



T E M A

F E R R O C E M E N T O
E S T A N Q U E D E
A G U A P O T A B I L E

S
ARQUITECTURA
T 699e
1992
c1

Autor :

BRUNO TORTELLO P.

Profesor guía :

GERMAN FERNANDEZ G.

5
ARQUITECTURA
- 699e
1992
92



UNIVERSIDAD DE VALPARAISO
FACULTAD DE ARQUITECTURA
ESCUELA DE ARQUITECTURA

SEMINARIO

ESTANQUE DE AGUA POTABLE EN FERROCEMENTO

Autor:

Bruno Tortello P.

Profesor guía:

Germán Fernández G.

Valparaíso, 1992.

ESTANQUE PARA AGUA POTABLE EN FERROCEMENTO

Considerando las sequías prolongadas que afectan a nuestro país periódicamente se pretende proyectar y construir un prototipo de estanque para agua potable que sea económicamente aceptable para la población de escasos recursos y de fácil ejecución y transporte.

Este trabajo se iniciará con la búsqueda de antecedentes que permitan al investigador adquirir conocimientos básicos sobre el ferrocemento, tanto en su fundamento teórico como en su comportamiento.

Luego se realizarán una serie de investigaciones y pruebas de laboratorio con el objetivo de lograr un comportamiento estructural óptimo del material. Poniendo énfasis tanto en el aspecto económico como en la resistencia y la impermeabilidad de éste.

Una vez adquirido este conocimiento previo y realizadas las pruebas necesarias se construirá un prototipo de estanque para agua potable en ferrocemento.

OBJETIVOS BASICOS

OBJETIVO GENERAL.-

Completar la formación del autor de este seminario investigando sobre algunas materias no vistas, debido al desfase de épocas de estudio y a los cambios de algunos programas académicos en ese período.

OBJETIVO PARTICULAR.-

Contribuir a la solución del problema de almacenamiento de agua potable que tienen los habitantes en las zonas rurales o perifericas, generalmente población de escasos recursos.

Investigando la factibilidad de autoconstrucción de un estanque más económico en relación al costo de los estanques convencionales.

ANTECEDENTES

En esta etapa se intentará recopilar la mayor cantidad de información que exista sobre el material en estudio.

Para lo cual se han consultado seminarios, memorias

y textos en general relacionados con el tema.

Cabe señalar que la bibliografía es escasa, por lo que esta etapa no pretende ser completa ni acabada, sino sólo una introducción al conocimiento del material.

Esperando suplir las falencias en la etapa de investigación y pruebas.

DESCRIPCIÓN Y DEFINICION DEL FERROCEMENTO

El hormigón armado es el más interesante y prometedor material estructural al alcance del hombre en la actualidad, a causa de su gran resistencia a la compresión, su excepcional resistencia al clima su simplicidad de construcción y su relativo bajo costo.

Por ello es importante investigarlo constantemente y poner en práctica nuevas técnicas y métodos constructivos.

Una de esas técnicas es el ferrocemento. El cual es una especie de "hormigón armado" de alta resistencia sumamente versátil.

Compuesto de capas múltiples de malla de acero consolidadas entre sí por mortero de cemento de alta

resistencia, que posee características singulares de durabilidad, solidez, flexibilidad en el diseño (permite gran variedad de formas), moldeabilidad, isotropía, resistencia, compacidad.

Puede ser hecho con un mínimo de mano de obra calificada a partir de material de fácil obtención.

Además es un material que permite grandes sollicitaciones a estructuras de poco espesor.

El ferrocemento difiere de los hormigones armados convencionales en que su armadura consiste en capas de malla de acero, poco espaciadas y completamente impregnadas con mortero de cemento.

Algunas definiciones de ferrocemento que pueden ayudar a la comprensión de éste:

AMERICAN BUREAU OF SHIPPING:

El ferrocemento es "una lámina delgada fuertemente armada, de hormigón, en la cual la armadura de acero está muy distribuída en el hormigón, de forma que el material bajo tensión se comporta aproximadamente como homogéneo....."

ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS DE WASHINGTON:

El ferrocemento "es una cáscara delgada de cemento Portland, altamente reforzada. Por lo general la cáscara fluctúa entre 1/2" y 2" de espesor y el refuerzo consiste en capas de mallas de acero, encerrando al centro barras de acero".

KHAIDUKOV (de la introducción de ferrocemento soviética) :

"Estructuras de ferrocemento son aquellas estructuras de hormigón armado de pared delgada (15 - 25 mm de espesor) fabricadas con un mortero de gran densidad con arena de grano fino (áridos de hasta 5 mm como máximo) reforzada con uno de los siguientes tipos de armadura:

- Malla de alambre soldado o entretejido, distribuida uniformemente sobre la sección del elemento.
- Mallas de alambre soldado cubriendo una armadura interna más rígida construida por barras de pequeño diámetro del tipo de las empleadas en hormigón armado tradicional".

MATERIALES COMPONENTES DEL FERROCEMENTO

MORTERO:

Según el uso para el cual está destinado el elemento de ferrocemento, es el tipo de cemento que se puede usar. Este puede ser cemento Portland corriente, especial, o de alta resistencia. Es así, como en la construcción de un estanque de agua en ferrocemento es recomendable usar cemento *especial* y para la construcción de láminas delgadas sometidas a grandes sollicitaciones se recomienda un cemento de alta resistencia.

La arena a utilizar debe ser de óptimas condiciones en cuanto a granulometría, impurezas y materias orgánicas, siendo de vital importancia para la resistencia final del mortero. El tamaño máximo de la arena depende de la abertura de la malla de alambre que se vaya a utilizar, debido a que el mortero debe interpenetrar completamente las mallas. Para las mallas más usuales en ferrocemento que varían entre 6 y 15 mm. de claro entre alambres, el tamaño más apropiado de la arena es el que pasa por el tamiz A.S.T.M. No.4, de 4,76 mm. de abertura.

Algunos autores consideran que la relación *cemento/arena* en peso debe estar comprendida entre 1 y 2,5.

Y la relación agua/cemento en peso debe variar entre 0,4 y 0,6 (considerando 0,4 como el ideal). Esto se revisará en los ensayos y pruebas que se realizarán en laboratorio.

MALLAS DE REFUERZO:

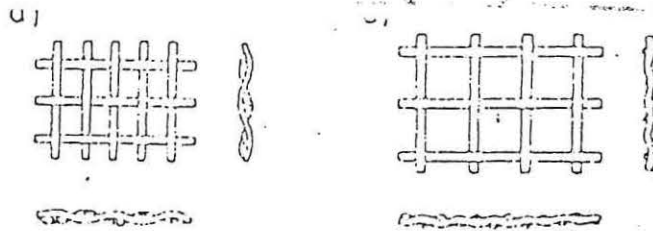
La armadura básica del ferrocemento está constituida por varias capas de malla metálica que pueden variar en su forma, diámetro de los alambres, sistemas de ejecución de la misma (forma de unión de los alambres que la constituyen), etc.....

