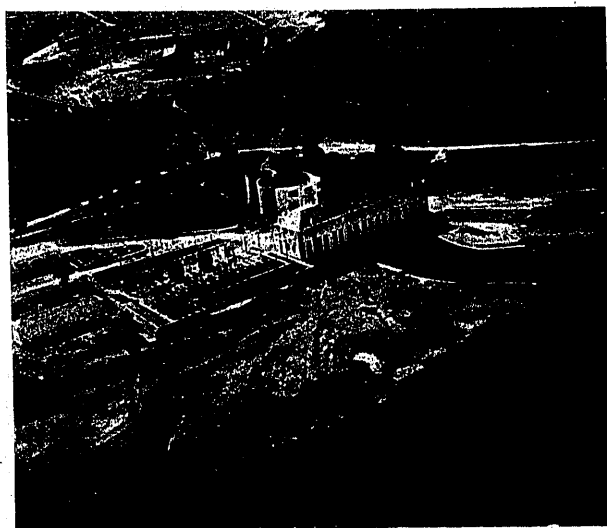
ta Central, con las cuencas del Duero, Tajo y Guadiana. 2.^a La región Ebro-Pirenaica, con las actuales zonas Catalana y Aragonesa y parte de la Centro-Norte. 3.^a La región Noroeste. 4.^a Levante. 5.^a Andalucía.

De estas regiones excluirémos en nuestro estudio la zona andaluza por considerarla en el futuro como región consumidora, dada su poca capacidad de producción.

La producción mensual posible de energía fluyente con el estado de equipamiento de nuestras centrales en 1951, queda reflejada en las curvas de la figura 6.^a Esta energía es, por tanto, la suma de la energía fluyente realmente producida, mas la energía almacenada en los embalses. Podemos apreciar en ellas la enorme desigualdad que existe en las aportaciones de invierno y de verano y la diferencia entre el régimen de la región Catalana y Aragonesa con las restantes regiones. En aquella, las aportaciones de invierno quedan frenadas por las heladas, y las máximas producciones corresponden a las épocas de deshielo a principio de verano. En las restantes, y especialmente en la zona Centro-Norte, se aprecian los marcados estiajes y las fuertes crecidas como consecuencia de un desigual régimen pluvial.

Debido a estas circunstancias especiales de nuestros ríos, es imprescindible estudiar primeramente el efecto de los embalses existentes, construyendo las curvas de energía fluyente producida de la figura 7.^a que obtenemos restando de las curvas de la figura 6.^a la energía almacenada en los embalses, y pasar luego al estudio de la posible interconexión entre regiones.

De las curvas de la figura 7.^a podemos deducir con suficiente aproximación las posibilidades hidroeléctricas de la Meseta Central si tenemos en cuenta que en la actual producción de la zona Centro-Norte



Central de Sequeiros.

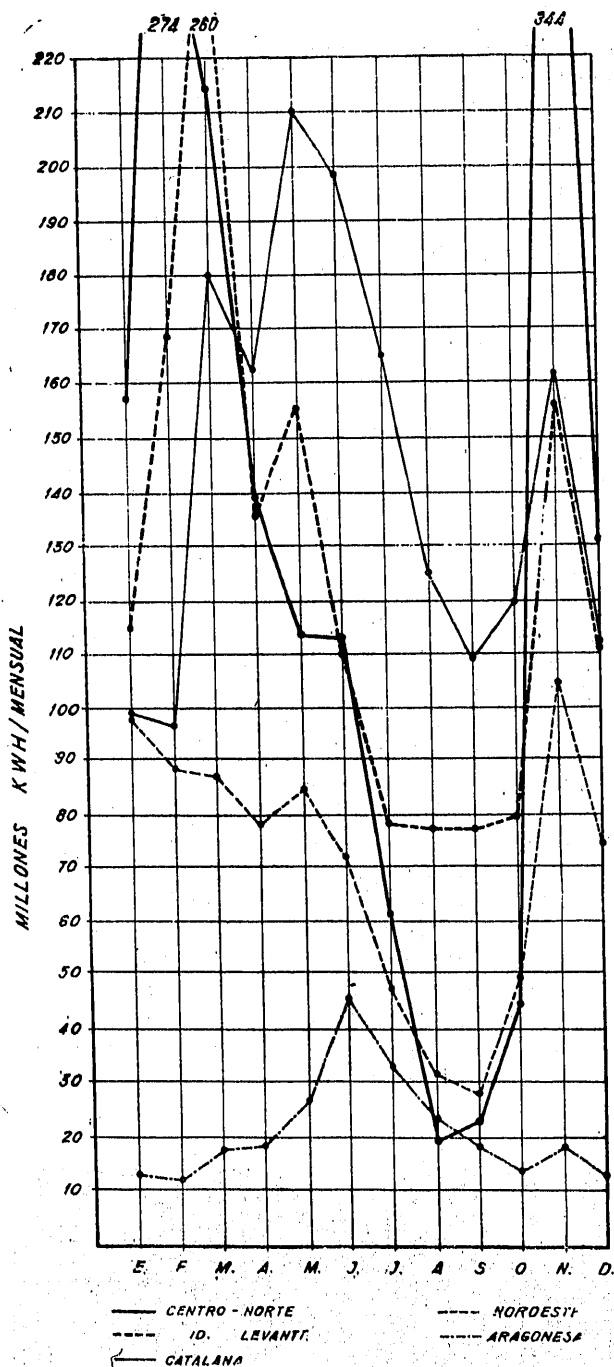


Fig. 6.ª — Producción mensual de energía fluyente sin embalses.

la influencia del sistema Duero es del 75 por 100, siendo producido el 25 por 100 restante por las Provincias Vascas, Navarra y Logroño. La curva de producción de energía fluyente en el Duero debe ser, pues, muy parecida a la de la zona Centro-Norte, pero los estiajes serán probablemente más pronunciados, puesto que en ésta se encuentran parcialmente compensados por la producción de provincias de gran pluviosidad. En cuanto al sistema Tajo, su influen-

cia es únicamente del 25 por 100 en la producción de la zona Centro-Levante, estando el resto suministrado por la región Levante con el Turia, Júcar y Segura. Esto nos explica los menos acusados estiajes en comparación con la curva de energía fluyente de la zona Centro-Norte y nos indica que la curva de la región Centro-Levante debe tomarse como característica de la región Levante, en la cual las diferencias entre las aportaciones de verano e invierno estarán probablemente menos acentuadas al prescindir de las aportaciones del Tajo.

La producción de la región Noroeste quedará reflejada en su curva, sin necesidad de correcciones, y la zona Ebro-Pirenaica tendrá producción igual a la suma de las actuales zonas Catalana y Aragonesa, con la inclusión de las provincias suprimidas en la zona Centro-Norte.

Las curvas de producción de energía fluyente en las regiones naturales quedarán, siguiendo estas indicaciones, según se ve en la figura 8.ª, y muy semejantes a las de la figura 7.ª.

De estas curvas regionales se pueden obtener deducciones interesantes.

1.ª *La Meseta Central.* — Es la región donde se acusa con más fuerza la desigualdad entre las aportaciones de verano e invierno. La falta de alturas importantes no permite la acumulación de nieves y el desigual régimen pluvial produce estiajes marcadísimos o súbitas crecidas. Para su aprovechamiento es imprescindible la conexión con otras regiones que puedan completarla.

