

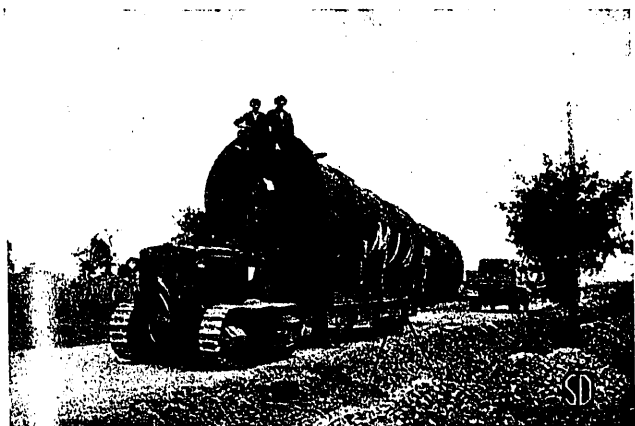
Salto del Duero¹

Aprovechamiento de aguas del río Esla

V

Fabricación del cemento.—Dosificación de componentes y confección de hormigones.

FABRICACIÓN DEL CEMENTO.—En obra nos limitamos a moler el clinker que nos proporciona una fábrica nacional. Aunque Salto del Duero, S. A. tenía



Transporte del tubo del molino de clinker.

estudiadas y adquiridas a previsión canteras de caliza y yacimientos de arcilla, y cuenta, por consiguiente, con las primeras materias para la producción del cemento, así como también el proyecto completo de la fábrica correspondiente, llegamos a un contrato de suministro de clinker lo bastante satis-

tren de marcha rápida en que llevamos las obras.

La molienda del clinker, si la instalación está debidamente estudiada y bien montada, es operación sencilla, y además semejante a las otras de trituración, etc., de las que no podemos prescindir en obra; es decir, que se trata de una labor cuya preparación en personal y en práctica no complica lo más mínimo nuestra organización general.

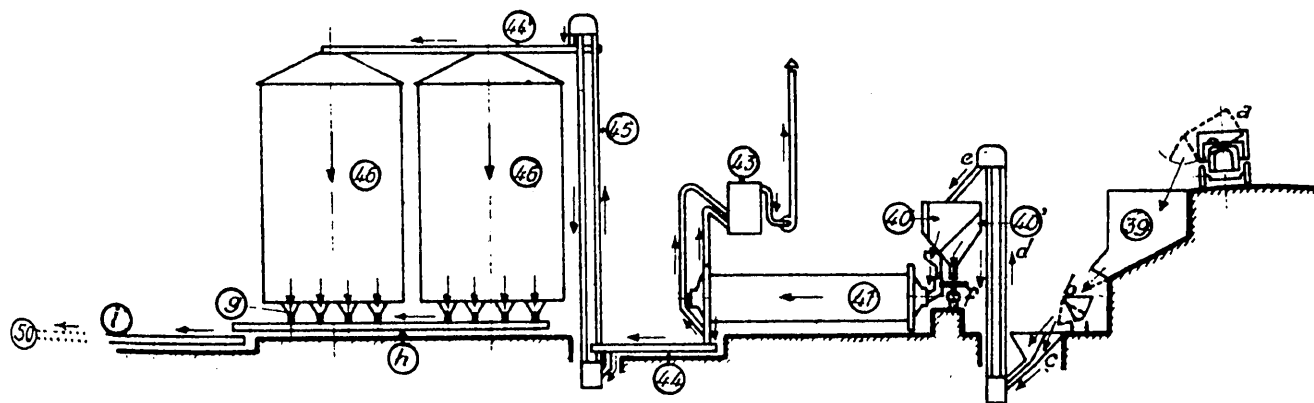
Además, el realizar en obra y bajo nuestra inmediata inspección y vigilancia el molido del clinker, nos permite llegar al grado de finura que deseamos y que puede ser distinto para ciertas aplicaciones; otro tanto ocurre con la proporción del yeso cuando queremos variar las condiciones de fraguado, etc.

Por último, el transporte del clinker es más cómodo y está expuesto a menos pérdidas y alteraciones que el del cemento.

Por todo ello optamos por instalar, entre los medios auxiliares de construcción, una estación de molido de clinker constituida, en esencia, por los elementos siguientes:

(Véase plano general anterior y corte esquemático adjunto.)

