

DESARROLLO HIDROELECTRICO ESPAÑOL EN LA PRODUCCION DE ENERGIA DESDE 1939 A 1955 EN RELACION CON LOS RECURSOS HIDROELECTRICOS TOTALES DE ESPAÑA

Por JOAQUIN GARRIDO MOYRON,
Ingeniero de Caminos.

Se trata del trabajo presentado por el autor en la Sesión de Belgrado del presente año de la Conferencia Mundial de la Energía, de cuya reunión dimos cuenta en la crónica de nuestro número anterior.

I. — Consideraciones generales.

El desarrollo de la producción de energía hidroeléctrica en España ha sido muy considerable en los años 1939 a 1955, aunque hay que advertir que dicho periodo es, prácticamente, el mismo que el de 1936 a 1955, puesto que en los años 1936 a 1939, es decir, durante la época del Movimiento Nacional, no se construyó nada ni se realizó progreso alguno en este sentido, cosa, por otra parte, muy natural.

La producción de energía eléctrica en España es de carácter predominantemente hidráulico, siendo sensiblemente la hidroeléctrica el 90 por 100 de la total, proporción que se mantiene hasta el año 1944, desde el cual puede decirse que es aproximadamente el 75 por 100 de la total producida.

El carácter torrencial de los ríos españoles hace precisa la construcción de embalses para su regulación, siendo la capacidad actual (octubre 1956) de los citados embalses 12 779,6 Hm.³.



Gráfico núm. 1.

Hidroeléctricamente, España se halla dividida en cuencas, que corresponden a los ríos principales que recorren su territorio (ver gráfico núm. 1).

La explotación integral de los recursos de estas cuencas es la que se está llevando a cabo siguiendo un Plan General de Obras Hidráulicas, que mediante la colaboración del Estado y la economía privada, va siendo realizado en todas sus partes. En los últimos años, y formando parte de la industrialización del país, se ha dado un fuerte impulso a las grandes obras hidráulicas, cuyo papel es muy importante no sólo como productoras y almacenadoras de energía eléctrica, sino también como fuentes de riqueza al convertir los terrenos de secano en regadío.

En la actualidad, la mayor parte de los grandes embalses reguladores de energía y almacenadores de agua para el riego, se construyen por el Estado, y una vez construídos, se conceden mediante concurso, en explotación, a las Empresas privadas productoras de energía eléctrica, reservándose siempre el Estado el control del agua para riego.

II. Valoración de los recursos hidroeléctricos totales.

Los diferentes estudios realizados para llevar a cabo esta valoración han ido dando cuantías distintas, para la misma, pero teniendo en cuenta que cuanto más modernas, mejores son los medios auxiliares utilizados para determinarlas, se puede decir que las últimas son las que tienen mayor grado de exactitud.

Además, el aumento progresivo de las horas de utilización de la potencia instalada, deducido de la interconexión de las centrales en la Red general peninsular, por una parte, y de la conjugación del funcionamiento de las potencias hidráulicas y térmicas, por otra, ha constituido un mejoramiento notable de la cifra de la posible energía a obtener con la potencia hidráulica total que se estima en España (ver gráfico núm. 4).

Puede darse como muy cercana a la realidad una posible potencia hidráulica de 9×10^6 Kw., teniendo en cuenta que si consideramos las centrales hidráulicas construídas en 10 de enero de 1956, en construcción y en proyecto en dicha fecha, se tienen las cifras siguientes:

Potencia hidráulica instalada en 1.º de enero de 1956	$3\ 002 \times 10^6$ Kw.
Potencia hidráulica en construcción (1956-58)	$1\ 135 \times 10^6$ Kw.
Potencia hidráulica en proyecto (1956)	$3\ 492 \times 10^6$ Kw.
TOTAL	$7\ 629 \times 10^6$ Kw.

Teniendo en cuenta que los proyectos actualmente estudiados no comprenden el total de los recursos, y que la cifra obtenida se acerca mucho a la que hemos estimado como la más real de las valoraciones

realizadas, consideramos que los recursos hidroeléctricos totales españoles pueden cifrarse en:

9 000 MW. de potencia y
33 750 GWh. de energía,

por considerarse que en el futuro podrán alcanzarse perfectamente las 3 750 horas de utilización al año, que hemos supuesto, visto el desarrollo de su aumento progresivo en los últimos años.

III. — Evolución de la potencia y la energía en el periodo considerado y sus relaciones con los recursos totales.

En los primeros años del periodo 1939-1943 se empieza de nuevo a construir en España centrales, no obteniéndose nuevas potencias hasta 1943.