2.ª *Región Noroeste.* — Se acusa un estiaje menos pronunciado que en la Meseta Central. Su régimen es pluvial, igual que el de esta región, pero las lluvias son más abundantes y están mejor repartidas, lo que proporciona buenos aprovechamientos hidroeléctricos. La producción es casi constante durante



Central de Ponte Novo.

ocho meses del año, durante los cuales se registran variaciones que no exceden del 12 por 100 de la producción máxima. Esto nos puede indicar que las centrales instaladas están insuficientemente equipadas y no son aptas más que para aprovechar caudales medios bajos o bien que el mercado no puede absorber toda la energía que se produce y las centrales no funcionan al máximo de su capacidad. En ambos casos, la conexión con otras regiones complementarias aumentaría las posibilidades de producción.

3.^a *Región de Levante.* — Tiene características muy parecidas a las anteriores, pero en ellas se acusan los estiajes menos aún que en la región Noroeste, siendo mucho más suaves las diferencias de producción fluyente.

Como consecuencia de los importantes riegos, comienza a producirse en sus ríos el fenómeno de la inversión de régimen que se manifiesta ya con toda claridad en el Júcar. La producción de verano puede, por tanto, llegar a superar a la de invierno, dependiendo únicamente de los embalses a construir.

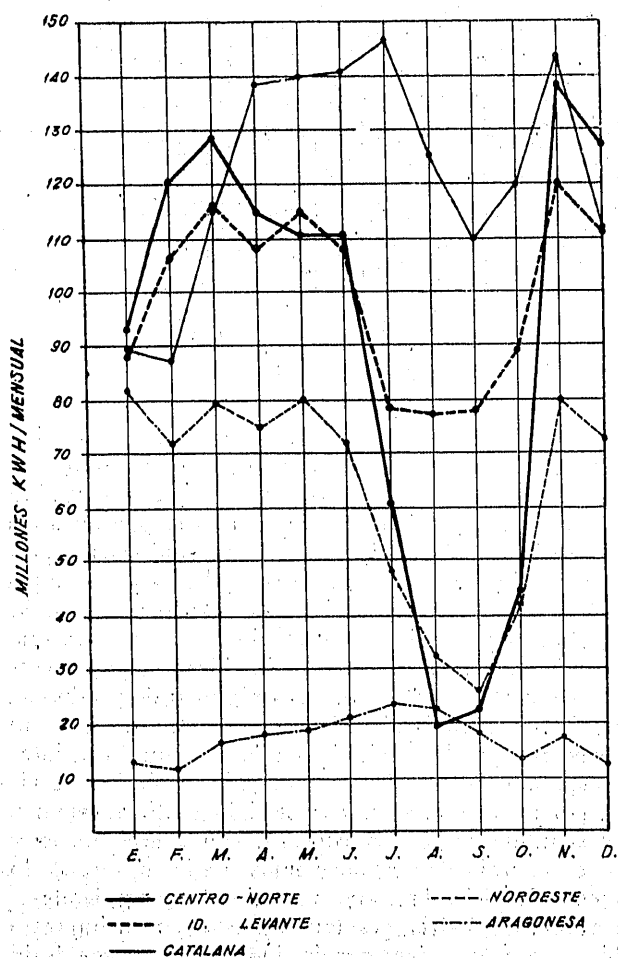


Fig. 7.ª — Producción fluyente real.

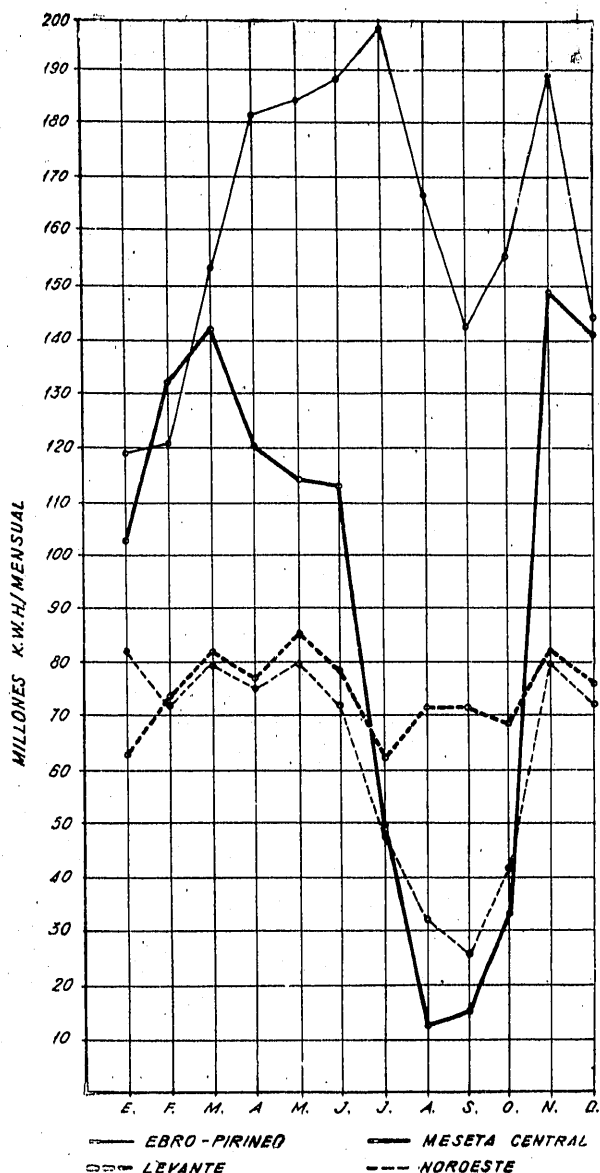


Fig. 8.ª — Producción fluyente real por regiones naturales.

4.^a *Región Ebro-Pirenaica.* — Es, en cierto modo, la región complementaria de las anteriores, especialmente de las dos primeras. La altura de sus montañas permite un régimen semiglaciario que produce los máximos caudales en el mes de julio, encontrándose los mínimos en septiembre. El descenso de caudales se ve frenado por las lluvias de otoño, que al convertirse en nieve originan un nuevo mínimo en el invierno. De ambos, el peor es el primero, por coincidir con los de las otras regiones, produciendo un estiaje nacional.

La interconexión. — La superposición de estas energías por una interconexión total entre las diferentes regiones, nos proporcionaría las posibilidades indicadas en la figura 9.ª, donde se refleja el conjun-

to de la energía fluyente de España durante el último quinquenio. Se pueden apreciar claramente los estiajes nacionales durante los meses de julio, agosto y septiembre, especialmente en estos dos últimos.

Queda también registrado en esta figura la influencia de la energía almacenada en los embalses, que desplaza los mínimos de producción frecuentemente hasta octubre, y la producción térmica.

El problema de la adaptación entre la oferta y la demanda no quedaría resuelto, por tanto, únicamente con la interconexión nacional, ya que, según vemos, los embalses actuales modifican los estiajes, aunque no son suficientes para evitarlos. Si podemos, sin embargo, mejorar aún su rendimiento. No solamente

CUADRO NÚM. 4. — Comparación de producciones regionales.

