

PRESA DEL TAMBRE

Por LUCIANO YORDI DE CARRICARTE,
Ingeniero de Caminos.

Como continuación del trabajo iniciado en nuestro número anterior con el mismo título, publicamos este segundo artículo, que da a conocer detalles y particularidades de la ejecución de la obra de ampliación del salto del Tambre y de los medios auxiliares empleados en ella.

II

Construcción de la obra.

Descritas hasta aquí algunas de las características principales de la obra "Ampliación del Tambre", enumeraremos ahora, de forma general, las obras previas y los medios auxiliares que fué necesario realizar e instalar para llevar a cabo la ampliación a que nos venimos refiriendo.

Accesos. — Inmediatamente que se decidió la construcción de la "Ampliación del Tambre", se vió la necesidad de llevar a cabo un camino de acceso, uniéndolo al que bajaba a la Central con el punto de donde arrancaría la coronación de la presa.

Por este camino, en su día, se transportarían las 20 000 Tn. de cemento necesarias para las obras.

Los 9,50 Km. de longitud, de 5 m. de ancho, se construyeron paralelamente a la instalación de medios auxiliares y ejecución de excavaciones, coincidiendo las fechas de terminación de estos trabajos, que duraron de 1.º de mayo de 1947 a 15 de abril de 1948.

Para llevar a la obra las máquinas auxiliares, se habilitó un camino carretero de 1,50 Km. de longitud y 2,50 m. de ancho. Este camino, aun después de puesto en servicio el general, siguió prestando ayuda para traslado a la obra del personal necesario para la misma, estando ambos caminos unidos a través del río por medio de una pasarela colgante.

Desviación del río. — Una gran ventaja para la rápida marcha de la obra fué tener construída la ataguía, que era el antiguo azud de derivación, de cuyo estribo izquierdo partía el arenero del canal, al cual abastecían cuatro compuertas de madera, movidas a mano por un sistema de engranajes.

Teniendo necesidad ineludible de que la Central, durante el período de construcción, siguiese en todo momento prestando servicio, fué obligado ir a la construcción de un túnel de desvío, que arrancando

de aguas arriba del azud fuese hasta desembocar al canal de conducción, enrasando las soleras del túnel y canal en su encuentro, y construyendo en el cajero exterior de éste, a la salida del túnel, un vertedero que aliviase el exceso de agua que transportaba dicho túnel, con respecto a las necesidades de la Central.

Las dimensiones de este túnel fueron de 210 m. de longitud y 20 m.² de sección elíptica, obligada ésta por la poca carga de agua que había sobre su clave. Con el fin de poder evacuar las avenidas normales del Tambre, valoradas en 100 m.³/seg., se elevó para dar carga la ataguía en 3 m., recrecimiento permitido debido a la robustez del perfil primitivo del azud.

La construcción de este túnel se realizó atacándolo por las dos bocas, con el sistema clásico de avance, ensanche y destroza, al mismo tiempo que se efectuaba en el río y estribo derecho las excavaciones necesarias para la cimentación de la obra.

Los compresores que abastecían el túnel y excavación eran dos: uno, Ingersoll-Rand, movido por un motor eléctrico de 80 CV., y el otro, accionado por otro motor, también eléctrico, de 45 CV.

Los martillos perforadores empleados fueron Geis, abasteciéndolos por medio de tubería de acero estirado de 2,5 de diámetro y juntas de cartón. Por ser el granito muy compacto, fué necesaria la instalación, al lado de la fragua, de una aguzadora Leyner, para reponer las barrenas consumidas en el avance.

La vía empleada fué Decauville, de 0,60 m., con carril de 10 Kg./m. y traviesas metálicas, extrayéndose los productos de excavación por medio de vagones de 3/4 m.³.

Por ser la longitud del túnel corta, se ayudaba la ventilación por medio de las mismas mangueras, adelantando así la entrada del turno siguiente en la galería de avance.

De los explosivos que se emplearon fué muy bien la dinamita-goma núm. 2, siendo el consumo aproximado en galería de avance de 2,5 Kg., complementada con detonadores núm. 8 y mecha triple.

El número de hombres en cada turno era: 1 capataz, 2 mineros, 2 ayudantes, 1 herrero, 1 ayudante

de herrero, 1 mecánico, 7 peones para desescombro y 1 pinoche para instalar barrenas.

