

Presa "La Angostura".—La Cortina terminada y el Vertedor de Demasías (a la derecha), con la pila central en construcción.

La Planta de Construcción de la Presa de "La Angostura", Son.

Por el Ingeniero

M. MIGUEL RAMOS G.

del Departamento de Proyectos de la Comisión Nacional de Irrigación

Descripción de las instalaciones utilizadas en la Planta de Construcción de esta monumental Obra de Ingeniería

EN una región abrupta y de muy escasa vegetación, al Nordeste de Sonora, se levanta una inmensa mole de concreto que intercepta las aguas del río Bavispe: es la presa de "La Angostura", que almacenará 850 millones de metros cúbicos de agua para mejorar el riego de las 60,000 hectáreas que ya tienen ese servicio y ampliarlo en 40,000 hectáreas más siempre que se siga el plan de explotación agrícola actual en un valle lejano,

en el mismo Estado de Sonora en la costa del Pacífico y con 300,000 hectáreas de terreno de excelente calidad para la agricultura. Este valle costero es el "Valle del Yaqui".

El objeto de este artículo es describir la planta de construcción de la presa "La Angostura", pero es conveniente antes de entrar en los pormenores de esta descripción, hablar en términos generales sobre las características de esta obra.

Generalidades

La cortina de esta presa es del tipo arco-gravedad, su altura desde el punto más bajo de la cimentación hasta la corona, es de 92 metros. El arco se empotra en la margen derecha totalmente en la roca del cañón y en la margen izquierda, debido a las características topográficas de la boquilla, descansa en un macizo de concreto de 56 m. de altura.

Vertedor

El vertedor de la obra, estará alojado en la margen izquierda, tendrá una capacidad de 1,600 metros cúbicos por segundo, con la cual se espera poder dar salida a la máxima creciente prevista que es de 3,000 metros cúbicos por segundo. Aunque inicialmente se proyectó el vertedor para este gasto controlado por compuertas deslizantes de 15.24×15.24 metros, posteriormente debido a las dificultades de producción acarreadas por la guerra se hizo necesario un nuevo estudio considerando la regularización de la creciente aunque con sacrificio del volumen almacenado, el cual permitió establecer en el umbral estudiado antes, un cimacio vertedor. La longitud del canal de descarga de este vertedor es de 120 metros a partir de la cresta del cimacio.

Obra de toma y planta hidroeléctrica

Estas dos obras estarán alojadas en el centro de la cortina lado de aguas abajo.

La extracción del agua destinada al riego se hará por medio de tuberías ahogadas en la cortina y se controlará por medio de dos válvulas de aguja de dos metros de diámetro y treinta metros cúbicos por segundo de capacidad. La planta hidroeléctrica consta esencialmente de dos turbinas Francis, de eje vertical que con una carga normal de cuarenta y seis metros desarrollarán 8,000 HP., cada una, pudiendo trabajar a un máximo de 9,000 HP., con carga de 73 metros y un mínimo de 4,050 HP., cuando la carga sea de 30 metros. Dispone además la planta, de una turbina auxiliar de eje horizontal de 300 HP., para suministrar la fuerza necesaria para el manejo e iluminación de la obra. Los generadores para las turbinas principales, son de . . . 7,600 K. V. A., 6,600 V. y 300 r. p. m. Además en la casa en que se encuentra esta maquinaria están alojados los transformadores y las instalaciones de la salida de las líneas de alta tensión.

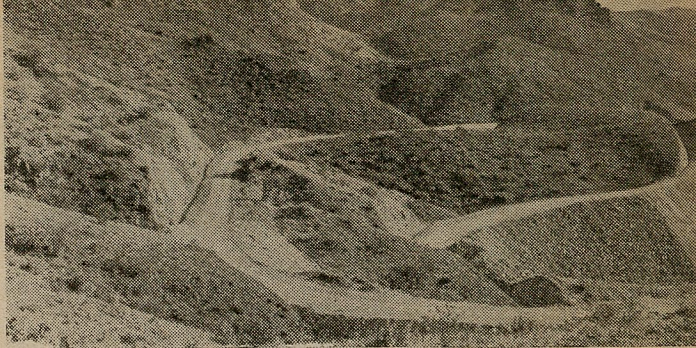


Fig. 1.—Camino de construcción entre la Estación "El Tajo" y la Presa "La Angostura".

