

Colado del Concreto bajo el agua en las Obras del Puerto de Progreso, Yuc.

Por el Ing. MANUEL BANCALARI.

El viaducto y el atracadero del nuevo muelle que en el puerto de Progreso, Yuc., está construyendo la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, están soportados por gruesos pilares de concreto, cuya parte superior, de forma cilíndrica circular, de 2mts. de altura y

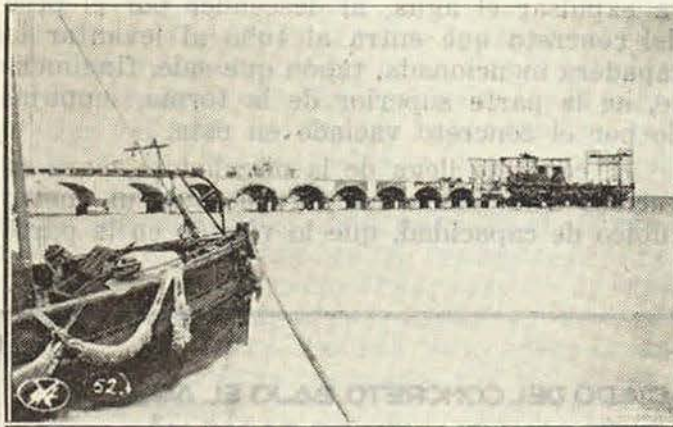


Fig. 2.—Vista general del nuevo muelle de Progreso.

2.25 m. de diámetro, continúa hacia abajo en forma de cono, que va aumentando de diámetro hasta 3.45 m., con una altura de 3 m. desde la base del cilindro superior. El tronco de cono descansa sobre un base cilíndrica de 4.10 m. de diámetro, de altura variable, que cuando llega a ser de 1.50 m. se apoya sobre una base de 4.40 m. de diámetro y 1.15 m. de altura. Cada seis tramos, los pilares circulares son reemplazados por pilares de forma elíptica cuyos eje menores, transversales a la dirección del muelle, tienen las mismas dimensiones de los diámetros de los pilares circulares, y los ejes mayores, en dirección longitudinal tienen 3.50 metros en el cilindro superior, 5.50 en la parte inferior del tronco de cono, 6.50 en la base y 7 m. en la ampliación de ésta.

La altura de los pilares es variable, según la profundidad del mar. Los de mayor altura, en el extremo del muelle, tendrán 7.60 metros. El volumen de concreto correspondiente a pilares de esa altura es de 64 metros cúbicos para los de forma circular y 101 metros cúbicos para los elípticos. Las superficies de sus bases de sustentación son, respectivamente, de 15 y 24 metros cuadrados.

El número de pilares que comprenden la obra es de 392, de las cuales 328 son circulares y 64 elípticos. El volumen total de concreto de estos pilares es, aproximadamente, de veinte mil metros cúbicos, en números redondos.

Los pilares descansan sobre el manto de roca del fondo del mar. Se construyen empleando moldes de acero sumergidos en el agua, den-

tro de los cuales se cuela el concreto a través de ésta. Estrictamente, el colado bajo agua, podría limitarse a una altura que diera al concreto resistencia suficiente para soportar las subpresiones en la base y que permitiera extraer el agua del molde para colar el concreto en seco. Sin embargo, se ha preferido hacer el colado por el mismo sistema en toda la altura del pilar, con el fin de evitar el bombeo del agua, ejecutar la obra con mayor rapidez y dar homogeneidad a los pilares, construyéndolos monolíticos.

El procedimiento adoptado para vaciar concreto bajo agua es el denominado *contractor*, que se siguió en Alemania en la construcción de un muelle en el río Elba y se ha usado, posteriormente, en otras obras.