Por estudios realizados se ha llegado a la conclusión que el mejor tipo de alambre a utilizar es el de sección circular. Porque ésta sección es la más favorable en relación con la adherencia, además proporcionan la máxima separación entre las armaduras, lo que favorece la colocación del mortero, haciendo más fácil que éste rellene por completo el espesor de la pieza. Se recomienda el uso de alambre negro, por ser más económico que el alambre galvanizado (recomendado por otros autores), debido a que la adherencia entre el mortero y el alambre negro es superior a la que tiene lugar con el alambre galvanizado y además porque

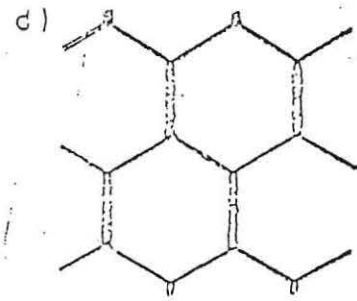
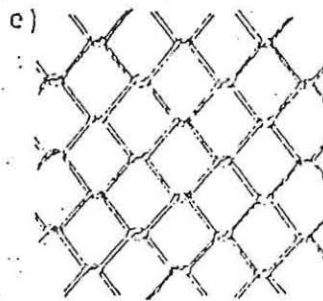
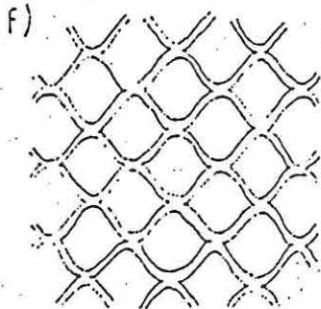
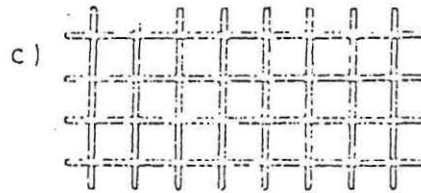
sería perjudicial la posible reacción entre los álcalis del cemento y el zinc.

El espesor del recubrimiento de mortero respecto al acero puede oscilar entre 1,5 y 5 mm. aunque se indica para estructuras al aire libre un mínimo de 2 mm.

Con respecto a la trama, el hueco de la malla puede ser cuadrado, rectangular, hexagonal, romboidal, etc.....



Tipos de malla
utilizables en
el ferrocemento



El diámetro de los alambres puede variar entre 0,5 y 1,5 mm. y el tamaño de la abertura de la malla entre 6 y 25 mm. En general se recomienda que no sea superior al espesor de la pared de ferrocemento. Para la cantidad de mallas existe la siguiente fórmula propuesta por NAAMAN Y SABNIS:

$$N = 1,6t$$

siendo N = número de mallas

t = espesor de ferrocemento

(en cm.)

La relación entre las secciones de fierro y hormigón (K) debe ser tal que:

$$k = \frac{f_e}{\Omega} < 0,1$$

dependiendo de las posibilidades tecnológicas de armado de las mallas y su relleno posterior. El límite inferior debe permitir ductilidad y una fase amplia de microfisuración.

Además de esta armadura mediante mallas, en algunas ocasiones, se emplea un esqueleto intermedio con rondos tradicionales cuyo diámetro varía entre 3 y 10 mm. con separaciones entre barras comprendidas

entre 5 y 10 cms.

ADITIVOS:

Es posible utilizar en el ferrocemento productos aditivos como son : aceleradores, plastificantes, aireantes o impermeabilizantes, con el fin de mejorar o variar determinadas cualidades del mortero: La dosificación requiere un cuidado especial, la que de no ser la conveniente, puede hacer que el mortero pierda ciertas propiedades de vital importancia. Es recomendable emplear sólo aquellos productos garantizados por casas especializadas. Pero talvez la substancia de mayor interés en la confección del ferrocemento es la adición de Puzzolanas. Son sustancias silíceas, naturales o artificiales, que al combinarse con el hormigón forman un compuesto con propiedades cementantes, de acción muy lenta, que en 10 años puede aumentar, según la Puzzolana y las condiciones de fragua y curado, hasta un 50% la resistencia del hormigón. Además impiden la formación de fisuras (y la consiguiente pérdida de impermeabilidad del hormigón) producidas por la disolución del hidróxido de calcio (que se libera al hidratarse el cemento)

por la acción del agua, ya que al combinarse el hidróxido de calcio con las Puzzolanas forman un compuesto con cualidades aglomerantes y además insolubles.

Finalmente, un hormigón con agregado de Puzzolanas mejora su plasticidad en estado húmedo y por lo tanto su trabajabilidad, disminuyendose así mismo al valor de la razón agua/cemento.

TECNICAS CONSTRUCTIVAS:

Existen diferentes técnicas constructivas propuestas por diferentes autores:

- a) Producción manual
- b) Encofrado doble tipo "Sandwich"
- c) Por plegado
- d) Por elevación
- e) Por prensado
- f) Por laminado
- g) Gunitado

Pero, talvez, la técnica que más se acomode al presente trabajo (estanque de agua potable en ferrocemento) sea la producción manual, por ser más económica (no utiliza maquinaria, ni necesita

moldajes especiales, no es necesario contar con mano de obra muy especializada) y ser un método universal. Cualquier persona con un poco de conocimiento, que es lo que pretende aportar este seminario, podría construirse su propio estanque.

Este procedimiento que fué patentado por J.L.LAMBOT y ha sido utilizado desde el inicio de las construcciones en ferrocemento, consiste en construir una "jaula" de armadura a la que se le da la forma adecuada, de manera que la propia armadura sirva como soporte para el mortero sin que sea necesaria la utilización de moldes. El mortero se coloca con llana, presionando para que penetre a través de la malla y tratando de conseguir una compactación lo más perfecta posible.

Los principales problemas que presenta este método constructivo son los siguientes:

1 - Es difícil, en algunos casos, darle la forma adecuada a las mallas y sobretodo alcanzar un control de su posición final dentro del mortero y por tanto del recubrimiento.

Se estudiará la manera más económica para darle la

forma adecuada y para solucionar los problemas que puedan presentarse para lograr una buena posición final de las mallas dentro del mortero.

