

TENDENCIA Y EXPERIENCIA GENERAL DE LA CONSTRUCCION DE PRESAS EN ESPAÑA

Dr. Ing. C. C. P. V. DE GRACIA

*Todo pasa; una sola cosa te será contada,
y es tu obra bien hecha.*

E. D'ORS.

INTRODUCCIÓN.

*No basta tener ingenio bueno; lo principal es
aplicarlo bien.*

DESCARTES.

España es, por azar de sus circunstancias, un país en el que la técnica hidráulica **17** tuvo y tiene un amplio y variadísimo — complejo — campo de aplicación. El régimen torrencial de sus ríos y sus difíciles condiciones fisiográficas y geológicas, obligaron de continuo a sus habitantes a avivar el ingenio, para dominar una naturaleza que de siempre se mostró hostil, transformándola en propicio paisaje para el desarrollo de la civilización.

La Hesperia de los navegantes griegos, Hispania de los romanos, tiene, por su disposición peninsular y por la ingente barrera ístmica de los Pirineos, perfecta unidad geográfica, considerable, por su extraordinaria variedad, como un pequeño continente; por ello, en España se dan todas las variaciones de las grandes masas continentales.

Su situación geográfica, su fisiografía y su formación geológica, dan a nuestro país una complejidad tal de caracteres y diversidad de matices, que motivan puedan en él estudiarse la casi totalidad de problemas — por no decir todos — que el proyecto y ejecución de las grandes presas plantean. Así, España se presenta ante el técnico especialista como un inmenso laboratorio de ensayos a escala natural.

* * *

*Cuando la Naturaleza agrava las dificultades,
aviva el ingenio.*

EMERSON.

El desarrollo precoz de la precitada técnica, surge como consecuencia del carácter torrencial de los ríos españoles, de la evidente escasez de agua en tiempos y zonas determinados y de la consecuente necesidad imperiosa que el español tiene de asegurarse tan vital elemento en tiempo y en forma. Por ello, surge la idea de embalsarla y los consecuentes problemas constructivos, que se agigantan con el transcurso del tiempo; ha de agudizar su ingenio y movilizar todos sus recursos para, en constante lucha con la Naturaleza, aparecer como pionero de una nueva técnica. Proserpina, Cornalvo, Esparragalejo, Almansa, Albuera, Feria, Camarasa, Burgamillodo, Gaitanejos, Aldeadávila, dan testimonio de ello. Cada una, en su época, marcó un jalón en esta difícil técnica constructiva.

I. TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

El proyecto de las instalaciones fundamentales para la construcción de una gran presa y la definición de su proceso, son problemas complejos y otorgan menos grado de libertad de lo que con criterio simplista pudiera parecer.

La concepción del cauce a seguir en la construcción de la gran presa no puede ser fruto casuístico, ni tampoco intuitivo, de la mente del constructor. Es, por el contrario, consecuencia lógica a la que indefectiblemente se llega por el estudio simple de las condiciones funcionales, fisiográficas y económicas de la obra. El emplazamiento de la presa, su ubicación respecto al mercado de los denominados materiales básicos — cemento, energía, hierro, etc. —, los volúmenes de excavación, hormigón y plazo, determinan, con un limitado margen de variabilidad, las soluciones constructivas más apropiadas.

Gracias al desarrollo y al perfeccionamiento de sus equipos, consiguió la industria de la construcción flexibilidad extraordinaria, pese a la necesidad de conjugar las precisiones técnicas de las industrias sedentarias con el carácter nómada y ecuménico de aquélla.

Progresó la tecnología del cemento y el mejor conocimiento de los materiales integrantes del hormigón hicieron de éste el elemento primordial, casi exclusivo, en la ejecución de grandes presas.

Sin embargo, surgió la necesidad de construir en terrenos de cimentación mediocre, progresó la técnica de las construcciones en tierra compactada, se desarrolló la geotecnia y asistimos al “renacimiento” de las grandes presas de materiales sueltos.

Por sus condiciones fisiográficas, geológicas y pluviométricas, ofrece *aún* España enormes posibilidades para el constructor de presas.

Hormigón o materiales sueltos es la incógnita a despejar por el proyectista. Una vez resuelta, da lugar a técnicas de aplicación diferente que, como tal, han de ser consideradas.

* * *

En España la industria de la construcción, en general, y en particular la especializada en presas, ha sufrido una trascendental evolución en los últimos años.

Sólo un sector de los constructores de presas ha mantenido una tendencia uniforme en lo que a formación de parques de maquinaria se refiere: el de las grandes empresas hidroeléctricas que tienen departamento propio de construcción. En éstas, la circunstancia de ser constructoras de sus obras, con las consiguientes posibilidades de planificación a largo plazo, de acuerdo con sus necesidades y política empresarial, les permite la formación de parques en los que la amortización de las máquinas específicas se prevé en forma lógica.

Las restantes empresas constructoras, contratistas para la ejecución de presas, procuraban en el pasado equiparse con maquinaria idónea para este tipo de obras, que después resultaba de difícil adaptación a otras características constructivas.

No se pretende analizar los motivos que fundamentaron esta política, pero sí resaltar sus consecuencias.

Si se aplicaba un coeficiente de amortización lógico a la maquinaria, con miras a la continuidad de su empleo, cualquier discontinuidad traía como consecuencia considerables inmovilizaciones de capital que, evidentemente, repercutían directamente en la economía del constructor e indirectamente en la nacional. Si, por el contrario,

el coeficiente se calculaba en consonancia con las posibles dificultades de reutilización, el precio de la obra se veía incrementado en exceso. **17**

La política actual tiende al empleo de medios versátiles que permiten emplear maquinaria adaptable a diversos tipos de construcción, evitándose así las inmobilizaciones a que daría lugar la discontinuidad en la ejecución de obras de características análogas.

En nuestro país no existen empresas especialmente dedicadas a suministrar estos medios de construcción que permitan, sin necesidad de llegar a la adquisición de la propiedad de los mismos, utilizarlos en régimen de alquiler o en el — en definitiva análogo — de compra con readquisición obligada a la terminación de la obra.

Por ello, nuestro Ministerio de Obras Públicas, consciente de la importancia que para la economía de la nación representan las inmobilizaciones de los equipos de los constructores, ha creado un parque de maquinaria que permite, dentro de lógicos márgenes, reducir en la eterna ecuación del contratista — hombres + máquinas + materiales = obra — la incertidumbre del coste real que por utilización de equipo ha de cargar a las unidades de obra.

El poder disponer de maquinaria apropiada, sin necesidad de condicionar íntegramente al parque propio el proceso constructivo, ha de traer como consecuencia inmediata una mayor uniformidad económica en las ofertas de los contratistas y, como secuela, el que se contrate con el que técnicamente ofrezca más garantías.

Debe señalarse que los problemas de ejecución son realmente independientes del tipo de presa de que se trate. La diferencia, a efectos constructivos, entre una presa bóveda y una de gravedad se limita, fundamentalmente, a problemas de topografía y encofrados. Las restantes operaciones — fabricación de hormigón, transporte, colocación, etc. — son comunes a ambos tipos. También es común el problema del control de calidad e inadmisibles su omisión, en las que estructuralmente se exige menos resistencia; la ejecución de una presa de gravedad presenta problemas constructivos más complejos que los de los restantes tipos, y como, de otra parte, se trata de estructuras con menor coeficiente de seguridad, se precisa una mayor garantía en la calidad de la obra; los problemas de retracción térmica e hidráulica que presentan las presas de gravedad no admiten parangón con los que en las restantes estructuras son consecuencia de idénticas causas.