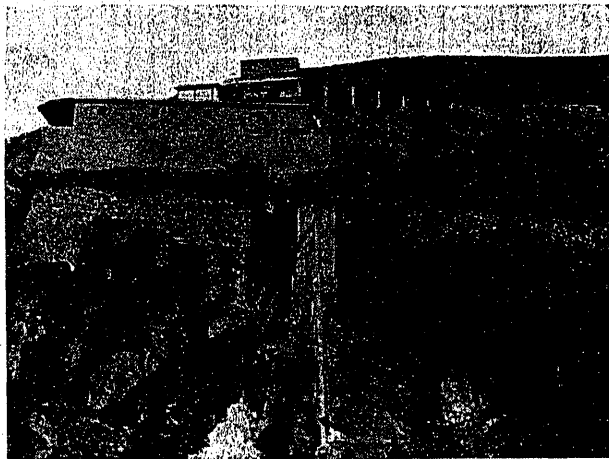
A pesar de tener bastante buena mano de obra, por proximidad de la obra con minas y tener los martillos aire y presión suficiente, la dureza de la roca

ladera y que permitió enclavar en él el ala izquierda de la presa.

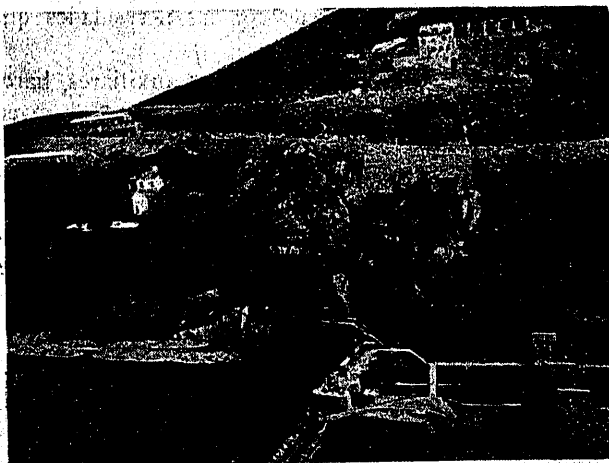
La mayor parte de estos productos salieron por el lecho del río, lo que obligó a explanar pasos para vías, haciendo recorridos de transporte no inferiores



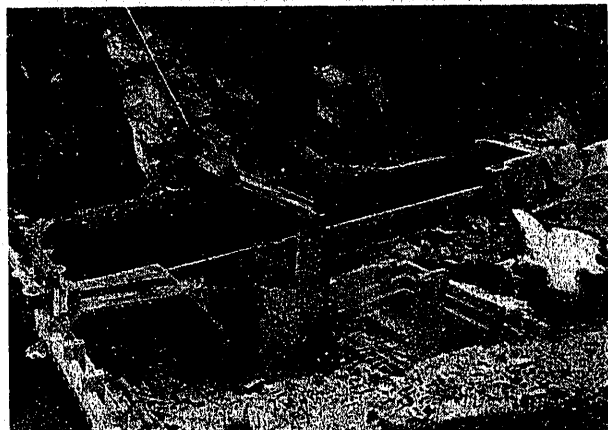
Primitivo azud de derivación.



Almacén de cemento y canaleta de abastecimiento de los puentes de servicio.



Vista de la instalación de medios auxiliares.



Primer puente de servicio y hormigonado del primer bloque de cauce.

no permitió ir a avances medios superiores a los 50 centímetros por pega.