2 - Es difícil lograr una buena compactación. Y

3 - Si se trata de un elemento que no necesita un esqueleto rígido de armadura tradicional, es muy difícil que el elemento mantenga su forma original una vez colocado el mortero.

Se estudiará la manera de solucionar estos problemas mediante la utilización de un moldaje económico y adecuado que permita mantener el elemento en la posición deseada y además una buena compactación del mortero durante su colocación.

FASES TENTATIVAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO:

a) Preparación y montaje de la jaula de armadura:

Las capas de armadura deben ser colocadas en su posición dándoles la forma de la pieza a construir.

Las diferentes capas de malla deben ser cuidadosamente atadas, con alambre negro del No. 18 o similar, aproximadamente cada 15 a 20 cms. en cada sentido, entre sí y al esqueleto rígido de armadura tradicio-

nal (si este existe) para lograr un espesor lo más uniforme posible y evitar los movimientos de las mallas durante la colocación del mortero.

b) Mezclado:

Para volúmenes inferiores a 1 m^3 , es posible hacer el mezclado a mano, aunque se preferirá realizarlo en hormigoneras de pequeña capacidad en estos casos.

c) Colocación del mortero:

Sobre las mallas previamente moldeadas al perfil deseado, sobre moldajes o sin ellos, se aplica el mortero a mano, con espátula o llana, o por medio de proyección con aire comprimido. En todo caso el mortero debe ser adecuadamente compactado durante su colocación.

Durante la concretadura y antes del fraguado, conviene a veces, espolvorear resinas que retarden la evaporación del agua.

d) Curado:

Es necesario mantener húmedas las superficies para impedir la rápida evaporación del agua del amasado, con el fin de suavizar la retracción del material y

evitar su agrietamiento por brusca resecación.

El curado puede obtenerse con un mojado continuo con agua o cubriendo la superficie con papeles mojados.

Además debe protegerse el elemento de ferrocemento de los rayos directos del sol y de la acción del viento durante este proceso. El cual debe mantenerse a lo menos 7 días con un máximo de 28. Tampoco debe tocarse el elemento de ferrocemento durante el tiempo mínimo indicado.

IMPERMEABILIDAD:

La impermeabilidad es tal vez la principal propiedad que podemos exigirle a un estanque para agua potable, ya que es básica para su buen funcionamiento.

En el ferrocemento la permeabilidad está íntimamente ligada a la razón agua/cemento. Esta tiene una gran influencia en la contracción, resistencia y porosidad del producto final. Por lo tanto, es imprescindible, para lograr un mortero impermeable, hacer un riguroso control de la razón agua/cemento. Esta debe ser menor que 0,5, según estudios realizados por R.B. WILLIAMSON en EE.UU.

CONDICIONES PARA EL DISEÑO:

El diseño debe responder en forma óptima a las exigencias generadas por el elemento a fabricar:

"ESTANQUE DE AGUA POTABLE"

- Ser:
- 1) Contenedor
 - 2) Impermeable
 - 3) Resistente
 - 4) Económico
- De fácil:
- 5) Ejecución
 - 6) Mantenición
 - 7) Transporte

DISEÑO:

Se estudiará la mejor manera de dar respuesta a las condiciones para el diseño, partiendo de la base de que el elemento debe ser:

- Simple (fácil ejecución y economía)
- Unitario (evitar filtraciones, impermeabilidad)
- Continuo (sin quiebres, para permitir su fácil mantención y limpieza.
- Curvo - Doble curvatura (contenedor y resistencia).

EJECUCIÓN:

Antes de la construcción del elemento a fabricar,

se realizarán investigaciones, pruebas con el material y ensayos en el laboratorio de la Facultad de Arquitectura. Con el fin de optimizar el resultado final. Luego se procederá a la ejecución del estanque para agua potable en ferrocemento, de acuerdo a las fases tentativas del proceso de construcción descritas anteriormente (página 13). Utilizando la técnica de producción manual con moldaje.

B I B L I O G R A F I A

La información anterior ha sido recopilada de diferentes textos relacionados con la materia en estudio.

FERROCEMENTO : Aplicación a la Vivienda Económica, Seminario de Arquitectura. MARIO DOMINGUEZ, Universidad de Valparaíso, 1986.

El cual contiene en el capítulo I una breve historia del ferrocemento.

En el capítulo II, las características del ferrocemento, incluyendo : descripciones, materiales empleados, propiedades generales, propiedades mecánicas y técnicas constructivas.

SOLUCION DE TECHUMBRES EN BASE A FERROCEMENTO: memoria título construcción civil. VICENTE MARTINEZ LOPEZ, Universidad de Valparaíso, 1980.

En cuyo capítulo I aparece la historia del ferrocemento, descripciones del material y características generales.

En el capítulo II, comportamiento estructural del ferrocemento y análisis de resultados. En el capítulo III la construcción de un elemento en ferrocemento.

Y en el capítulo IV, ensayos, resultados y análisis.

FERROCEMENTO : texto del curso "Construcción 4" de la Escuela de Arquitectura Universidad de Valparaíso, Valparaíso, LUIS BRAVO HEITMANN, Profesor Investigador.

En la primera parte (A) de dicho texto existe un resumen del conocimiento sobre el material. Incluye definiciones, materiales empleados y colocación de mortero.

HORMIGON ARMADO : de JIMENEZ MONTOYA.

En el capítulo II, trata de agua, ripio y aditivos para hormigones. En capítulo 24, cálculo de membrana y paredes de depósitos, contiene en este capítulo : definiciones básicas, formas estructurales y membranas de revolución.

HORMIGON VIBRADO Y HORMIGONES ESPECIALES: de M. PAYA PEINADO.

En su capítulo IX trata el tema de los hormigones con aditivos, impermeabilizantes, acelerantes, retardadores de fraguado, etc..... Además contiene un listado de fabricantes de aditivos para hormigones.

Además fueron consultados otros textos que no significaron nuevos aportes para el estudio. Ya sea porque no tenían mayor información o porque la información ya estaba en otros textos consultados:

- NUEVAS ESTRUCTURAS : de PIER LUIGI NERVI.
- MANUAL PARA EL USO DE LA REGLAMENTACION : de B. MALDONADO.
- SOLUCIÓN DE TABIQUES ESTRUCTURALES EN BASE A FERRO-CEMENTO : de S. NAVARRO OLMOS.
- ESTATICA ELEMENTAL DE LAS CASCARAS : de ALF PFLUGER.
- CALCULO DE CASCARONES DE CONCRETO ARMADO : de L. ISSENNANN P.