El transporte del clinker y del yeso desde la estación del ferrocarril de Zamora hasta la obra (24 kilómetros) se realiza, por contrata con la Sociedad de Transportes generales, en los camiones-volquetes (a), que descargan a dos depósitos de fondo inclinado (39) situados a lo largo y por bajo de la coronación del muelle en que se sitúan los autocamiones. De estos dos depósitos, uno destinado al clinker, tiene 1 500 metros cúbicos de capacidad, y en el otro caben 500 metros cúbicos de yeso.



Corte esquemático de la molienda del clinker y ensilado del cemento.

factorio para que pudiéramos prescindir de la instalación de hornos y demás necesarios para aquella fabricación, que si bien no es difícil, constituye siempre un trabajo delicado, que, en nuestro caso, se sumaba a los muchos que tenemos que atender en el

Estos depósitos están provistos de tolvas, por las que se descarga el material a las vagonetas-volquetes (b) de 0,750 m³, que se mueven sobre una vía de 0,60 metros instalada al pie y a lo largo del frente de depósitos, pudiendo así recibir sucesivamente clinker o yeso.

Las vagonetas descargan a su vez, por simple vuel-

¹ Véase el número anterior, página 357.

co, en la tolva (c), que deposita el material en un elevador (d) de cangilones, que en su punto alto vierte por la canaleta (e), sea a la tolva (40) de yeso, sea a la (40'), algo mayor y destinada al clinker.

De estas tolvas pasa el material al alimentador de plato (dosificador) (f), que lo vierte en el molino (41). A la salida de éste el cemento molido es recogido en la rosca de toma (44), y el polvo es absorbido por el aspirador (43), que lo devuelve a la rosca de toma. El primero se vierte en los cangilones del elevador (45) que lo descarga a la rosca de ensilado (44'), por la que pasa, por último, a depositarse en los silos (46), en los que queda así preparado para pasar a las hormigoneras, como quedaron preparados en sus silos los demás componentes: grava, gravilla, etc.

Los silos (46) descargan el cemento por ocho tolvas (g) de compuertas a la rosca transportadora (h), desde la que se vierte a otra rosca (i), que es en la que comienza el último período de movimiento del cemento, hasta llegara una balanza (50) de dosificación, que describiremos después al explicar el transporte análogo de que son objeto los demás componentes áridos: grava, gravilla y arenas, desde sus silos (16), (15), (29) y (33), hasta sus correspondientes dosificadoras (34), (35), (36) y (37).

Descrito en los párrafos precedentes el proceso general de molienda de clinker, transporte del cemento resultante hasta sus silos y salida desde éstos hacia los aparatos en que se dosifica para entrar, en unión de los demás componentes, a las hormigoneras, pasemos a exponer la capacidad y la relación de las demás características esenciales de los elementos que constituyen esta instalación de producción de cemento.

El molino es capaz de producir 10 toneladas de cemento por hora, y como su marcha normal puede ser continua, resulta que, aun para un trabajo cotidiano de 20 horas, la producción alcanza a ser de 200 toneladas por día.

Los silos de cemento son dos, con capacidad de 3 000 toneladas por unidad ó 6 000 toneladas de reserva total, que permite duplicar las disponibilidades hasta 400 toneladas por día durante un período de 30 días, muy suficientes para nuestro caso, si tenemos en cuenta que el máximo de capacidad previsto a los medios auxiliares es de 1 600 m³ de hormigón al día, los que para una media de 200 litros de cemento por metro cúbico exigen un máximo consumo cotidiano de 320 toneladas de dicho aglutinante.

Las características particulares de los elementos que integran la instalación son las siguientes:

Depósito de clinker núm. (39) del corte esquemático:

Capacidad 1 500 ton

Depósito de yeso núm. (39) de la misma figura:

Capacidad	500 ton
Ambos tienen las mismas cotas de entrada	685
y de salida	676,80
y ocupan, por consiguiente, una altura de	8,20 m

Elevador de clinker o yeso, letra (d):

Altura de elevación	12,50 m
Potencia mecánica	2 CV

Alimentador del molino, letra (f):

Tipo	De plato.
Potencia mecánica	2 CV

Molino de bolas, núm. (41):

Tipo	Tubular Compound
Diámetro	2 m
Longitud	12 m
Posición	Horizontal
Peso	72 toneladas
Potencia mecánica	475 CV