Caminos

Como el medio de comunicación más cercano con que se contaba para llegar al sitio de la presa al iniciar las obras, era el ferrocarril de Agua Prieta a Nacozari y un camino en pésimas condiciones, que iba de la estación Esqueda a la hacienda de

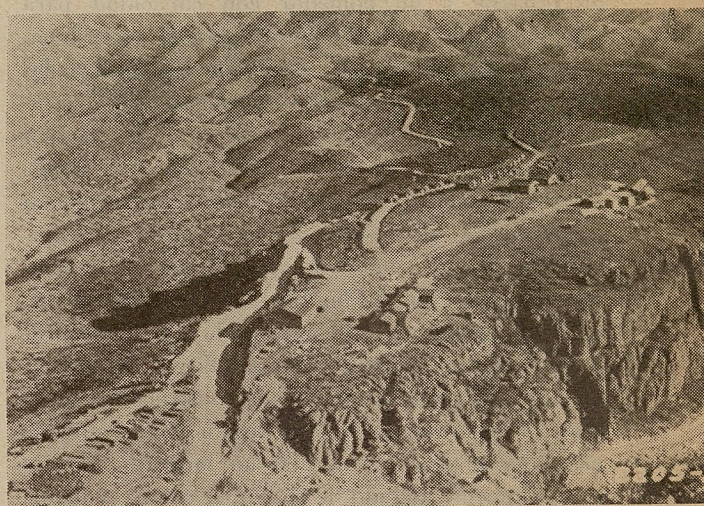
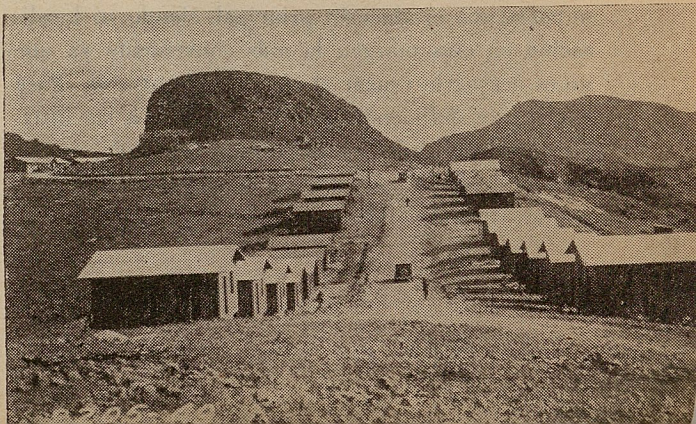


Fig. 2.—El sitio del campamento. Al fondo, el camino de construcción; a la derecha, las oficinas; al frente, izquierda, el restaurante.

Teras, que está situada dentro de lo que será el vaso de almacenamiento, hubo necesidad de construir un camino (Fig. 1), desde la estación El Tajo, hasta el sitio de la obra, con una longitud total de 53 kilómetros y una pendiente general de seis por ciento.

Fig. 3.—Una vista del campamento.



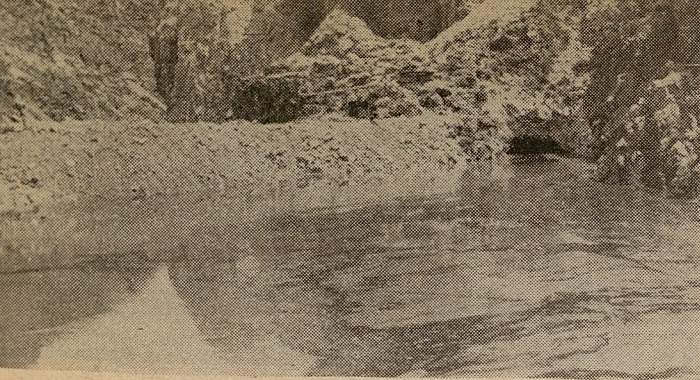


Fig. 4.—La ataguía aguas arriba. A la derecha, se ve la entrada al túnel de desviación.

Campamento

A la vez que se atacaba la construcción del camino antes mencionado, se hicieron los preparativos para la instalación del campamento de la obra (Figs. 2 y 3), para lo cual se instalaron oficinas apropiadas para la residencia y superintendencia de la misma, seis habitaciones colectivas para los empleados solteros, un edificio destinado al servicio de Correos y un comedor con capacidad para 150 personas, así como casas para el superintendente, el residente y una más para las autoridades que visitarían la obra. Posteriormente se construyeron alrededor de veinte casas provistas de dos recámaras, sala comedor, cocina, baño y un pequeño porch, así como cuarenta casas más, de menor amplitud que las descritas, y un hospital con capacidad para cincuenta enfermos. Todas estas construcciones fueron hechas de madera, forradas interiormente con cartón comprimido y se dotaron de agua corriente, instalaciones sanitarias y luz eléctrica, procurando dar así a los constructores de la obra, el máximo confort que dentro de la economía necesaria se puede tener en un inmenso desierto completamente alejado de cualquier centro poblado.