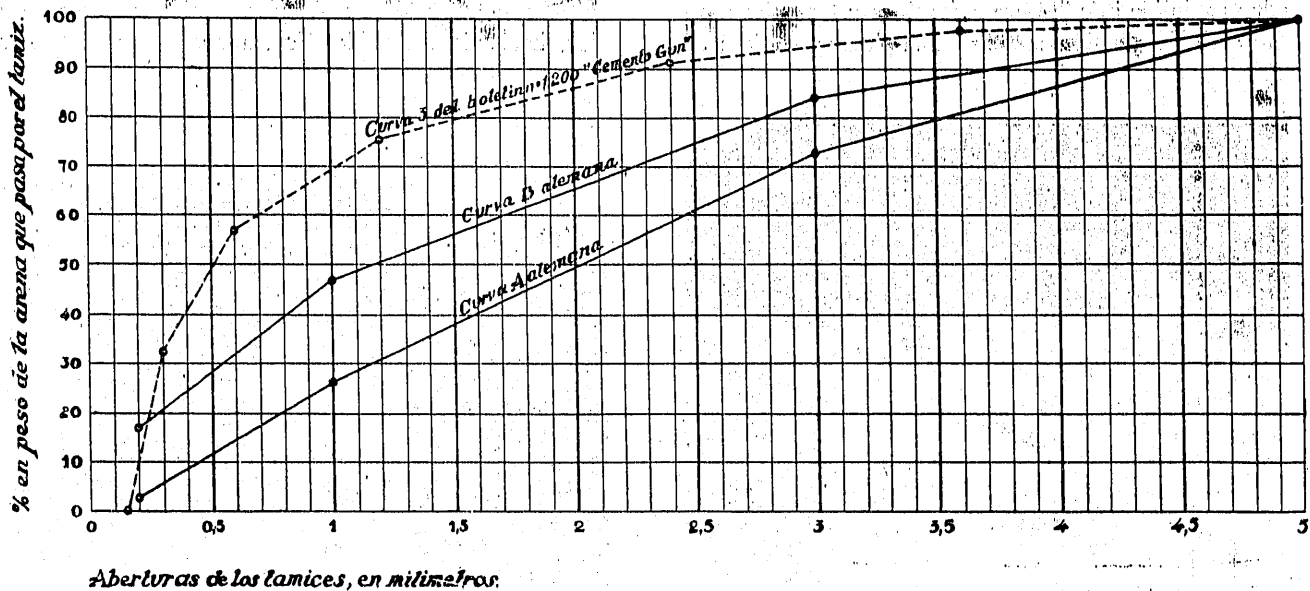
Excavaciones. — En las excavaciones realizadas en el Tambre se extrajeron 18 900 m.³ de roca, distribuidos en: 4 600 m.³, en el túnel de desvío; 5 600 m.³, en el estribo derecho; 7 600 m.³, en el cuenco del río, y 1 100 m.³, en el estribo izquierdo. La excavación en éste se redujo al mínimo, debido a una especie de nicho natural que había ya en la

a los 250 m. por el volumen a depositar en caballeros.

Para la construcción del recinto de cierre del cauce del río, del que luego hablaremos, se empleó una hormigonera auxiliar, emplazada en el mismo cauce, que se abasteció con parte de los productos de estas excavaciones.

Todas éstas se realizaron siguiendo los resultados de los sondeos, lo que permitió reducirlas al mínimo, ya que los diagramas de permeabilidad dieron buenos resultados. Solamente en parte del estribo derecho

COMPOSICION GRANULOMETRICA CONVENIENTE DE LA ARENA PARA ENLUCIDOS DE GUNTA.



hubo que hacer rastrillos, debido a la necesidad de cortar un desplazamiento, en el fondo del cual existía un gneis molido, cuya componente principal era caolín.

En el cauce propiamente dicho, la excavación se redujo casi exclusivamente a quitar los tres metros que había de material de acarreo.

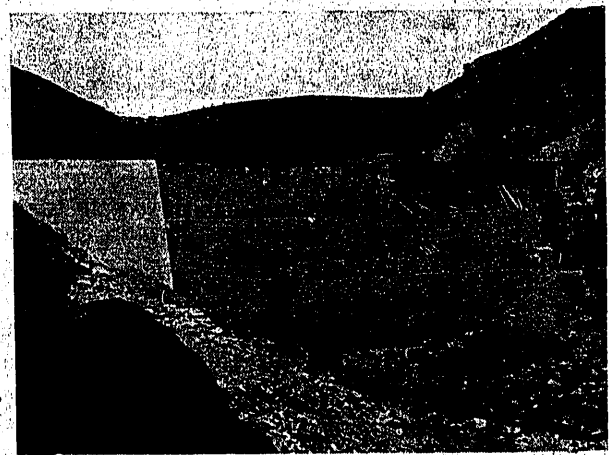
Medios auxiliares. — Las circunstancias que caracterizaban estas obras, en cuanto a breve plazo de ejecución y no grandes volúmenes de masas, obligaron

a la mayor moderación en el estudio sobre la utilización de medios auxiliares, pensando en que su rendimiento estuviese de acuerdo con las necesidades que se iban a crear.