* * *

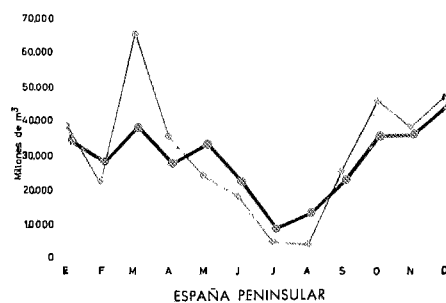
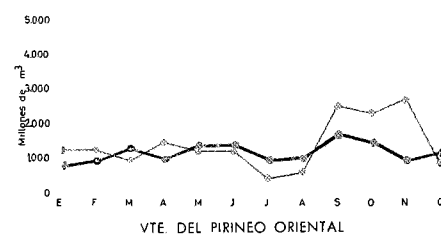
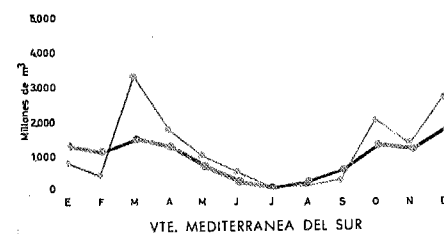
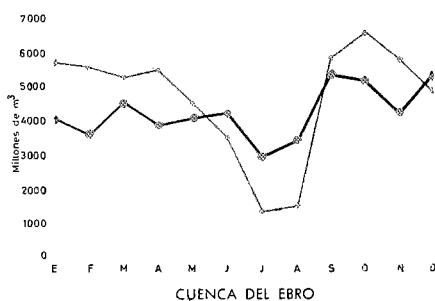
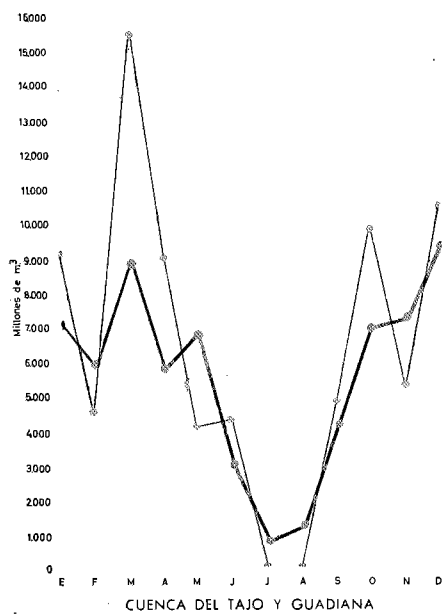
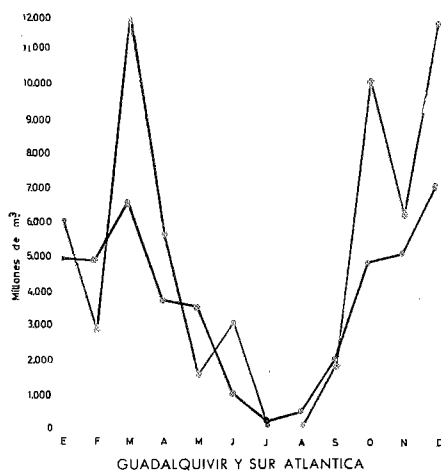
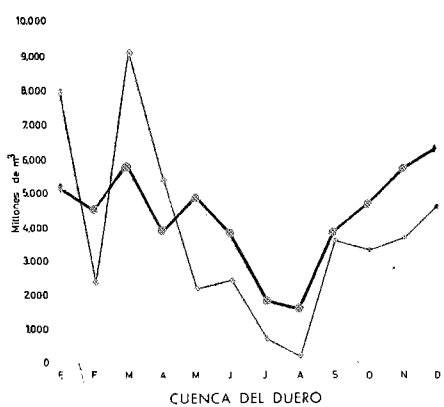
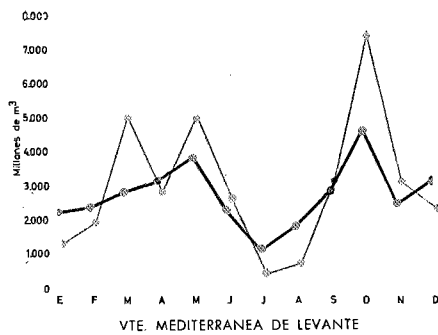
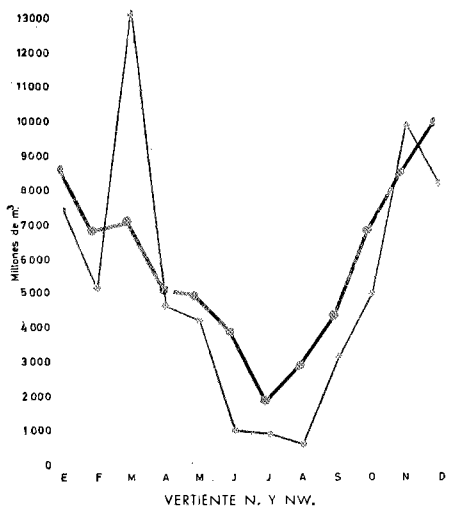
En los ríos españoles se llegan a registrar cocientes de 1 a 5.000, incluso en cuencas superiores a los 15.000 Km.², entre los caudales mínimo y máximo de varios años. Tal carácter torrencial motiva que los trabajos previos de derivación merezcan un especial cuidado.

El túnel de desviación y el aislamiento del cuenco por el sistema de ataguía y contraataguía, son normalmente procedimientos preferibles a cualquier otro.

La ataguía no ha de ser necesariamente de fábrica. En ríos de carácter torrencial, puede construirse empleando materiales sueltos impermeabilizados, siempre que se disponga de una compuerta o elemento análogo que permita inundar el recinto de excavaciones en un plazo mínimo. El ponderar el momento en que debe inundarse la obra, suscita enormes dudas para el que asume la responsabilidad de hacerlo; un retraso puede originar la destrucción de la ataguía, y una orden prematura puede acarrear importantes repercusiones económicas.

A veces la ataguía se proyecta, no sólo como simple obra auxiliar para la cons-

PRECIPITACIONES MENSUALES



— Media (1947 - 62)
 - - - En el año 1962

trucción principal, sino en forma tal que sirva como modelo reducido de la presa; **17**
en el caso de bóvedas está particularmente indicado.

La tendencia actual es dimensionar las obras de derivación lo más ampliamente posible, para garantizar la continuidad de los trabajos. El túnel de desviación se proyecta de tal forma que pueda servir como desagüe de fondo o como parte del aliviadero definitivo de la presa.

* * *

El volumen y forma de la excavación, viene determinado por las condiciones geomorfológicas y estructurales.

Con el desarrollo de la técnica actual, la excavación no es problema que deba preocupar al constructor. Su realización rápida y económica depende, fundamentalmente, de la eficacia del sistema de desviación que se adopte y del margen de seguridad contra las riadas.

Una planificación previa, con empleo de palas excavadoras y dumpers, permitirá realizar la excavación al ritmo que la obra exija. Será meta de la planificación conseguir a ultranza el tener acabada la totalidad de las excavaciones de la presa antes de iniciarse el hormigonado.

El aprovechamiento de los productos de excavación como material básico para obtención de áridos, ha dado buen resultado en algunos casos, lográndose positiva economía.

El orden de las excavaciones, salvo casos excepcionales que justifiquen lo contrario, debe hacerse comenzando por las partes más elevadas y terminando por las más profundas.

Si por la naturaleza de la roca fuera previsible su alteración por los agentes atmosféricos, es aconsejable no rematar los recortes definitivos de la excavación, dejándose una capa de cubrición de unos 20 cm., que se extraerá por saneo a mano, horas antes del hormigonado; en casos excepcionales se recubre esta roca con gunita.

Los plazos de excavación no deben interferirse con los de hormigonado, y las instalaciones deben proyectarse de tal forma que la puesta a punto de la obra para comenzar a hormigonar coincida con la finalización de los primeros.

No obstante, a veces, imperativos económicos exigen simultanear la ejecución de la excavación y el hormigón. Sería deseable se tendiera a poner precios altos a las excavaciones, sobre todo en los 50 cm. últimos de limpieza y saneo; el contratista tiende a rehuir la ejecución de las unidades económicamente malas y procura iniciar cuanto antes las buenas, por lo que si los precios de la excavación resultan deficitarios, simultanea la ejecución de esta unidad con la de hormigonado.

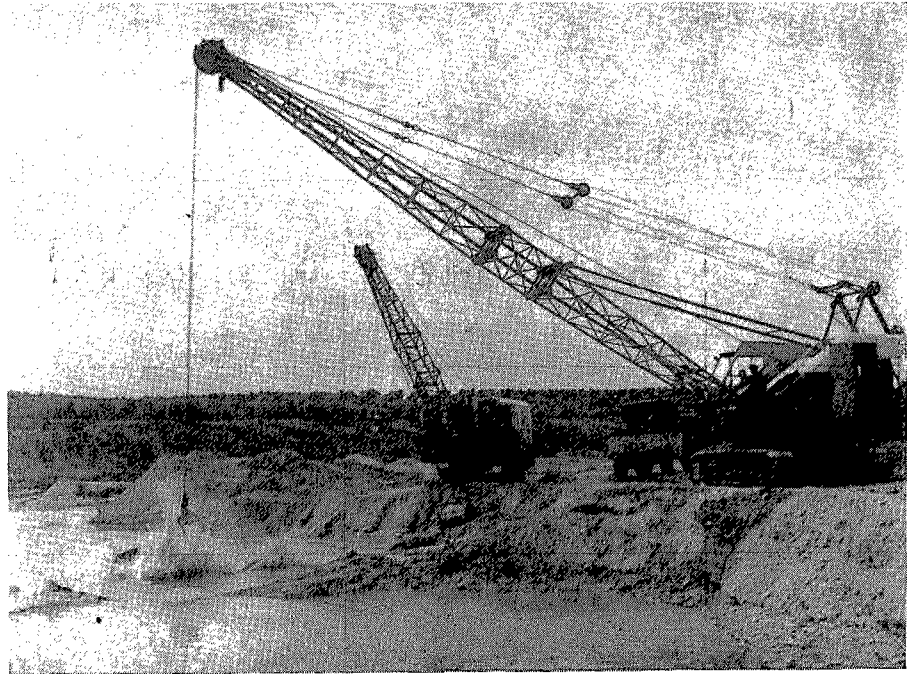
* * *

Las propiedades del hormigón dependen, fundamentalmente, de la composición granulométrica de la arena, y es preferible el empleo de arena natural a cualquier otra.

Los tamaños inferiores a 0,1 mm. ejercen una influencia perniciosa en la calidad del hormigón. Su elevada superficie específica exige mayor cantidad de agua de amasado para alcanzar la consistencia requerida y absorbe inútilmente una parte del cemento. La práctica usual en España, es eliminar estos tamaños por vía húmeda.

Se aconseja clasificar las arenas en dos tamaños (0,1 a 0,8 y 0,8 a 5 mm.), de tal

forma que sus granulometrías corresponden a la curva característica. Se utiliza un solo tamaño (0,1 a 5 mm.), únicamente en el caso de que la arena de que se disponga coincida sensiblemente con la curva adoptada, o en el de que, por un estudio racional de la trituración, se la haga coincidir dentro de los límites que el huso granulométrico marque.



La formación de coqueas depende, en su mayor grado, del empleo de áridos comprendidos entre 4 y 16 mm., y debe procurarse que dichos tamaños no se encuentren en proporción excesiva.

El empleo de agentes aireantes mejora la calidad. La mayor densidad evita la formación de coqueas.

La instrucción limita el tamaño máximo de los áridos a 150 mm., y la práctica habitual establece para los gruesos unos límites, inferior y superior, de 70 y 120 mm.

Siempre que sea técnica y económicamente posible, se utilizarán áridos de graveras; si no fuera posible el empleo de áridos naturales, es obligada la explotación de una cantera.