A pesar de la influencia desfavorable de la segunda guerra mundial, que impide la importación de turbinas y alternadores, así como del material auxiliar restante, se inauguran en 1945 ampliaciones de centrales hidráulicas de relativa importancia. En años sucesivos, se van inaugurando centrales de nueva instalación, tan importantes como Viella, Flix, etcétera, y se amplía el gran Salto del Esla (río Duero) con un cuarto grupo de 37 000 KVA. (1947).

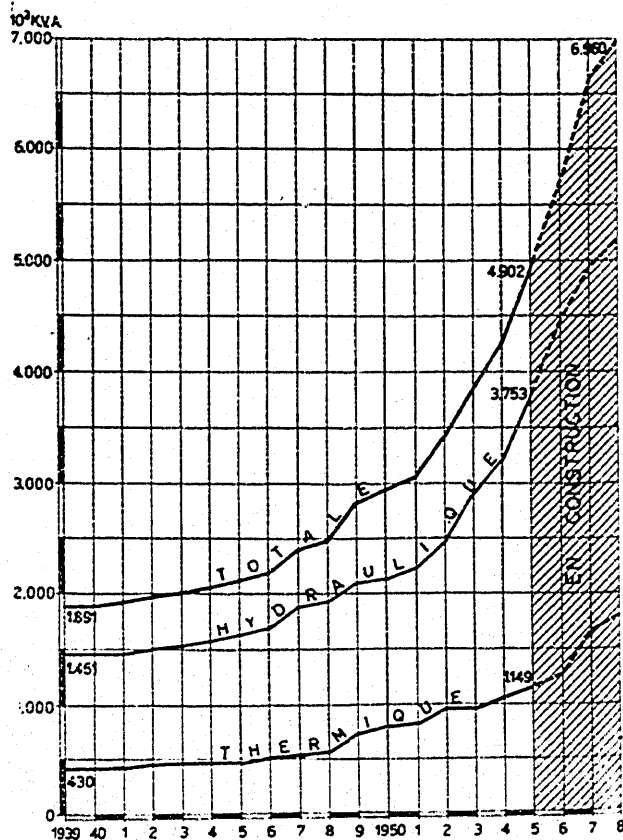


Gráfico núm. 2. — Potencia instalada durante los años 1939 a 1955 en 10^3 KVA y previsión en 1956-1958.

En los años siguientes ya comienzan a inaugurarse centrales muy importantes, como Villalcampo (río Duero), de 96 000 KVA. (1949); Barasona (río Esera), de 28 000 KVA. (1949), y en general, la tendencia de aumento es muy grande, ya que si en 1950 la potencia instalada es 2,13 veces la de 1939, en 1955 se llega a 3,75 veces, como se desprende del gráfico correspondiente (ver gráfico núm. 2).

En estos años últimos, las dificultades vencidas son mayores aún que las anteriormente expuestas, por el aislamiento internacional sufrido por España.

Este aumento de potencia de carácter hidráulico va acompañado de instalaciones termoeléctricas, cuyo conjunto hace a un mismo tiempo posible la máxima evitación de restricciones y la mejor explotación de las centrales hidráulicas.

Puede, pues, decirse que en el período considerado 1939-1955 (diecisiete años) se ha instalado una potencia de 1 833 MW., que es un 20 por 100 de los recursos hidráulicos totales. Como en el período que se ha añadido como previsión, 1956-1958, se construyen en la actualidad 1 419 MW. y se tenía en el año 1939 1 461 MW. instalados, se pueden establecer:

Potencia instalada en 1939	1 461 MW.
Idem id. 1939-55	1 833 MW.
Idem en construcción (1956-58)	1 419 MW.
TOTAL	4 713 MW.

que representa el 52,5 por 100 de los recursos totales.

Hacemos notar la importancia del esfuerzo realizado por España en el período que se considera, fruto de la colaboración del Estado con las Empresas privadas, ya que durante el mismo se ha instalado el 55,7 por 100 de la potencia existente en España en 1955, desde que comenzó a producirse energía hidroeléctrica en el país.

Como complemento expresivo de dicho esfuerzo, exponemos a continuación una cifra aproximada de los importes en pesetas (valor actual) de las inversiones realizadas en potencia hidroeléctrica, desde 1939 a 1955:

Años	Kw.	10 ⁶ pesetas en 1955
1939	—	—
1940	2 400	24
1941	3 200	32
1942	36 800	368
1943	13 600	136
1944	32 800	328
1945	52 800	528
1946	40 800	408

Años	Kw.	10 ⁶ pesetas en 1955
1947	156 000	1 560
1948	24 000	240
1949	151 200	1 512
1950	28 800	288
1951	61 600	616
1952	202 400	2 024
1953	330 400	3 304
1954	247 200	2 472
1955	449 600	4 496
TOTAL		18 335 × 10⁶ ptas.

Que es una inversión de las más importantes de las realizadas en las industrias españolas en ese período, equivalente a 458 400 000 dólares, aproximadamente.