Planta de construcción

Tan pronto como fué posible albergar un determinado personal en el sitio de la obra, se procedió a la formación de la planta de construcción, habiéndose elegido como sitio más apropiado, a pesar de tener que cruzar el cauce del río, para la instalación de ella, la margen izquierda del cauce, en donde se instalaron: un almacén auxiliar, una bodega para cemento, la planta de fuerza, los talleres, la planta clasificadora de agregados y la planta mezcladora de concreto. En la margen derecha se construyó el almacén principal, siendo su localización en esta margen la más conveniente ya que no es necesario cruzar el río para llegar a él. Para suplir esta deficiencia por lo que hace a las instalaciones localizadas en la margen izquierda, se instaló un cablevía con capacidad para doce toneladas con un claro de torre a torre de 475.40 metros y un

punte de madera sobre el cauce del río con capacidad de 5 toneladas.

Túnel de desviación

Con el objeto de desviar las aguas del río y poder trabajar en seco en el sitio de la presa, se inició desde luego la construcción de un túnel de desviación de 300 metros, en forma de herradura de 5.50 metros de diámetro y capacidad para 150 metros cúbicos por segundo. La entrada del túnel está a unos 150 metros aguas arriba del eje de la cortina y la salida a 150 metros aguas abajo del mismo. Debido a las características geológicas de la roca atravesada por este túnel no hubo necesidad de revestirlo.

Ataguía

Completó la obra de desviación un par de ataguías (Fig. 4), hechas de pedacería de roca extraída de la excavación para la cimentación de la cortina y de grava y arcilla que hubo necesidad de traer desde un sitio distante unos cinco kilómetros del lugar de la obra. La ataguía de aguas arriba fué de 11.40 metros de altura y la otra ataguía, de aguas abajo, fué alrededor de 7 metros.

Capacidad de la planta de construcción

Para proyectar la planta de construcción propiamente dicha, se tuvo en cuenta que en dos años y medio se colocarían 190,000 metros cúbicos de agregados y 41,000 toneladas de cemento, de manera que se estimó que el rendimiento de la planta debiera ser tal que se elaboraran y colocaran de 50 a 60 metros cúbicos de concreto por hora. Las principales unidades de esta planta son las siguientes: banco de agregados, planta clasificadora, planta mezcladora, cablevías y grúas para la colocación del concreto. Los auxiliares indispensables son principalmente: planta de fuerza, servicio de bombas y talleres. A continuación se hace una breve descripción de cada una de las unidades principales.

Banco de agregados

Los agregados que se emplean en la obra se toman de bancos de grava y arena situados a cinco kilómetros de la planta clasificadora en un lugar denominado "La Espuela" (Fig. 5). Estos bancos se estudiaron previamente para conocer su granulometría y poder hacer la explotación en la forma más económica, dentro de los lineamientos