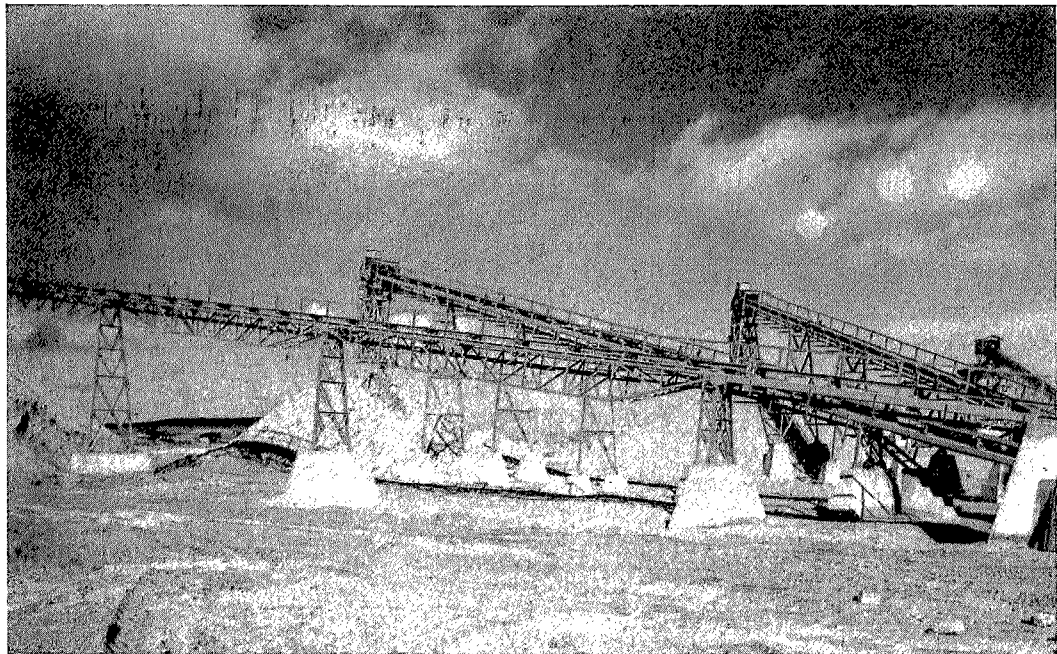
Los áridos procedentes de machaqueo tienen mayor superficie específica que los naturales, y necesitan más agua de amasado para obtener la misma plasticidad. Siempre que sea posible, debe complementarse la granulometría de los áridos de machaqueo con arena de río; aumenta la manejabilidad y facilita la puesta en obra.

La procedencia de los áridos normalmente viene indicada en el proyecto, dejando al constructor la posibilidad de variarla siempre que cumplan las condiciones exigidas por la Instrucción para Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas y por el Pliego de Condiciones Particulares de la obra.

Si los áridos proceden de graveras, antes de proyectar las instalaciones, es aconsejable se haga un estudio racional de posibilidades. El procedimiento normalmente empleado en España consiste en hacer una cuadrícula de la zona a explotar, para ob-

tener muestras representativas en cada uno de los vértices y determinar su composición granulométrica; la separación de la cuadrícula dependerá de las características de la gravera.

Una vez obtenida la granulometría de cada uno de estos puntos, se determina el promedio granulométrico y el volumen total de los áridos de que se dispone. De la comparación de esta granulometría con la de referencia que se toma como tipo para fijar la definitiva, se deducen las dispersiones totales y, por consiguiente, las condiciones que han de servir de base para el proyecto de las instalaciones de lavado, clasificación y eventual machaqueo para compensar la escasez de un determinado tipo de áridos.



Conocida la composición granulométrica de las distintas zonas de la gravera, no es difícil organizar una explotación racional, coordinada con los rendimientos de instalaciones, de tal forma que se complementen las granulometrías y la curva de productoras de Bolomey y Fuller.

En España existe una marcada preferencia por el empleo de curvas de granulometría continua; normalmente se toman como específicas o de referencia las parábolas Bolomey y Fuller.

Si fuera preciso utilizar áridos procedentes de machaqueo, la elección de la curva granulométrica no podría realizarse de forma apriorística. Los temas de machaqueo y trituración se encuentran, casi por completo, bajo el dominio de un empirismo absoluto; es necesario hacer pasar la piedra por los diversos equipos de que se disponga y conocer su comportamiento real. Las curvas granulométricas que se obtienen, dependen de variables diversas, entre las que cabe destacar la forma de rotura de la piedra, la abertura de boca y la velocidad de la máquina, la uniformidad de la cantera y el coeficiente de reducción o relación de volúmenes antes y después del machaqueo.

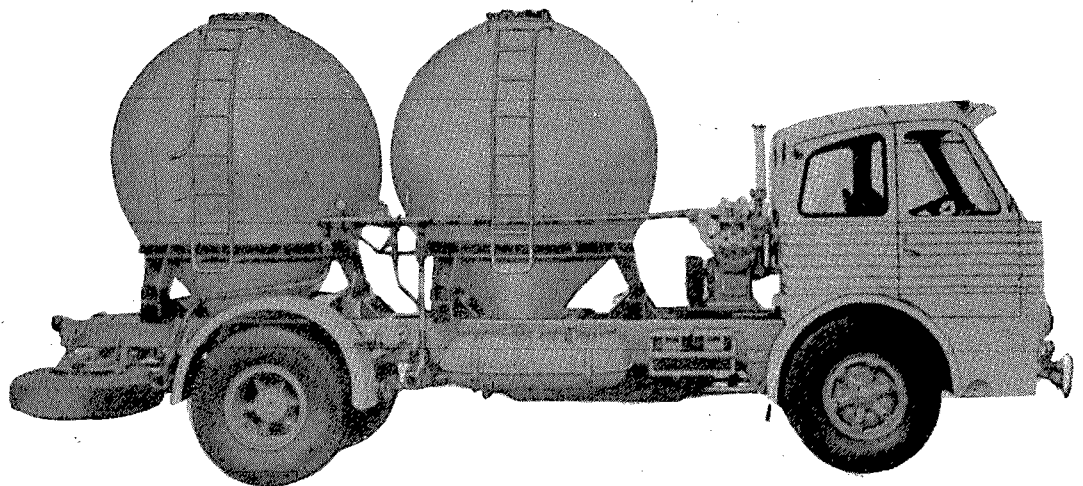
Las instalaciones de machaqueo, clasificación y lavado, han de proyectarse con

El cemento ha de posibilitar la fabricación de hormigones impermeables, de elevada resistencia, pequeña producción de calor, fraguado lento y gran docilidad; si las aguas del embalse son agresivas y se prevé la existencia de hielos, ha de ser resistente a ellos.

En la dosificación del hormigón influyen, en cuanto al cemento a emplear, no sólo sus características especiales, sino también la cantidad precisa por unidad de volumen.

Tanto desde el punto de vista económico, como del de la calidad del hormigón — máxima limitación de las retracciones —, interesa reducir al mínimo posible la cantidad de cemento.

A efectos constructivos, tiene gran importancia el conocer la influencia del cemento sobre las fisuras del hormigón. Una fisura constituye, casi siempre, causa de



inquietud para el constructor; una interpretación errónea de sus orígenes, acarrea a veces consecuencias técnicas, jurídicas y económicas desproporcionadas con su importancia real. El contratista ha de evitar a ultranza las grietas o fisuras en el hormigón, no sólo para asegurar la calidad técnica de su obra, sino también por evitar situaciones enojosas, que aun resueltas favorablemente se traducen en pérdidas para él.

Al estudiarse las fisuras del hormigón, no deben establecerse prejuicios contra un determinado componente, ya que son todos y cada uno de los que intervienen, los que han de ser considerados antes de emitir juicio definitivo. Las reacciones exotérmicas durante el proceso de fraguado y endurecimiento del hormigón, son las causas más frecuentes de la aparición de fisuras. El cemento tiene una gran influencia en su formación, aunque no tanta como el propio constructor a veces desearía poder justificar; la composición del hormigón, su puesta en obra y consevación, pueden ser factores tan decisivos como aquél en su aparición.

Ha de procurarse el empleo de cemento de bajo calor de hidratación, siempre que con ello no disminuyan las cualidades exigibles a un buen hormigón: resistencia, impermeabilidad, durabilidad, etc. La Instrucción recomienda el empleo de cementos portland normal, puzolánicos 150, 250 y 300 y siderúrgicos 250. El portland normal ofrece las mismas garantías, no obstante su mayor calor de hidratación, que los

puzolánicos y siderúrgicos, siempre que durante el proceso de fraguado y endurecimiento se regule y controle su temperatura. La refrigeración artificial es el medio más eficaz para conseguirlo.

El cemento debe tener gran regularidad en su composición química y en sus propiedades físico-mecánicas, si se quiere obtener un coeficiente bajo de dispersión en el hormigón.

Por último, se enfrenta el contratista con el problema de situar a pie de obra este elemento y consiguiente planificación de su transporte masivo. La ubicación de la presa en relación con la de las fábricas exige a veces se coordine el ferrocarril con la carretera, y en casos excepcionales han de entrar en juego los teleféricos y los grandes planos inclinados.

Por abaratar el transporte y disminuir las pérdidas, cabe señalar como medio idóneo el empleo de "containers". En España existen varias empresas especializadas en este tipo de transporte.

El almacenamiento del cemento se hace en silos metálicos. Para la descarga de containers, llenado de silos y movimiento anterior en obra, se emplean medios neumáticos combinados a veces con tornillos sinfin y elevadores de cangilones.

Como aglomerantes adicionales se suelen emplear puzolanas, cenizas volantes y escorias básicas granuladas de alto horno.

En nuestro país el aditivo más abundante, y quizá el mejor, es la puzolana; existen importantes yacimientos en las islas Canarias, de gran homogeneidad, que mezclados convenientemente con cemento portland dan lugar a un aglomerante resistente a las aguas agresivas, con bajo calor de hidratación y resistencia mecánica a largo plazo, igual o superior que si se emplea únicamente cemento portland. Mezclada la puzolana en la proporción de 1 a 4, se incrementan las resistencias a compresión en un 10 por 100 aproximadamente, y a tracción en un porcentaje que oscila entre el 25 y el 30 por 100.

Los aditivos actúan sobre el hormigón fresco por procesos físico-químicos que favorecen el deslizamiento de los granos de cemento y arena, fijan la cal libre y disminuyen la velocidad del proceso de fraguado, sin que por ello se pierda resistencia mecánica; imperativos de orden económico y no técnico son los que pueden limitar o hacer prohibitivo su empleo.