La energía producida, como es natural (gráfico número 3), ha seguido sensiblemente la marcha de la instalación de potencias, pero mejorada en proporción, puesto que la utilización de la potencia se ha ido aumentando, como se ve en el gráfico co-

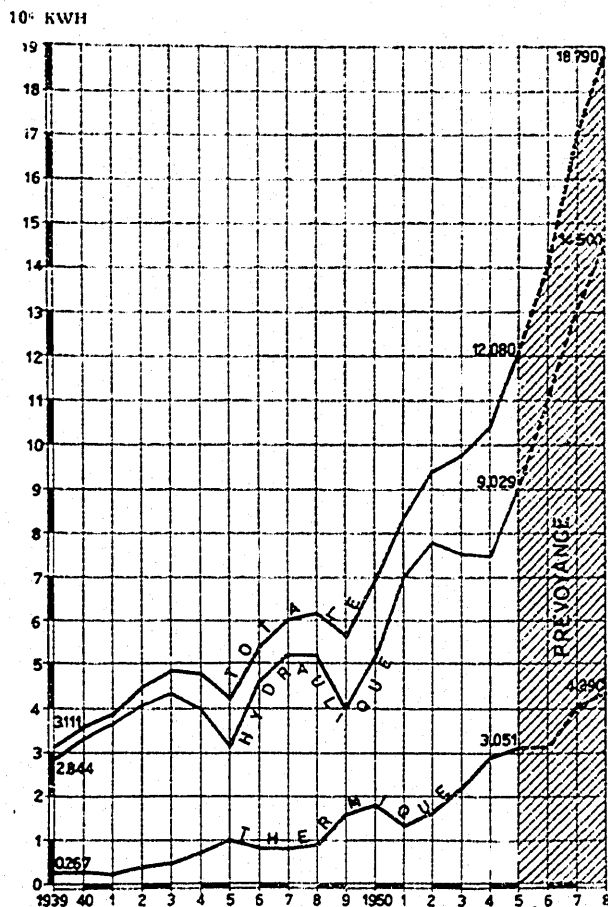


Gráfico núm. 3. — Producción de energía durante los años 1939 a 1955 en 10⁶ KWH y previsión en 1956-1958.

rrespondiente (ver gráfico núm. 4), ya que de 2 433 horas al año se ha llegado a superar ampliamente las 3 000 en años no inferiores al medio.

Esta mejora se debe a varias causas, pero principalmente a la interconexión de las centrales, al establecimiento de térmicas que permiten mejor utilización de las hidráulicas, y, por último, el establecimiento de embalses reguladores que permiten un óptimo aprovechamiento del agua, en relación con la pluviometría y demás condiciones meteorológicas.

Realizando un balance parecido al establecido para la potencia, podemos indicar:

Energía hidráulica producida en 1939 2 844 GWh.
Idem id. id. en 1955 9 029 GWh.

Por lo que al aumento de un 20 por 100 de los recursos totales en potencia, corresponde en energía un aumento de 6 185 GWh., que es un 18,3 por 100 de los recursos totales, menor que el de la potencia,

ya que suponemos que la utilización llegará en su día a 3 750 horas por año.

Suponiendo que la utilización de la potencia en construcción durante el período 1955-1958 es de 3 500 horas por año, se llega a una producción en 1958 de:

14 500 GWh.,

que es un 43 por 100 del total de los recursos hidroeléctricos en energía.

IV. — Principales instalaciones inauguradas en el período.

A modo de información, breve y rápida, exponemos a continuación una relación de las centrales hidroeléctricas más importantes inauguradas durante el período que se considera:

Central	Río	Tipo de presa	Potencia — KVA.	Año de inauguración
1. Villalcampo	Duero	Gravedad	96 000	1949
2. Cofrentes	Júcar	Tierra	138 000	1951
3. Castro	Duero	Gravedad	84 000	1952
4. Tranco	Guadalquivir	Arco gravedad ...	49 750	1953
5. Los Peares	Minio	Gravedad	180 000	1953
6. Grandas de Salime	Navia	Gravedad	140 000	1953
7. Entrepeñas	Tajo	Gravedad	38 000	1954
8. Artías	Garona	Lagos	72 000	1955
9. Escales	N. Ribagorzana	Gravedad	46 250	1955
10. San Esteban	Sil	Arco gravedad ...	330 000	1955
11. Buendía	Tajo	Gravedad	57 000	1955

V. — Embalses reguladores construídos durante el período considerado.

Ya hemos indicado que el Plan General de Obras Hidráulicas comprende la construcción por el Ministerio de Obras Públicas de los embalses reguladores necesarios para mejorar las características torrenciales de los ríos españoles.

