



SUMA TU GOTA

Ante la sequía... conoce,
prepárate y adaptación

SANTIAGO DE CUBA



Financiado por
Unión Europea
Protección Civil y
Ayuda Humanitaria

Este material ha sido apoyado por el Programa Conjunto "SUMA TU GOTA. Fortalecimiento de la resiliencia de familias y grupos vulnerables afectados ante la sequía en Santiago de Cuba".

En esta iniciativa de cooperación participan tres agencias del Sistema de Naciones Unidas: el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y el Programa Mundial de Alimentos (PMA).

El Programa Conjunto, liderado por PNUD, es financiado por la Cooperación Española a través del Fondo para los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDG-F por sus siglas en inglés), un mecanismo innovador que contribuye al logro de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible uniendo los esfuerzos de las Agencias de la ONU, gobiernos, sociedad civil y sector privado.

SUMA TU GOTA complementa sus resultados con otras iniciativas de cooperación que se desarrollan en el territorio, como las implementadas por el Programa de Preparación ante Desastres del Departamento de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Unión Europea (DIPECHO), "Pon tu ficha" donde participan un consorcio de ONGs, PMA y PNUD.

SUMA TU GOTA

Ante la sequía... conoce,
prepárate y adaptación

SANTIAGO DE CUBA



PRODUCCIÓN ARTESANAL DE TANQUES DE HORMIGÓN
MANUAL DE RECOMENDACIONES



PRODUCCIÓN ARTESANAL DE TANQUES DE HORMIGÓN

PRODUCCIÓN ARTESANAL DE TANQUES DE HORMIGÓN

(MANUAL DE RECOMENDACIONES)

AUTORES

Dr. Ing. Antonio C. Rabilero Bouza
XX Yohan Romero Pérez
Ing. Dorkis Benítez Vázquez

COLABORADORES

Arq. Vivian Victoria Fuentes Revilla

EQUIPO COORDINADOR DE NACIONES UNIDAS

Maydelis Gómez Samón (PNUD)
Rosendo Mesías (PNUD)
Miguel Ángel Puig (PMA)

EDICIÓN

Lilian Sabina Roque

DISEÑO EDITORIAL

Geoestudio

Esta Metodología ha sido elaborada por el Grupo de Informática y Comunicación del Centro Meteorológico de Santiago de Cuba.

Los puntos de vista que se expresan en la publicación son de las y los autores y no reflejan necesariamente las opiniones de la Cooperación Española, el Fondo para los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDG-F), la Unión Europea, el PNUD o de las Naciones Unidas.

Cuba, 2018

INTRODUCCIÓN	7
EXPERIENCIAS PREVIAS EN CONART	9
EXPERIENCIAS EN EPROMAC	16
RECOMENDACIONES PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TANQUES DE HORMIGÓN	19
IZADO DE LOS TANQUES	19
PROCESO DE PRODUCCIÓN	20
FLUJO DE PRODUCCIÓN	27
DIMENSIONES Y DOSIFICACIONES	29
ADVERTENCIA	31

INTRODUCCIÓN

Tal como aclara el título, estas recomendaciones no constituyen, de ningún modo, una metodología única, menos aún norma alguna para la fabricación de tanques destinados al almacenamiento de agua, fundamentalmente en viviendas, aunque no exclusivo de estas.

Este trabajo es el resultado de experiencias acumuladas en el cotidiano quehacer de un grupo de entusiastas jóvenes espirituanos, agrupados en la cooperativa no agropecuaria de constructores y artesanos CONART, del municipio de Yaguajay, así como de ingenieros, técnicos y obreros de la Empresa de Materiales de la Construcción (EPROMAC) en Contramaestre; sin obviar todo lo realizado hasta ahora en este y otros establecimientos en la producción artesanal de tanques de fibrocemento.

Los objetivos fundamentales de esta publicación son:

1. Lograr una mejor organización del proceso productivo, con un flujo más articulado, además de precisar las condiciones operacionales en que se ha de realizar la fabricación de los tanques, de modo tal que se alcance una mayor productividad del trabajo.
2. Definir las características de las materias primas que pueden ser utilizadas en la fabricación de los tanques.
3. Obtener el mejor rendimiento de las materias primas y, por tanto, reducir los índices de consumo y, consecuentemente, los costos de producción.
4. Alcanzar el mayor nivel de calidad posible en el proceso tecnológico utilizado, que además se traduzca en ausencia de roturas y mayor durabilidad posible de los tanques.

Dar respuestas a potenciales solicitudes de otros formatos y capacidades de tanques destinados al almacenamiento de agua.

EXPERIENCIAS PREVIAS EN CONART

Los primeros trabajos relacionados con la construcción de tanques de hormigón —en estos últimos tiempos por lo menos— que se conocen son los de la cooperativa CONART del municipio de Yaguajay, provincia de Sancti Spíritus. Allí desarrollaron un método de conformación de los tanques de hormigón mediante el proceso manual de cubrir con mortero (u hormigón) un molde metálico flexible para la parte cilíndrica del tanque, mientras que la parte superior —que llamaremos hombreras— se conforma mediante un molde de las mismas características que el anterior, pero en dos partes para su más fácil desarme. A continuación describiremos el proceso de producción de dichos tanques:

El proceso

Sobre un molde metálico (figura 1), cuya parte cilíndrica está conformada por una sola lámina —preferentemente de aluminio o de acero galvanizado para facilitar la adherencia del mortero (ver la flecha azul que señala el límite exterior de la lámina)— se dispone el molde de dos piezas para las hombreras (la flecha roja señala las uniones) y se aplica el mortero que conformará el tanque.



FIGURA 1

Para lograr la correcta geometría y dimensiones del tanque es indispensable disponer en el interior del molde de elementos de soporte de madera y metal, así como dos aros de metal que sirvan de tranques para evitar la deformación del molde durante el trabajo, elementos que habrán de ser quitados antes de la extracción del molde metálico interior (figuras 2 y 3).