Antes de enumerar estos medios auxiliares, haremos constar que las obras comenzaron el 1.º de mayo de 1947 y fueron totalmente terminadas el 1.º de mayo de 1950, por lo que este breve plazo de ejecución confirma el buen rendimiento de las instalaciones, que permitieron llevar a cabo la puesta en obra de 70 000 m.³ de hormigón en dos años, a pesar de



Vista del primer puente.



Hormigonado hasta la cota 217 con el primer puente embudo en la masa general de la presa.



Hormigonado de los dientes del trampolín.



Segundo puente de servicio hasta la cota 232.

las estrangulaciones inevitables debidas a falta de cemento y días de fuerte lluvia, tan abundantes en la región gallega.

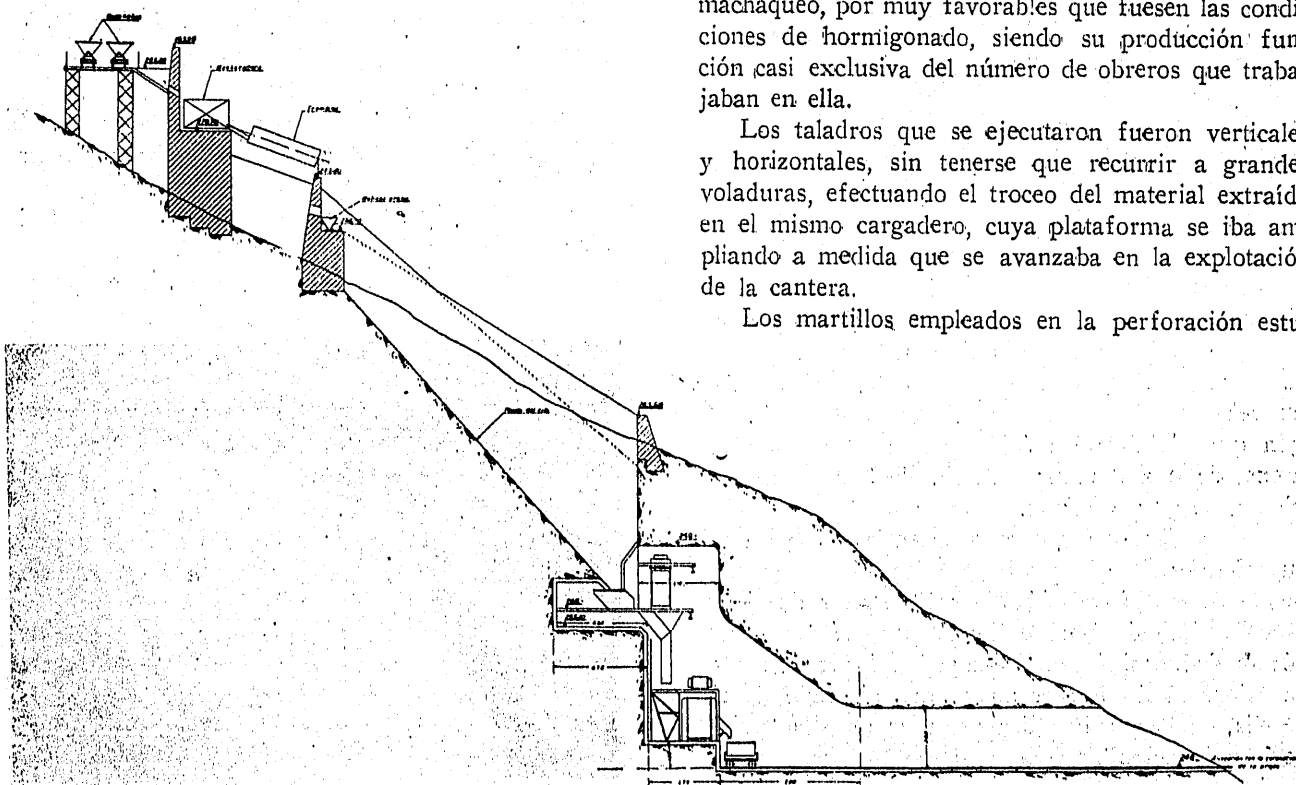
Cantera. — La elección de cantera no ofreció ninguna dificultad, estando emplazada a 250 m. de la tolva de machacadoras y sensiblemente en la misma cota que la misma.