Siguiendo esa política, se han ido construyendo importantes embalses en los ríos en que mayor fruto habrá de producir la regulación de los caudales; exponemos a continuación una relación de los princi-

pales, con sus características de capacidad, potencia instalada, fecha de puesta en servicio, etc.

Con la construcción de estos embalses se han cumplido a un mismo tiempo dos objetivos principales: el primero, asegurar el agua precisa para los regadíos que se van instalando en el país; el segundo, el invertir en lo posible los regímenes fluviales, corrigiendo el carácter torrencial de los ríos y haciendo posible la producción de energía (que en este caso adquiere la categoría de energía térmica) en épocas de tradicional estiaje.

Embalse	Río	Cuenca	Capacidad en Hm. ³	Potencia instalada — KVA.	Año de puesta en servicio
Chorro	Guadalhorce	Sur	86	4 180	1947
Las Conchas	Limia	Norte	80	31 000	1948
Villalcampo	Duero	Duero	48	96 000	1949
Barasona	Esera	Ebro	71	17 500	1949
Pintado	Viar	Guadalquivir	202	23 500	1950
Tranco	Guadalquivir	Guadalquivir	500	49 750	1953
Cordobilla	Genil	Guadalquivir	34	15 400	1953
Peares	Miño	Norte	170	180 000	1953
Grandas de Salime	Navia	Norte	266	140 000	1953
Entrepeñas	Tajo	Tajo	891	38 000	1954
Chandreja	Navea	Norte	61	4 500	1954
San Juan	Alberche	Tajo	148	38 000	1955
Barrios de Luna	Luna	Duero	308	43 500	1955
San Esteban	Sil	Norte	213	330 000	1955
Escales	N. Ribagorzana	Ebro	158	46 250	1955
Buendía	Guadiela	Tajo	1 750	57 000	1955
TOTAL			4 986	1 029 580	

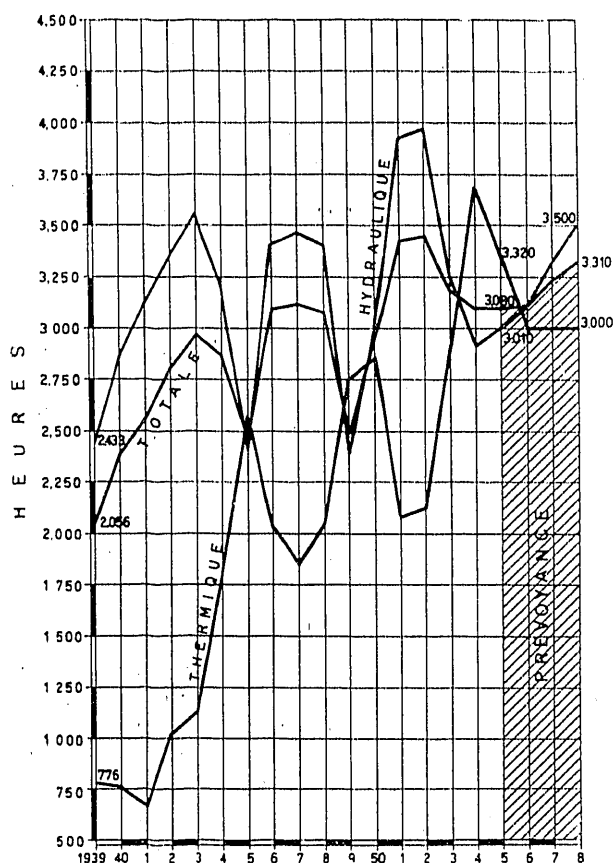


Gráfico núm. 4. — Utilización de las potencias hidráulicas, térmicas y totales de 1939 a 1955 y previsión para 1956-1958.

Se observa que la potencia hidroeléctrica instalada en el período considerado en los saltos de pie de presa, que es de 1 029 580 KVA., representa el 45 por 100 de la total instalada en el período, es decir, de 2 292 000 KVA.

Debe hacerse constar que, además de estos embalses, se han construido otros que no tienen aún instalación eléctrica, o que no la tendrán en el futuro por dedicarse exclusivamente a regadíos o a abastecimientos de agua.

En el mapa de España se han señalado las cuencas en que se halla dividida y los ríos más importantes, a los efectos de embalses y producción hidroeléctrica (ver gráfico núm. 1).

VI. — Evolución del consumo de energía eléctrica en el país.

Como complemento de todo lo expuesto, relativo a la energía eléctrica de carácter hidráulico, hacemos intervenir la de carácter térmico, con la importancia relativa que tiene respecto a la total y que ya hemos señalado en un 25 por 100, con objeto de exponer el gran progreso realizado en el consumo de energía eléctrica en el país, durante el período considerado, que puede apreciarse en el gráfico correspondiente (ver gráfico núm. 5).