FIGURA 2



FIGURA 3

Es importante hacer notar que el molde cilíndrico no se apoya directamente sobre el piso, sino sobre calzos, pues es necesario dejar espacio para colocar las nervaduras de alambre que refuerzan el tanque.

Una vez armado el molde se procede a la conformación del tanque propiamente dicho, para lo cual se utiliza un mortero preparado con polvo de piedra calcáreo de fracción menor que 3 mm (figura 4) –pues de acuerdo con la experiencia no se puede utilizar arena silíceo— y cemento P-35 (o P 350 como se le llama).



FIGURA 4

La dosificación que se emplea en el proceso de trabajo es volumétrica, y es la siguiente:

- 💧 Polvo de piedra: 3 1/2 cubos (o baldes)
- 💧 Cemento P 350: 2 cubos
- 💧 Agua: 8 litros

Se mezcla todo en una vagoneta de 7 cubos de capacidad. Según se pudo medir, el cubo empleado tiene una capacidad de 11,78 litros.

En el caso de la fundición del fondo emplean una mezcla de polvo de piedra y un material un tanto más grueso, calcáreo también. Las dosificaciones en masa y volumen serían las siguientes:

Primera y segunda capas:

- 💧 Polvo de piedra: 0,084 m³
- 💧 Cemento P 350: 38 kg

Fondo del tanque:

- ◆ Polvo de piedra: 0,036 m³
- ◆ Material grueso: 0,021 m³
- ◆ Cemento P 350: 25 kg

Estucado:

- ◆ 12 kg de cemento P 350

Alambres:

- ◆ Para poner verticales y en el fondo: 12 de 1,45 m. Total: 17,4 m
- ◆ Perimetrales en la parte cilíndrica: 8 de 3,20 m. Total: 25,6 m
- ◆ Para las hombreras: 2 de 2,5 m. Total: 5 m
- ◆ Longitud total de alambres: 48 m

Con el mortero preparado se procede a ser aplicado directamente sobre el molde, con una consistencia que permita su adherencia, tal como se aprecia en la figura 5. El espesor de la primera capa no debe ser mayor de unos 2 cm. Se debe comenzar por las hombreras del tanque (figura 5).



FIGURA 5

Una vez cubierto todo el molde con la primera capa de mortero hay que esperar a que ocurra el fraguado inicial del cemento y el mortero aplicado adquiera cierta resistencia, lo cual demora alrededor de una hora y media. No se puede esperar más tiempo porque de lo contrario la adherencia del mortero de la segunda capa no será adecuada. Esto es importante para lograr la unión uniforme en el tanque, sin juntas secas.

No se debe esperar esa hora y media para poner los alambres de refuerzo del tanque, debe hacerse un poco antes, siempre con cuidado para no dañar la capa de mortero inicial. Primero se ponen los alambres verticales, doblados a 90º para que cubran el fondo del tanque y luego los horizontales alrededor de la parte cilíndrica y las hombreras (figura 6). Los alambres deben ser de acero, no de cobre, pues el cobre provocará la oxidación y, por tanto, afectará la durabilidad del tanque.

Una vez completado el alambrado del tanque, y transcurrido el tiempo necesario para que la primera capa haya adquirido la resistencia necesaria, se aplica la segunda capa de mortero de modo uniforme, al igual que la primera capa.

Por último se funde el fondo del tanque, con especial cuidado para que la unión del fondo con el cuerpo cilíndrico sea continua y sin fisuras ni oquedades, pues será la parte que estará sometida a la mayor presión de agua.

Todo el proceso de fabricación del tanque tiene que ser, inexorablemente, no solo bajo techo, sino a la sombra, pues para un elemento de paredes tan delgadas (4 cm los de 500 litros, 5 cm los mayores) el sol desecará el mortero y afectará la resistencia del tanque (figura 7). Hay



FIGURA 6

que preparar las mejores condiciones para lograr la mayor calidad, que incluye la durabilidad, de los tanques.

La producción a pequeña escala, incluso artesanal, no tiene que dar productos de baja calidad y durabilidad; y en este sentido el curado de los tanques es de la mayor importancia: los tanques han de ser producidos a la sombra y permanecer en ella no menos de tres días, con cierta cantidad de agua en su interior luego de transcurridas las primeras 24 horas. Esta agua tiene la finalidad de evitar la desecación del mortero del tanque, lo cual además de bajar la resistencia puede producir fisuras y grietas.

Transcurridas las primeras 18-20 horas desde la fabricación del tanque (a veces menos tiempo) se procede a desarmar el molde flexible, para lo cual se retiran los tranques de madera. Un operario se introduce dentro del tanque y luego se sacan los aros, con sumo cuidado para evitar que el operario se dañe, se abre el molde y se enrolla de modo que pueda ser extraído del interior del tanque. Finalmente se extraen las piezas del molde de las hombreras, trabajo que puede ser muy difícil si el mortero (hormigón) se ha adherido fuertemente al molde, tal como se aprecia en la figura 8.

Por último, después que el tanque ha sido fabricado y extraídos los moldes, se procede a fabricar la tapa sobre el propio tanque, para lo cual cubren la coba con papel grueso húmedo (el de las bolsas de cemento) y conforman las tapas con el



FIGURA 7



FIGURA 8

mortero, tal como se aprecia en la figura 9. De este modo las tapas quedan muy ajustadas, y prácticamente son únicas para cada tanque.



FIGURA 9

En realidad no habría que producir el tanque en una sola pieza, que dificulta luego el desmolde y la extracción del molde, pero el método de izar los tanques para ponerlos elevados obliga a hacer las hombreras muy resistentes. Este método de izar consiste en poner un madero por debajo de las hombreras y amarrarle una soga o cable adecuado, entonces elevarlo por medio de algún tipo de grúa o manualmente. Esto hace que las hombreras soporten todo el peso del tanque, razón por la cual tienen que ser resistentes, aunque una vez en servicio no soportan ninguna presión de agua.