La calidad de la piedra fué buena y bastante uniforme. Para la explotación de esta cantera se abrió un amplio frente de 170×15 m., construyéndose a todo lo largo de este frente un cargadero general que abastecía el tren de transporte a machacadoras, constituido por vagonetas-volquete de $1,5 \text{ m}^3$ y mesillas tiradas por una locomotora de gas-oil "Demag-Diesel".

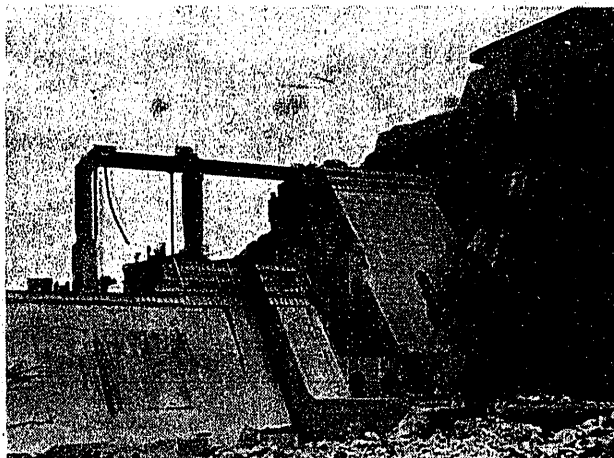
Esta cantera siempre pudo abastecer el tren de machaqueo, por muy favorables que fuesen las condiciones de hormigonado, siendo su producción función casi exclusiva del número de obreros que trabajaban en ella.

Los taladros que se ejecutaron fueron verticales y horizontales, sin tenerse que recurrir a grandes voladuras, efectuando el troceo del material extraído en el mismo cargadero, cuya plataforma se iba ampliando a medida que se avanzaba en la explotación de la cantera.

Los martillos empleados en la perforación estu-



Corte esquemático de los medios auxiliares de machaqueo y hormigonado.



Emplazamiento de los desagües de fondo.

vieron abastecidos por un compresor Demag, accionado por motor eléctrico de 125 CV.

La descomposición del m.³ de piedra extraída fué de la siguiente forma:

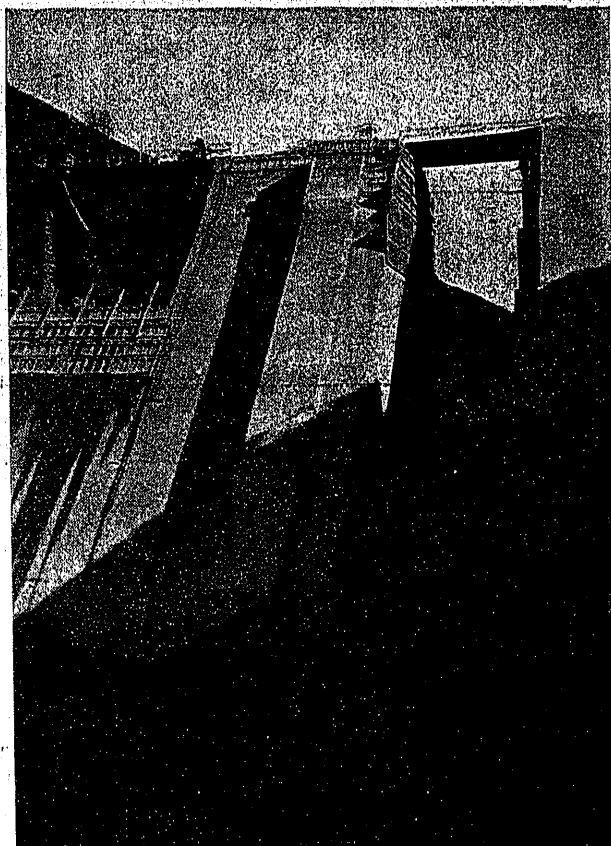
Jornales y cargas sociales.....	62 %
Materiales.....	18 %
Maquinaria.....	20 %

Machaqueo y molienda. — Desde el cargadero se llegaba, por medio de doble vía, a la tolva, que abastecía a las machacadoras de mandíbulas emplazadas en número de tres, dos Clus 64A y una Bergeaud, con sus respectivos tromeles clasificadores de 6 m. de longitud y 1,20 de diámetro, estando accionadas por tres motores eléctricos de 60 y 30 CV., respectivamente.