Región	Meseta Central	Noroeste	Ebro-Pirineos	Levante
Producción año 1951 en 10 ⁶ Kw.h. . . .	1 543	771	2 492	1 155
% en 1951. . .	25,9	12,9	41,6	19,6
Producción futura en 10 ⁶ Kw.h. . . .	12 200	9 300	10 500	3 300
% futuro . . .	34,6	26,3	29,8	9,3

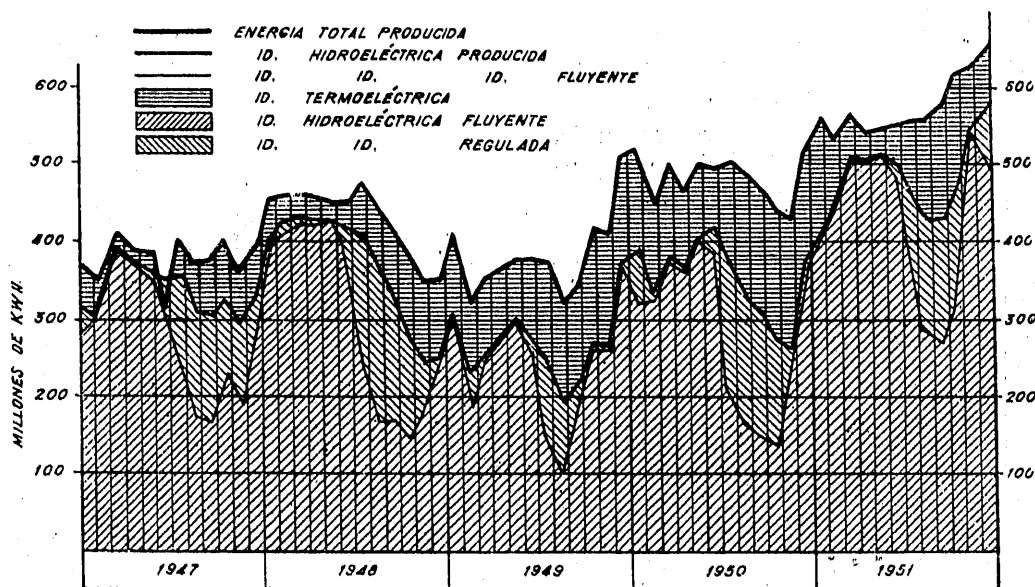


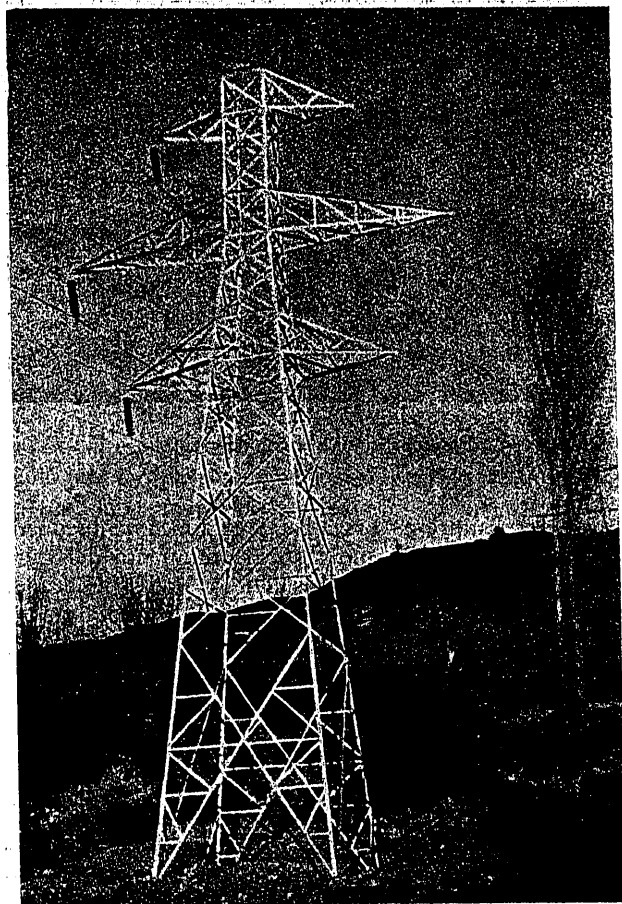
Fig. 9.ª — Conjunto de la energía producida durante el quinquenio 1947-51.

los embalses ya existentes, en la medida que ello sea posible, sino sobre todo los nuevos embalses deben someter su régimen de vaciado a cubrir los estiajes nacionales, prescindiendo por completo de regular los ríos donde estén enclavados, y las centrales instaladas aguas abajo de ellos deben ser equipadas según este criterio. Si tenemos en cuenta que este régimen es también el más conveniente para los regadíos, no debemos dudar que la mejor utilización que se puede sacar de gran parte de los ríos de la Península es invirtiendo su régimen de caudales.

La influencia de las diferentes regiones naturales puede cambiar, con el transcurso del tiempo, según se vaya modificando el estado de equipamiento de los ríos, pero el siguiente cuadro nos muestra que en el futuro ha de aumentar cada vez más la influencia de la Meseta Central y de la región Noroeste, intensificándose la carencia de energía en verano. Es, pues, imprescindible intensificar la construcción de embalses que puedan modificar nuestros estiajes nacionales.

Para la modificación de estos mínimos de producción nacional hemos de tener en cuenta también la interconexión con los países vecinos. Estos cambios de energía no suelen ser económicos comparados con el precio de la energía nacional, ya que las líneas se utilizan durante períodos cortos del año y en cambio deben ser de gran capacidad de transporte, pero los trastornos y pérdidas que significan las restricciones para la economía nacional los justifican sobradamente.

Descartada Portugal, cuyo régimen de producción ha de ser parecido al de la Meseta Central, y por tanto no nos puede servir de ayuda, nos queda la interconexión con Francia. En este país, según hemos visto por artículos anteriores, se deja sentir fuertemente la influencia de los Alpes, que producen un exceso de energía de verano y unos mínimos durante los meses de diciembre, enero y febrero, y septiembre y octubre. Se podría, por tanto, pensar en un intercambio a base de ceder energía durante los meses de invierno y tomarla durante junio, julio y parte de agos-

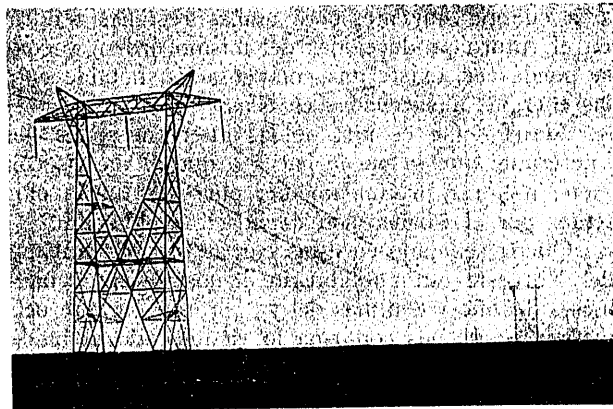


Línea de transporte a 132 KV.

to, manteniendo nuestro sistema de embalses, que generalmente alcanzan sus máximos niveles con las lluvias de primavera, lo más alto posibles mientras fuera compatible con el riego y comenzando su vaciado en el mes de agosto, con dos meses de retraso sobre el régimen actual, lo que nos permitiría afrontar con relativa tranquilidad las épocas de estiaje.