Si se dispusiera de un medio de izar los tanques, en el cual estos descansaran sobre el fondo, no habría requerimientos especiales de resistencia para las hombreras; lo cual permitiría fabricar los tanques en dos partes: la cilíndrica y la superior u hombreras, que sería pegada a la parte cilíndrica con mortero. Esto será presentado más adelante.

EXPERIENCIAS EN EPROMAC

En el establecimiento de Contraamaestre de EPROMAC, de la provincia de Santiago de Cuba, se producen tanques de hormigón. Se ha normalizado la producción de tanques de 800 litros de capacidad mediante el empleo de moldes de acero: uno interior compuesto de seis secciones que se unen mediante pasadores internos. En la figura 10 podemos apreciar el molde interno con la malla de acero del tanque; y en la figura 11 el molde exterior dividido en dos partes; todo lo cual facilita el desarme y extracción del molde interior; aunque en este caso también se funde el tanque en una sola pieza, lo que trae como consecuencia que el acceso al interior y la propia acción del desarme del molde sea engorrosa, aunque menos que en el caso del molde de una sola pieza.



FIGURA 10



FIGURA 11

Este tanque de 800 litros tiene un espesor de 5 cm, utilizándose como refuerzo alambazón de 4 mm de diámetro: seis verticales con dobladura a 90º para cubrir el fondo y otra de ángulo adecuado para las hombreras (figura 12). En total se emplean seis piezas de alambazón, las cuales se amarran todas en el fondo del tanque, cruzándose por pares para mejor refuerzo. Además se utilizan cuatro aros perimetrales de alambazón, que se amarran con los elementos verticales, para dar lugar a una malla resistente, tal como apreciamos en la figura 11.



Para la producción de estos tanques se utiliza polvo de piedra y granito (piedra de fracción menor que 9,5 mm o $\frac{3}{8}$ pulgada), ambos materiales procedentes de la cantera La Gloria, en Contraamaestre. La dosificación para un tanque de 800 litros es la siguiente:

- ◆ Polvo de piedra: 0,168 m³
- ◆ Granito: 0,168 m³
- ◆ Cemento P 350: 200 kg
- ◆ Alambazón: 80 kg
- ◆ Alambre: 0,5 kg

El tanque se funde de una sola vez, preparándose el hormigón manualmente; operación en la cual hay que tener el mayor cuidado para lograr una buena mezcla y homogeneidad de los materiales, así como la fluidez o docilidad adecuada de la mezcla de hormigón, evitando exceso de agua, lo cual haría al hormigón menos resistente y más permeable, con afectación a su durabilidad debido a la temprana corrosión de los aceros.

La fundición (figura 13) debe de hacerse de modo continuo, en un tiempo no mayor de 45 minutos una vez que esté mezclado el hormigón, con lo cual se evita el fraguado por partes y juntas secas o discontinuidades en el tanque. Se debe poner especial atención a la colocación del hormigón dentro del molde para que no queden oquedades internas ni “cucarachas”.



FIGURA 13

Hay que lograr una adecuada proporción entre los materiales utilizados (polvo de piedra y granito) de modo tal que el acabado del tanque no sea áspero como se observa en la figura 13, lo cual obligará a un consumo mayor de cemento y polvo para estucarlo, incluso, para ejecutar un repello fino.

Veinticuatro horas después de fundido el tanque se procede al desmolde, comenzando por el interior, lo que obliga a un operario a introducirse dentro del tanque para zafar los tranques. Aunque no se trata de un molde enterizo, sino compuesto de seis partes, el trabajo es también engorroso; más aún si no se ha tenido la precaución de engrasar –con grasa adecuada– ambos moldes, pues la adherencia del hormigón al acero complica las cosas.

Es conveniente fabricar los tanques bajo techo para evitar el calentamiento del molde, y una vez desmoldados deben permanecer otros dos días bajo techo con un poco de agua en su interior y tapados.

RECOMENDACIONES PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TANQUES DE HORMIGÓN

IZADO DE LOS TANQUES

Aunque, en propiedad, no forma parte del proceso productivo de los tanques, el asunto del izado de los tanques para su colocación en azoteas u otros lugares elevados es importante e incide en el proceso, así como en el consumo de materiales y, por tanto, en los costos de producción.

Izar los tanques utilizando un madero en su interior, que lleva la carga del peso del tanque a las hombreras, obliga a reforzar estas. Si cambiamos el método de izar es posible hacer más fácil y menos costoso el proceso productivo.

Se propone una especie de “cepo” que permita izar los tanques, confeccionado a base de chapas de acero, cuyo grosor dependerá de las dimensiones y masa de los tanques. Por supuesto, lo que se presenta es una propuesta. Cada quien puede confeccionar su propio medio para izar los tanques, tomando en cuenta las dimensiones de estos. Como se aprecia en las figuras más abajo, se ha intentado hacer lo más ligero y sencillo posible, utilizándose el método de amarrar con una sogá los tanques para evitar que salgan del cepo y caigan; lo cual además de evitar roturas es una medida de seguridad para quienes trabajan en izarlos. Veamos la figura 14.