Aspirador de polvo, núm. (43):

Tipo	Ventilador y recuperador de mangas.
Potencia mecánica	25 CV

Rosca de salida o toma, núm. (44):

Tipo	Helizoidal
Longitud	7 m
Potencia mecánica	25 CV

Elevador de cangilones, núm. (45):

Tipo	Vertical de cangilones.
Anchura de cangilones	250 mm
Potencia mecánica	10 CV

Rosca de ensilado, núm. (44'):

Tipo	Helizoidal
Longitud	21 m
Potencia mecánica	10 CV

Silos de cemento, núm. (46):

Número de silos	2
Tipo	Cilíndricos en lastro.
Altura	18,50 m
Diámetro	12,50 m
Cimentación	Casquete de hormigón.
Capacidad de cada silo	3 000 toneladas.
Peso del metal	110,000 kg

Con la parte de instalación que llevamos descrita se consigue producir, transportar y ensilar, en cantidad y calidad necesarias, todos los componentes áridos del hormigón.

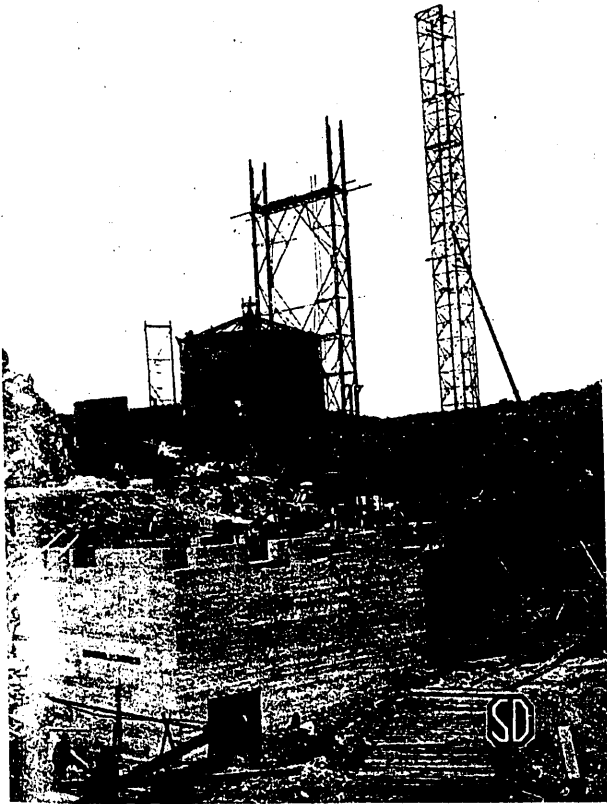
Para terminar, resta ahora describir los aparatos encargados de extraer aquellos áridos debidamente dosificados de sus silos; introducirlos, previamente mezclados con el agua necesaria y también dosificada, en las hormigoneras encargadas de la fabricación mecánica de la masa, y, por último, dar idea de los aparatos (cables-grúas) que tomando el hormigón a la salida de las hormigoneras los transportan hasta su punto de colocación en obra, depositándolo definitivamente en él.

Pasemos, pues, a describir esas tres series de aparatos: dosificadores, hormigoneras y cables-grúas, con sus accesorios.