Puede verse que, en 1939, el consumo era de 121 Kw.-h. por habitante y año, y que siguiendo prácticamente la marcha de la instalación de potencia, con los retrocesos de años secos (1945-1949-1954), se ha llegado a alcanzar al final del período la cifra

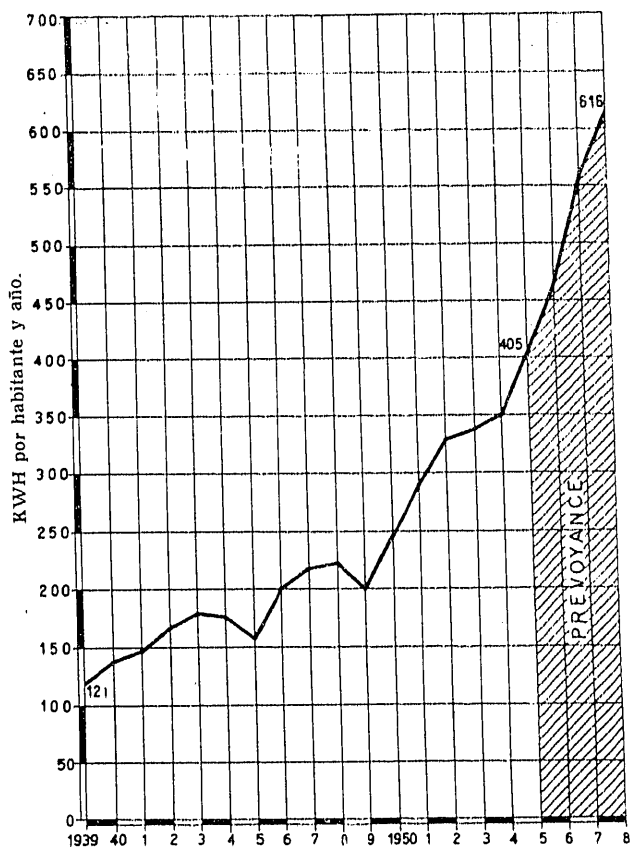


Gráfico núm. 5. — Consumo de energía eléctrica por habitante y año de 1939 a 1955 y previsión para 1956-1958.

de 405 Kw.-h. por habitante y año, que constituye un 335 por 100 del primer valor citado. Puede, pues, decirse que, siendo el período de diecisiete años la ley de crecimiento, es la conocida del 10 por 100 anual medio. Al considerarse la previsión del período 1956-58, cuyas instalaciones se hallan en construcción, suponemos que ha de llegarse a una cifra muy cercana a los 616 Kw.-h. por habitante y año que se señalan en el gráfico.

Con ello, en veinte años, en lugar de cuadruplicar la cifra de partida, que es el aumento que corresponde al 7 por 100 de incremento anual, llegamos a un valor de un 510 por 100 de la cifra ya citada (121).

También aquí se aprecia la magnitud de lo conseguido por el país en este aspecto, con la indudable consecuencia del aumento correspondiente en el nivel de vida, aunque haya que señalar que el consumo alcanzado y el que precisa alcanzarse en fecha próxima no son aún lo suficientemente elevados para que pueda dejarse de pensar en nuevos proyectos e instalaciones que proporcionen al país las cantidades de energía precisas que indica el crecimiento anual de los últimos años, siempre superiores al 7 por 100.

En relación con este consumo y teniendo en cuenta el aumento anual antes indicado, podemos

afirmar que dentro de unos veinte años escasos, en que se habrán consumido los recursos hidráulicos y térmicos del país, será preciso recurrir a la energía nuclear en gran escala, sin que ello prejuzgue el que dicha energía no entre mucho antes del período indicado a formar parte de los elementos básicos de obtención de fluido eléctrico en España.

VII. — Conclusiones.

España, país con mayores recursos hidroeléctricos que térmicos, tiene instalados en la actualidad 3 294 MW. de carácter hidráulico, representativos del 36,6 por 100 de los que se consideran como recursos hidroeléctricos totales cifrados en 9 000 MW.

El aumento del consumo de energía eléctrica, que supera el 7 por 100 generalmente admitido como correspondiente al crecimiento vegetativo, hace suponer que, en menos de veinte años, se agotarán los recursos indicados, al mismo tiempo que se habrán agotado los térmicos, representativos del 25 por 100 de la producción total. Por ello habrá que pensar inmediatamente en la energía nuclear, para que, con tiempo suficiente, se puedan ir supliendo las faltas de energía que se presenten e incluso constituya la producción básica española, con lo que se invertirán los términos actuales de predominio hidroeléctrico con producción básica de ese carácter y complemento térmico, llegando a ser básica la producción térmica y complementaria la hidroeléctrica.

La potencia instalada en el período considerado, que se ha caracterizado por grandes dificultades internas y externas, ya explicadas, ha sido de 1 833 MW. en diecisiete años (1939 a 1955), que representa un 20,4 por 100 de los recursos totales.