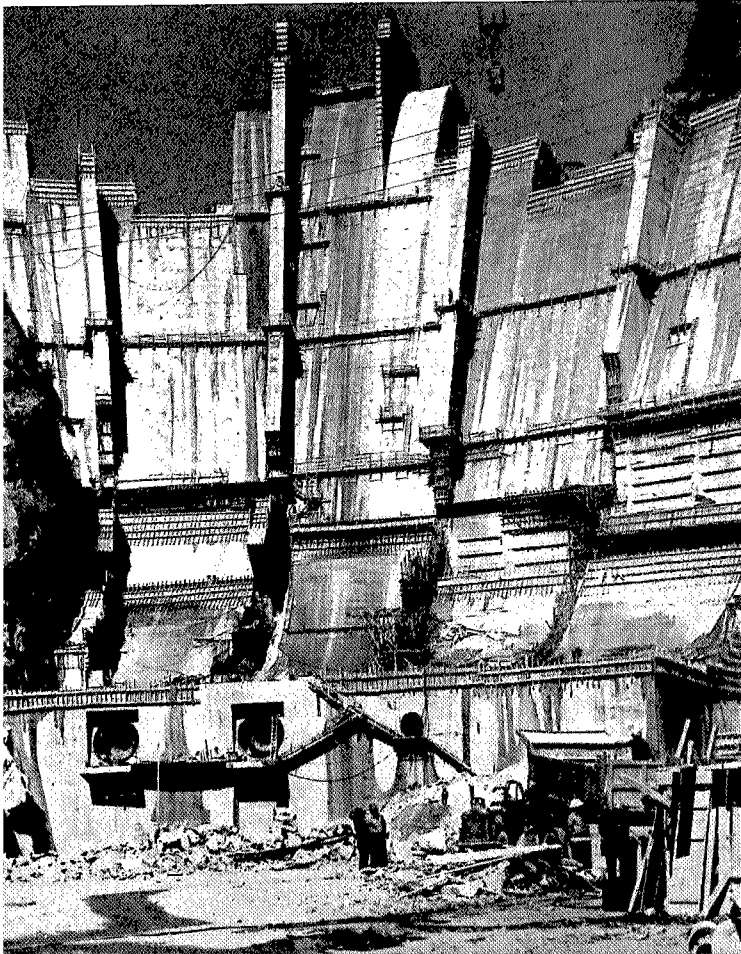
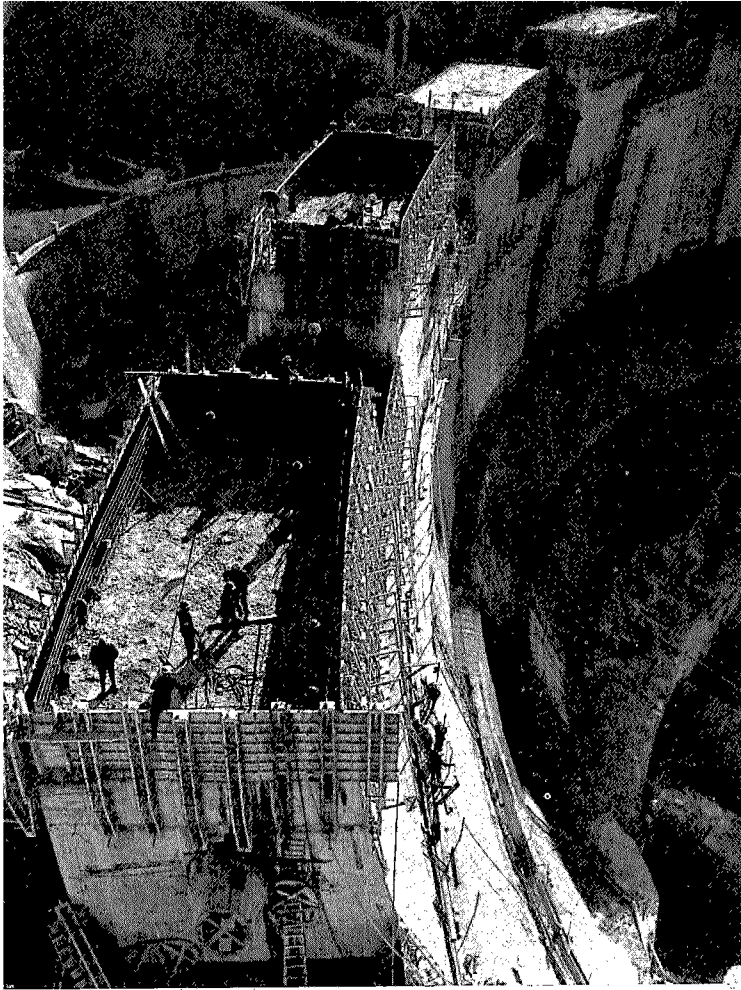
Existen plastificantes de tipo emulsivo capaces de fijar la cal libre, que mantienen la dispersión de las partículas de cemento en una reducida cantidad de agua, mejoran la docilidad y permiten disminuir la relación agua-cemento, con el consiguiente aumento de resistencia, compacidad e impermeabilidad del hormigón.

El uso de plastificantes retardados en los hormigones es preceptivo en algunos Pliegos de Condiciones particulares de las obras. Se exige para su empleo el informe previo de un laboratorio oficial.

La eficacia de los agentes aireantes y su efecto beneficioso sobre la calidad del hormigón no se pone en duda. Su adición mejora la docilidad, permite disminuir el agua necesaria para el amasado y ofrecen mayor resistencia al hielo y a las aguas agresivas.

El porcentaje de burbujas de aire, distribuídas uniformemente en toda la masa del hormigón, ha de estar comprendida entre el 2 y el 5 por 100 del volumen total.

* * *



Los encofrados metálicos presentan técnicamente indudables ventajas sobre los de madera, y en la mayor parte de los casos, por no decir en todos, su utilización representa una positiva economía.

El fenómeno de rebote o de repulsión, entre el encofrado y el hormigón fresco, es mayor que en los de madera, las piedras gruesas quedan más alejadas del paramento, y con ello se beneficia la obra en impermeabilidad y durabilidad; realmente, lo que se obtiene en las zonas próximas al paramento, es un hormigón de mayor dosificación y menor tamaño máximo de los áridos; por tanto, de mayor resistencia a la erosión. De otra parte, en los encofrados metálicos las juntas son prácticamente impermeables.

Su mayor conductibilidad térmica facilita la evacuación del calor, circunstancia que, sin embargo, no siempre beneficia, ya que, de ser muy baja la temperatura ambiente, podrían producirse fisuras en el paramento; en estos casos se procura adosar al encofrado, por su parte externa, un material aislante.

El tipo de encofrado deslizante para tongadas de 1,50 m., es el más empleado.

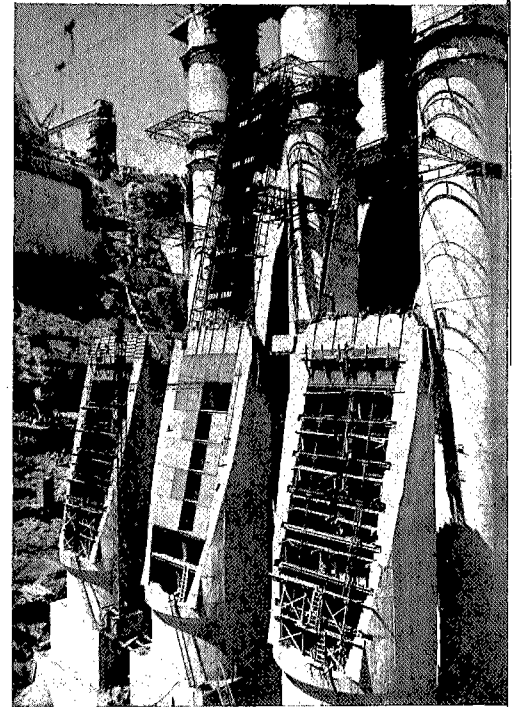
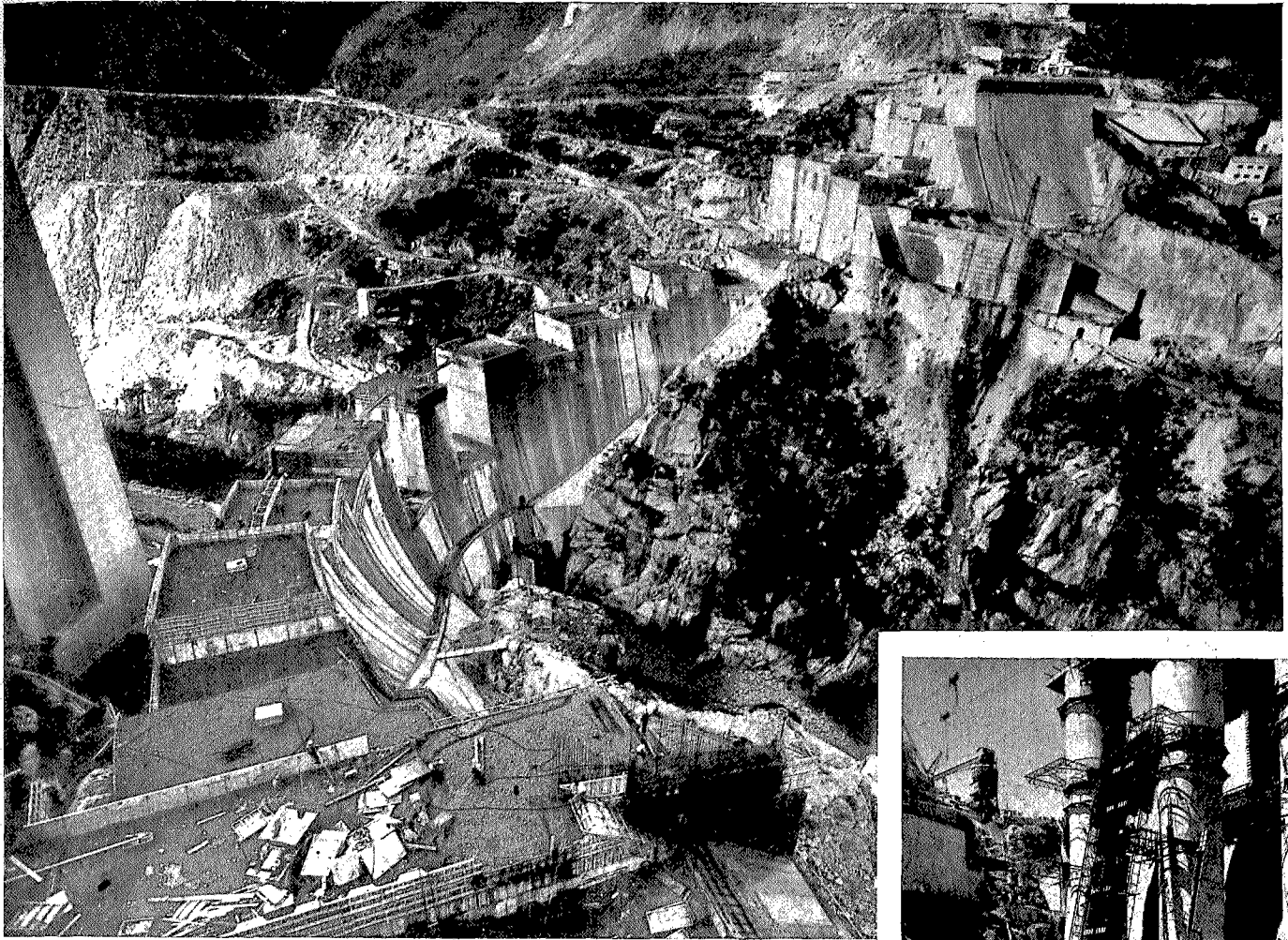
Para el desencofrado e izado a nueva posición se utilizan pequeñas grúas móviles sobre neumáticos o sencillos ingenios accionados a mano; el traslado de estos dispositivos de un bloque a otro se lleva a cabo con los medios discontinuos de puesta en obra del hormigón.