En estas interconexiones no se puede olvidar que el transporte de energía eléctrica es únicamente rentable para distancias cortas que, aunque aumentan con el voltaje de las líneas, restringen, al menos actualmente, el transvase a nuestros sistemas de la energía térmica del Norte de Francia, ya que para nuestra vecina nación los gastos de transporte de un carbón de 5 000 cal./Kg. y de la energía eléctrica que puede producir se igualan para distancias superiores a 500 Km. Además, la coincidencia parcial de nuestros mínimos de verano con los de Francia impedirá recibir la futura ayuda de naciones que como Suiza tienen una producción complementaria de la nuestra, aun contando con su posible transporte al aumentar las tensiones de las líneas, al menos mientras no se completen las necesidades francesas.

Los embalses. — Como vemos, la interconexión no es suficiente por sí sola para resolver el problema de

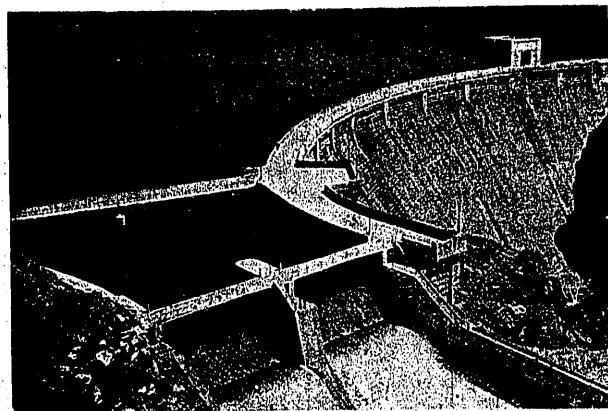


Línea de transporte a 220 KV.

la adaptación de la oferta a la demanda. Para completarla son necesarios los embalses, cuya misión es también acrecentar la producción y mejorar los riegos, evitando que se pierdan en el mar grandes masas de agua. En el primer capítulo de esta serie, ya indicamos sus diferentes clases y funcionamiento. Los argumentos citados acerca de su utilidad eran casi exclusivamente un resumen de ideas generales que no vamos a repetir, pero sí nos interesa volver a señalar la influencia que los actuales embalses tienen en las curvas de la figura 9.^a. Ellas nos muestran la ineludible necesidad de hacer la mayor cantidad posible de embalses, especialmente en la Meseta Central y en la región Noroeste.

Un ejemplo de lo que se podría obtener con la conjugación de embalses e interconexión, especialmente entre algunas regiones, nos lo muestran los gráficos de las figuras 10 y 11, que nos sirven también para aclarar algunas ideas.

Se reflejan en ellos la situación de la energía disponible en el conjunto de embalses de Cataluña y Noroeste (Barrié, Las Conchas, Doiras) durante el año 1951. La desproporción en cuanto a producción regulada es evidente, como lo es también con relación



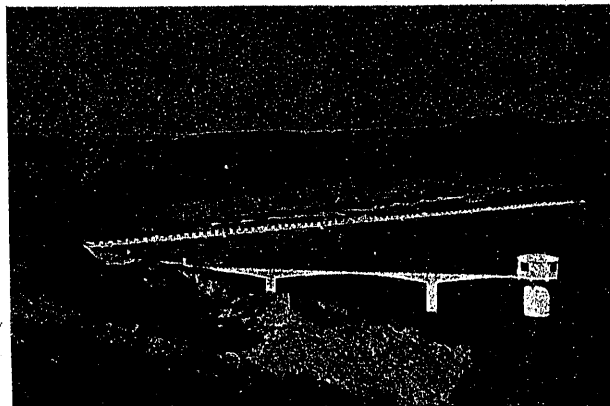
Pantano de El Tranco.

a la energía fluyente, pero ambas regiones tendrán en el futuro producciones del mismo orden, y como se puede ver, existe una compensación notable entre las energías almacenadas en ellas.

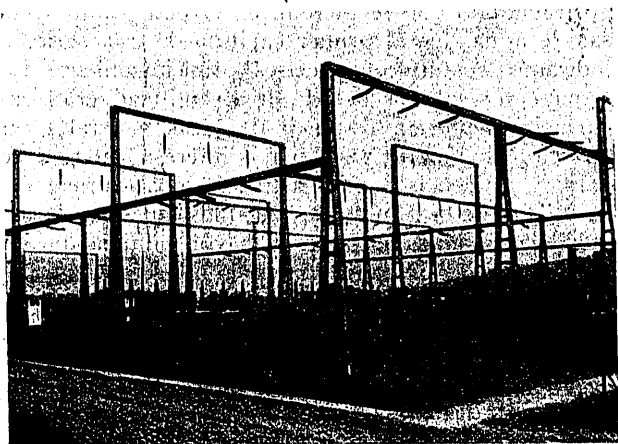
Actualmente es una de las interconexiones más interesante que se puede hacer o que al menos conviene mejorar profundamente, pues las líneas existentes por el Pirineo son de difícil explotación.

Queda reflejado en estas curvas que los embalses del Noroeste están totalmente llenos durante cuatro meses del año y con más del 75 por 100 durante ocho meses, lo que nos confirma lo ya indicado al hablar de aquella región, de que las centrales instaladas están insuficientemente equipadas o que no hay bastantes consumidores, siendo grande el contraste con los embalses de Cataluña que no llegan a alcanzar el 70 por 100 de su capacidad.

A pesar de la evidente necesidad de embalses, se nota un ritmo decreciente en su construcción por par-



Pantano de la Torre del Aguila.



Parque de transformación de Compostilla (Ponferrada).

te de las Empresas privadas, que únicamente puede explicarse por el ya indicado alejamiento del capital de los negocios eléctricos. De los datos publicados por los Servicios Eléctricos de Obras Públicas en 1952 hemos formado el cuadro núm. 5, donde podemos observar que en todas las Confederaciones y Servicios se acentúa la intervención estatal, salvo ligeramente el Guadalquivir, Sur y Júcar, pasando en algunas de ellas, como en el Pirineo Oriental, de tener actualmente la iniciativa particular todos los embalses a tener en el futuro una cuarta parte.

De estos datos podemos deducir también la facilidad con que el Estado podría dedicar los embalses regionales a cubrir los estiajes nacionales. En la Meseta Central no existiría ningún problema, puesto que tiene en sus manos la casi totalidad de la energía embalsada. En el Noroeste, hecha la interconexión, las mismas necesidades y la falta de consumo regional llevarían a las Empresas a aceptar regímenes más lucrativos.

CUADRO NÚM. 5. — Porcentaje de embalses con aprovechamientos hidroeléctricos estatales y particulares.