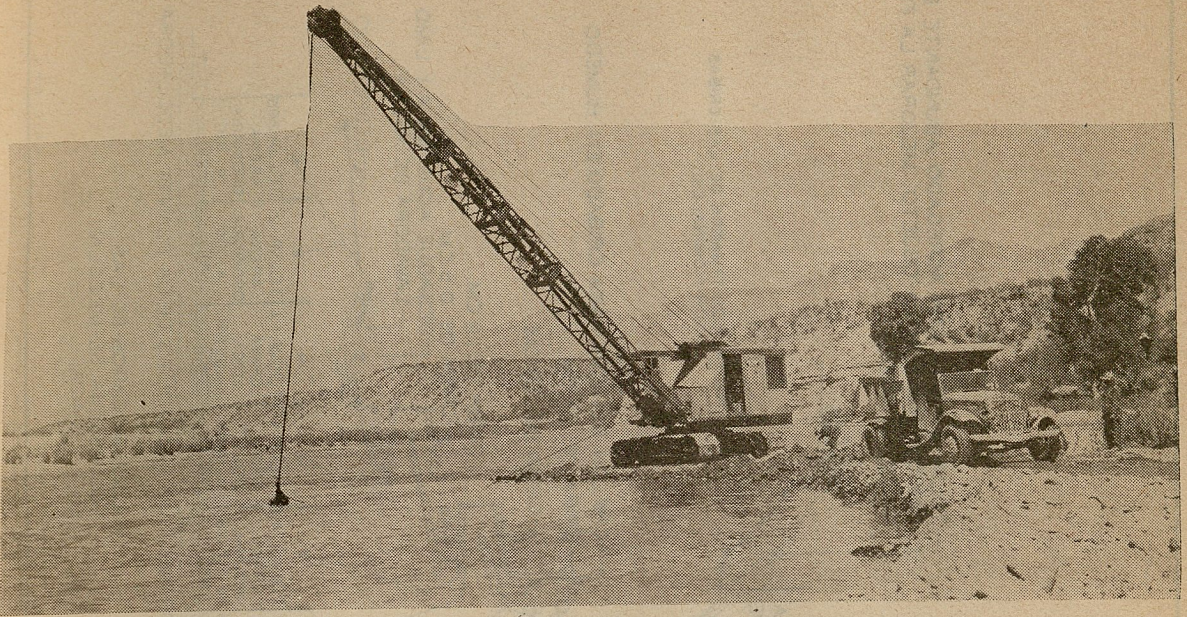


Fig. 5.—Una draga trabajando en la extracción de agregados para el hormigón.

fijados por la residencia. El manejo de los materiales se hizo por medio de una draga Bucyrus de 1.1 metro cúbico de capacidad y una pala para cargar los camiones que transportaban los agregados, por una carretera de 4.5 kilómetros y seis por ciento de pendiente, a la planta clasificadora.

Planta clasificadora

El objeto de esta planta (Figs. 7 y 8), es clasificar los agregados en cuatro tamaños de grava y uno de arena como sigue: 15.3 a 7.6 centímetros, 7.6 a 3.8 centímetros, 3.8 a 1.9 centímetros, 1.9 a 4.7 milímetros y menos de 4.7 milímetros, además, lavar los agregados cuando esta operación se hace necesaria de acuerdo con el criterio de la residencia. El diagrama (Fig. 10), muestra el funcionamiento de dicha planta, cuya capacidad es de 100 toneladas por hora.