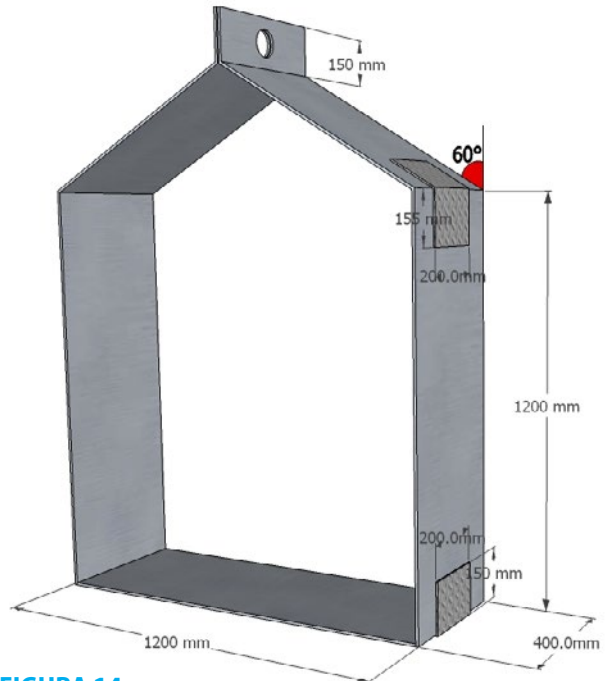


FIGURA 14

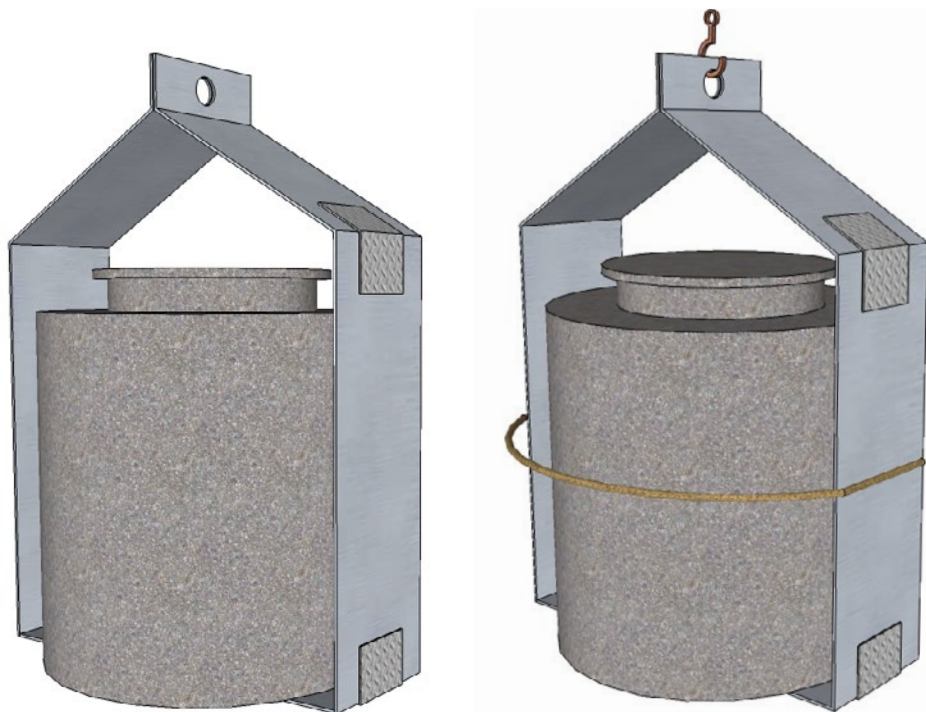


FIGURA 14

La solución anterior para el izado nos permite fabricar el tanque en dos partes, pues las hombreras realizarán muy poco trabajo, de hecho, no soportan ninguna presión de agua, actúan solo como cubierta o tapa. Entonces, los moldes serían para la parte cilíndrica por un lado y, por otro, para las hombreras. Por supuesto, habrá que hacer un molde para las tapas, pero estos serán muy sencillos.

PROCESO DE PRODUCCIÓN

El molde para la parte cilíndrica constaría de una parte interior, compuesta de tres o cuatro piezas, que se acoplarían entre sí mediante pasadores o algún sistema adecuado, tal como se muestra en la figura 15. Este sistema permitiría zafar los pasadores sin tener que introducirse dentro del tanque. El molde exterior, que podría contar de solo dos partes, tendría los pasadores por fuera, evidentemente.

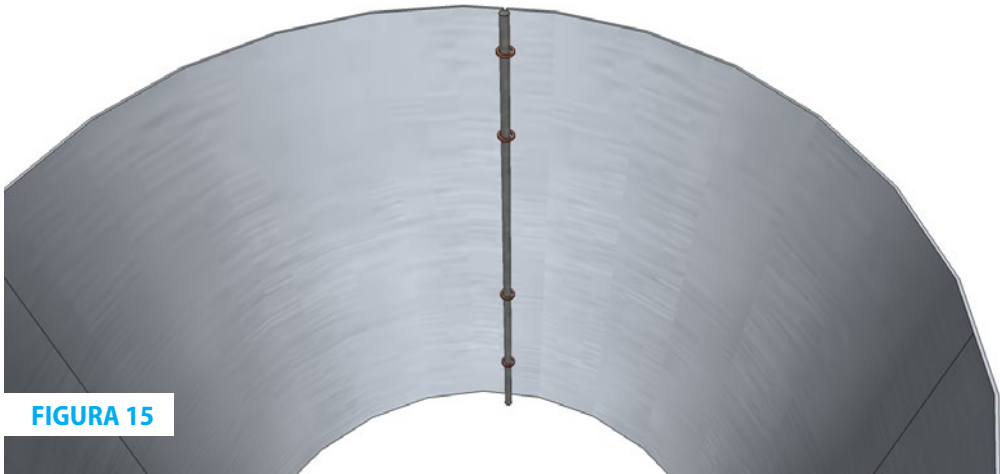


FIGURA 15

Es importante destacar que los bordes de las piezas que conforman los moldes interior y exterior deben ser lisos, sin rugosidades o rebabas, para que no dejen espacios entre ellas que serían ocupados por el hormigón y/o escurrirían agua o pasta. Preferentemente deben hacerse de chapas cortadas en una cizalla, pero, si lo son mediante un equipo de oxicorte deben de ser desbastadas con piedra de esmeril.

Como los tanques de hormigón han de llevar algún tipo de refuerzo metálico conviene utilizar aceros resistentes a la corrosión, lo cual redundará en una mayor durabilidad del tanque. En el caso de alambres, en dependencia de las dimensiones y capacidad del tanque, deben ser de acero triplemente galvanizado, como los utilizados por la agricultura y la ganadería; mientras que los calibres estarán entre 12 (2,053 mm) y 9 (2,906 mm). También podrían ser utilizados de otros calibres cerrando la malla, siempre y cuando la práctica lo confirme. En la siguiente página se presentan los calibres de algunos alambres que pudieran ser utilizados en la fabricación de tanques.