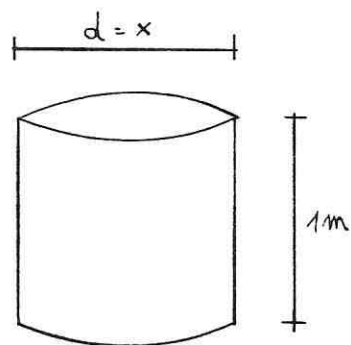
PRIMERA APROXIMACION AL CALCULO DE MATERIALES

VOLUMEN CONTENIDO = 500 Lts.

ESPESOR TEORICO DEL ESTANQUE = 3 cms.

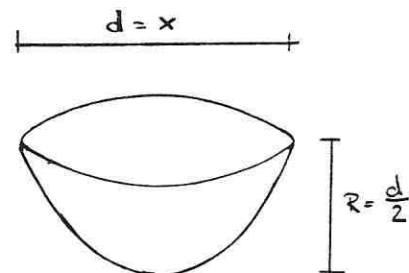
CASO I

Estanque cilíndrico



CASO II

Estanque 1/2 esfera



CASO I - ESTANQUE CILINDRICO

CALCULO DIMENSIONES

$$\text{Area} = \pi R^2$$

$$\text{Perímetro} = 2 \pi R$$

$$\text{Area} \times 1 \text{ m} = 500 \text{ Lts.}$$

$$\pi R^2 \times 1 \text{ m} = 0,5 \text{ m}^3$$

$$R^2 = \frac{0,5 \text{ m}^3}{\pi \times 1 \text{ m}}$$

$$R = 0,3989423 \approx 0,4 \text{ m}$$



DIMENSIONES DEL ESTANQUE:

Altura = 1 m
Diámetro interior = 0,8 m
Espesor = 0,03 m

VOLUMEN DE MORTERO:

Pared vertical

$$2 \pi R \times h \times e =$$

$$2 \pi 0,4 \times 1 \times 0,03 = 0,0753982 \text{ m}^3$$

Fondo y tapa

$$\pi R^2 \times e \times 2$$

$$\pi 0,4^2 \times 0,03 \times 2 = 0,03015930 \text{ m}^3$$

$$\text{TOTAL} = 0,105575 \text{ m}^3$$

$$0,105575 \times 1000 = 105,56 \text{ D m}^3$$

105,56 Lts. de Mortero

Suponiendo que sólo se utilizara cemento y sabiendo que cada saco de cemento rinde aproximadamente 33 Lts., tenemos:

$$105,56 : 33 = 3,198 \text{ sacos} \quad 4 \text{ sacos}$$

$$4 \text{ sacos} \times \$ 2.000.- = \$ 8.000.-$$

MALLAS: (Pre-cálculo de alambre)

Para alambre No. 18 $\varnothing = 1.244 \text{ mm.}$
 $R = 0,622$

$$\pi \times 0,622^2 = 1,2154319 \text{ mm}^2$$

$$1,2154319 \text{ mm}^2 \times 7,85 = 9,5411407 \text{ gr/mt.}$$

$$1.000 \text{ gr.} : 9,5411407 \text{ gr/mt.} = 104,809 \text{ m por kg.}$$

Para alambre No. 14 $\varnothing = 2,108 \text{ mm.}$
 $R = 1,054 \text{ mm.}$

$$\pi \times 1,054^2 = 3,4900455 \text{ mm}^2$$

$$3,49 \times 7,85 = 27,3965 \text{ gr/mt.}$$

$$1.000 \text{ gr} : 27,3965 = 36,5 \text{ m. por kg.}$$

CANTIDAD DE ALAMBRE:

SUPERFICIE DEL ESTANQUE

Perímetro altura		Tapa y Fondo
$2 \pi R \times h$	+	$\pi R^2 \times 2$
$2 \pi \times 0,4 \times 1$	+	$\pi \times 0,4^2 \times 2 = 3,51 \text{ m}^2$

Alambre No. 18

Abertura mallas = 2 cm=

Por metro lineal 100 : 2 = 50

$$\begin{array}{r} \text{Son } 50 + 1 = 51 \text{ Lineas horizontales y} \\ \quad \quad \quad 51 \text{ Lineas verticales por } m^2 \\ \hline 102 \text{ Lineas por } m^2 \end{array}$$

Como cada Linea mide 1 Ml. son 102 Ml por m^2

$$102 \times 3,51 m^2 = 358,02 \text{ mt. de alambre por capa}$$

$$1 \text{ capa} = 358,02m : 104,809m/kg = 3,415kg \times \$350 = \$ 1.195,25$$

$$2 \text{ capas} = 716,04m : 104,809m/kg = 6,831kg \times \$350 = \$ 2.391,14$$

$$3 \text{ capas} = 1074,06m : 104,809m/kg = 10,24kg \times \$350 = \$ 3.584,00$$

Nota: precios a Noviembre 1991

Alambre No. 14

Abertura mallas = 2,5 cms.

$$\text{Por metro lineal} \dots\dots\dots 100 \text{ cm} : 2,5 \text{ cm.} = 40$$

$$\begin{array}{r} \text{Son } 40 + 1 = 41 \text{ lineas horizontales y} \\ \quad \quad \quad 41 \text{ lineas verticales por } m^2 \\ \hline 82 \text{ lineas por } m^2 \end{array}$$

Es decir 82 mts. lineales por m^2

$$82 \times 3,51 = 287,82 \text{ metros de alambre por capa.}$$

$$1 \text{ capa} = 287,82m : 36,5 = 7,88 \text{ kg} \times \$350 = \$ 2.758.--$$

$$2 \text{ capas} = 575,64m : 36,5 = 15,77 \text{ kg.} \times \$350 = \$ 5.519,50$$

$$3 \text{ capas} = 863,46m : 36,5 = 23,65 \text{ kg.} \times \$350 = \$ 8.279,75$$

Nota: precios Noviembre 1991

CASO II ESTANQUE 1/2 ESFERA

VOLUMEN CONTENIDO = 500 lts.

CALCULO DIMENSIONES

500 lts. 0,5 m³

Volumen esfera $\frac{4}{3} \pi R^3$

Volumen 1/2 esfera $\frac{\frac{4}{3} \pi R^3}{2} = \frac{2 \pi R^3}{3}$

$\frac{2 \pi R^3}{3} = 0,5 \text{ m}^3$

$R^3 = \frac{0,5 \times 3}{2 \pi}$

$R^3 = 0,2387324 \text{ m}^3$

$R = 0,62 \text{ m.}$

$R \text{ interior } 1/2 \text{ esfera} = 0,62 \text{ m.}$

Espeor teórico del estanque = 0,03 m.