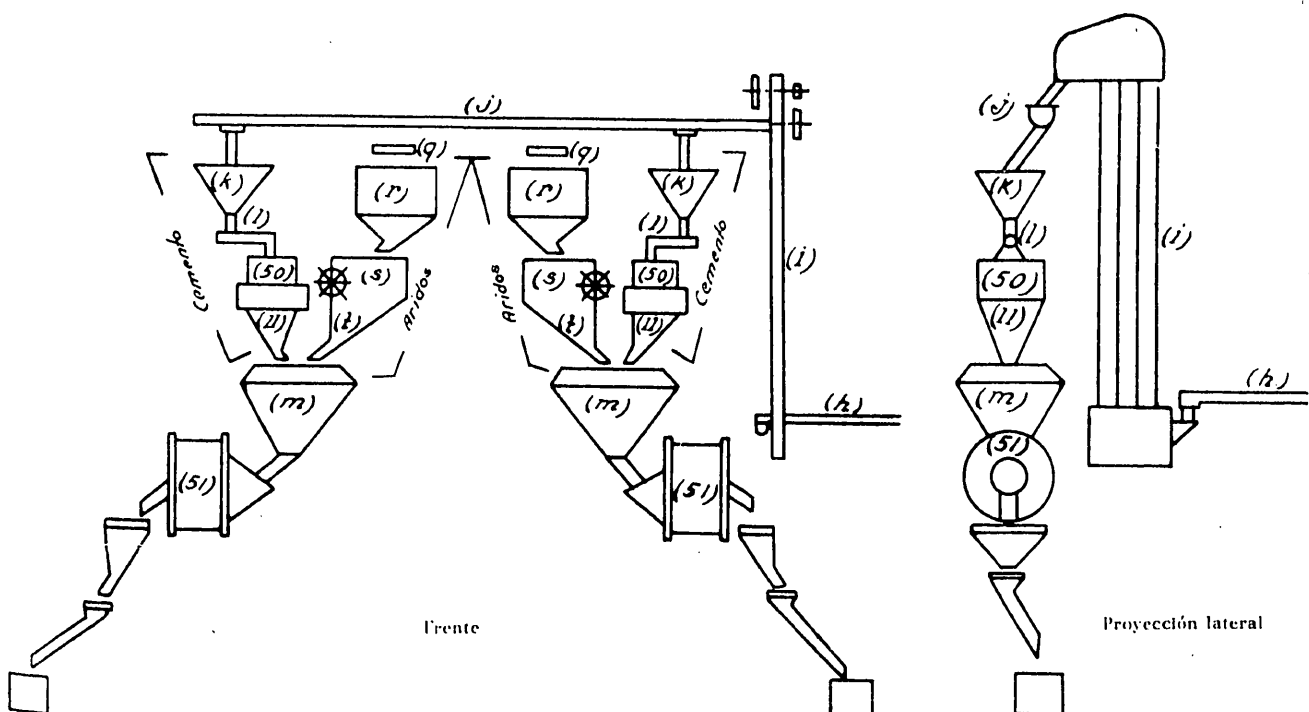
nentes. Es esto tan evidente y es tanta la importancia de hacer una dosificación absolutamente satisfactoria, que sólo cuando la hecha por volumen reúna condiciones de aproximación que alejan todo temor de error apreciable debe un ingeniero recurrir a esta última; pero tampoco debe renunciarse sin razón a ella, ya que ofrece ventajas de carácter económico y de rapidez operatoria que es obligado tener muy en cuenta cuando se trata de obras como las del Esla, en las que las circunstancias últimamente indicadas tienen considerable importancia.

a) *El cemento* es el elemento más delicado y más caro de los componentes. De su dosificación exacta depende, en parte importante, el costo unitario del hormigón y la resistencia e impermeabilidad del mismo.

Por ello decidimos independizar el servicio de alimentación de cemento del de los demás áridos y establecerlo, además, *a base de mediciones en peso*, hechas antes de su mezcla con los demás componentes. Quiere esto decir que el cemento saldrá de sus silos (46),



mente técnico, es más perfecta la dosificación hecha a base de peso que la hecha por volumen de compo-



Esquema de la disposición de los aparatos dosificadores de los áridos componentes del hormigón.

como explicamos anteriormente, por la rosca sin fin (*h*) situada debajo de aquéllos. (Véanse corte esquemático del molido de clinker y ensilado de cemento, y sección esquemática adjunta de dosificación del cemento para todos los artefactos designados con letras; para los señalados con cifras, véanse el plano y perfil longitudinal de la instalación completa ¹.)

Dicha rosca (*h*) transporta el cemento al elevador de cangilones (*i*), que a su vez vierte por una rosca de distribución (*j*) en las tolvas (*k*), las que por la rosca de alimentación (*l*) lo depositan en las balanzas de pesado (*50*), las que automáticamente descargan, cada vez que alcanzan el peso graduado, en la antetolva (*ll*), provista de compuerta de fondo, y por ella pasa a la tolva (*m*) de reunión de todos los componentes, la cual alimenta la hormigonera (*51*), en que se realiza la mezcla.