	CONSTRUÍDOS		EN CONSTRUCCIÓN		EN PROYECTO		TOTAL	
	Ayuntamientos y particulares	Estado	Ayuntamientos y particulares	Estado	Ayuntamientos y particulares	Estado	Ayuntamientos y particulares	Estado
Norte	99,6	0,4	82,1	17,9	57,7	42,3	74,0	26,0
Pirineo Oriental. . . .	100,0	—	—	100,0	46,0	54,0	24,0	76,0
Ebro. . . .	35,8	74,2	15,5	84,5	—	100,0	15,6	84,4
Júcar	0,3	99,7	11,1	88,9	—	100,0	0,4	99,6
Segura. . . .	—	100,0	—	100,0	—	—	—	100,0
Sur	0,6	99,4	—	—	15,4	84,6	12,8	87,2
Guadalquivir. . . .	3,6	96,4	25,7	74,3	—	100,0	3,9	96,1
Guadiana	—	—	—	100,0	—	100,0	—	100,0
Tajo. . . .	18,4	81,6	—	100,0	—	100,0	2,1	97,9
Duero. . . .	74,7	25,3	1,0	99,0	—	100,0	38,8	61,2

Las centrales térmicas. — Tenemos, finalmente, como reserva para terminar de adaptar la oferta a la demanda, la instalación de centrales térmicas. Conocemos nuestras posibilidades de producción de carbón y sabemos que nuestras centrales de antracita, hulla y lignito no pueden producirnos más del 9 por 100 de la energía total hidráulica futura. Como en la actualidad la producción térmica es alrededor de un 15 por 100 de la total, y en años como el 1949 ha llegado a ser el 28 por 100, podemos imaginar el reducido papel que han de desempeñar estas centrales en el futuro, salvo en la misión de reserva para años o períodos de escasa energía hidráulica. Bajo este aspecto, atendiendo a la necesidad nacional, es necesario pensar en centrales térmicas de puntas, prescindiendo por completo de ellas como centrales base, aunque económicamente no sea ésta la mejor solución.

Estas centrales de reserva plantean el problema de un equipo muy superior al necesario para las horas que han de ser utilizadas y, sobre todo, el de su abastecimiento. Es necesario crear grandes parques de almacenamiento de combustible con los inconvenientes que ello representa de capital inmovilizado, peligro de combustión espontánea, etc., o bien tener las minas y los transportes preparados para poder servir en un momento determinado grandes cantidades

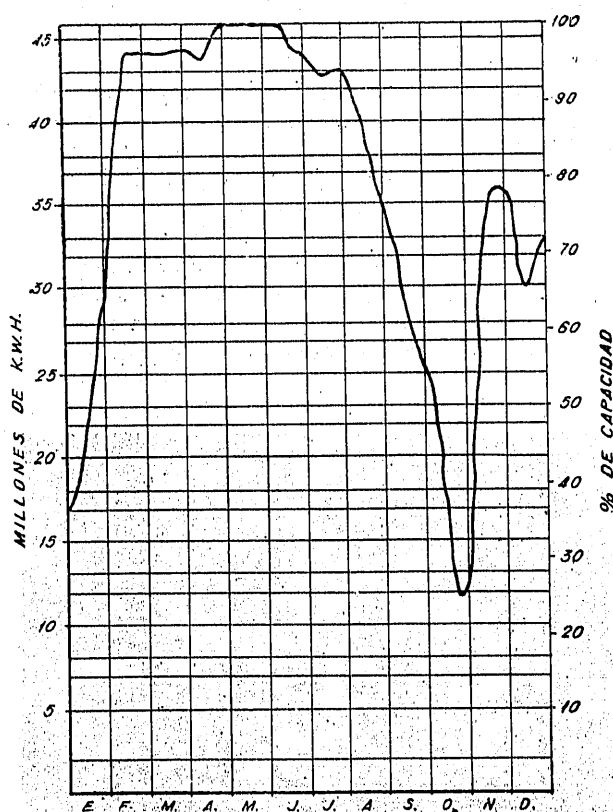


Fig. 10. — Estado de los embalses del Noroeste en 1951.

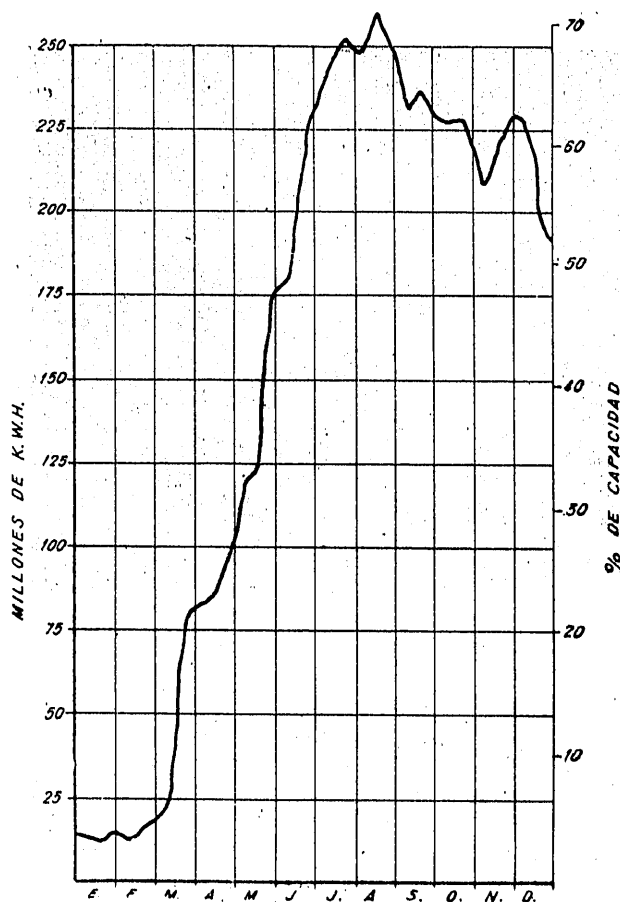


Fig. 11. — Estado del conjunto de embalses de Cataluña durante 1951.

de combustible si la importación no puede ser aplicada.

Se puede pensar en aumentar esta producción térmica con las centrales de fuel-oil. Su gran adaptabilidad, facilidad de puesta en marcha y aumento inmediato de la potencia producida las hacen mucho más aptas que las de carbón para el suministro de energía de puntas. Teniendo en cuenta que la producción de fuel-oil es cada vez mayor y que la puesta en marcha de nuevas refinerías y fábricas como la de Calvo Sotelo en Puertollano puede ocasionar un excedente, al menos transitorio, de este combustible, podemos deducir que la construcción de estas centrales puede aliviar nuestra situación. Han sido ya probadas en nuestro país y su rendimiento es excelente. Las centrales móviles de fuel-oil importadas de Inglaterra e instaladas en diferentes ciudades del territorio nacional, Barcelona, Sevilla, Cartagena, La Felguera, Baleares, etc., sirvieron para salvar un difícil bache de producción en 1946, y actualmente nos pueden aleccionar en lo referente a sus posibilidades, llevándonos a la instalación de una serie de centrales fijas en las zonas donde mayor sea la carencia de



Pantano en construcción de San Esteban.

electricidad o donde la compensación de las líneas así lo aconseje, mejorando su rendimiento.