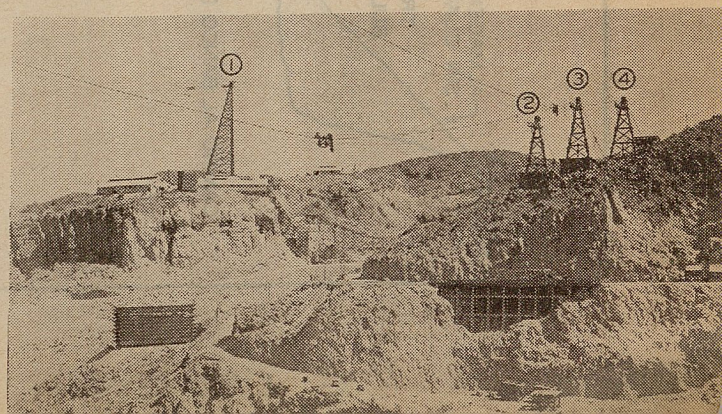
Planta mezcladora

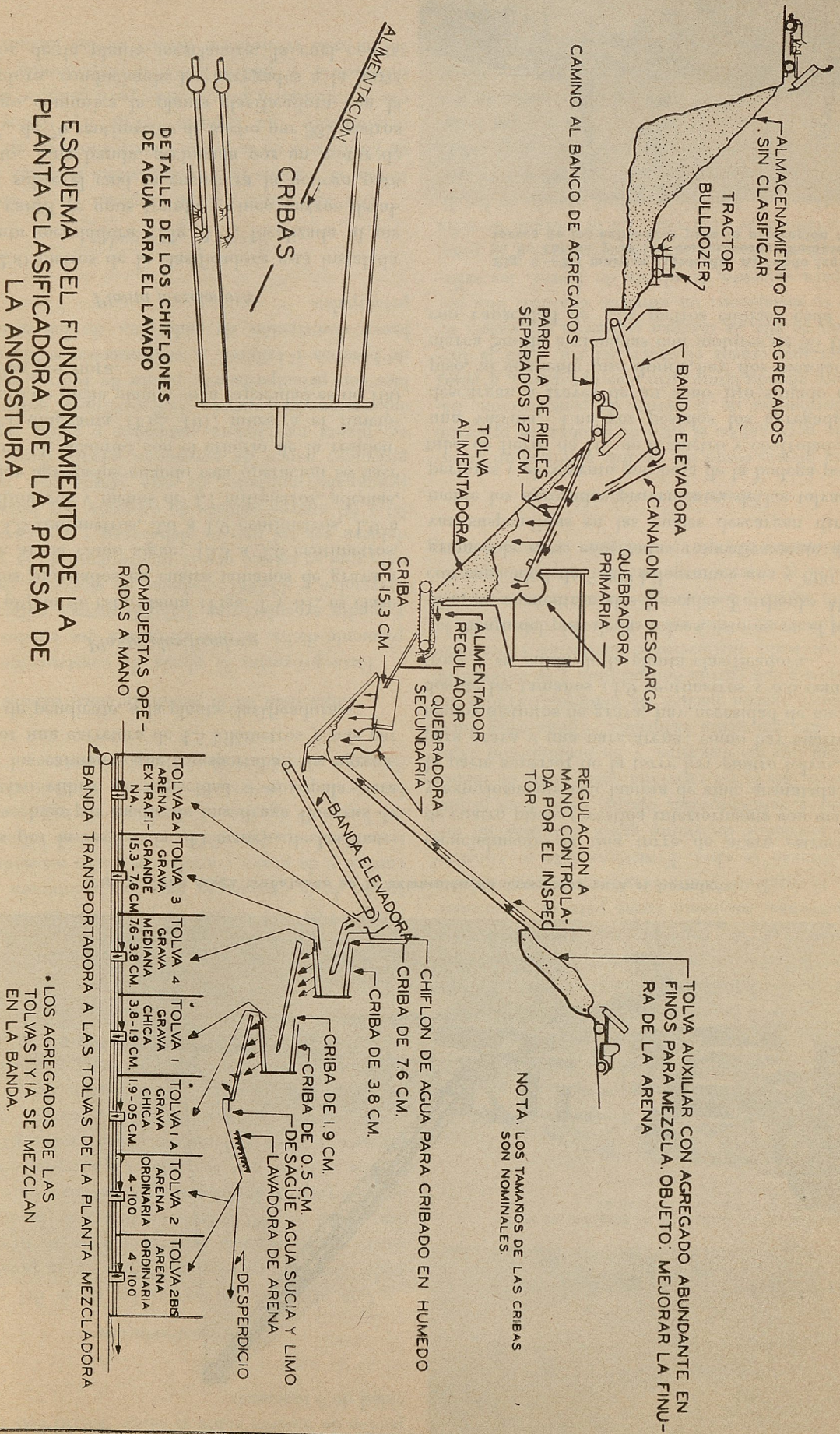
A 250 metros de la clasificadora está instalada la planta mezcladora (Fig. 11), localizada al pie de un cantil de unos treinta y cinco metros de altura y sobre el cual se encuentra la bodega para cemento. Una banda, accionada por un motor de 40 HP., de 76 centímetros de ancho por 332 metros de largo comunica la planta clasificadora con la mezcladora, conduciendo los agregados a la parte superior de la planta mezcladora, la cual consta

esencialmente de una torre de acero estructural de cuatro pisos, revestida interiormente con madera y exteriormente con lámina de zinc, acanalada. En la parte superior de la torre hay cuatro tolvas, tres para grava y una para arena; como hay cuatro tamaños distintos de grava, hay necesidad de mezclarlos de los tamaños (1.9 centímetros y 3.8 centímetros) a su salida de la planta clasificadora.

Abajo del piso de las tolvas, esto es, en el tercer piso, se encuentran dos básculas Fairbanks Morse con capacidad de 5,000 kilogramos una y 800 kilogramos la otra, conectadas respectivamente a tolvas suspendidas en las cuales descargan directamente los agregados provenientes de las tolvas superiores y el cemento que baja de la bodega por un tubo de fierro de 16" de diámetro y controlado por una válvula. Una vez pesados los agregados se descargan a través de un cono fijo situado en el piso, al siguiente piso donde hay dos mezcladoras marca Smith, accionadas con motores de 35 HP. y con capacidad de 1.53 metros cúbicos cada una.

Fig. 6.—La margen izquierda. Al fondo izquierdo, la casa de fuerza y de las compresoras. También se ven las torres de los cable-vías para la colocación del hormigón.





ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA CLASIFICADORA DE LA PRESA DE LA ANGOSTURA

FIGURA # 10

* LOS AGREGADOS DE LAS TOLVAS Y YA SE MEZCLAN EN LA BANDA.

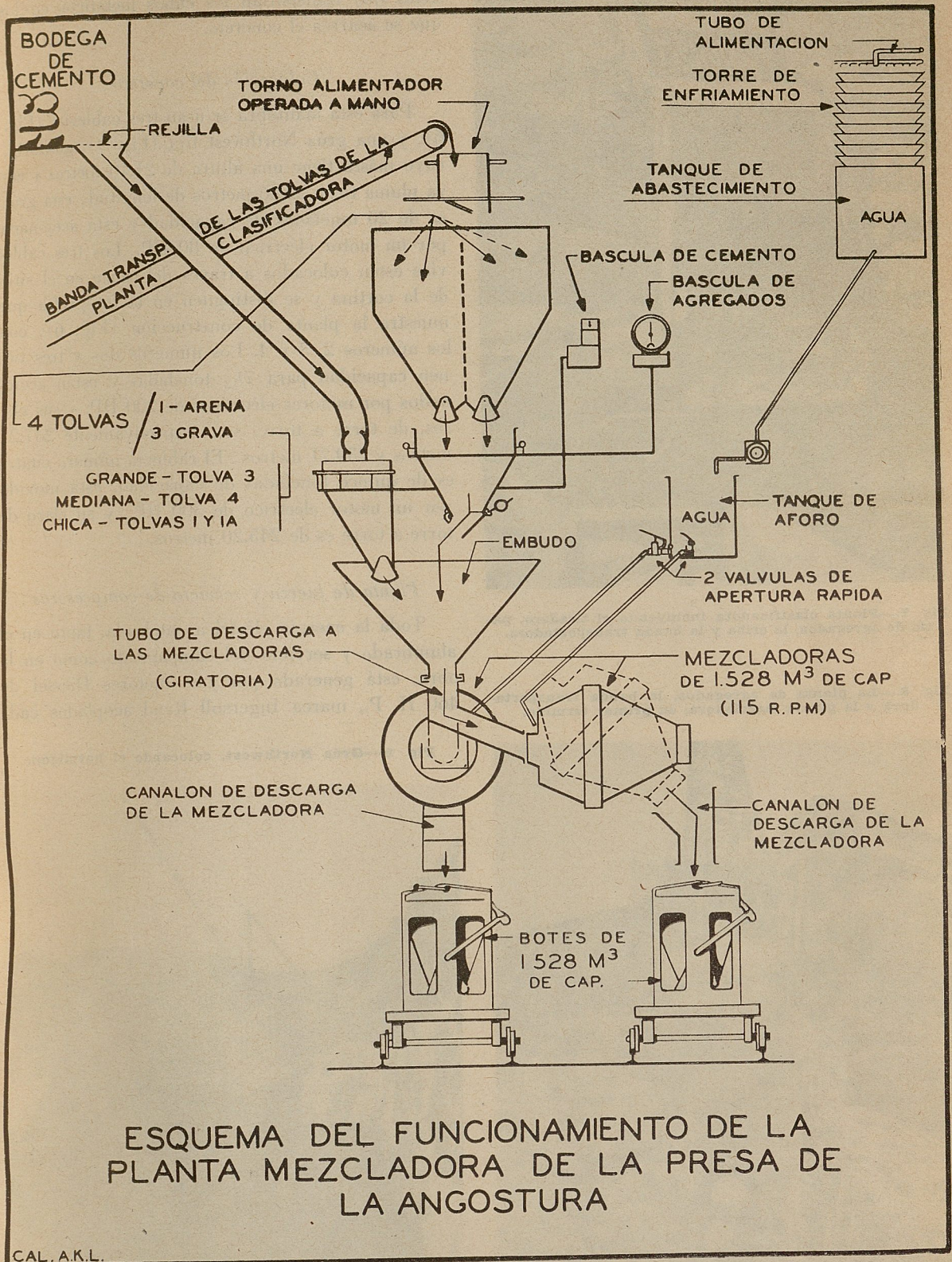


FIGURA X 11

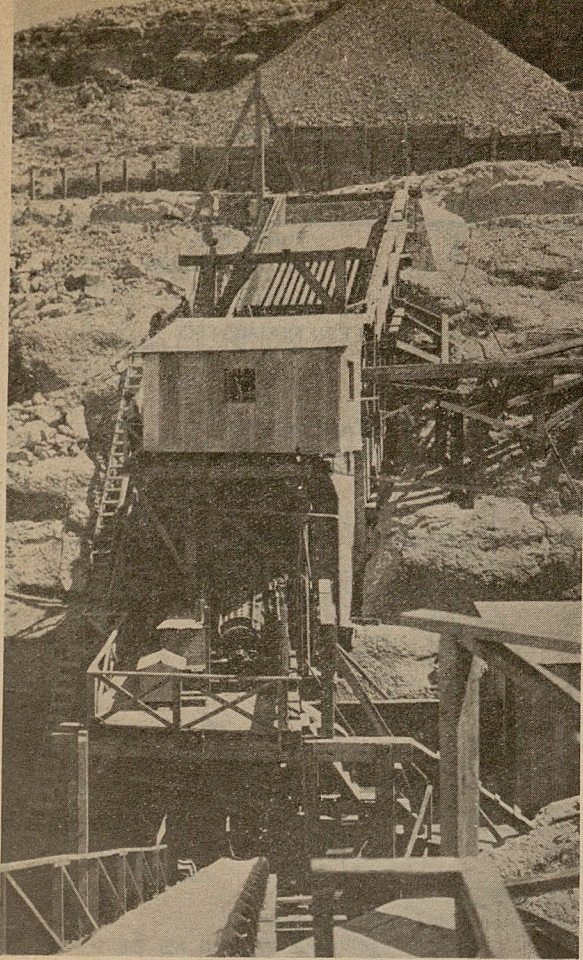
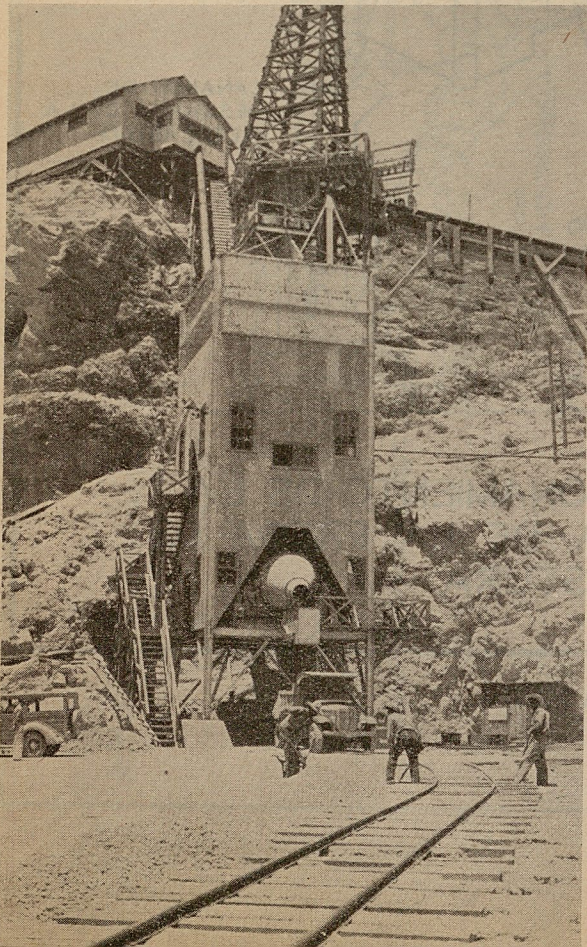


Fig. 7.—Planta clasificadora incluyendo el tiradero, patio de agregados, la criba y la banda transportadora.

Fig. 8.—La planta de agregados, la banda transportadora y la planta mezcladora, en primer término.



Finalmente, el piso inferior es una simple plataforma que permite el acceso de camiones y de vagones que transportan los cubos metálicos en los que se acarrea el concreto.