Ninguno de los aparatos a que acabamos de aludir merece descripción especial. La balanza de pesado es de las corrientes y conocidas, cuyo platillo vuelca en cuanto gravita sobre él el peso graduado previsto; y, como es corriente, tiene su dispositivo para evitar el vuelco cuando por circunstancias del trabajo convenga suspender el régimen de descargas o de vuelcos, que es continuo y regular en tanto cuanto la rosca de alimentación esté en funcionamiento. Cada vez que descarga la balanza cesa automáticamente el movimiento de la rosca alimentadora, que vuelve a funcionar en cuanto termina el vuelco y vaciado de la primera. Cada báscula tiene una capacidad de pesada máxima de 400 kg, y va provista de un enclavamiento que le permite realizar dos pesadas sobre la tolva de descarga sin vaciar ésta en la antetolva de la hormigonera. Este dispositivo permite tener siempre preparadas y dosificadas tres masadas, para mayor seguridad en la alimentación de las hormigoneras.

Para terminar con esta descripción esquemática de la dosificación del cemento, sólo hemos de agregar, anticipando detalles que más adelante concretaremos, que los aparatos (cables grúas) destinados a colocar en obra el hormigón son dos; es decir, que los 160 metros cúbicos de hormigón que nos disponemos a colocar en obra, por hora, están divididos en dos partes iguales, y que, por consiguiente, la masa de hormigón a colocar en obra se fabrica por mitades independientes. Esto obliga a que las masadas sean dobles, como son las hormigoneras y los aparatos dosificadores.

Por todo esto, todos los artefactos a que hemos aludido, desde el (*k*) al (*51*), ambos inclusive, están pareados, como se puede observar en la adjunta «Proyección de frente de la instalación». Claro está que ello obliga a que el sin fin de transporte (*j*) del cemento se prolongue hasta abarcar todo el ancho que ocupa la doble instalación de dosificación y manipulación.

Pasemos ahora a exponer y justificar la instalación proyectada para la dosificación de los áridos.

b) *Los áridos*, grava, gravilla, arena gruesa y arena fina, *se dosifican en volumen*, porque entendemos que, en nuestro caso, las ventajas de economía en la instalación, sumadas a la sencillez y rapidez en las operaciones, compensan con creces los inconvenientes que tal sistema tiene comparado con el de dosificación en peso.

Como hemos dicho antes, desde el punto de vista exclusivamente técnico es más perfecta la dosificación en peso, y a ella se ajusta la práctica americana, digna del mayor respeto en estas obras, cuando la aplican a instalaciones de poca o mediana producción, y aun a las de grandes masas de hormigón cuando en éstas se emplean tan sólo dos tipos de áridos. Cuando se trata de mayor número de tipos o de grandes capacidades de producción, la elección de sistema de dosificación no es tan clara, no sólo porque la multiplicidad de tamaños y, por consiguiente, de dosificaciones parciales por peso se complica y encarece, sino porque las ventajas del sistema sobre el de volumen disminuyen considerablemente.

Es evidente que si todos los productos triturados fueran de dimensión uniforme, lo que llevaría consigo la uniformidad del volumen de sus huecos, las mediciones en peso y en volumen serían equivalentes. Consecuencia lógica de este aserto es la de que se está tanto más cerca de aquella equivalencia cuanto mayor sea la subdivisión o graduación de dimensiones de los áridos. Esta mayor exactitud al deducir el peso, en función del volumen, se convierte en mayor complicación y costo si se pretende dosificar en peso cada uno de los diversos grupos de igual dimensión.

Así, en nuestro caso, al estudiar comparativamente ambos sistemas de dosificación, aplicados a las cuatro dimensiones que hemos adoptado para la grava, gravilla, arena gruesa y arena fina, nos encontramos con que la dosificación por pesadas exigía instalaciones de costo tres veces superior al de las necesarias para dosificar por volumen; porque para la primera, además de los aparatos que para la segunda se necesitan, se hacía preciso agregar cuatro balanzas costosas por su gran capacidad y cuadruplicar los elementos de transporte de áridos desde los silos a las hormigoneras, o bien construir cuatro silos completos si se optaba por balanza única, colocada a la entrada de la tolva de aquellos aparatos de manipulación.

En nuestro caso, la capacidad y circunstancias de las estaciones de trituración, unidas a la homogeneidad del material de cantera y a la perfección de la instalación de clasificación, garantizan la uniformidad suficiente a cada uno de los cuatro grupos de que, por dimensiones, clasificamos los áridos. Podemos, pues, confiar en que por tales circunstancias el peso de árido, deducido en función de su volumen, será, si no exacto, lo suficientemente aproximado para que pueda aceptarse en la práctica de estas obras.