Consiste dicho sistema en hacer descender el concreto hasta la base de sustentación del pilar a través de un tubo vertical metido en el agua, cuyo extremo inferior va quedando sumergido dentro del concreto recién colado, de manera que éste va siendo empujado hacia arriba por el que se va vertiendo para llenar la forma del pilar, obteniéndose de esta suerte que el concreto dentro del tubo forme una columna ininterrumpida, que el descender no queda en contacto con el agua y lográndose también que el que primero se vierte y al salir del tubo entra en contacto con el agua que

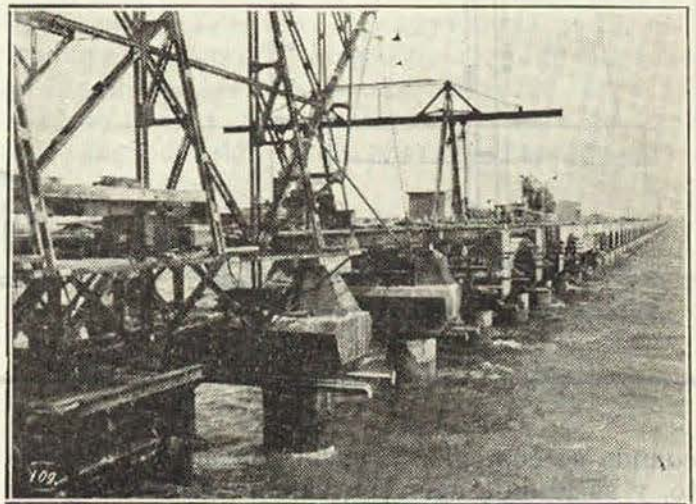


Fig. 3.—Detalle de la construcción de pilares y cabezales.

llena la forma, va elevándose y aparece en la parte superior, de donde se retira, a fin de dejar solamente el concreto que no sufrió deslave alguno al ser vaciado.

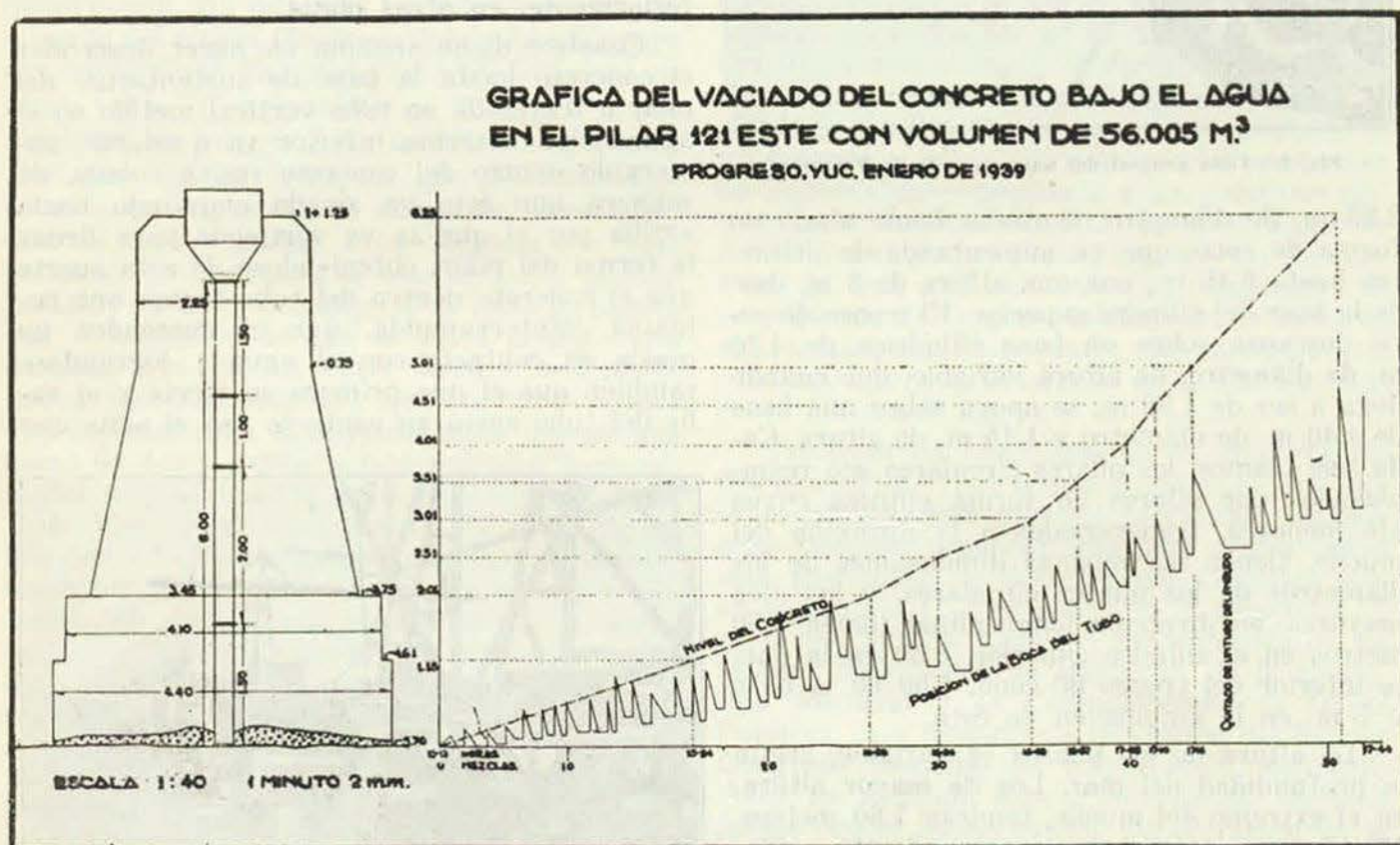
El aparato usado para aplicar este sistema comprende una tolva en cuya base se fija, por medio de bridas y pernos, la boca de entrada