* * *

La fabricación del hormigón, al menos en lo que a construcción de grandes presas se refiere, se encuentra hoy en fase industrial tan avanzada como pueda estarlo cualquiera de las denominadas industrias sedentarias.

Las centrales de dosificación automática constituyen un elemento básico en el proceso de fabricación industrial del hormigón. Hoy día no se concibe la ejecución de una gran presa sin su empleo; mejoran la calidad y reducen sus márgenes de variabilidad.

Su emplazamiento depende de la topografía del terreno y de la situación de la cerrada respecto al lugar de procedencia de los áridos. Normalmente se procura situarlas en las proximida-



des de la presa y a una cota ligeramente superior a la de coronación; esta disposición presenta la ventaja de poder coordinar la construcción de la obra con su puesta en servicio gradual, sin que exigencias de alimentación de los medios de puesta en obra obliguen a dejar bloques sin hormigonar. Si este emplazamiento no fuera posible, se sitúa la central aguas abajo de la presa y a una cota que coincida sensiblemente con la de su centro de gravedad.

Se prefieren las hormigoneras de tambor horizontal a las basculantes, aunque en ocasiones razones de tipo económico aconsejen el empleo de las segundas; no obstante, si los áridos son de machaqueo, las hormigoneras basculantes están particularmente indicadas: tienen menos averías y su desgaste disminuye considerable-

La capacidad dinámica de las hormigoneras fluctúa entre 1 y 2 m.³, y es preferible el empleo de varias unidades en lugar de una equivalente de mayor capacidad.

* * *

De nada serviría haber fabricado un buen hormigón, si durante su transporte y colocación no conservara sus cualidades. La necesidad de evitar la segregación y mantener su homogeneidad, ha motivado se abandone el viejo sistema de puesta en obra por canaletas y se miren con cierta prevención, al menos en las grandes

obras, las cintas transportadoras y bombas neumáticas de distribución de hormigón.

Los medios de transporte discontinuos (blondines, grúas, etc.), son los que menos alteran la homogeneidad del conjunto y los que más predicamento tienen entre proyectistas y constructores; sitúan el hormigón en su lugar definitivo de trabajo, reduciendo al mínimo las manipulaciones intermedias y el recorrido.

Existe una lógica y obligada superposición en el tiempo de los diferentes medios de transporte (sin que por ello pueda deducirse *a priori* falta de calidad en los hormigones transportados con medios que la técnica actual califica de anacrónicos.

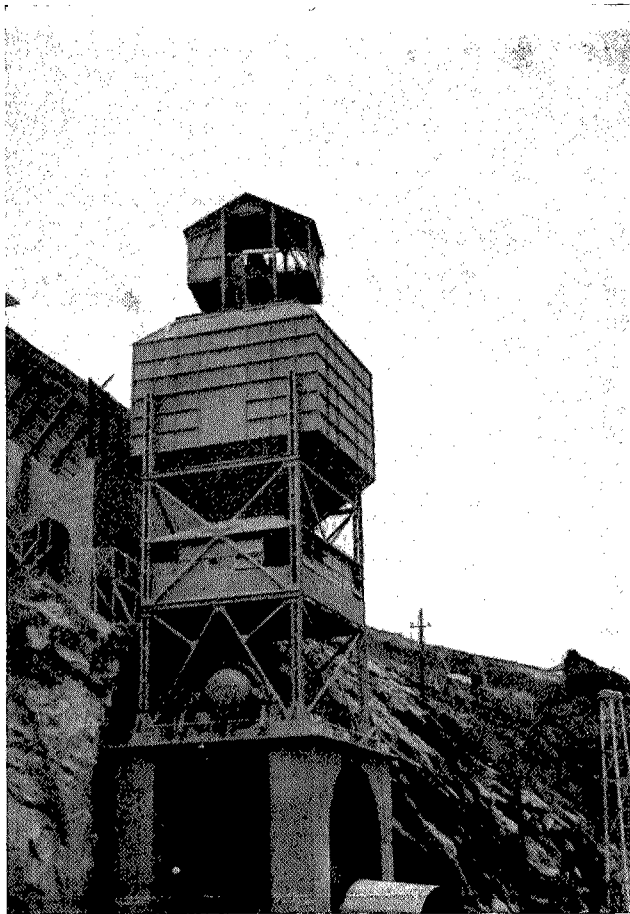
El empleo racional de aditivos y agentes aireantes, unido a una estudiada granulometría, permite emplear medios de transporte continuo, sin que por ello disminuya la calidad del hormigón.

Es necesario establecer un riguroso control durante todo el

proceso de puesta en obra y hacer la toma de muestras en el propio tajo, y no a la salida de las hormigoneras, para juzgar la calidad del hormigón. Cuando el transporte se hace con blondines o grúas, es indiferente la elección del lugar de toma de muestras; la concordancia de resultados es completa.

La alimentación de las instalaciones de distribución se hace por diferentes procedimientos; es función del medio de transporte que se elija y de su ubicación respecto a la central; tolvas de regulación, baldes estancos, silobuses, etc., son los más usuales.

Los blondines de torres móviles forman parte del grupo de maquinaria que he-





mos calificado como específica para la construcción de presas. Presentan indudables ventajas técnicas, si la forma de la cerrada permite su instalación; por contra, cabe señalar la dificultad de su reemplazo.

Las grúas-torre son medios versátiles que no presentan problemas de reutilización; por ello, existe una marcada tendencia en España a su empleo como medio de puesta en obra. Acusan como inconveniente la necesidad de construir pasarelas que sirvan de camino de rodadura a los baldeos silobuses.

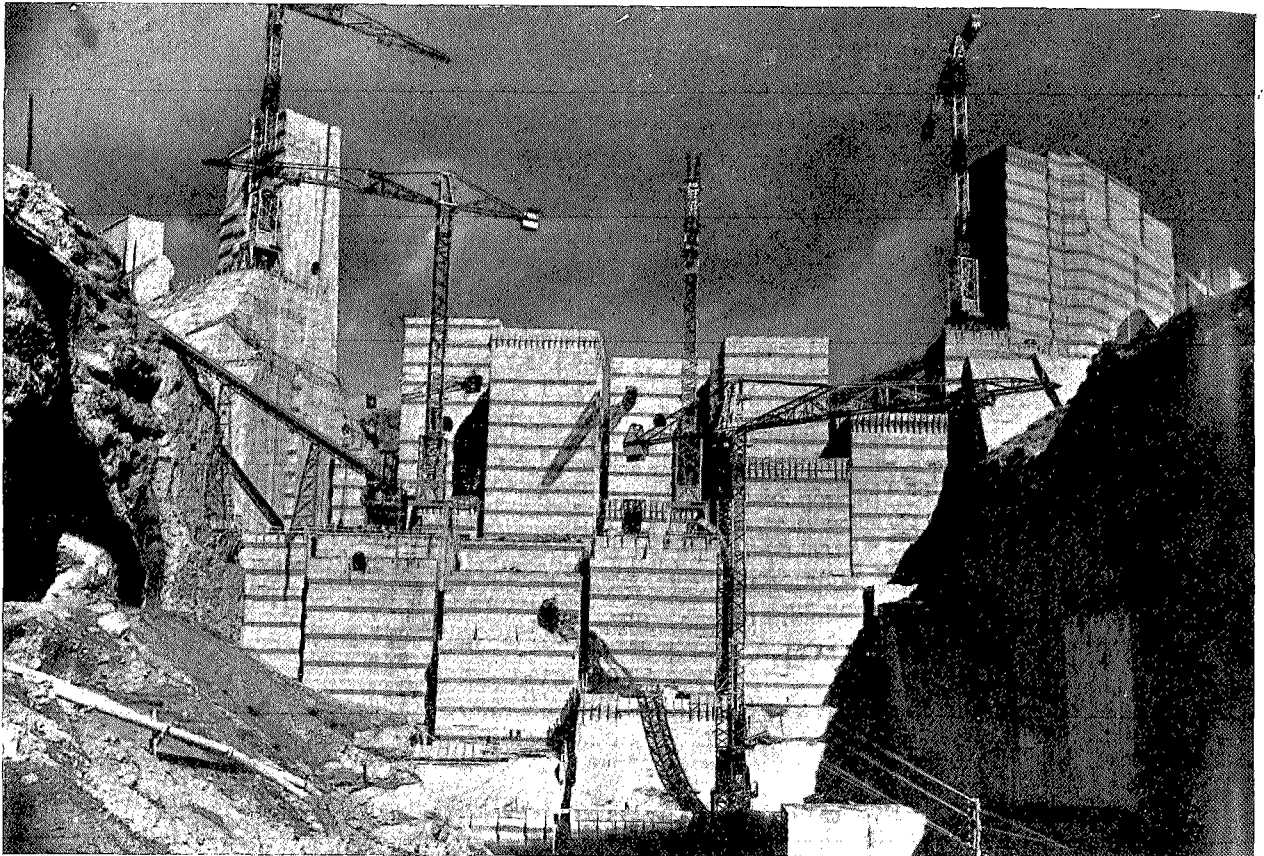
La instalación de blondines móviles es costosa, fundamentalmente por sus torres y por las explanaciones y obras de fábrica que requieren. Los fijos, son económicos, fáciles de montar y en ocasiones pueden construirse con el propio personal de obra.