$R \text{ exterior } 1/2 \text{ esfera} = 0,65 \text{ m.}$

Volumen exterior 1/2 esfera

$\frac{2 \pi R^3}{3} = \frac{2 \pi 0,65 \text{ m}^3}{3} = 0,571733 \text{ m}^3$

Volumen exterior - Volumen interior = Volumen mortero

$0,5751733 - 0,5 = 0,0751733 \text{ m}^3$

Volumen tapa:

$$\pi R^2 \times e$$

$$\pi \times 0,65^2 \times 0,03 = 0,0398197 \text{ m}^3$$

Volumen total mortero:

$$0,0751733 + 0,0398197 = 0,114993 \text{ m}^3$$

115 Lts. de mortero

Mayor que en caso I

Para cantidad de alambre

Superficie total:

$$\text{Area esfera} = 4 \pi R^2$$

$$\text{Area } 1/2 \text{ esfera} = 2 \pi R^2$$

$$\text{Area tapa} = \pi R^2$$

$$2 \pi R^2 + \pi R^2 = 2 \pi \times 0,635^2 + \pi 0,635^2$$

Superficie total = 3,8 m²... Mayor que en Caso I

TRENZADO DE MALLAS

Con el objeto de realizar algunas pruebas en laboratorio, se trenzaron dos tipos de mallas de refuerzo.

Una con alambre negro No. 18 y otra con alambre negro

No. 14. Ambas con un formato de 180 cm. x 40 cm. de

tal forma que el reticulado de la malla de alambre

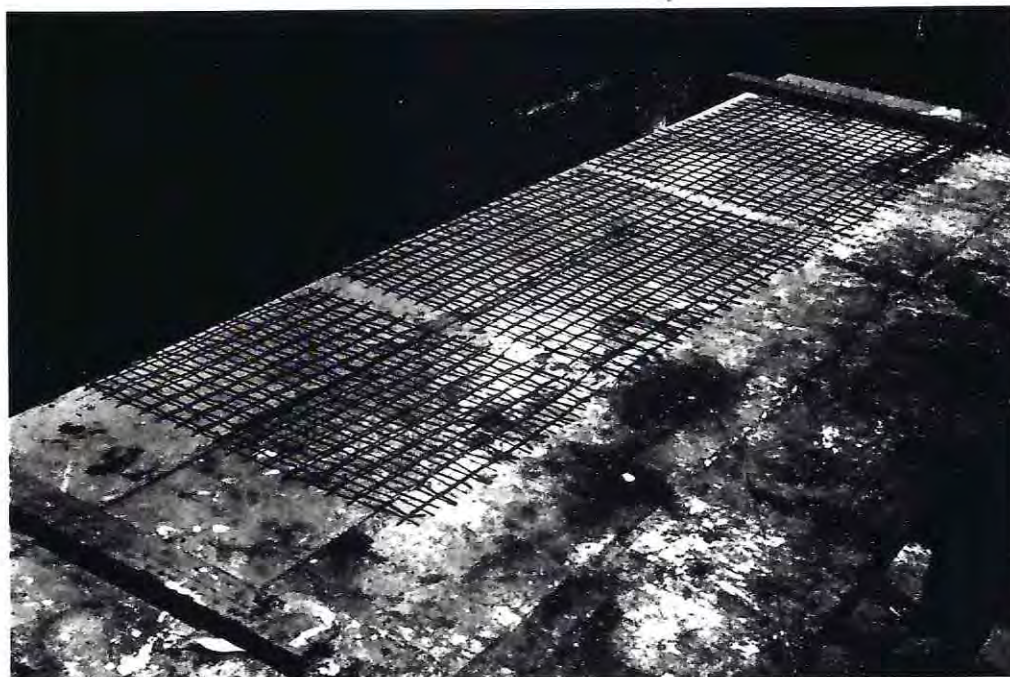
negro No. 18 quede formado por cuadrados de 2 cms.

de lado y el reticulado de la malla de alambre No.14 por cuadrados de 2,5 cms. por lado.

Para ello se fijó en cada extremo del sentido más largo (180 cms.) una hilera de clavos de 1", dispuestos cada 2 cms. en el caso de alambre negro No. 18 y cada 2,5 cms. en el caso de alambre negro No. 14.

Procediendo luego a estirar los alambres longitudinales. Una vez fijados estos alambres se procedió a intercalar los alambres en el sentido transversal.

Luego se cortaron las mallas formando rectángulos de 40 cms. x 60 cms. aproximadamente, para su utilización en la confección de probetas de estudio.



PRIMEROS ANALISIS EN LABORATORIO

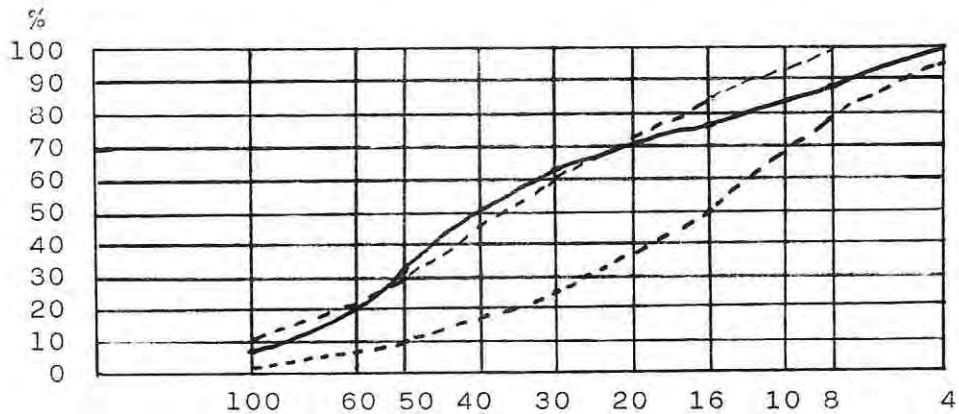
Con el fin de cumplir con uno de los objetivos básicos del presente seminario, se realizaron una serie de análisis en laboratorio. Los que se detallan a continuación:

1.- ANALISIS GRANULOMETRICO DE ARIDO FINO

Procedencia árido MAGGI (Con-Con)

Análisis realizado sobre árido fino que pasó por tamiz A.S.T.M. No. 4

Tamiz No.	Cantidad (gr.)	Porcentaje retención	Porcentaje que pasó
4	0	0	100 %
8	186	12,4 %	87,593 %
16	158	10,53 %	77,06 %
30	221	14,73 %	62,33 %
50	464	30,93 %	31,4 %
100	357	23,8 %	7,6 %
R	114	7,6 %	---



A.S.T.M. No.