Como complemento de las machacadoras se instalaron tres molinos de cilindros, movidos por tres motores Linester de 10 CV. cada uno, que, en unión de una girogravilladora Grasset, tipo Gy-35 y motor de 20 CV., formaban todo el tren de machaqueo de la obra, que desembocaba directamente, por gravedad, en tres silos, separados entre sí por muros de hormigón que alojaban los áridos en sus tres tamaños: arena, de 0 a 8 mm.; gravilla, de 8 a 35 mm., y piedra, de 35 a 120 mm.

Estos silos, que se excavaron en la roca para que su solera tuviese la pendiente adecuada, se complementaron en su capacidad por los muros de cierre, estando limitados en su fondo por medio de una bóveda de hormigón, que daba paso a los tres tamaños de áridos al dosificador automático colocado debajo de ella, en lo que llamábamos en la obra la "cripta de hormigoneras".

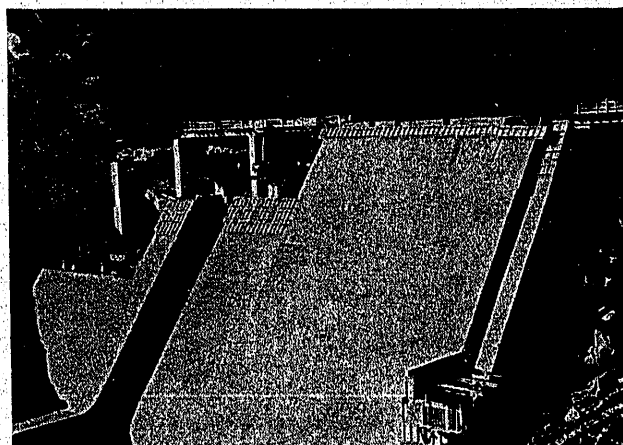
Hormigonado. — Esta "cripta" fué originada por



Portillo de desagüe para complementar el túnel de desvío.

que para llegar al fondo de los silos fué necesario entrar en túnel, enrasando su solera con la coronación de la presa y ensanchándolo en su final para colocar así el tren de hormigonado y dosificador automático debajo de la bóveda, haciendo de este modo toda la alimentación por acción de gravedad.

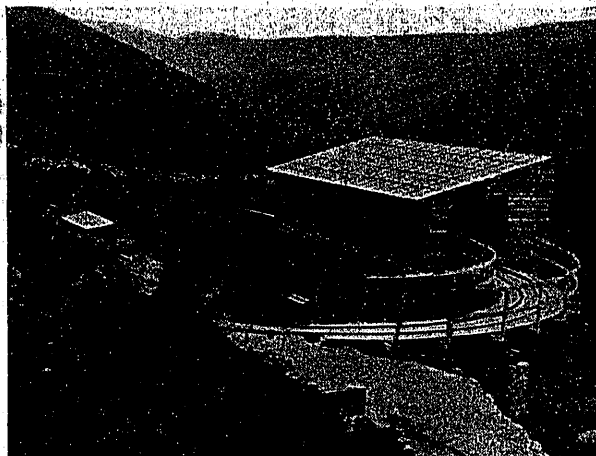
La dosificación se realizó: por peso, la del cemen-



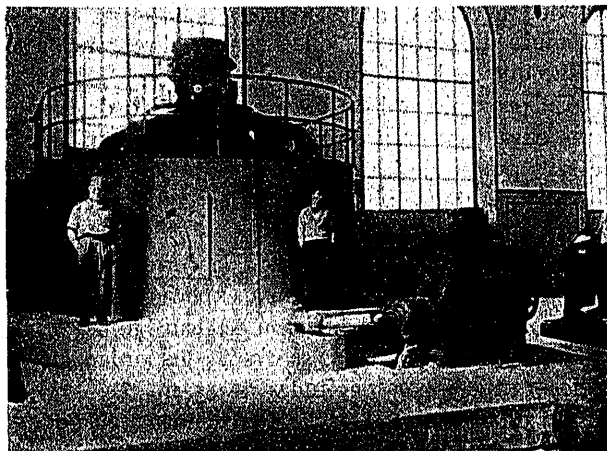
Continuación del segundo puente de servicio.



Montaje de la tubería del nuevo grupo.



Tolva de machacadoras.



Nuevo grupo instalado en la Central.