Por último, disponemos de un laboratorio, montado con todos los adelantos deseables, para contrastar el trabajo y suministrar los coeficientes de corrección que fuese necesario aplicar a la dosificación, si ésta no respondiese a nuestras previsiones. Y como consecuencia de todas estas consideraciones, optamos por la dosificación en volumen de las gravas y arenas, sacrificando la absoluta perfección técnica a la economía en el coste de la instalación y a la sencillez y rapidez de las operaciones que preceden a la mezcla de los componentes.

En el esquema anterior aparecen indicados todos los aparatos de dosificación del cemento, desde la letra (*k*) hasta la cifra (*51*), y se señala también la

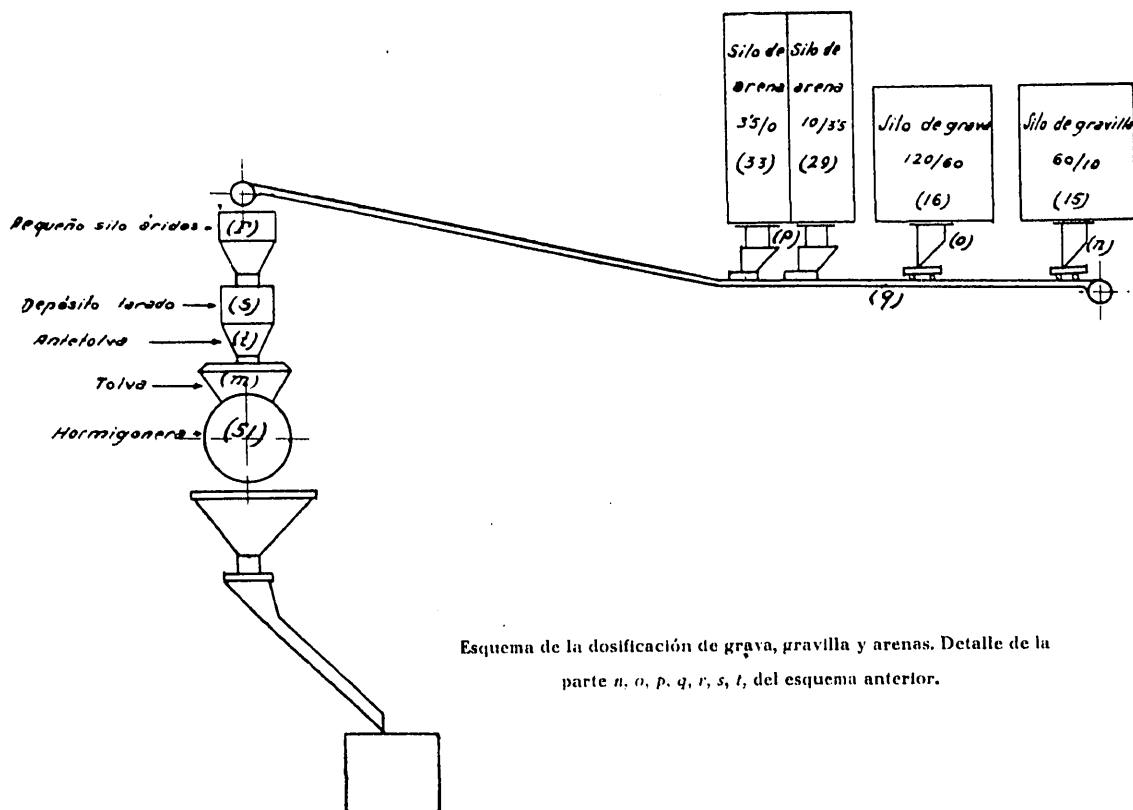
¹ Publicados en el número de 1° de agosto, página 359 y hoja suelta.

disposición de conjunto de los dosificadores de los restantes áridos, desde la letra (q) hasta la misma cifra (51) correspondiente a las hormigoneras.

Para aclarar y completar ese esquema de conjunto, intercalamos a continuación el siguiente, que titulamos «Esquema de dosificación de grava, gravilla y arenas». Basta el examen de este último esquema para comprender la forma en que los áridos distintos del cemento llegan a las hormigoneras.

cada momento del trabajo se tienen, en realidad, preparadas tres masas dosificadas de componentes áridos: una, sin cemento, en el depósito tarado (s); otra, con cemento, en la tolva (m), y la última, en período de confección, dentro de la hormigonera (51).