2.- MODULO DE FINEZA

12,4
22,93
37,66
68,59
92,39

233,97 % ACUMULADO

233,97 : 100 \approx 2,34

3.- DENSIDAD APARENTE

Suelta	1,654 kg/dm ³
Asentada	1,772 kg/dm ³
Compactada	1,876 kg/dm ³
	<hr/>
	5,302 kg/dm ³

5,302 kg. : 3 = 1,767 kg/dm³

DENSIDAD APARENTE MEDIA = 1,767 kg/dm³

4.- PORCENTAJE DE HUECO

500 CC árido fino 500 cc agua

1.000 - 800 = 200

$\frac{200 \times 100}{500} = 40 \%$

5.- HUMEDAD CONTENIDA

Normal -- 1.000 gr.

Seca -- 987,5 gr.

HC = $\frac{1.000 - 987,5}{987,5} \times 100 = 1,2658 \%$

6.- HUMEDAD DE ABSORCION

(despues de 24 horas bajo agua)

$$\text{S.S.S.} = 1591 \text{ gr.}$$

$$\text{Seca} = 1548 \text{ gr.}$$

$$\text{HAB} = \frac{1591 - 1548}{1548} \times 100 = 2,77\%$$

7.- PESO ESPECIFICO ARIDO FINO

$$\text{Pe} = \frac{200 \text{ gr.}}{500 - (\text{PT MATRAZ} - 200 - \text{PM})}$$

$$\text{PM} = 146 \text{ gr.}$$

$$\text{PT} = 771 \text{ gr.}$$

$$\text{Pe} = \frac{200}{500 - (771 - 200 - 146)}$$

$$\text{Pe} = 2,66$$

DOSIFICACIÓN

Módulo de fineza = 2,34 Agua 300 Lt.
Aire 30

$$\text{Pe cemento} = 3,0$$

$$\text{Pe arena} = 2,66$$

$$C = \frac{1.000 - (\text{Agua} + \text{Aire})}{\frac{a}{\text{Pe cem.}} - \frac{b}{\text{Pe arena}}}$$

Siendo a - b = Relación cemento-arena

Para relación 1 : 2

$$C = \frac{1.000 - (300 + 30)}{\frac{1}{3,0} + \frac{2}{2,66}} = \frac{670}{1,085213}$$

$$C = 617,39 \text{ kg. cem. por m}^3$$

Para relación 1 : 3

$$C = \frac{1.000 - (300 + 30)}{\frac{1}{3,0} + \frac{3}{2,66}} = \frac{670}{1,4611529}$$

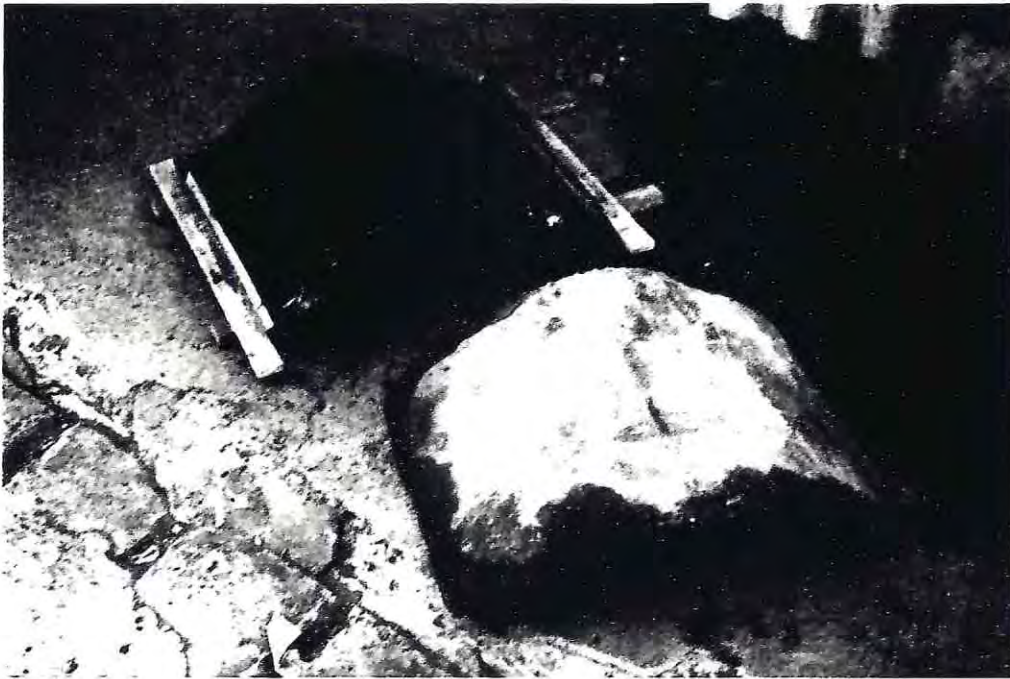
$$C = 458,54 \text{ kg. cem. por m}^3$$

PRUEBAS

Considerando la gran dificultad de realizar pruebas de resistencia e impermeabilidad en el estanque terminado, se decidió fabricar probetas de ensaye para tales efectos.

Se realizaron 6 probetas de ensaye con el fin de conocer el comportamiento del material sometido a carga y su impermeabilidad.

En las probetas se utilizaron 4 tipos diferentes de mallas, pensando en la economía y la relativa facilidad de elaboración del producto. En vista a que el estanque pueda ser considerado dentro del sistema de auto-construcción.



Probetas de ferrocemento para ensayos

DOSIFICACION DEL MORTERO UTILIZADO

Con una relación 1 : 2, recomendada para ferrocemento por varios autores (sobre todo para asegurar una buena impermeabilidad), se determinó anteriormente que la dosificación sería de 617,39 kg. cem. x m³