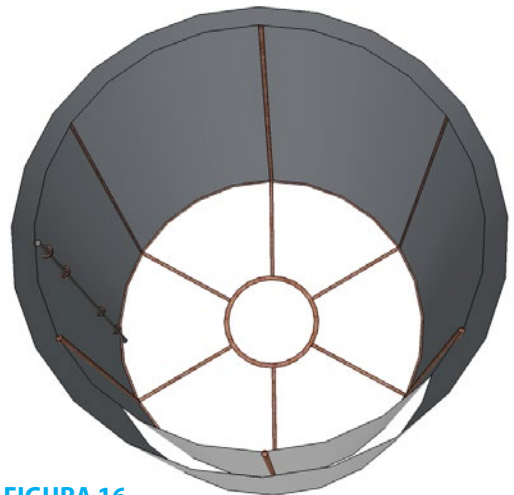


FIGURA 16

De ser posible es recomendable el empleo de mallas galvanizadas, popularmente conocidas como “jaulas de pollos”, que podrían reforzar mucho los tanques, aunque siempre será aconsejable utilizar tres o cuatro alambres de los calibres señalados para reforzar en el sentido vertical, y dos para amarrar en la circunferencia dichos alambres. En caso de tanques con capacidad de 200 litros o menor, los requerimientos de refuerzos metálicos serán mucho menores.

Para tanques grandes, de 800 litros o más, lo más conveniente es fabricarlos mediante la fundición del hormigón en un molde, con los refuerzos de acero adecuados —tal como se hace en el establecimiento de EPROMAC en Contra-maestre—, pero fabricando aparte la sección cilíndrica del tanque, como en el ejemplo de la figura 16.

CALIBRE ALAMBRE	DIÁMETRO pul	DIÁMETRO mm	ÁREA mm ²
6	0.1620	4.115	13.3
7	0.1443	3.665	10.5
8	0.1285	3.264	8.37
9	0.1144	2.906	6.63
10	0.1019	2.588	5.26
11	0,0907	2,305	4,17
12	0,0808	2,053	3,31
13	0,0720	1,828	2,62
14	0,0641	1,628	2,08
15	0,0571	1,450	1,65
16	0,0508	1,291	1,31
17	0,0453	1,150	1,04
18	0,0403	1,0236	0,823
19	0,0359	0,9116	0,653
20	0,0320	0,8128	0,518

Hay que aclarar que en la figura 16 se han dejado a la vista todos los aceros, aunque en todos los casos están entre el molde interior y el exterior. El amarre de los aceros en el fondo es una variante, pero pueden ser utilizadas otras. En ese dibujo no se presentan los aceros perimetrales que circundan el tanque.

Para tanques de 400 litros o de menor capacidad se puede emplear el mismo proceso de CONART, aunque en este caso se ejecutaría la parte cilíndrica del tanque, utilizando un solo molde interior, preferentemente seccionado en tres o más partes, tal como se aprecia en las figuras 15 y 16 y similar al sistema utilizado en Contra maestre por EPROMAC (ver figura 10).

Para tanques con capacidades de 400 litros o menores, en los que se utiliza mortero de polvo de piedra y cemento, es conveniente la técnica del “empaquetado” utilizada en CONART, aunque en este caso recomendamos el empleo de malla galvanizada, reforzada en sentido vertical con tres o cuatro alambres de calibre 10 u 11 y dos perimetrales, lo que permitiría mayor resistencia del tanque y ahorro de cemento. Además, el empleo de este tipo de malla economizaría el tiempo dedicado en conformarla manualmente con alambres amarrados, a lo que se agrega que al ser galvanizada será resistente a la corrosión y alargará la vida útil del tanque.

**FIGURA 17**

La estructura de las capas del tanque sería como la presentada en la figura 17, en la cual se han dejado vistas interiores y del molde, así como de los alambres verticales de refuerzo (en negro), alambres que sobresalen no más de 1 cm del molde y quedarán descubiertos hasta tanto no se ponga la hombrera del tanque, la cual será fundida aparte. La malla se aprecia sobre la primera capa de mortero y, tanto arriba como debajo de esta franja, aparece cubierta por la segunda capa de mortero. La parte superior del tanque no está cubierta con nada para que se vea el molde.

Es conveniente la producción de los tanques en dos partes: la inferior cilíndrica y la superior que tendrá una ligera conicidad para mayor resistencia, ya sea mediante el empaquetado o la fundición en molde doble. Las tapas también serán producidas de modo independiente y, para racionalizar, pueden tener una misma medida para todos los tanques de 400 litros de capacidad en adelante, incluso, para capacidades menores.

En caso de los tanques producidos mediante el empañetado, el molde de la hombrera del tanque tendrá un diámetro mayor que el de la parte cilíndrica, tanto como el espesor de la pared del tanque, tal como se aprecia en la figura 18.

Como ya dijimos, el molde de la hombrera puede tener una ligera conicidad, con un ángulo no superior a 10o (sobre todo para tanques de capacidades superiores a 400 litros), y se puede confeccionar en dos partes, unidas mediante pasadores, tal como se presenta en la figura 19; esto facilitaría el desmolde, aunque se podría hacer de una sola pieza, tomando las precauciones necesarias para evitar que el material, una vez fraguado y endurecido, se adhiera al molde y se corra el riesgo de fracturarlo en la operación de despegarlo.

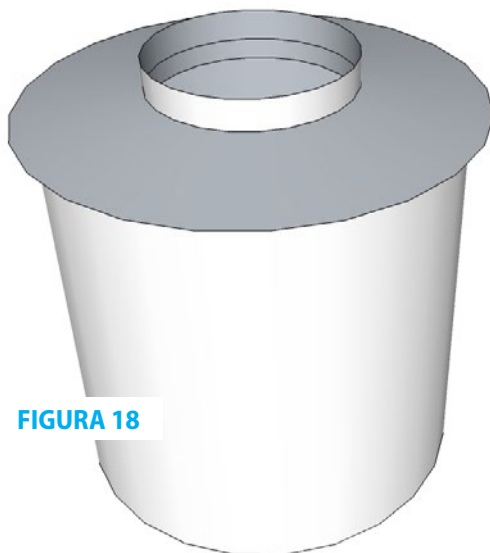


FIGURA 18



FIGURA 19

El molde de la hombrera puede ser invertido, es decir, que el mortero u hormigón se funda por la parte inferior, lo cual queda a criterio de los productores.