La potencia en construcción, para quedar instalada en 1958, es de 1 419 MW., que representa el 15,8 por 100 de los recursos hidroeléctricos totales.

El consumo de energía eléctrica ha aumentado en el período considerado desde 121 Kw.-h. por habitante y año en 1939, hasta 405 Kw.-h. por habitante y año en 1955, que es un 335 por 100 del primer valor citado.

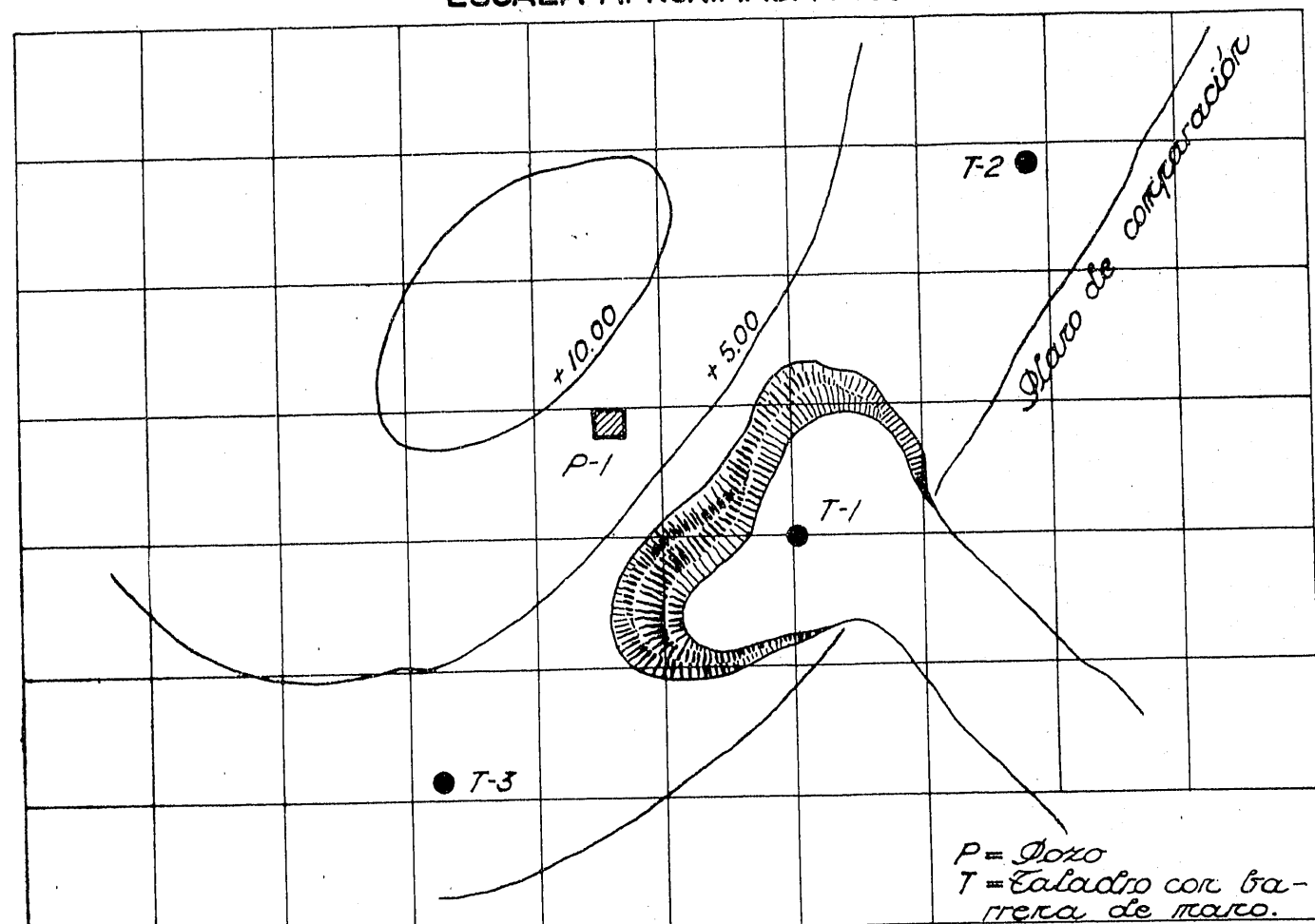
Este consumo se aumentará en el año 1958 con las instalaciones actualmente en construcción hasta 616 Kw.-h. por habitante y año.

La construcción de embalses reguladores se ha realizado en el período 1939-1955, incrementándose de modo notable, de que son prueba los 4 986 Hm.³ de capacidad de los embalses construídos. En estos embalses, la potencia instalada en los saltos de pie de presa es de 823 MW., que es, prácticamente, la mitad de la instalada en el período.