VOLUMEN PROBETA

$$0,4 \times 0,6 \times 0,02 = 0,0048 \text{ m}^3$$

CANTIDAD DE CEMENTO

$$617,39 \text{ kg.} \dots\dots\dots 1 \text{ m}^3$$

$$x \text{ kg.} \dots\dots\dots 0,0048 \text{ m}^3$$

$$x = \frac{617,39 \times 0,0048}{1} = 2,96 \text{ kg.}$$

$$= 2,96 \text{ kg. de cemento por probeta}$$

CANTIDAD DE ARENA

$$\text{Densidad cemento} = 1,304$$

$$\text{Densidad arena} = 1,767$$

$$\text{Relación cemento/arena} = 1 : 2$$

$$2,96 \times 1,304 = 3,86$$

$$3,86 \times 2 = 7,72$$

$$7,72 : 1,767 = 4,369$$

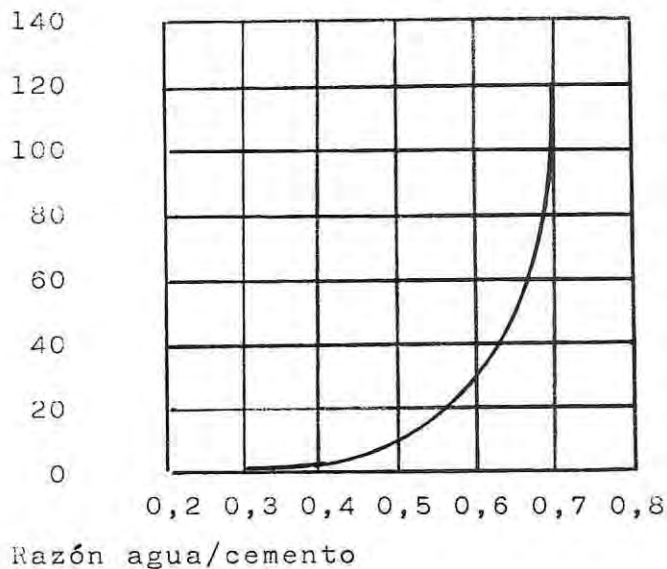
$$= 4,369 \text{ kg. arena por probeta}$$

RAZÓN AGUA/CEMENTO

Considerando que la permeabilidad está íntimamente ligada a la razón agua/cemento, ya que ésta tiene gran influencia en la contracción, resistencia y porosidad del producto final, se intentó trabajar con la razón más pequeña. Que permitiera a su vez una fácil adherencia del mortero a la malla y que el escurrimiento de éste fuera mínimo.

Se determinó que la razón agua/cemento debía ser 0,4 lo que permite una muy baja permeabilidad, según estudios de R.B. WILLIAMSON en la Universidad de California, sobre relación entre permeabilidad y razón agua/cemento.

IMPERMEABILIDAD DEL HORMIGON



MALLAS

Las mallas utilizadas en los ensayos son de fácil obtención en el comercio. Se utilizaron :

- Alambre Negro No. 18
- Alambre Negro No. 14

{ Los cuales debieron ser trenzados como se explica en la página 26. Lo que implica una pequeña complicación en la elaboración del producto final }.

- Malla de metal desplegado
- Malla hexagonal pequeña

En cuanto a la confección de la probeta se advierte una mayor facilidad de trabajo con la malla de metal desplegado debido a su relativa rigidez y flexibilidad.

COSTO DE LAS MALLAS (por m^2 y en una capa)

	Cantidad	Precio unitario	Total
Alambre No. 18	0,97 kg.	\$ 350.-	= \$ 339,5
Alambre No. 14	2,246kg.	\$ 350.-	= \$ 786,1

(Sin considerar mano de obra de elaboración)			
	Cantidad	Precio	Total
Metal desplegado	1 m^2 x	\$ 438.--	= \$ 438.--
Malla hexagonal	1 m^2 x	486,25	= 486,25

RESULTADOS DE ENSAYES

Existían dos tipos de pruebas a las que era recomendable someter el material para conocer su comportamiento en relación a la función que debe cumplir (estanque de agua potable).

Una de ellas era el grado de permeabilidad del material bajo presión de agua. Debido a la falta de instrumental adecuado en el laboratorio, este ensaye no se pudo realizar.

El segundo ensaye que interesaba conocer era la resistencia del material a la presión del agua. Debido a que tampoco existe el instrumental adecuado, se optó por realizar pruebas de resistencia del material a la flexotracción.



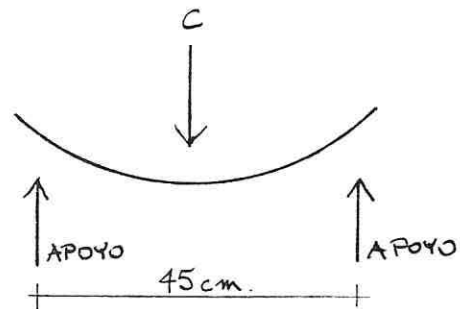
Los resultados más significativos fueron los siguientes:

Probeta No. 1

Espesor promedio: 2,05 cms.

Armadura : Una malla tejida de alambre No. 14
con abertura de 2,5 cm.

Sentido de carga:



Ruptura : 150 kgs.

Resistencia a la flexotracción:

$$P = 150 \text{ kgs.}$$

$$L = 45 \text{ cms.}$$

$$b = 40 \text{ cms.}$$

$$h = 2,05 \text{ cms.}$$

$$RF = \frac{3 PL}{2 bh^2} = \frac{3 \times 150 \times 45}{2 \times 40 \times 2,05^2} = 60,23 \text{ kg./cm}^2$$

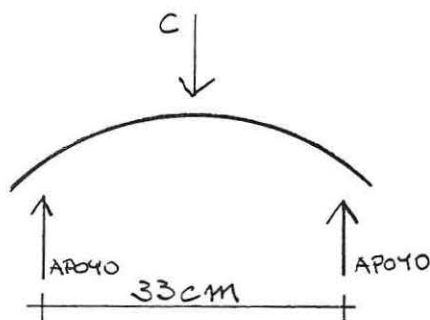
$$RF = 60,23 \text{ kg./cm.}^2$$

Probeta No 2

Espesor promedio: 1,75 cm.

Armadura : Una malla tejida de alambre negro
No. 14 con abertura de 2,5 cms.

Sentido de carga:



Ruptura : 300 kgs.

Resistencia a la flexotracción:

$$P = 300 \text{ kgs.}$$

$$L = 33 \text{ cms.}$$

$$b = 40 \text{ cms.}$$

$$h = 1,75 \text{ cms.}$$

$$RF = \frac{3 PL}{2 bh^2} = \frac{3 \times 300 \times 33}{2 \times 40 \times 1,75^2} = 121,22 \text{ kg./cm}^2$$

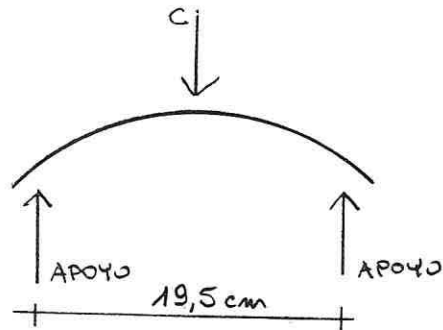
$$RF = 121,22 \text{ kg./cm}^2$$

Probeta No. 3

Espesor promedio : 2,1 cm.

Armadura : Dos mallas tejidas de alambre
negro No. 18 con abertura de 2 cm.

Sentido de carga:



Ruptura : 460 kgs.