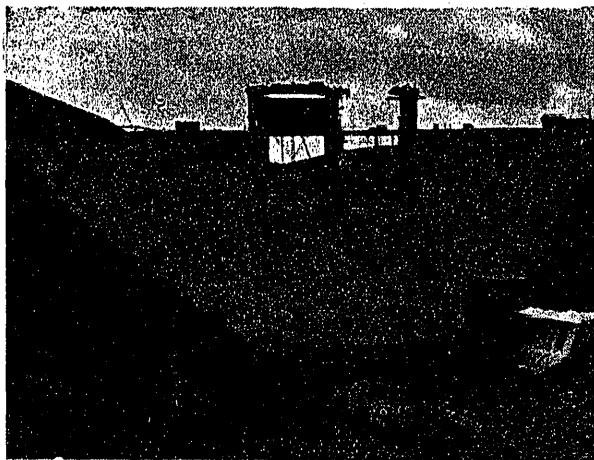
Tercer puente de servicio y pilas del vertedero.



Preparación de la carretera de la obra.



Vertedero visto desde aguas arriba.



Montaje de la primera compuerta.

to, y en volumen, la de los áridos; ésta, por el procedimiento de sacudidas.

El almacén de cemento se emplazó encima del túnel de salida de hormigoneras, y la conducción del material desde el mismo hasta la báscula, se hacía por medio de un tornillo sin fin.

Se utilizaron dos hormigoneras de 1 000 litros cada una, accionadas por dos motores Siemens de 20 CV.

El dosificador automático y las dos hormigoneras fueron de construcción nacional, siendo su rendimiento bueno, salvo interrupciones originadas por el tornillo sin fin.

Puesta en obra del hormigón. — El hormigonado se realizó por medio de puentes de servicio. Estos

puentes se hicieron con pilas de hormigón de $5 \times 0,80$ metros de sección, que sustentaban vigas metálicas de 12 m. de luz, alma llena y canto de 400 mm., quedando las pilas embebidas en la masa general de la obra.

Los puentes, a medida que se terminaba el bloque que se hormigonaba a continuación de ellos, se prolongaban sobre este mismo bloque para hormigonar el siguiente.

Se hicieron tres puentes generales de servicio: el primero, con alturas de pilas desde el fondo del cauce, cota 203, hasta la 217; el segundo, desde esta cota hasta la 232, y por último, el tercero, desde ésta hasta la coronación, situada en la 249.

La alimentación desde hormigoneras se hacía por vagonetas de 1 m.³ y tipo holandés, que salían por el túnel y vertían al final de éste en una tolva a la que seguía una canaleta que terminaba en el puente de servicio. Por éste se trasladaba, también por medio de vagonetas, a los puntos donde estaban las "trompas de elefante", que llegaban directamente al bloque que se hormigonaba.

En principio se hizo un perfil reducido del vertedero, cuya base eran un recinto de cierre, con ánimo de salir pronto de las cotas bajas y poder aprovechar el invierno 48-49, vital para poder cumplir el plazo previsto.

En las fotografías se aprecia la forma de hormigonado, mejor que con ninguna explicación.

Los bloques que se hicieron estaban limitados por las juntas de contracción, separadas del orden medio de los 13 m. y por longitudes de 15 m.

De esta forma, la facilidad de hormigonado era



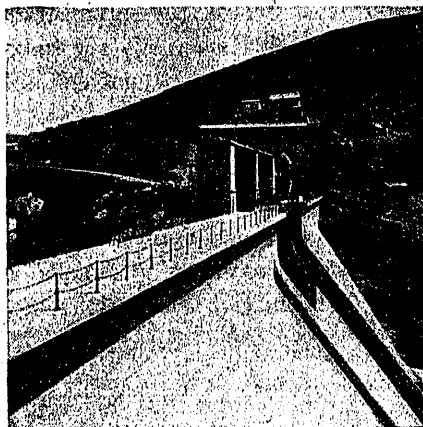
Vista de la obra terminada desde aguas arriba.

enorme, con el inconveniente de menos trabazón de bloques y muchas juntas de trabajo horizontales.