de un tubo formado de secciones que se unen entre sí, en forma análoga a la unión con la tolva. Poniendo más o menos secciones se obtiene la longitud requerida del tubo. Entre las bridas de las juntas, para hacerlas impermeables, se colocan rondanas de caucho, que se comprimen al apretar los pernos de unión. La boca inferior del tubo está reforzada por un anillo de sección transversal, en forma de segmento de círculo.

Para usar el aparato descrito, se introduce el centro de la forma del pilar, suspendiendo la tolva por medio de cadenas y cables de acero, de una polea que cuelga de la viga transversal superior de la grúa rodante, que a la cabeza de la plataforma de avance de trabajo, se utiliza para la colocación de las formas. El cable de suspensión pasa de la polea al cilindro de un torno situado en dicha plataforma y con el cual se mueve verticalmente hacia arriba con lentitud de tolva,

y guiada como se ha dicho antes, hasta que el extremo del tubo llegue al fondo de la forma, se cierra la boca de comunicación de la tolva con el tubo, usándose para esto una simple tapa de madera, de forma cuadrada, provista en su cara superior de un gancho que permite quitarla inmediatamente que en la tolva se ha acumulado cantidad suficiente de concreto, para que descienda llenando la sección del tubo. Debajo de la tapadera se coloca, dentro del tubo, un pequeño tapón, formado por un saco de henequén, enrollado, que se sostiene por su frotamiento, haciendo las veces de un émbolo para expulsar el agua, al descender por el peso del concreto que entra al tubo al levantar la tapadera mencionada, tapón que sale, finalmente, en la parte superior de la forma, empujado por el concreto vaciado en ésta.

El concreto llega de la mezcladora, para su vaciado a la forma, en vagonetetas de un metro cúbico de capacidad, que lo vierten en la parte



cuando se comienza a vaciar en ella el concreto, y se le deja caer con rapidez desembargando el torno cuando el concreto tiende a bajar, saliendo por el extremo inferior del tubo. La tolva en sus movimientos de ascenso y descenso está guiada por un armazón formado de cuatro aristas de fierro estructural, de sección escuadra, que penden de vigas horizontales, que fijadas a las trabas de la plataforma de trabajo, sirven de soporte a la armazón de guía.