El blondín fijo, situado adecuadamente, puede servir como auxiliar de la obra, eliminando costosos caminos de rodadura.

El hormigón se coloca en tongadas cuya altura oscila entre 1 y 2 m., siendo la más frecuente 1,50; cada tongada se sitúa, en forma continua, por sucesivas capas, cuyo espesor fluctúa entre los 40 y 60 cm.

Para la distribución del hormigón dentro del tajo se usan a veces pequeños bulldozer, siempre que la capacidad de los baldes sea suficientemente elevada; para ello se requieren hormigones de consistencia seca o semiplástica, asentamientos entre 10 y 30 mm.

Es aconsejable realizar el hormigonado por cordones paralelos a los paramentos,

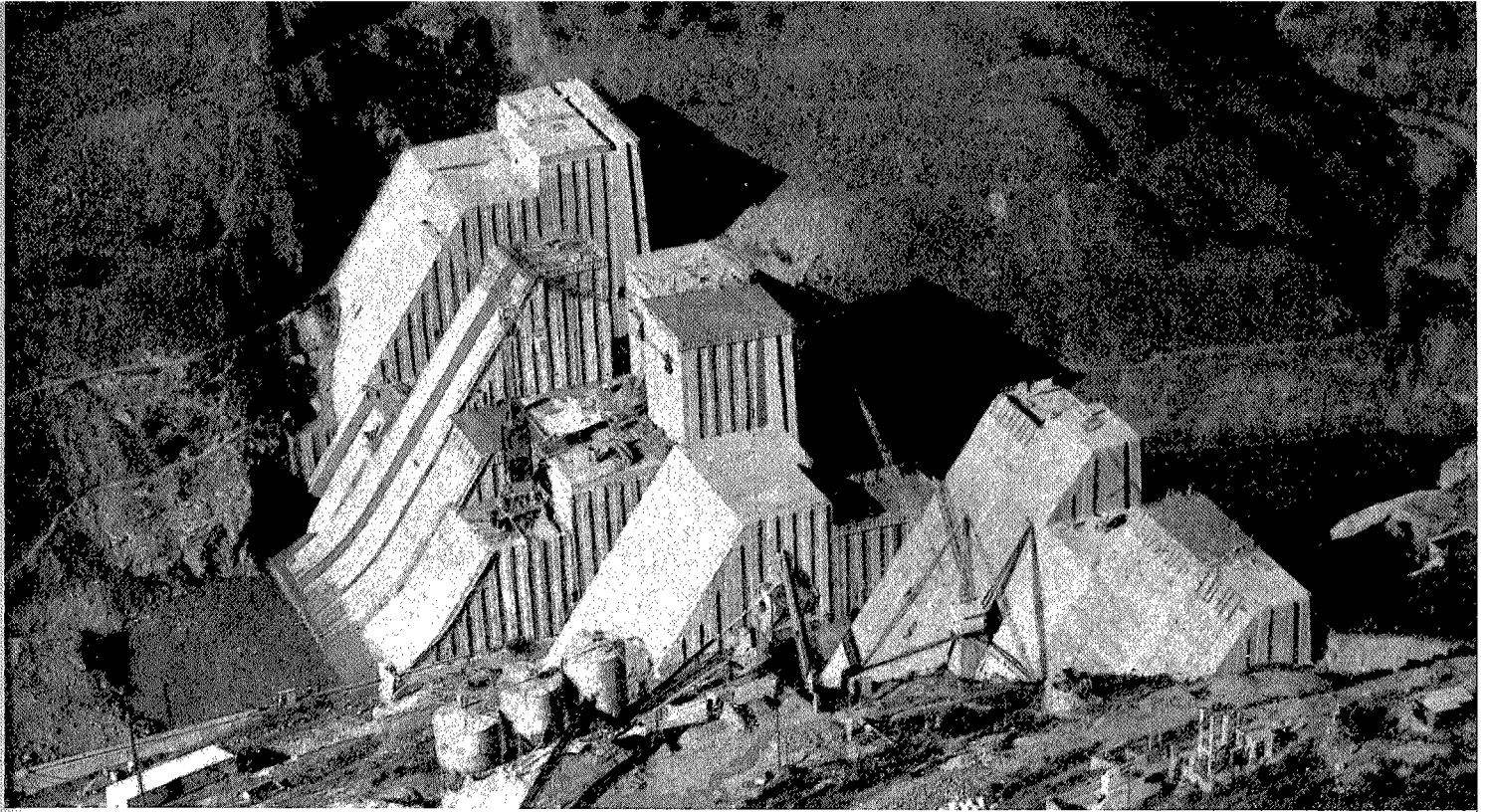


comenzando por el de aguas abajo en las presas de gravedad, y por el de aguas arriba en las bóvedas.

La compactación definitiva del hormigón, se efectúa por medio de pervibradores de elevado número de revoluciones, generalmente neumáticos; cuando el ritmo de hormigonado y la amplitud del bloque es suficientemente grande, tales vibradores se suelen emplear montados sobre bulldozer.

Durante el proceso de fraguado ha de procurarse mantener un grado de humedad del hormigón sensiblemente constante. El procedimiento que se adopte depende de las condiciones climatológicas y su mayor o menor eficacia está íntimamente relacionada con su continuidad de aplicación.

* * *



Han de considerarse las juntas, como grietas controladas, siendo por ende calificados de mal necesario. Evitan la formación al azar de grietas incontrolables, consecuencia de las variaciones de volumen, y permiten una construcción racional y económica de la presa.

El tratamiento de las juntas de trabajo y su disposición, tiene extraordinaria importancia para el futuro comportamiento de la estructura. El monolitismo del hormigón y su impermeabilidad, son premisas básicas sobre las que se asienta su cualidad de duradero. Las masas discontinuas, formadas por rebanadas de mayor o menor espesor, entre las que pueda filtrarse el agua, son zonas débiles por las que pueden iniciar ataques destructivos el hielo y las aguas agresivas.

Las juntas de trabajo mal ejecutadas, constituyen el tendón de Aquiles de la estructura.

El espesor de las tongadas ejerce gran influencia en la disipación del calor de fraguado; dentro de márgenes económicos, ha de procurarse disminuir su altura y espaciarlas en el tiempo; espesores de un metro cada dos días, son preferibles a tongadas de dos metros cada cuatro.

Ha de procurarse ensamblar las capas sucesivas, haciendo penetrar ligeramente el vibrador en la capa inferior, siempre que no se haya realizado el fraguado en esta última.

Es eficaz tratar las juntas frotando la superficie con cepillos de acero, agua y aire en el momento que en cada caso se estime más apropiado, de acuerdo con el período de fraguado — en términos generales, en verano dos horas después de finalizarse el hormigonado, y tres en invierno.

Una vez se ha endurecido el hormigón, se limpia el bloque con chorro de agua y aire a presión; así, se eliminan los materiales sueltos e indeseables, y quedan los áridos limpios y al descubierto.

Cualquiera que sea el tratamiento seguido para la limpieza de la junta, inmediatamente antes de reanudar el hormigonado debe recubrirse con una capa de mortero de, aproximadamente, 2 cm., a fin de permitir la adecuada incrustación del árido en el mortero fresco y la apropiada unión entre los hormigones viejo y nuevo. La dosificación del mortero suele ser doble a la correspondiente a la zona del hormigón en que se aplique.

Las reacciones exotérmicas del proceso de fraguado y las variaciones de temperatura, son causa de las juntas transversales; se distribuyen a lo largo de la presa, con separaciones comprendidas entre 10 y 15 m. Su distribución suele estar determinada en el proyecto y viene impuesta por la naturaleza de la roca de cimentación — módulo de deformación —, por la altura de la presa, por la cantidad de cemento, etc.

La superficie de contacto es factor determinante de la separación entre juntas. En las presas de gravedad, salvo casos excepcionales, se procura una distribución homogénea de las juntas. En las presas bóveda, las juntas transversales se distribuyen de tal forma que la superficie de contacto roca-hormigón, sea sensiblemente igual: es decir, más próximas en las laderas que en el cauce. La cimentación de las presas bóveda debe ser continua, desprovista de puntos angulosos, que siempre originan grietas.

Las juntas longitudinales, como las transversales, vienen obligadas por la retracción y variación de temperatura del hormigón. Su separación se rige por análogas normas que las transversales, si bien con mayor tolerancia en el límite superior.