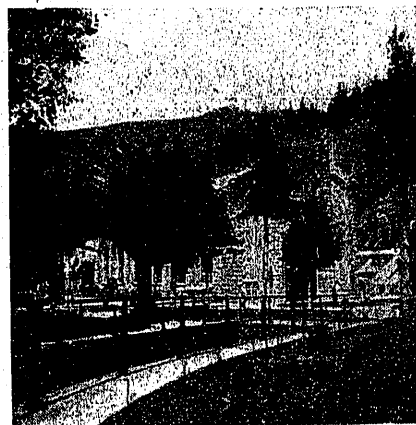
Antes de ir a este sistema de bloques, se estudió económicamente el ir a una pantalla de impermeabilización en el paramento de aguas arriba, que protegiese a estas juntas de trabajo, y cuyo presupuesto quedase compensado por el ahorro de mano de obra

El enlucido se hizo en dos capas: una, de 20 mm., hasta la tela metálica, y otra, de 30 mm., recubriendo a la primera.

Las características de la tela que sirvió de armadura para evitar efectos de grietas, fueron: 75 X 75 milímetros de malla y alambre de acero galvanizado de 3,50 mm. de diámetro.



Coronación de la Presa.



Central del Tambre.

sobre bloques pequeños y por la rapidez de ejecución de la obra.

Visto esto, nos decidimos por colocar una pantalla formada de la siguiente forma: un enlucido de gunita armada de 5 cm. de espesor. La mezcla más conveniente para la gunita fué la de 110 litros de arena por 50 Kg. de cemento, empleando arena que se ajustase a las curvas de granulometría que se señalan en el gráfico.

En las juntas de contracción, el único tratamiento que se hizo fué cortar los alambres para dejar libre el movimiento originado por el fraguado de los bloques.

Con esta pantalla se redujeron totalmente las filtraciones en los bloques de la obra, quedando exclusivamente las originadas por algunas juntas de contracción que, en tres de ellas, se hicieron extensivas en pequeñísima cuantía a juntas de trabajo de los bloques que las limitaban, apareciendo alguna mancha



Vista de conjunto de la obra terminada.

de humedad en el paramento de aguas abajo de la presa.

Con los medios auxiliares, su disposición y la puesta en obra del hormigón reseñada, la descomposición del metro cúbico de hormigón, principal unidad de este tipo de obras, quedó definida en nuestro caso de la forma siguiente:

Limpieza	2,054 %
Extracción	19,923 %
Troceo y apilado	8,641 %
Carga y transporte	8,023 %
Machaqueo y molienda	7,762 %
Transporte y vacío de cemento a dosificadores	1,084 %
Amasado	2,449 %
Transporte y vertido	7,173 %
Extensión y apisonado	3,665 %
Bloques piedra	0,125 %
Andamiajes, vías, etc.	1,751 %
Construcción encofrados	1,385 %
Colocación, etc., id.	5,860 %
Drenes	0,119 %
Transportes varios	0,376 %
Gastos generales	9,689 %
Montaje maquinaria	2,626 %
Instalaciones	6,412 %
Transporte maquinaria	2,000 %
Retirada de materiales	1,529 %
Útiles y herramientas	3,587 %
Impuestos	3,767 %
SUMA	100,000 %

Con lo dicho hasta aquí, hemos citado los pormenores que, según nuestro criterio, pueden ser más o menos interesantes para otra obra similar a la descrita, aunque por considerarla del tipo medio de las que se realizan en España, su construcción está ya muy sistematizada.

Suministros y ejecución. — La parte hidráulica de la ampliación de la Central fué suministrada por las casas suiza y española Escher Wyss y Babcock-Wilcox, y la parte eléctrica por la también suiza Brown Boveri.

Los desagües de fondo de la presa, lo mismo que las compuertas del vertedero, fueron construídos por "Maquinista y Fundiciones del Ebro, S. A.", realizando los sondeos, inyecciones y pantalla de impermeabilización "Cimentaciones Especiales, S. A."

La contrata general de las obras fué otorgada a la Empresa "Dragados y Construcciones, S. A."

Es de justicia reconocer y señalar que todas ellas dieron, en todo momento, las máximas facilidades y pusieron el mayor entusiasmo en que estas obras pudiesen realizarse en el plazo previsto de tres años.

El embalse originado llevará en el futuro, por acuerdo del Consejo de Ministros, el nombre de "Barrié de la Maza", en reconocimiento a los méritos contraídos por el Presidente de la Sociedad General Gallega de Electricidad, S. A., Excmo. Sr. D. Pedro Barrié de la Maza.