Aplicaciones. — Hasta aquí queda expuesto a grandes rasgos cómo podría resolverse teóricamente nuestro problema eléctrico. Sin embargo, existen otras dificultades materiales que es preciso hacer desaparecer. La forma actual en que se otorgan las concesiones es defectuosa. La petición de aprovechamientos aislados produce, a pesar de los esfuerzos de la Administración, el "descreme" de los ríos. Se conceden saltos muy buenos que quizá inutilizan otros de mayor potencia o que fragmentan el río, dejando grandes longitudes sin utilizar porque el resto de los aprovechamientos no son rentables. La libertad completa de exposición en los proyectos hace muy difícil su comparación y permite una gran variedad de tensiones de generación y transporte, complicando extraordinariamente los almacenes de repuesto y los parques de transformación. Los saltos se encuentran en su mayor parte concebidos para funcionar aisladamente, o en el mejor de los casos para influir con sus embalses en los aprovechamientos de aguas abajo, siendo muy frecuente la creación de contraembalses para regular la producción de un río a lo largo del año, cuando en la mayor parte de los casos hubiera sido más conveniente, desde el punto de vista nacional, acentuar el régimen de producción del embalse principal, dejando al contraembalse el único papel de regularizar los caudales de servidumbre con sus grupos de menor potencia cuando el embalse principal está concebido como central de puntas.

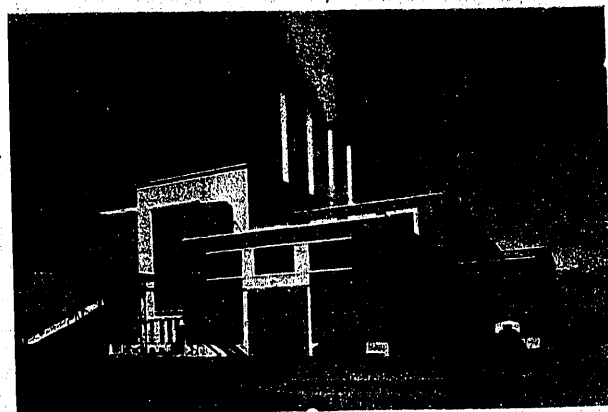
Se da el caso de que aprovechamientos estudiados y en trámite de concesión han sido protestados violentamente por la Prensa, exponiendo sus magníficas condiciones turísticas. No dudamos de que las pueden tener ni creemos que todos los ríos hayan de ser convertidos en una cadena ininterrumpida de aprovecha-

mientos, pero pensamos que esos lugares pudieron ser señalados como parques nacionales, si sus condiciones así lo aconsejaban, antes de hacer los estudios, y que si carecen de ellas nada debe impedir que los proyectos pensados se realicen.

Existen además las dificultades planteadas por los cultivos. Los embalses mejoran la agricultura sirviendo para la creación de zonas de regadío, pero al mismo tiempo pueden recibir grandes beneficios de ella. Las partes altas de las cuencas no tienen, en gran número de nuestros ríos, el cultivo adecuado para evitar que los aguaceros arrastren la tierra vegetal, almacenándola en los embalses y disminuyendo su capacidad. Este fenómeno se suele dar más bien que por el tipo de cultivo por la forma de efectuarlo. Al ser las tierras de la ribera de mejor calidad que las tierras altas, la parcelación por herencia se hace muy frecuentemente, para no perjudicar a ninguno de los herederos, en franjas perpendiculares al río, que cada vez se estrechan más, hasta llegar un momento en que la labranza no se puede hacer siguiendo las curvas de nivel, sino normalmente a ellas. El agua de lluvia encuentra en estos campos el mejor aliado para arrastrar la tierra hasta el río y atarquinar los embalses. Si esto ocurre en las tierras cultivadas, no es menor el arrastre en el caso frecuentísimo de tierras yermas por haber roturado un monte para labranza sin que el suelo reuniera condiciones. En ambos casos, una dirección inteligente del cultivo o una reposición del monte, alto o bajo, produciría grandes beneficios.

También se encuentran deficiencias en lo que se refiere a líneas de transporte. Nuestra red actual es por completo insuficiente para atender al actual intercambio de energía entre regiones y sus pérdidas son elevadísimas, pero puede darse el caso de que para un productor sea más económico, dada la carestía actual de capitales, seguir con sus líneas antiguas, a pesar de las pérdidas, que construir otras nuevas, aunque ello sea ruinoso para la economía nacional.

La extensión de nuestra red es muy pequeña. se-



Central térmica de Puertollano.

gún queda reflejado en el cuadro núm. 6. La variedad de tensiones existentes complica extraordinariamente las conexiones entre las diferentes zonas, y el intercambio se encuentra además restringido por la falta de capacidad de transporte de las líneas.

CUADRO NÚM. 6. — Líneas de tensión superior a 100 KV. en 1951.

ZONA	Tensión — Kilovoltios	En explotación — Kilómetros	En construcción — Kilómetros	En proyecto — Kilómetros
Centro-Levante	132	459	838	317
Catalana. . .	110	1 434	225	93
	132	87	25	440
Centro-Norte	132	—	144	—
	138	1 122	270	346
	220	533	16	270
Aragonesa. . .	132	138	235	—
Noroeste . . .	132	690	742	—
	220	—	—	598
Andaluza . . .	132	—	614	120

El cuadro nos refleja la situación actual de las líneas que dibujan ya una red de interconexión en vías de terminación, que si bien puede ser suficiente de momento para algunas regiones, en otras se ha podido comprobar que es por completo incapaz de hacer frente a las necesidades actuales.

El polígono interior tiene sus vértices en La Mudarra, Alonsótegui, Lafortunada, Poblá de Segur, Escatrón, Castellón, Alicante, Andújar, Cijara, Madrid. La Mudarra y sus tensiones varían de 220 KV. en el tramo La Mudarra-Alonsótegui hasta 110 KV. Es especialmente insuficiente el tramo Alonsótegui-Poblá de Segur, que debe atender al intercambio entre la región Noroeste y Cataluña, hasta el punto de que es necesario el funcionamiento de la central de Burceña para evitar la enorme caída de tensión que se produce sin ella. Ya hemos visto, con relación a esta interconexión, que los regímenes de los embalses en ambas regiones son complementarios y que el intercambio de energía entre ambas debe tender a fomentarse.

Quizás sea este de las líneas uno de los problemas más agudos de nuestra producción eléctrica. Las pérdidas en nuestras redes ascienden al 23 por 100, en tanto que en Italia alcanzan el 16 y en Francia el 13 por 100. Es decir, que las pérdidas que podrían ser recuperadas teniendo una buena red de transporte y distribución ascendían en 1951 a unos 800 millones de Kw.h. anuales, la producción conjunta de las centrales de Esla y Villalcampo, debiendo observar que aumentarán cada vez más al aumentar la producción y hacerse más difícil el transporte, llegando incluso

a disponer de energía que no pueda ser transportada, como ocurrió al comenzar el año 1951, en que habiendo restricciones en Cataluña sobraba energía en el Noroeste.