La construcción y puesta en servicio de modo incesante de nuevas centrales, permitirán elevar gradualmente el consumo de energía eléctrica por habitante, con el consiguiente aumento del nivel de vida español.

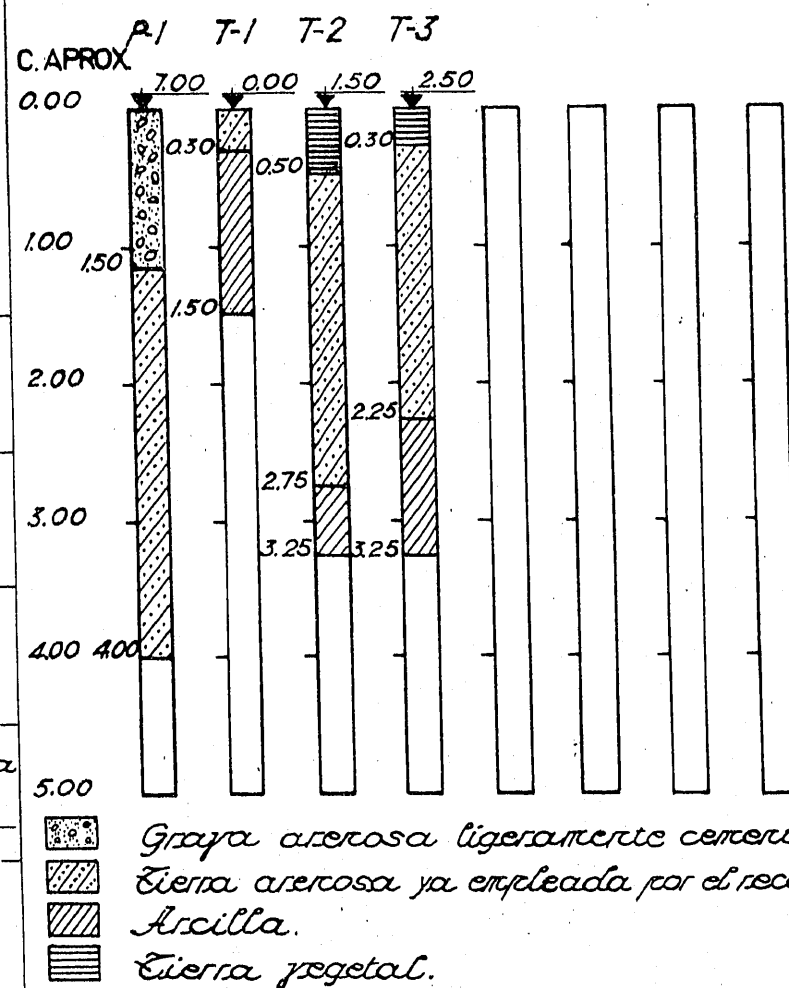
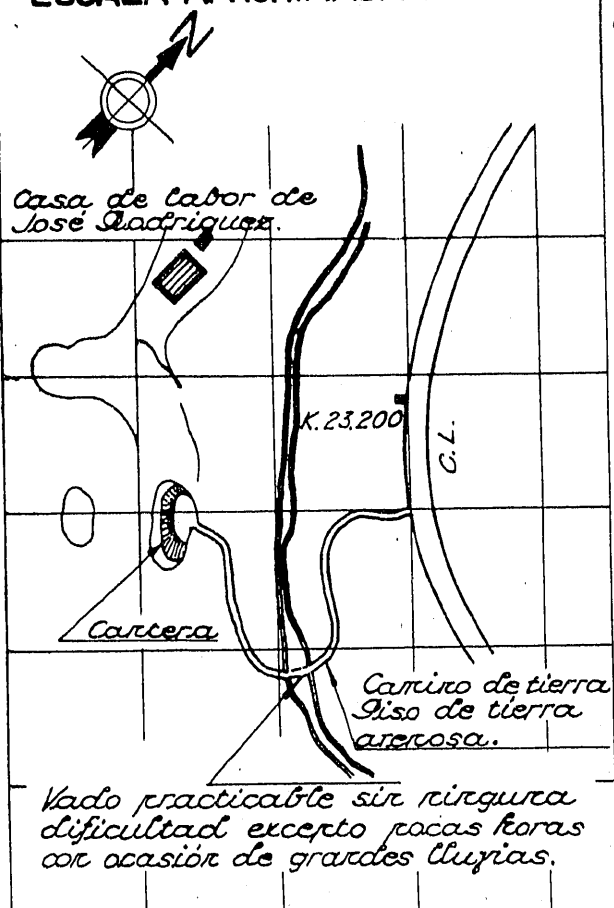
CROQUIS DE DETALLE DE CANTERA

ESCALA APROXIMADA 1:500



CROQUIS DE SITUACION

ESCALA APROXIMADA 1:2000.



RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

PUNTO EXPLORADO	P-1	P-1	T-1	T-2	T-2	T-3
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA	0.50	2.50	1.00	1.00	2.00	1.50
LIMITE LIQUIDO	S.P.	20	53	18	22	16
INDICE DE PLASTICIDAD	0	4	31	4	3	4
% QUE PASA POR EL Nº 4	72	85	100	—	—	—
% QUE PASA POR EL Nº 40	15	62	85	—	—	—
% QUE PASA POR EL Nº 200	—	12	62	—	—	—
INDICE DE GRUPO	0	0	15	—	—	—
HUMEDAD NATURAL	—	6.2	—	6.7	4.0	8.1
HUMEDAD OPTIMA PROCTOR	—	8.5	—	—	—	—
DENSIDAD MAXIMA PROCTOR	—	2.04	—	—	—	—
INDICE DE CALIFORNIA AL 95 % D.M.P.	—	32	—	—	—	—
% DE ENTUMECIMIENTO	—	0	—	—	—	—
COEFICIENTE LOS ANGELES						

SITUACION DE LA CANTERA: A la derecha de la carretera C.L.

FINALIDAD DE LA MISMA: Prestamo para subbase entre los kms. 22,200 y 24,100.

CUBICACION APROXIMADA DEL MATERIAL APROVECHABLE: Más de 3000 m³

PROPIETARIOS Y CONDICIONES DE EXPLOTACION: José Rodríguez, que vive en la casa de labor situada al N.O. de la cantera. No tiene inconveniente en dejarla explotar por un canon por m³. La ladera está plantada de olivos y será preciso indemnizar por los olivos que se corten.

CONDICIONES DE ACCESO: Unos 150 m. de camino de tierra desde la carretera. Este camino pasa, con fuertes pendientes, un barranco con un arroyo torrencial. Este se gadea sin dificultad excepto con ocasión de grandes lluvias, pero el camino de tierra será difícilmente practicable por los camiones en tiempo lluvioso, aun con precipitaciones escasas, por ser deslizante y con gran pendiente.

OTRAS OBSERVACIONES: Esta cantera ha sido usada repetidas veces por esta Jefatura para recebo.

JEFATURA DE OBRAS PUBLICAS DE _____
PROYECTO DE REPARACION DE LA C.L. ENTRE LOS KMS. 22,200 y 24,200
RECONOCIMIENTO DEL TERRENO. ESTUDIO DE CANTERAS

Hoja nº 4
1 de Octubre de 1957.

Cantera para sub-base en el km. 23,240
EL INGENIERO DE C.CyP.

Bibliografía.

1. Ingeniero Pedro M. González Quijano: *Avance para una evaluación de la energía hidráulica de España*. Madrid, 1932.
2. Ingeniero Enrique Uriarte: "La energía eléctrica en España". *Agenda Financiera del Banco de Bilbao*. Bilbao, 1949.
3. Ingeniero José Luis Redonet: "La industria eléctrica en la industrialización de España". *Revista de Ciencia Aplicada*, Diciembre 1949.
4. Ingeniero Antonio Martínez Cattáneo: "Apuntes sobre el futuro eléctrico español". *Revista de Obras Públicas*, Junio 1949.
5. Servicios Eléctricos de Obras Públicas: *Avance de evaluación comparada de Potencia y Energía, procedente de los aprovechamientos hidroeléctricos de España, en relación con la regulación debida a embalses y saltos de pie de presa, construídos y concedidos por el Estado*. Madrid, 1948.
6. Servicios Eléctricos de Obras Públicas: *Aprovechamientos hidráulicos dotados de embalse*. Edición 1952 y 1956.
7. Servicios Eléctricos de Obras Públicas: *Producción de energía hidroeléctrica en 10⁶ Kw.-h. en los años 1951-52-53-54-55*. Madrid, enero 1956.
8. Sindicato Nacional de Agua, Gas y Electricidad: *Estadísticas anuales de energía eléctrica*.
9. Ministerio de Industria, Dirección General de Industria: "Documentos azules" sobre electricidad. *Datos y previsiones*.
10. II Congreso Nacional de Ingeniería: Ponencia IV del Instituto de Ingenieros Civiles *El problema eléctrico en España*. Madrid, marzo 1950.
11. Instituto Nacional de Estadística: *Anuario Estadístico de España*. Madrid, 1955.

Nota del autor. — Redactado este trabajo en el verano de 1956, cuando aún no se conocían los datos de producción y potencia eléctricas de dicho año, el autor leyó en Belgrado (junio de 1957) los datos citados, que indican que la previsión supuesta para el citado año no difiere más de un 4 por 100 de los resultados obtenidos.