Después que se introduce dentro de la forma del pilar la tolva con su tubo, suspendida

superior de una canal inclinada, de poca longitud, de cuyo extremo inferior, en forma de embudo, pende un tubo formado de secciones suspendidas unas de otras, que desemboca en tolva del aparato descrito anteriormente. Luego que en dicha tolva hay concreto suficiente, al comenzar el vaciado se destapa la entrada del tubo para que por él descienda el concreto, de manera que el tubo permanezca siempre lleno durante el tiempo que se está haciendo el vaciado, a cuyo fin se levanta poco a poco la tolva, hasta que la presión tiende a hacer que

el concreto escurra, bajandola violentamente en el momento que esto ocurre, con el objeto de que el extremo de salida del tubo quede sumergido en el concreto, tanto como sea posible. Generalmente, en las formas que se están usando, la extremidad inferior del tubo llega hasta el fondo, mientras se vacían las primeras diez vagonetas, que dan una altura de 0.70 mts. al concreto dentro de la forma, va elevándose después, quedando sumergido en el concreto de uno a dos metros en los movimientos de ascenso y descenso que se imprimen a la tolva para facilitar el escurrimiento.

En el diagrama anexo, formado conforme a medidas efectuadas al estar haciendo el vaciado de concreto en la forma de uno de los pilares, pueden verse las posiciones de la boca inferior del tubo, al subir y bajar éste, en relación con los niveles teóricos que tomaría el concreto dentro del molde al vaciarse sucesivamente las vagonetas. Este nivel en el diagrama está representado en el concepto de que la superficie del concreto al vaciarse, es un plano horizontal, aunque en realidad es una superficie cónica, con taludes descendentes del centro a la periferia, algo más que lo indicado en el diagrama.

El tubo usado consta de cuatro secciones que comprenden, en total, una longitud de seis metros, que sumados a la altura de la tolva dan la carga productora de la presión necesaria para el movimiento del concreto que llena el molde perfectamente, según ha sido descrito, impulsado por esa presión. Esa altura ha sido conservada en toda la operación de llenar una forma. El acortamiento indispensable al ir tomando la tolva posiciones cada vez más altas, se ha efectuado con el tubo superior que desemboca sobre la tolva, el cual, formado por secciones de poca longitud, que suelgan unas de otras, no presenta dificultad para ser acortado según se requiera.

Este procedimiento de colado exige que el concreto sea bastante fluido para que escurra con

facilidad y llene el molde completamente. A fin de obtener estos resultados el concreto se ha hecho en los siguientes proporciones de los materiales que lo integran:

Piedra triturada, no mayor de 5 cms., 725 litros; arena de la trituradora, 520 litros; agua, 290 litros y cemento, 350 kilos. Cantidad de materiales con la que se obtiene un volumen de concreto, ligeramente en exceso, de un metro cúbico.

Con muestras de concreto de esas proporciones se han fabricado viguetas de prueba, que frecuentemente reforzadas con acero en la parte sujeta a esfuerzos de tensión, han fallado, al aplicarles una carga de ruptura concentrada en el centro, por destrucción de la parte sujeta a compresión. Cálculados los esfuerzos correspondientes se han obtenido las siguientes cargas unitarias de ruptura por compresión a los veintiocho días:

1	276	kgs.	por	centímetro	cuadrado
2	334	"	"	"	"
3	350	"	"	"	"
4	314	"	"	"	"
5	416	"	"	"	"

O sea un promedio de 336 kilos por centímetro cuadrado.

El concreto obtenido presenta un aspecto superficial que compite con el que presenta el construido en seco y vibrado, que se usa en otras partes de la obra, como los cabezales y arcos. La mayor fluidez que requiere el concreto bajo agua implica un uso mayor de cemento para obtener una relación agua-cemento, que influye en la resistencia y calidad del concreto, igual a la del colado en seco, que puede usarse en buenas condiciones. Generalmente se ha estado manteniendo el concreto dentro de sus formas por un periodo de dos semanas, para lo cual se cuenta con cantidad suficiente de formas, para construir seis pilares semanariamente.