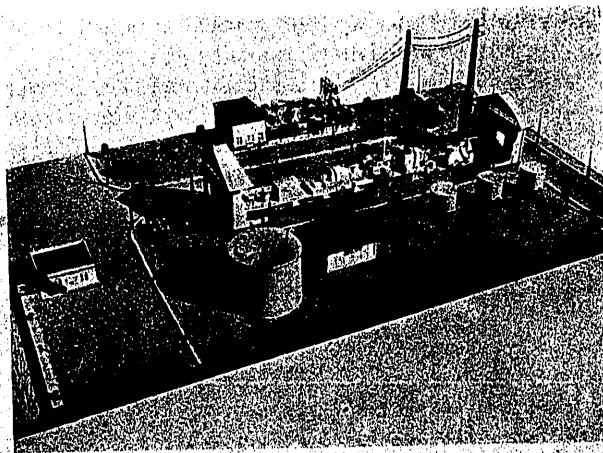
De todo lo expuesto deducimos que para mejorar la actual situación eléctrica es necesario:

1.º Mejorar el rendimiento de las instalaciones existentes.

2.º Trazar un plan de construcción de nuevas instalaciones.

Ambos fines están íntimamente ligados. La mejora de las instalaciones existentes se puede tratar de obtener por medio de la interconexión, sustituyendo por otras las líneas insuficientes y estudiando la futura tensión de transporte de España, teniendo en cuenta que ya son relativamente frecuentes líneas a 380 KV. Con esta interconexión se procurará modificar en lo posible el equipo de las centrales existentes para adaptarlas a su nuevo régimen de funcionamiento y se podrá estudiar la influencia de la energía que pueda intercambiarse con Francia.

Podemos obtener así un aumento importante en energía apta para ser consumida. Ya hemos visto que las pérdidas que se pueden recuperar al mejorar las líneas de transporte y distribución son del orden del 10 por 100, pero si tenemos en cuenta que con la interconexión podremos mejorar el número actual de horas de utilización de las centrales, pasando de las 3 120 de media en nuestros últimos años, que consideraríamos ajustadas para un año hidráulico normal a 3 500, obtendremos un aumento en la energía producible del 12 por 100 y un total por ambos conceptos del 20,5 por 100. De ella se derivarían también mejoras importantes para la agricultura, puesto que la energía podría ser utilizada con mucha más facilidad para riegos en regiones como en La Mancha, con abundantes aguas subálveas.



Maqueta de la central térmica móvil de fuel-oil instalada en Cartagena.

Esta interconexión debe estar pensada para el futuro, y, por tanto, antes de realizarla se deberá estudiar el plan general de producción de energía eléctrica y de aprovechamiento agrícola e industrial de las aguas, juntamente con la posible instalación de nuevas industrias.

Más complicado, y sobre todo costoso, ha de ser el cambio de nuestra red de distribución. No pueden adoptarse para ella medidas que tengan repercusión inmediata si se trata de cambiar las líneas, pero quizá fuera una solución elevar el voltaje a 220 V. Esta elevación la pueden soportar perfectamente las líneas actuales, y el cambio de las estaciones de transformación representaría poco en relación con el cambio de la línea.

En el primer artículo de esta serie hemos expuesto los puntos a los que debe atenerse un plan general de utilización de los recursos eléctricos de una nación. Sólo nos queda por añadir algunas consideraciones económicas.

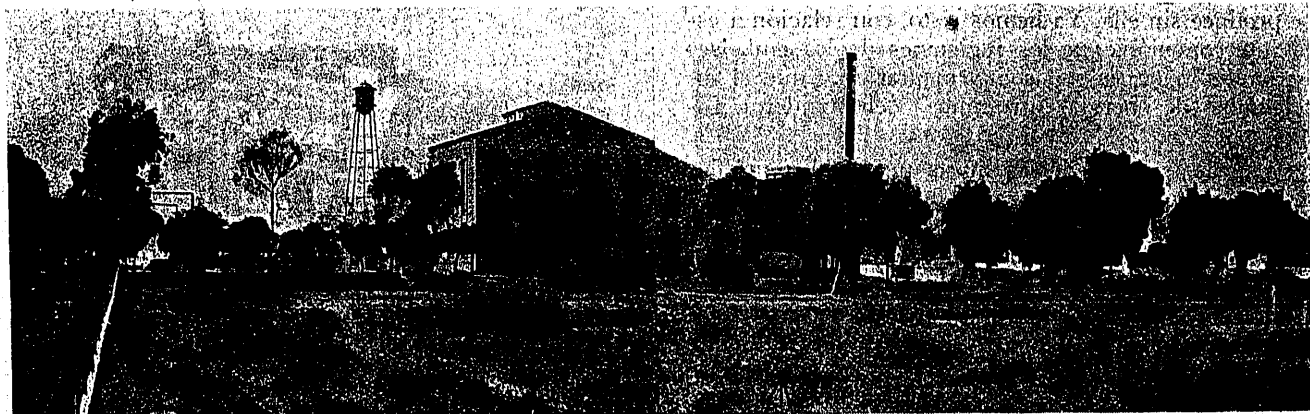
Nuestra posible producción eléctrica se cifra en unos $40\,000 \times 10^6$ Kw.h., y si tenemos en cuenta que la actual producción anual es, en números redondos, $10\,000 \times 10^6$ Kw.h. y que cada diez años debe ser duplicada para poder atender a nuestras necesidades, encontramos que en un período de veinte años debemos haber terminado nuestras fuentes de energía, y lo que es más importante, haber producido $30\,000 \times 10^6$ Kw.h. y haber construido las líneas de transporte y distribución necesarias para su consumo.

El aumento anual de producción que ello representa sólo puede obtenerse ejecutando las obras más rápidamente que lo que hasta el momento se está haciendo. Con ello, además del adelanto de puesta en servicio de las instalaciones y del consiguiente aumento de producción, habrá un menor gravamen de los intereses intercalarios en las obras, y es, por tanto, lo ideal para las Empresas, tanto particulares co-

mo estatales, pero solamente se puede conseguir con una mayor mecanización en ellas, difícil de obtener en la actualidad por la falta de divisas. El plan de aprovechamiento integral podría conducirnos a proyectar saltos de características muy semejantes que pudieran ser construidos empleando la misma maquinaria auxiliar sucesivamente. Esta maquinaria podría, por tanto, no ser propiedad del contratista, sino del Estado que cobraría el correspondiente alquiler, sabiendo hasta qué punto podría ser amortizada.

Pero aún más importante que este factor de rapidez es el factor económico. Actualmente, la relación entre el coste de un salto en pesetas y su producción anual en Kw.h. viene a ser de 1,80, es decir, que si un salto produce cien millones de Kw.h. anuales, cuesta ciento ochenta millones de pesetas. El coste de una línea de transporte a 220 KV. lo podemos cifrar en unas 500 000 ptas./Km., y si para la conexión internacional se pensara en líneas de 380 KV., este precio debería ser aumentado probablemente en un 75 por 100. Estas cifras nos hacen ver que para atender a la producción deberían emplearse 54 000 millones de pesetas en veinte años, y si contamos redes de transporte y distribución, subestaciones, etc., llegaremos a sobrepasar los 75 000 millones, ya que habría que contar con un coste no inferior a 0,70 pesetas por Kw.h. año por estos conceptos.