Es importante tener en cuenta que, tanto para los tanques producidos mediante la técnica del empañetado, como los fundidos, la franja del borde superior de la parte cilíndrica ha de quedar rugosa, razón por la cual no debe ser alisada por ningún medio. Incluso, deben sobresalir los alambres o alambrones verticales, pero no más de 10 mm. Estos mechones del acero utilizado tienen la función de mejorar la adherencia de la hombrera al cuerpo cilíndrico; lo cual se hará cu-

briendo todo el borde superior de la parte cilíndrica del tanque con un mortero de la misma composición que el material utilizado en la conformación del tanque. En el caso de los tanques de hormigón que emplean granito además de polvo de piedra, el mortero será solo de polvo de piedra.

Es conveniente poner un aro de alambre, del calibre adecuado a la capacidad y dimensiones del tanque, amarrado a los mechones de la parte superior de la sección cilíndrica del tanque, lo cual mejorará la resistencia y la unión de la hombrera con el cuerpo del tanque, lo cual se representa esquemáticamente en la figura 20, que se ha dejado transparente para que se aprecien los refuerzos de acero.

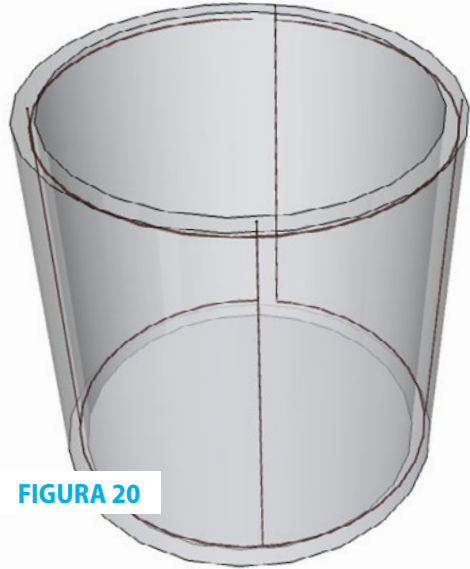


FIGURA 20

Aunque la hombrera (figura 21) no estará sometida a la presión del agua contenida en el tanque es necesario reforzarla con elementos metálicos. Deben utilizarse alambres y/o mallas de los calibres adecuados a las dimensiones y espesor del tanque, del modo en que se hace en CONART y se aprecia en la figura 22, aunque en este caso la hombrera se conforma junto con el resto del cuerpo del tanque.



FIGURA 21



FIGURA 22

Al día siguiente del desmolde del tanque y la hombrera se procederá a unir ambas partes con el mortero, representado en color rojo en la figura 23 (se ha dejado incompleto para que se aprecie cómo deben quedar los refuerzos. No se debe esperar más tiempo para unir la parte cilíndrica con la hombrera producida aparte para evitar que se afecte la unión. Si fuera necesario se podría pasar un cepillo de alambre de acero por el borde superior del tanque y de la franja de la hombrera que descansará en él, antes de poner el mortero de unión. Pero antes de esta unión se realiza el estucado interior de la parte cilíndrica del tanque para su mayor impermeabilidad.

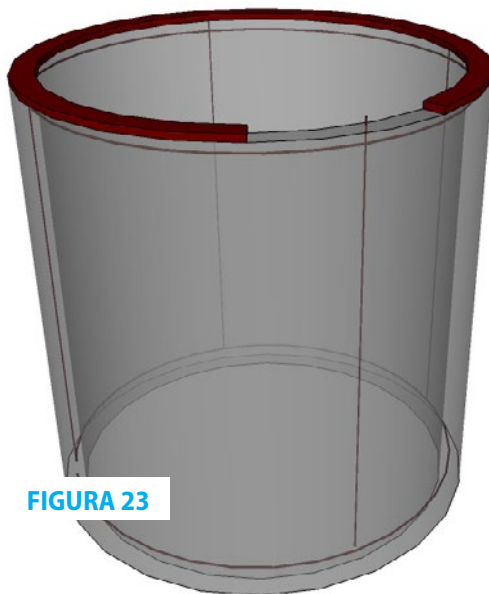


FIGURA 23

Como todo lo anterior, esta operación hay que realizarla a la sombra, para luego continuar con el curado de los tanques en un local inmediato al de producción, también a la sombra, durante otros dos días antes de ser trasladados hacia el lugar de almacenamiento, el cual es pertinente que también esté a la sombra para lograr la mayor resistencia del mortero u hormigón. La sombra no tiene que estar dentro de una nave con techo de tejas de fibrocemento o acero galvanizado, puede ser un simple cobertizo cubierto de guano, yarey o cualquier otro material que impida que le dé el sol a los tanques.