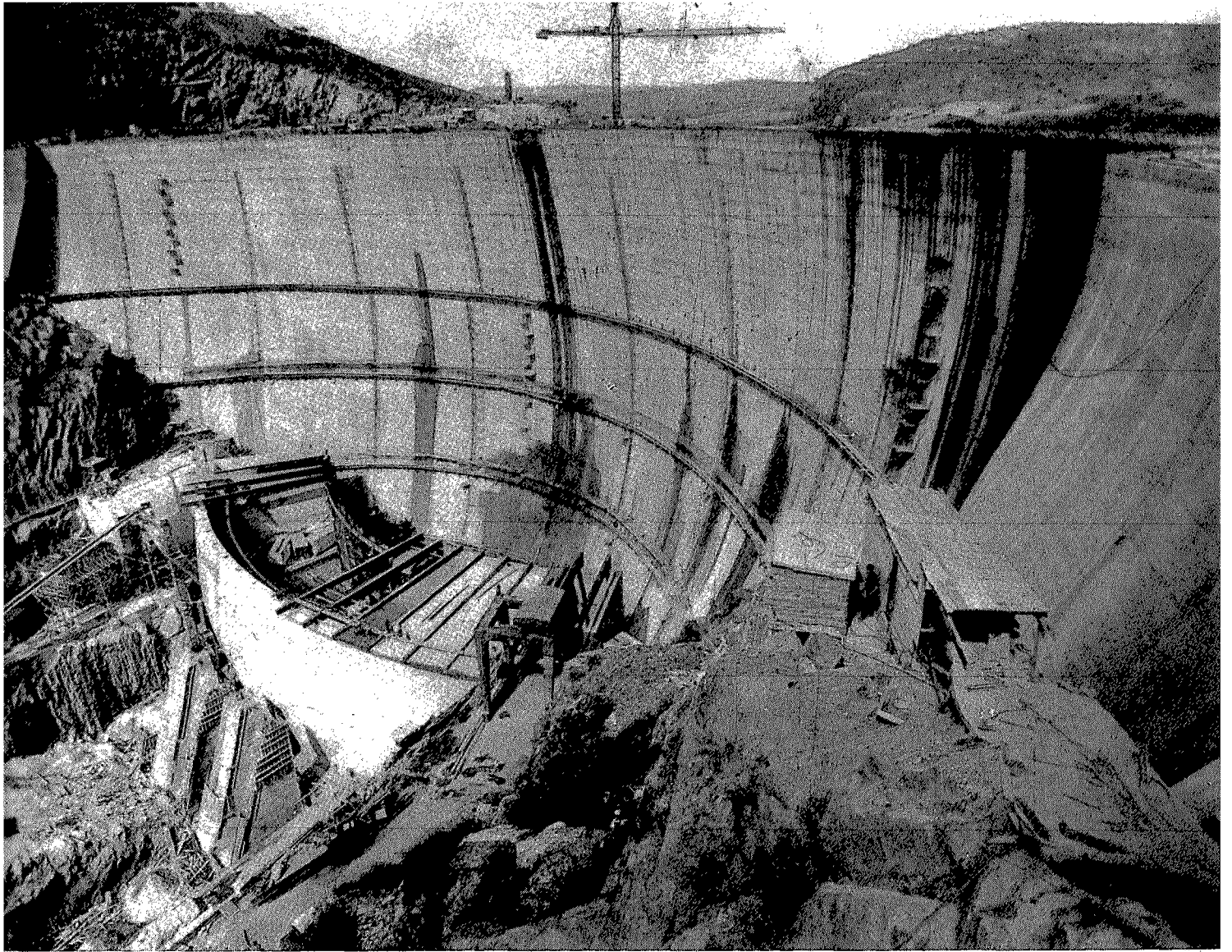
* * *

Durante la construcción se controla la calidad del hormigón en laboratorio instalados a pie de obra, debidamente equipados, que actúan en conexión con otros oficiales en los que se realizan estudios más completos: Centro de Estudios Hidrográficos; Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción; Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento; Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo, etc.

2. PREMISAS CONTRACTUALES.

La construcción de una presa exige concurren en el ejecutor especiales garantías técnicas y condiciones económicas. Ello motiva que en nuestro país se haya realizado tradicionalmente la contratación de las de propiedad del Estado por concursos restringidos, en los que la Administración ha invitado a un reducido número de empresas en las que concurrieran aquellas condiciones. Idéntica fórmula de contratación se ha seguido, generalmente, por las empresas privadas que construyeron en España presas para fines propios.

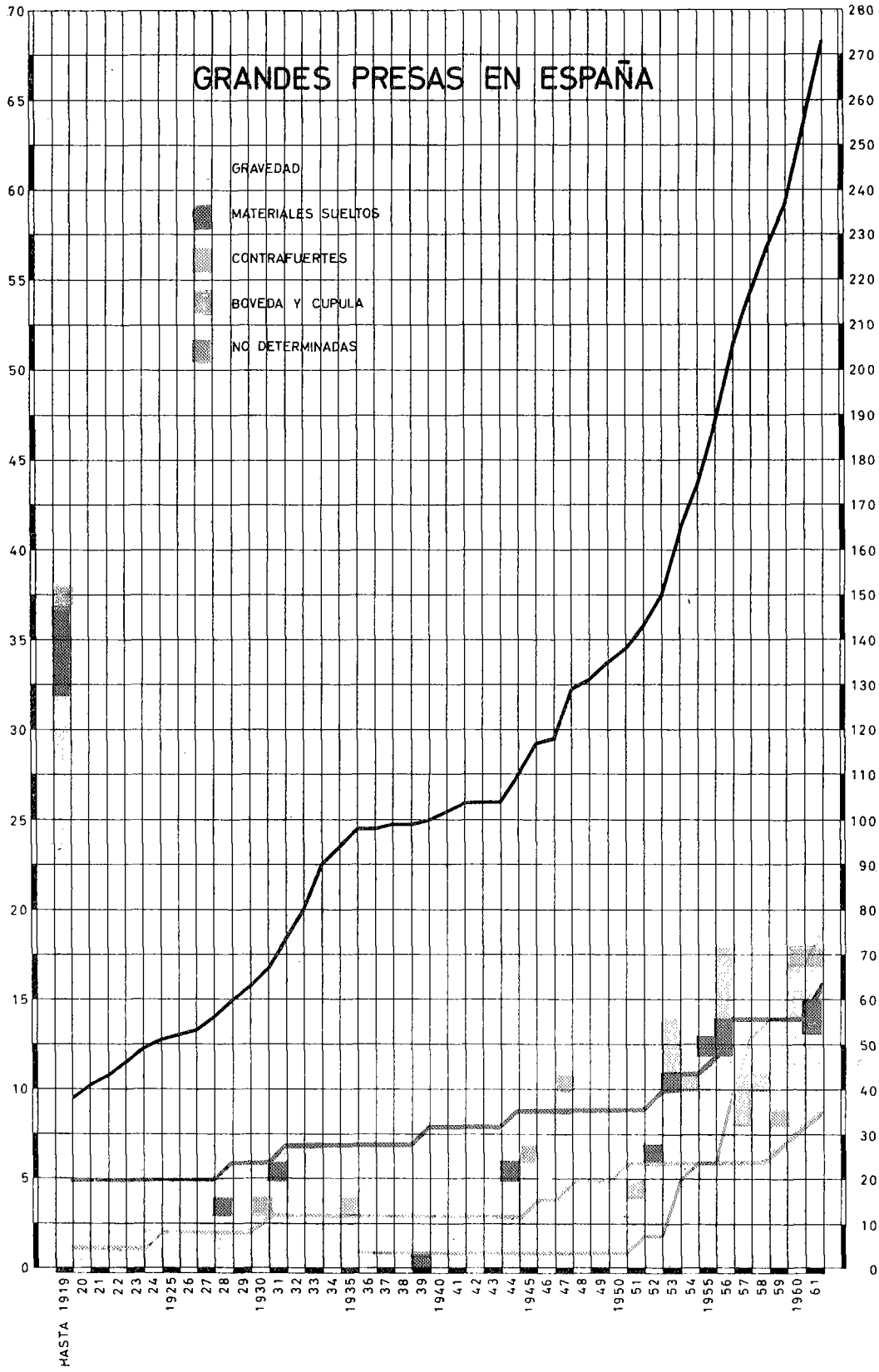
Tratándose de obras que requieren grandes inversiones dinerarias y largo plazo de ejecución, el contratista ha de precaverse de la repercusión que en el resultado



económico de la obra originen las oscilaciones de los costos, cuya tendencia a elevarse es estadísticamente indudable. O incluye en el contrato fórmulas de revisión que ahuyenten el fantasma de la subida de precios, o incrementa en el presupuesto de ejecución el costo, aplicando coeficientes obtenidos de datos estadísticos.

En garantía del contratista, la Administración del Estado recientemente ha promulgado disposiciones por las que se predeterminan fórmulas polinómicas de revisión de precios, para los supuestos de que algunos índices de costo varíen en la proporción que se establece en las propias disposiciones. La oscilación de los precios del hierro, cemento, energía y mano de obra, pueden ser causa de revisión en los contratos para la ejecución de presas. El sistema de revisar los precios por fórmulas predeterminadas, también tuvo de siempre lugar en la contratación privada.

Así como el contratista debe quedar garantido, en las construcciones de larga



CONSTRUIDAS
 EN CONSTRUCCIÓN
 EN PROYECTO

duración, del posible aumento de los precios, el propietario de la presa ha de asegurarse de que la obra se ejecutará en la forma prevista, en cuanto a técnica, calidad y plazo.

En la contratación administrativa, para que quede debidamente garantido el cumplimiento de las obligaciones del constructor, éste debe constituir una fianza, que generalmente significa un 4 por 100 del precio total de la obra cuando no existe cláusula de revisión, y que se eleva a un 10 por 100, con retención de otro 10 por 100 en el pago de las certificaciones, cuando en el contrato figura dicha cláusula. En los contratos en que las dos partes son personas físicas o jurídicas, de derecho privado, naturalmente varían los porcentajes que operan para la constitución de fianzas.

Debe resaltarse que la tendencia actual es, a fin de dar una mayor agilidad a la contratación, la formalización de avales bancarios que sustituyen la tradicional constitución de fianzas en metálico o en valores.

En la contratación de obras se propende a la reducción de los naturales antagonismos económicos que existen entre propietario y constructor: éste debe obtener el lógico beneficio industrial que su buen trabajo merezca, y aquél debe conseguir la obtención de óptimas calidades técnicas en la obra ejecutada.

Por ello, en los Pliegos de Condiciones Particulares, deben eliminarse las definiciones "hiperestáticas" de calidades, sustituyéndolas por otras que polaricen los esfuerzos del propietario de la presa y contratista en la obtención de hormigones que resulten mejores y más baratos para el primero y más lucrativos para el segundo.

Deben establecerse sistemas complementarios de primas y penalidades, a determinar al final de la obra, con objeto de estimular al contratista y disminuir, en lo posible, la dispersión de los hormigones.