Esta cifra, en las circunstancias en que se desenvuelven las Empresas eléctricas actualmente es difícil de alcanzar. Debemos pensar, pues, en dejar a estas Empresas un margen más amplio de beneficios o en que el Estado se encargue de llevar a cabo lo que el capital privado no puede realizar, si algunas fórmulas nuevas, como sería la ya utilizada en otras naciones de pagar los intereses en Kw.h. preferentes, no dieran resultado. En ambos casos, se han obtenido buenos resultados en el extranjero con la estrecha colaboración de todos los interesados. De su expe-



Central térmica de fuel-oil de Huelva con caldera exterior. En montaje.

riencia podrían sacarse como conclusión que quizá fuera lo más conveniente para nuestro país un sistema dirigido en lo referente a proyectos y en el orden en que se han de ejecutar, pero procurando que esta ejecución y la explotación sean hechas por Empresas particulares.

Podría estudiarse primeramente un plan general a grandes trazos, por el Estado o por un concurso abierto, en el que se determinaría la cantidad de energía que pudiera producir cada región, sus posibilidades de consumo, presentes y futuras, y los intercambios de energía con el resto de España, con el que quedarán perfectamente determinadas la clase de energía que debiera dar, la época del año en que deba suministrarse, las centrales base y de puntas, las tensiones de generación y transporte y el aprovechamiento agrícola e industrial de las aguas. Partiendo de esta base, los proyectos definitivos de utilización de los recursos regionales podrían hacerse por concurso. Para su comparación sería muy conveniente que los datos iniciales fueran iguales para todos los concursantes. Los planos, lluvias, etc., deberían ser dados, por tanto, por el Ministerio de Obras Públicas, que podría tener sus equipos propios de fotogrametría aérea, ahorrando todos los anárquicos trabajos topográficos particulares y estando en conexión con los servicios meteorológicos nacionales para proporcionar los datos de lluvias, etc.

La ventaja que podrían tener estos proyectos particulares es grande. Por una parte, los estudios vendrían hechos por equipos de técnicos, cosa que actualmente es difícil hacer en las Confederaciones, y además los elementos o tipos especiales de presas podrían ser estudiados con más horas de las que puede emplear en ellos un Ingeniero de la Administración, por la mayor elasticidad que pueden tener las Empre-



Cultivos en terrazas.

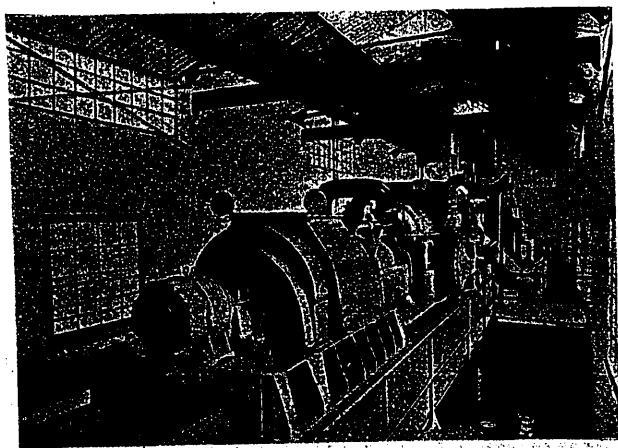
sas particulares en tomar técnicos auxiliares eventuales.

No sería ésta la primera vez que se hiciera un concurso para una obra estatal. Unicamente sería seguir el camino iniciado por el concurso que hace pocos años sacó la Confederación del Pirineo Oriental para el proyecto de construcción de la presa de escollera de Jorba.

Conocidas las realizaciones que hubiera que llevar a cabo, podría señalarse su orden de urgencia, unificar los tipos de centrales y comprar la maquinaria estatal necesaria para la construcción. Podría verse el número de grupos a fabricar en España, las factorías ocupadas en hacerlos, la evolución y desarrollo de éstas para poder ir construyendo cada vez grupos de mayor potencia o la necesidad de creación de nuevas fábricas si las existentes no fueran suficientes para desarrollar el programa. El resto de los elementos, cuya fabricación no fuera posible en el territorio nacional, podría ser encargado a un corto número de fábricas extranjeras con la obligación de colaborar en lo posible con firmas nacionales, dando así un nuevo impulso a nuestra industria y procurando que esas adquisiciones estuvieran dentro de unas normas fijas para disminuir en lo posible los almacenes de repuesto.

Este plan nacional podría ejecutarse bajo la dirección del Estado en la forma que queda dicha, pero para su realización y explotación podrían irse sacando a concurso entre las Empresas privadas, por orden de urgencia, los diferentes aprovechamientos y líneas de transporte y distribución, no encargándose el Estado de llevar a cabo más que aquellos que, siendo imprescindibles para el desarrollo del plan, no hubiera querido ejecutarlos el capital privado por cualquier causa.

Insertamos, para concluir, un resumen del artículo, en el que trataremos de fijar las ideas expuestas.



Central térmica móvil de fuel-oil de Cartagena. Perspectiva del interior.

Resumen. — Para resolver el problema de la producción de energía eléctrica en España debemos tener en cuenta las siguientes conclusiones:

1.ª Es necesario mejorar el rendimiento de las instalaciones existentes, especialmente en lo que se refiere a transporte y distribución.

2.ª Para que el desarrollo industrial de la nación pueda continuar es necesario poder alcanzar en los veinte años próximos un aumento de $30\,000 \times 10^6$ Kw.h. sobre nuestra actual producción, con lo que quedarán agotadas nuestras reservas de energía eléctrica.

3.ª Para ello es necesario la redacción de un plan de aprovechamiento integral de dichas reservas, a redactar por concursos o por el Estado y a ejecutar por Empresas particulares, o en su defecto por el propio Estado, siguiendo el orden que éste establezca.

4.ª En este plan se estudiarán las posibilidades hidroeléctricas de cada región, la interconexión entre ellas y con el extranjero, y el complemento de energía térmica necesario para terminar de adaptar la oferta a la demanda en cada zona.

5.ª En el estudio hidroeléctrico debe tenderse a que los embalses tengan la mayor capacidad posible, a ejecutar transvases y a la tipificación de los grupos generadores, utilizando el menor número posible de tipos y empezando por la construcción de aquellas

centrales que, siendo igualmente urgentes, tengan unidades menos potentes para poder formar una industria nacional constructora de grupos.

6.ª En el estudio de la interconexión de zonas deben unificarse las tensiones de transporte y distribución. Deben tipificarse los parques de transformación y adoptar un corto número de tipos de postes para las líneas, procurando que la industria nacional pueda trabajar en serie.

7.ª En el estudio de las centrales térmicas debe procurarse unificar, en lo posible, las unidades importadas, fijando la presión del vapor, y lo mismo que en las hidráulicas la tensión de generación. La unificación en las unidades importadas es particularmente importante, si tratamos de disminuir los parques de repuesto.

8.ª El estudio de producción hidroeléctrica debe completarse con la determinación de las zonas regables a las cuales estará supeditado en muchos casos y de los parques nacionales, prohibiendo los cultivos normales al río y fomentando los cultivos en terrazas y la repoblación de monte bajo o alto en las zonas altas de las cuencas.

9.ª Estas obras deben afrontarse pensando en una mecanización mayor que la actualmente utilizada, pudiendo crearse para ello un parque de maquinaria estatal.