Explicada así la dosificación de áridos y su preparación para el ingreso en hormigoneras, volveremos a ocuparnos del particular para detallar la forma en que se enlaza la alimentación de estos áridos con la



Esquema de la dosificación de grava, gravilla y arenas. Detalle de la parte n, o, p, q, r, s, t, del esquema anterior.

Los áridos quedaron, como dijimos, clasificados y depositados en los silos (15) de gravilla, (16) de grava y (29-33) de arenas gruesa y fina, respectivamente.

Inferiormente a estos silos, y a lo largo de los mismos, corre la cinta de transporte (q), en la que aquellos descargan la grava y gravilla por zapatas (n) y (o) oscilantes, y las arenas por los descargadores (p) de platos giratorios.

Las zapatas oscilantes (n) y (o) descargan un volumen fijo para cada amplitud de oscilación; es decir, que graduada la carrera regulable de aquéllas a la dimensión deseada, queda fijado también el volumen de cada descarga. Algo análogo ocurre con los descargadores de platillos giratorios (p), en los que, graduada la separación de platos, queda fijado el volumen de arena que se vierte en cada descarga.

Como consecuencia de las necesarias y automáticas maniobras que quedan explicadas, van depositándose en la cinta (q) los áridos ya dosificados, y dicha cinta los transporta y vierte en el pequeño silo (r) de áridos, situado en la parte alta del edificio de hormigoneras. Desde dicho silo (r) pasan los materiales al depósito tarado (s), que es capaz de contener la cantidad de áridos necesarios para una masada de cada hormigonera, a la que pasa aquella cantidad por mediación de la tolva general (m) al iniciarse cada maniobra de confección de la masa definitiva de hormigón.

De cuanto acabamos de exponer se deduce que en

del cemento y con la del agua; pero para la mayor claridad, conviene que, siguiendo el plan de exposición establecido, nos ocupemos aquí del sistema adoptado para la dosificación y alimentación del agua.

c) No es necesario hacer resaltar la importancia que la dosificación del agua tiene en las características del hormigón, en las que influye esencialmente la cantidad absoluta de aquel elemento y su relación con la de cemento.

Es preciso en toda obra bien llevada tener la absoluta seguridad de que aquella dosificación se realiza con verdadera precisión y con arreglo a las instrucciones que dé el laboratorio de ensayos, que simultanea sus trabajos con los de obra.

Cuando se cuenta con arena absolutamente seca, el problema de dosificación del agua es sencillo; queda reducido a agregar al volumen de componentes áridos dosificados y preparados para cada masada el número de litros de agua que para dicho volumen señale el laboratorio.

El problema se complica cuando, por circunstancias de lugar y clima, el estado higroscópico de la atmósfera humedece la arena en proporciones considerables, y, lo que es peor, en proporciones variables de unos días o momentos a otros. Este inconveniente se agrava cuando, por imperfección de silos o de transportes, la arena puede absorber cantidades considerables y también variables de humedad procedente de lluvia u otros orígenes.

Es evidente que en tales circunstancias la labor de dosificar con una cantidad fija y determinada de agua una mezcla de áridos que llevan ya en sí un grado de humedad variable, presenta el problema complicado de medir constantemente dicho grado para deducir en cada momento el saldo o suplemento variable que, también en cada momento, hay que agregar para que el total de líquido sea el fijado por el laboratorio. Salta a la vista lo que labor tan engorrosa ha de complicar la ejecución de estos trabajos, en los que la rapidez de ejecución es cualidad esencial.

Es, pues, lógico que en obras en las que se presentan tales dificultades se tratase de vencerlas; y para ello se recurrió al método de alimentación de arena, llamado *por inundación*, que, como es sabido, consiste en saturar la arena de agua, dado que en tales condiciones el volumen aparente de una arena determinada es constante y también el volumen de agua necesario para la saturación.

Es indudable que este método de inundación resuelve satisfactoriamente el problema que la variabilidad del grado de humedad de la arena planteaba, y que, por lo tanto, debe emplearse siempre que dicho problema exista, lo cual es muy frecuente.