También, por las nuevas tendencias de la contratación, antes señaladas, surge la figura nueva del Ingeniero Consultor: es éste quien supervisa la ejecución, decide, de acuerdo con el proyecto, en cuanto a las calidades técnicas de lo que se construye, responde de las mismas ante el propietario de la presa y sirve, en definitiva, de elemento moderador en las relaciones entre éste y el constructor.

La recientísima Ley de Bases de Contratos del Estado, prevé la existencia de oficinas especializadas para la previa supervisión de la elaboración de proyectos.

Otra novedad en la legislación española, aparece en la Ley de Bases: la clasificación estatal de los contratistas.

No podrá ser confiada la ejecución de obras del Estado con presupuesto superior a cinco millones de pesetas — en tal caso se encuentran todas las presas propiedad del Estado —, sino a aquéllos contratistas que hayan obtenido la clasificación correspondiente por el Ministerio de Hacienda.

La clasificación de las empresas se hará con arreglo a sus características fundamentales, y determinará la categoría de contratos a cuya adjudicación puedan concurrir por razón de la naturaleza de su objeto y de su cuantía.

3. "RES GENTIUM".

El nomadismo característico del constructor y la extraordinaria variabilidad del número de trabajadores que ocupa, motiva que esta industria sea peculiar en cuanto se refiere al empleo de algo tan importante como el valor *hombres*, principal integrante de la ecuación que da como resultado la obra.

De una parte, ha de formar unos equipos estables, y de otra, ha de encontrar en su momento, para cada obra, dónde y como pueda, un personal no cualificado del que, normalmente, se desligará cuando aquélla termine.

En la mayoría de las ramas de la industria, el constructor ejecuta sus obras dentro o en las proximidades de núcleos urbanos. Más el ejecutor de presas se encuen-



tra, generalmente, con obras situadas a kilómetros de la urbe y, por ello, ha de comenzar por construir cuanto precisa un poblado de nuestro siglo — iglesia, escuela, viviendas, mercado, círculo de recreo, etc. —, antes de iniciar seriamente la construcción de la presa. En resumen: ha de crear un pueblo, organizándolo en forma tal, que la convivencia de sus habitantes sea acorde con los principios de todo tipo que basamentan la sociedad actual.

Deberá prever la dotación de formas de vida, concordes con los estratos sociales a que pertenecen, para sus directivos, técnicos y especialistas, que además de ser acreedores a vivir en el medio en que les corresponde, en ningún caso renunciarían a la situación a que les da derecho su capacitación profesional. También ha de proveer de viviendas familiares o albergues estables, a aquéllos trabajadores, que sin pertenecer a la plantilla de la empresa se adscriben a la obra durante toda su ejecución, de los que desea una permanente estancia a pie de obra, entre otras razones, por economía: deberá tratar de evitar diarios gastos de transporte, devengos en razón del

tiempo invertido en los desplazamientos y, sobre todo, las frecuentes faltas al trabajo que se dan cuando el trabajador no vive en la obra. Por último, ha de albergar dignamente también a los trabajadores que, con carácter eventual, ha de contratar en determinados momentos, pues es grande la dispersión del número de obreros por encima de los trabajadores fijos.

En la construcción de una presa, surgen estrechas relaciones humanas entre los elementos que en la misma intervienen; impera el espíritu de obra y, en definitiva, entre los que trabajan durante años en cualquiera de ellas, afloran unos especiales pruritos análogos a los de paisanaje.

La construcción de presas en España vino siendo escuela ambulante de capacitación profesional. En talleres montados en cualquier cerro, de oficios diversos — mecánica, carpintería, eléctrico, etc. —, o a la vera de pesadas máquinas — grúas, palas, etcétera —, sordos al ruido del mundo, se transformaron los pinches, los peones, los aprendices, en especialistas cuya capacidad profesional fué desarrollada por las enseñanzas del constructor. Así surgieron los oficiales, los contra maestros, los encargados o los jefes de taller, que pasarían a tener en la empresa consideración de cosa propia, engrosando las filas de sus mejores trabajadores.

Por ello, cuando el constructor finaliza la obra y marcha con sus máquinas y sus recuerdos, con ellos trata de llevarse algo trascendental para él: los especialistas que forjó en la construcción de la presa.

Si en su planificación constructiva consigue tener obra donde emplearlos, da por bien empleado el dinero y el afecto que invirtió en su formación; más si, por el contrario, no tiene donde ocuparlos, al disgusto de perderlos se une lo antieconómico que le resultó invertir tiempo y dinero en su formación.

Es deseable la especialización de los constructores españoles en las diversas ramas de la industria, y especialmente en la de presas que tiene peculiaridades específicas, no sólo en cuanto a la técnica y maquinaria que en ella se emplea, sino también en lo que se refiere a la especialización de los trabajadores que en su ejecución intervienen; no olvidará el constructor que se haya dedicado a esta rama, las dificultades casi insuperables con que en cualquier momento tropezó para conseguir, por ejemplo, una buena cuadrilla de encofradores de presa.

En España, en los últimos tiempos, el Estado ha velado con interés por la formación profesional, y los resultados de su empeño comienzan a ser patentes; no obstante, esta rama de la industria continuará siendo lo que antes llamábamos escuela ambulante de capacitación profesional.

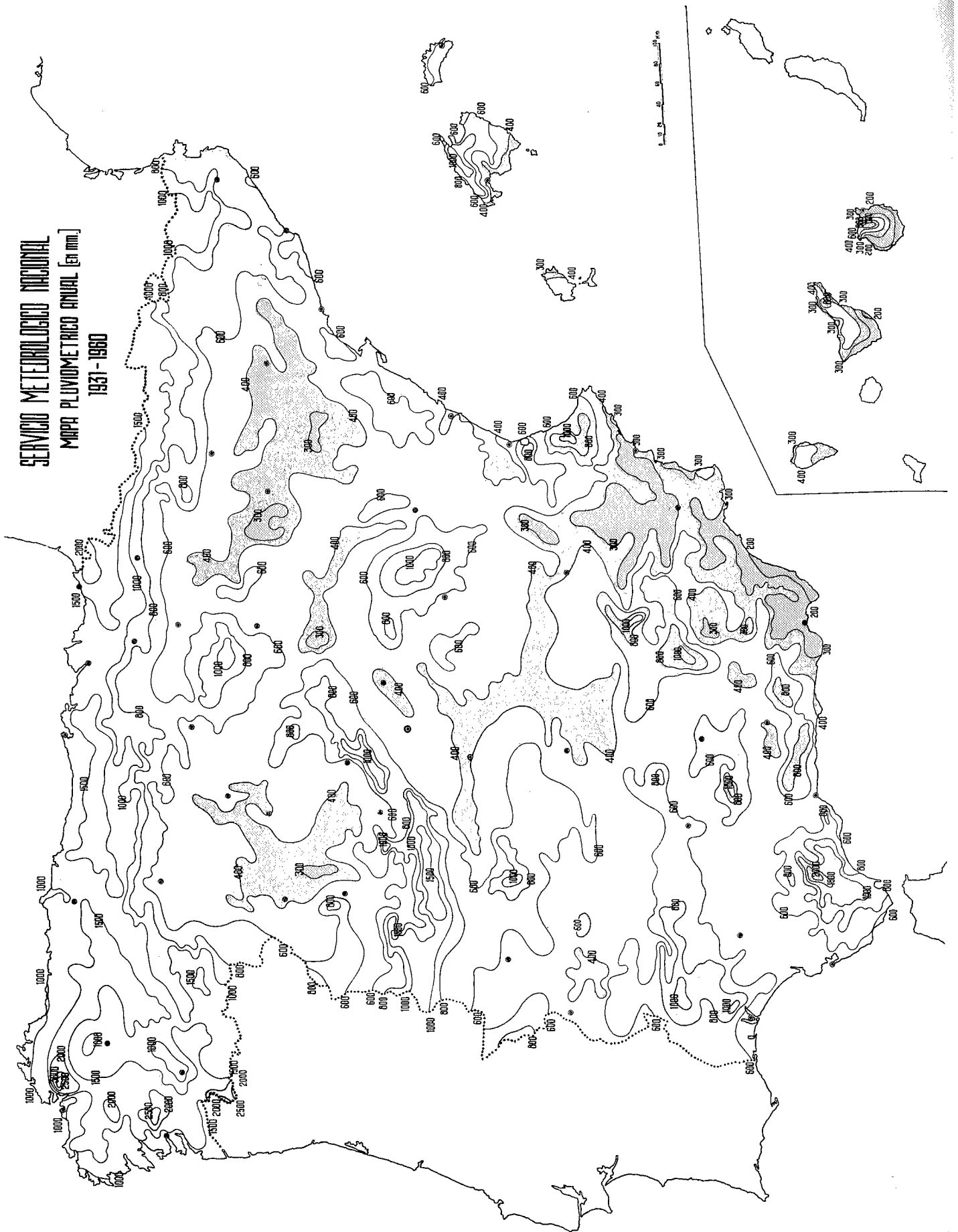
EPÍLOGO.

“En los contratiempos, sobre todo, es donde conocemos todos nuestros recursos para hacer uso de ellos”.

HORACIO.

Siglos de lucha constante para dominar las, unas veces escasas y otras torrenciales, aguas de España, con los consiguientes problemas que por complejos y variados constituyeran gama continental, contribuyeron al desarrollo de una técnica especializada, de aplicación ecuménica. Ella permite hoy afrontar arduos problemas de construc-

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL
MAPA PLUVIOMETRICO ANUAL (en mm.)
1931-1960



ción sin temor al fracaso. La experiencia y el espíritu hidráulico de los técnicos españoles, posibilitan la adaptación de cuanto pensaron y cuanto ensayaron, a cualquier circunstancia. **17**

Se ven hermanadas la geología y la ingeniería dentro de un cauce de decidida política hidráulica, y trabajan con ahinco para conseguir lo que ya Aristóteles considerara como primera necesidad para el gobierno de los pueblos: la abundancia en el abastecimiento de agua.

Recientemente, y una vez más, se vió España obligada a luchar contra los elementos, en esta ocasión como consecuencia del aislamiento económico a que se vió sometida. Permitió Dios recuperara su rango y hoy puede, sin jactancia pero con orgullo, asegurar que su técnica vuelve a ser "adelantado" del difícil arte de construir presas.