Es completamente errónea la idea de que los elementos hechos de hormigón o mortero —bloques, celosías, losas y los tanques, entre otros— ne-

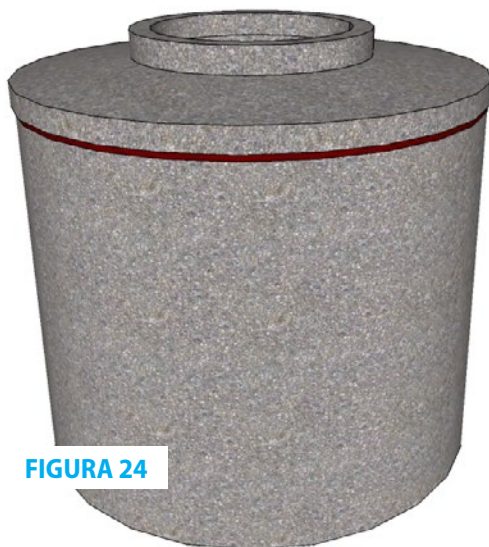


FIGURA 24

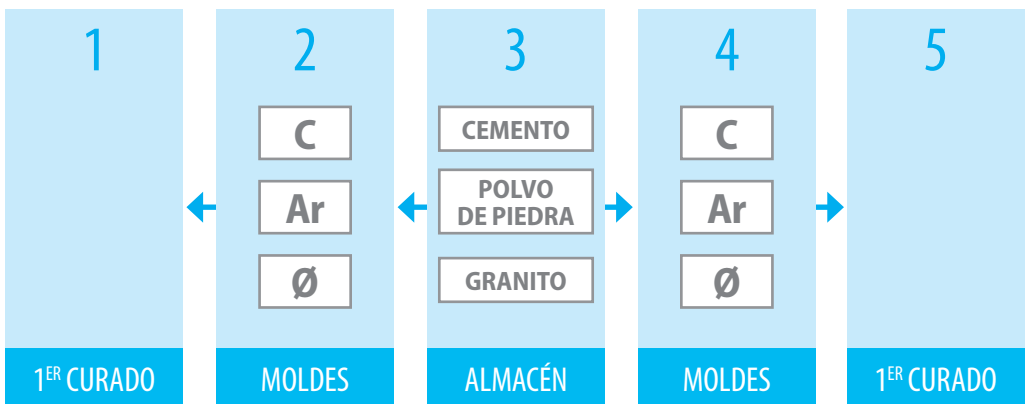
cesitan secarse al sol para que adquieran resistencia: el hormigón se hace con cemento Portland o base a este, y el cemento es un material hidráulico, es decir, se endurece con el agua. Si el agua se evapora por acción del sol la dureza del hormigón o mortero se afecta, incluso, puede dar lugar a fisuras.

El acabado superficial exterior de los tanques puede hacerse mediante una lechada de cemento inmediatamente después del desmolde. Realizar un pulido utilizando cemento espolvoreado sobre la superficie casi recién empañetada, sin duda alguna mejora el acabado, pero eleva el consumo de cemento y, por tanto, los costos de producción.

La unión con mortero (que se aprecia, para destacarlo, de color rojizo en la figura 25) de la hombrera o parte superior con el cuerpo cilíndrico del tanque debe realizarse en el local inmediato, donde permanecerá otros dos días el tanque, antes de ser trasladado al área de almacenamiento definitivo. Una vez unida la hombrera al cuerpo del tanque no debe moverse de ningún modo durante los siguientes dos días, incluso, el traslado hacia el área de almacenamiento debe hacerse con cuidado, puesto que en ese momento todavía la resistencia del mortero u hormigón será de alrededor del 60-70 % de la que tendrá a 28 días.

FLUJO DE PRODUCCIÓN

Un esquema del flujo del proceso sería el siguiente:



C Depósito de cemento para la jornada

Ar Depósito de áridos para la jornada

Ø Hormigonera

La producción de los tanques de mortero y hormigón puede realizarse preparando ambos materiales de modo manual, no obstante lo cual, este método no garantiza la adecuada calidad de dichos materiales, ya que obliga a una mayor adición de agua para poder realizar el mezclado, además de que la homogeneidad de lo producido no es la mejor. Siempre que se disponga del equipo, la preparación de los morteros y hormigones debe de realizarse en una pequeña hormigonera, como la TECH 300 (figura 25) o alguna similar; ya que no se debe preparar más cantidad de mortero u hormigón que el que se vaya a utilizar de modo inmediato y durante no más de 45 minutos.



FIGURA 25

En la figura 26 se presenta un dibujo de la posible organización de un taller de gran formato y alta capacidad de producción de tanques. Como se aprecia, el área de curado posterior a la conformación del tanque es común para dos locales de producción. Como en el esquema del flujo del proceso, el área destinada a la recepción de los materiales (cemento, polvo de piedra y granito) estaría ubicada en el centro de la nave, lo cual permitiría un flujo de materiales más eficaz y sin interferencias. Por supuesto, esto no es una norma, pues con frecuencia hay que adaptarse a locales existentes o simplemente a las posibilidades constructivas.

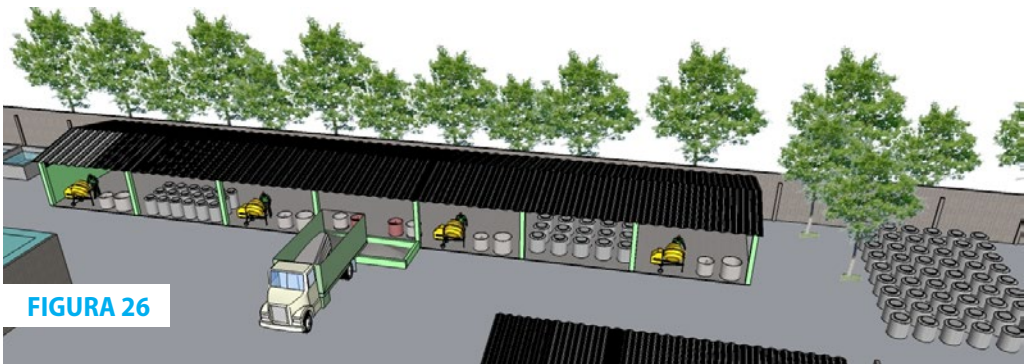


FIGURA 26

DIMENSIONES Y DOSIFICACIONES

Para los tanques fabricados con morteros u hormigones, tanto mediante la técnica del empañetado o de la fundición, se recomienda:

1. Que la relación altura/diámetro hasta las hombreras sea igual a 1, es decir, que para un tanque de 100 cm de diámetro, su altura será igual de 100 cm. No obstante lo anterior, el tanque puede ser un tanto más esbelto, pero la relación anterior no debe ser superior a 1,2, es decir, que para un tanque de 100 cm de diámetro, su altura no debe exceder los 120 cm.
2. El espesor de la pared del tanque, aun para los de menor capacidad, no debe ser menor de 3 cm, para la mejor protección de los refuerzos de acero y la adecuada resistencia del tanque.
3. Se recomiendan los siguientes espesores de pared mínimos:
 - ◆ Tanques de hasta 200 litros de capacidad: 3 cm
 - ◆ Tanques de hasta 400 litros de capacidad: 4 cm
 - ◆ Tanques de más de 400 litros hasta 800 litros: 5 cm
4. No se recomienda la fabricación de tanques de hormigón o mortero de más de 800 litros de capacidad, salvo fabricados in situ, que han de permanecer en el mismo lugar. En este caso el espesor de la pared estará determinado por la capacidad del tanque.
5. El calibre de los refuerzos de acero (alambres o alambón) será seleccionado de acuerdo con la capacidad del tanque. En este sentido se recomienda:
 - ◆ Alambre no menor que calibre 12 para tanques de capacidad de hasta 200 litros.
 - ◆ Alambre no menor que calibre 10 para tanques de hasta 400 litros.
 - ◆ Alambre no menor que calibre 8 para tanques de hasta 600 litros.
 - ◆ Alambre no menor que calibre 7 (o de 4 mm) para tanques de hasta 800 litros.

En algunos casos podría utilizarse un alambre de menor diámetro reforzando la malla, aunque habría que evaluar los resultados.
6. Las dosificaciones recomendadas, tanto para tanques mediante empañetado como fundidos, serían las siguientes:

Tanques hasta 400 litros

Primera y segunda capas:

- Polvo de piedra: 0,084 m³
- Cemento P 350: 30-38 kg

Fondo del tanque:

- Polvo de piedra: 0,036 m³
- Material grueso o granito: 0,021 m³
- Cemento P 350: 20-25 kg

Estucado:

- Cemento P 350: 5-8 kg

Las cifras mayores corresponden al tanque de 400 litros de capacidad. En caso de tanques de menores capacidades —fabricados a base de morteros— las dosificaciones en volumen serían las siguientes:

- Polvo de piedra: 2 medidas (no importa el recipiente)
- Cemento: 1 medida

Es decir, la dosificación sería 1 parte de cemento por cada 2 de polvo de piedra.
Alambre: En dependencia de la capacidad del tanque.

Tanques de 800 litros

- Polvo de piedra: 0,168 m³
- Granito: 0,168 m³
- Cemento P 350: 200 kg
- Alambre 7 o alambrón: 70-80 kg
- Alambre de amarre: 0,5 kg

Para tanques mayores de 400 litros y menores de 800 litros, las dosificaciones estarían entre estos dos extremos, utilizándose polvo de piedra y granito en dependencia del método de producción (empaquetado o fundido) y las dimensiones del tanque, fundamentalmente el espesor.

ADVERTENCIA

Las dosificaciones recomendadas con anterioridad son y serán siempre orientativas, pues las propiedades de morteros y hormigones dependerán de las características y cualidades de los áridos y el cemento utilizados, que varían de una cantera a otra y, no obstante la normalización existente, de una fábrica de cemento a otra.

Dada la experiencia acumulada hasta hoy día, no se recomienda el empleo de arena natural silíceas en la producción de los tanques: será utilizado el polvo de piedra o arena artificial de naturaleza calcárea, es decir, procedentes de canteras de calizas. De la misma manera recomendamos emplear, junto con el polvo de piedra, árido grueso también calcáreo (gravilla de $\frac{3}{8}$ pulgada o 9,5 mm, o algo más grueso de ser necesario). Lo anterior no significa que no se puedan hacer pruebas con vistas a utilizar áridos de naturaleza ígnea (incluyendo la arena natural) en la producción de tanques.

Incluso, utilizando los mismos materiales, los resultados en cuanto a resistencia y otras propiedades del mortero u hormigón dependen en gran medida del método de preparación y del curado de los elementos producidos, que se ve muy influenciado por la temperatura y radiación solar, así como la humedad ambiental y la velocidad del viento.

Un tanque producido bajo el sol y dejado a la intemperie tendrá menos resistencia que uno fabricado siguiendo las recomendaciones que se han dado en este manual. Además, las condiciones ambientales —temperatura, humedad, nivel medio de radiación solar— no son las mismas en todos los lugares del territorio nacional.

Los tanques fabricados con mortero u hormigón no han de ser vendidos antes de los 7 días después de su fabricación, si el curado ha sido el correcto. De no ser así debe extenderse el plazo hasta los 15–20 días.

En cuanto al empleo de cemento PP 250 con adición de puzolana en la producción de tanques debemos decir lo siguiente: Como su denominación indica, este cemento tiene una menor resistencia que el P 350, a lo que se agrega que precisa mayor demanda de agua y un desarrollo de la resistencia más lento, razón por la cual existe el riesgo de fisuras por retracción; todo lo cual obligaría —en caso de ser utilizado en la producción de tanques— a las siguientes acciones:

- Control más riguroso del agua adicionada al mortero u hormigón.
- Curado más riguroso y durante más tiempo, extendiéndose el curado inicial de 2 hasta 4–5 días, y la venta de los tanques nunca antes de los 14 días.

- Posible incremento de las dosificaciones de cemento entre 10 % y 20 %.
- El cemento PP 250 podría ser utilizado, de inicio y como prueba, en tanques de no más de 200 litros de capacidad y, de acuerdo con los resultados, pasar gradualmente a tanques de mayor capacidad.

En todos los casos, independientemente del cemento utilizado, las dosificaciones han de ser ajustadas de acuerdo con los resultados obtenidos en el proceso productivo. Cada vez que se decida fabricar un tipo de tanque habrá que realizar ensayos previos para comprobar las dosificaciones y determinar las definitivas; ante lo cual hay que tener presente que no se puede producir tanques sin tener en cuenta el costo de producción, lo cual se traduciría en mayores precios de venta, tanto al Estado como a la población.