Pero en nuestro caso no se presentan tales circunstancias; el clima en la zona de obras es seco y el estado higroscópico de la atmósfera es poco temible; las estaciones de trituración, las cintas transportadoras y los sitios por que pasa o en los que se deposita la arena de nuestras obras, se han provisto con cubiertas que les ponen a salvo de absorciones de humedad dignas de consideración; lo propio sucede con los silos de palastro, perfectamente herméticos.

Todas estas circunstancias, detenidamente estudiadas, nos convencieron de que, en nuestro caso, podíamos prescindir de la humedad que absorbiese la arena, en la seguridad de que tal hipótesis no nos llevaba a error sensible en la dosificación, y en cambio simplificaba considerablemente y abarataba algo la instalación al suprimir los depósitos de inundación, aparte de que, al ahorrarnos una operación más, sumábamos otro factor favorable a la rapidez de maniobras.

Por todo ello hemos proyectado la alimentación directa del agua a base del volumen total calculado para cada masada. El agua se eleva por bombas a un depósito situado encima de las hormigoneras y dotado de un simple automático, regulable en forma de que en cada descarga vierta el volumen previsto como necesario.

Explicadas las instalaciones de dosificación de los componentes del hormigón y el transporte de los mis-

mos hasta la tolva de hormigoneras, veamos cómo se cargan éstas y se realiza la confección propiamente dicha del hormigón.

CONFECCIÓN DE HORMIGONES.—HORMIGONERAS. En el proceso de preparación de los componentes de hormigones hemos llegado ya hasta el momento en que tenemos dosificado y depositado el cemento en la antetolva (*ll*); las mezclas de grava, gravilla y arenas en la ante-tolva (*l*), aparte de las preparadas en el depósito tarado (*s*), en la tolva (*r*) y en la cinta (*q*); y, por último, el agua almacenada en sus depósitos altos, provistos de automáticos de descarga.

La maniobra final de entrada de todos estos componentes en la tolva general (*m*), que vierte ya directamente a la hormigonera, es muy sencilla y se reduce a abrir las compuertas inferiores de la antetolva de cemento (*ll*) al mismo tiempo que la (*l*) del depósito tarado; así se vacían simultáneamente ambos depósitos, pasando su contenido a la tolva general (*m*) y de ella a la hormigonera, al propio tiempo que ésta recibe la descarga automática del depósito de agua.

En cuanto las antetolvas de referencia se descargan, vuelven a llenarse, quedando así preparados y dosificados los componentes de la masada siguiente, con lo que queda garantizada siempre la alimentación rápida de las hormigoneras, evitando los retrasos en esta operación, que es la mayor dificultad con que suele tropezarse para el funcionamiento continuo y buen rendimiento de las hormigoneras de gran volumen.

Para terminar con lo referente a confección de hormigones, expondremos las características de las hormigoneras, cuya descripción, por lo corriente de estas máquinas, es innecesaria.

Las hormigoneras están provistas de los depósitos automáticos de dosificación de agua, a que hemos aludido.

Son dos, de tipo *horizontal*, no basculantes, con mando por engranajes.

Su *capacidad o cabida* es de 4 000 litros de material seco; la *velocidad de rotación*, de once revoluciones por minuto, y la potencia del motor eléctrico de accionamiento es de 60 CV, a 220 voltios.

La *capacidad de trabajo*, de 80 metros cúbicos de hormigón, con dos y medio minutos de duración de amasado.

Por último, cada hormigonera pesa 13 500 kg.

Pasemos ahora a describir la instalación de medios auxiliares para la colocación en obra del hormigón, cuya preparación y confección acabamos de detallar.

José ORBEGOZO
Ingeniero de Caminos

Unificación del material fijo de vía

La Comisión nombrada para el estudio de la unificación de los tipos del material fijo de vía está realizando interesantes trabajos desde hace dos años con objeto de alcanzar la ansiada unificación, ideal que ha sido perseguido en repetidas ocasiones, sin que hasta la fecha pueda decirse que se haya llegado a resultados verdaderamente prácticos.

Dicha Comisión, bajo la presidencia de D. Ramón Bergé, en representación de la Federación de Industrias Nacionales, está integrada por representantes del Consejo Superior de Ferrocarriles, empresas ferroviarias (vía ancha y estrecha) y fabricantes siderúrgicos.

Leva trabajando, como antes se indica, aproxima-