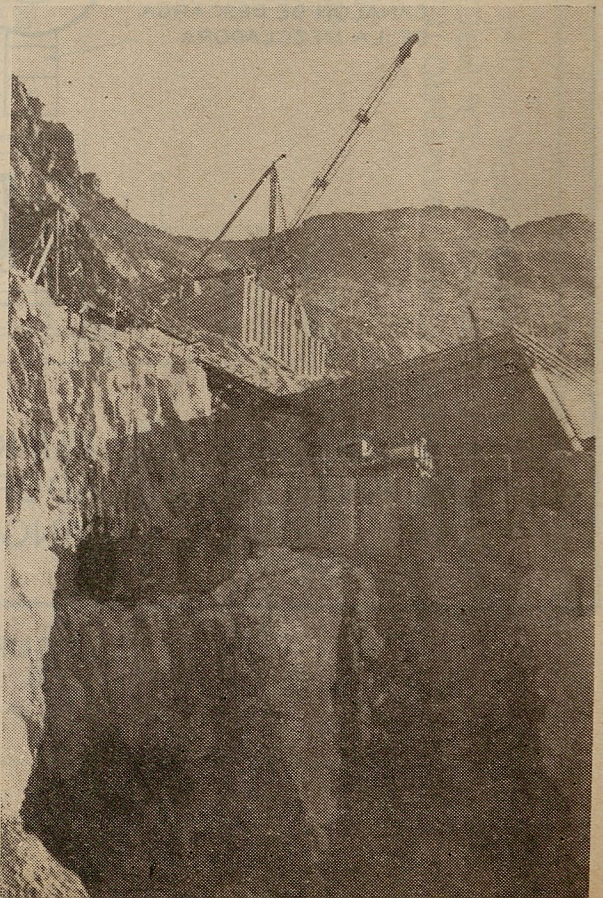
Colocación del concreto

Para esta maniobra se usan tres cablevías (Fig. 6), y una grúa Northwest fija (Fig. 9), giratoria, cuyo mástil tiene una altura de 21.40 metros y cuya pluma tiene 22.86 metros de longitud; esta grúa es de 20 toneladas de capacidad y está accionada por un motor eléctrico de 30 HP. Los tres cablevías están colocados a través del cauce en el sitio de la cortina y se distinguen en la fotografía que muestra la planta de construcción (Fig. 6), con los números 2, 3 y 4. Los números dos y tres tienen capacidad para $7\frac{1}{2}$ toneladas y están accionados por motores eléctricos de 200 HP. y sus claros, de torre a torre, son respectivamente 237.21 metros y 239.21 metros. El cablevía número cuatro es de quince toneladas de capacidad, está movido por un motor eléctrico de 300 HP., y su claro de torre a torre es de 245.20 metros.

Planta de fuerza y servicio de compresoras

Toda la energía eléctrica empleada, tanto en el alumbrado y servicio del campamento como en la obra, está generada por tres motores Diessel de 460 H. P., marca Ingersoll Rand acoplados cada

Fig. 9.—Grúa Northwest, colocando el hormigón.



uno de ellos, a un generador Westinghouse de 356 K. V. A.

En el mismo edificio en que se aloja la planta de fuerza se instaló una compresora fija marca Ingersoll Rand de 35,396 litros por minuto, accionada por un motor eléctrico de 225 HP. y 4 compresoras portátiles Ingersoll Rand con capacidad cada una para 8,920 litros por minuto.

El aire comprimido se emplea para accionar las revolventoras de la planta mezcladora, los malacates de los cablevías, los vibradores de concreto; para la limpia de las formas del concreto y para el picado de éste, para la perforación de pozos para inyección, para el inyectado de los mismos, y para diversos servicios en los talleres.

Servicio de Bombas

Para el abastecimiento de agua del campamento se instalaron dos bombas, una movida con motor eléctrico y otra con motor de gasolina, ambas para una altura de 300 metros y un gasto de

375 litros por minuto. El servicio de agua para la planta de construcción está compuesto también por dos bombas con motor eléctrico y es para una altura de 152 metros y 375 litros por minuto. Ambas descargan a un tanque construido en la margen izquierda, de 450 metros cúbicos de capacidad y del cual parten tres tuberías de 6" para alimentar la planta clasificadora, la torre de enfriamiento para concreto, y en general para el abastecimiento de agua de toda la planta de construcción. Debe advertirse que para la planta de refrigeración del concreto hubo necesidad de instalar tres bombas más para 52 metros de altura y 2,625 litros por minuto y que para la excavación de la cimentación en el lecho del río, se utilizaron cuatro bombas centrífugas de 11,250 litros por minuto cada una y una altura de 18 metros, movidas con motores de 60 HP.

Esta planta de construcción funcionó en condiciones normales y eficientes, durante todo el tiempo que el trabajo lo requirió.

Presa "La Angostura" sobre el río Bavispe, Edo. de Sonora, Rep. Mexicana. El arco de la cortina empotrado en la roca en la margen derecha del cañón de la boquilla; en la margen izquierda el contrafuerte de concreto en que empotra la misma cortina y el vertedor de demasías, que es un canal circular de fondo sobreelevado.