Resistencia a la flexotracción:

$$P = 460 \text{ kgs.}$$

$$L = 19,5 \text{ cms.}$$

$$b = 25 \text{ cms.}$$

$$h = 2,1 \text{ cms.}$$

$$RF = \frac{3 PL}{2 bh^2} = \frac{3 \times 460 \times 19,5}{2 \times 25 \times 2,1^2} = 122,04 \text{ kg./cm.}^2$$

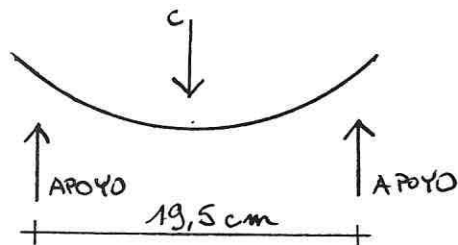
$$RF = 122,04 \text{ kg./cm.}^2$$

Probeta No. 4

Espesor promedio: 2,3 cm.

Armadura : Dos mallas tejidas de alambre negro
No. 18 con abertura de 2 cms.

Sentido de carga:



Ruptura : 370 kgs.

Resistencia a la flexotracción:

P = 370 kgs.

L = 19,5 cms.

b = 30 cms.

h = 2,3 cms.

$$Rf = \frac{3 PL}{2 bh^2} = \frac{3 \times 370 \times 19,5}{2 \times 30 \times 3,3^2} = 68,19 \text{ kg./cm}^2$$

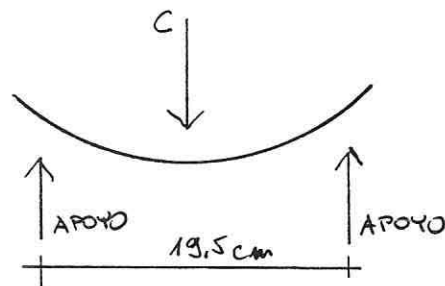
$$Rf = 68,19 \text{ kg./cm}^2$$

Probeta No. 5

Espesor promedio : 2,09 cm.

Armadura : Dos mallas de metal desplegado
36 x 18 x 2 x 0,5

Sentido de carga :



Ruptura : 470 kgs.

Resistencia a la flexotracción:

$$P = 470 \text{ kgs.}$$

$$L = 19,5 \text{ cms.}$$

$$b = 40 \text{ cms.}$$

$$h = 2,09 \text{ cms.}$$

$$RF = \frac{3 PL}{2 bh^2} = \frac{3 \times 470 \times 19,5}{2 \times 40 \times 2,09^2} = 78,68 \text{ kg./cm.}^2$$

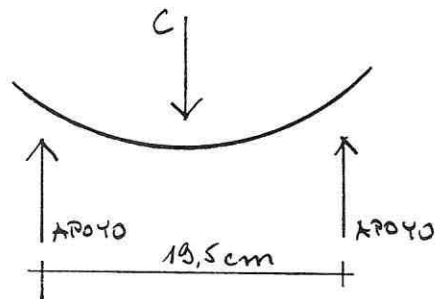
$$RF = 78,68 \text{ kg./cm.}^2$$

Probeta No. 6

Espesor promedio : 1,9 cm.

Armadura : Dos mallas hexagonales (malla de gallinero)

Sentido de carga :



Ruptura : 310 kgs.

Resistencia a la flexotracción:

$$P = 310 \text{ kgs.}$$

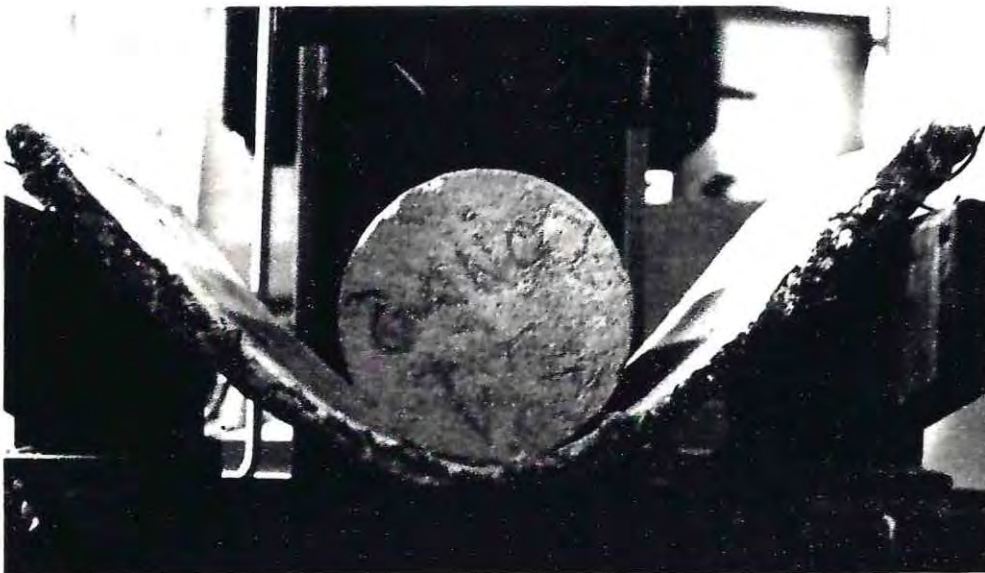
$$L = 19,5 \text{ cms.}$$

$$b = 40 \text{ cms.}$$

$$h = 1,9 \text{ cms.}$$

$$R_f = \frac{3 PL}{2 bh^2} = \frac{3 \times 310 \times 19,5}{2 \times 40 \times 1,9^2} = 62,79 \text{ kg./cm.}^2$$

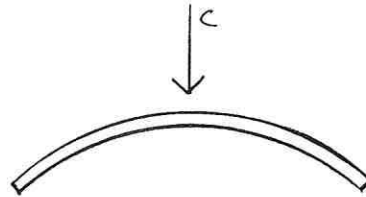
$$R_f = 62,79 \text{ kg./cm.}^2$$



CONCLUSION

En los resultados de estos ensayos se observa:

- 1 - Que la resistencia del elemento curvo de ferrocemento es mucho mayor (más o menos el doble), cuando éste es solicitado desde la zona exterior de la curva.



- 2 - Que la resistencia mayor en el sentido de trabajo del elemento a proyectar (es decir desde el lado interior) se obtuvo utilizando una armadura en base a mallas de metal desplegado 36 x 18 x 2 x 0,5

DISEÑO:

Los elementos laminares, sea éstos cáscaras o membranas, deben en cierto modo, su gran resistencia a la forma o mejor aún, a la curvatura. Se ha demostrado que un elemento curvo resiste más frente a una sollicitación similar que un elemento plano del mismo espesor.

La razón principal de este fenómeno es el mayor momento de inercia transversal o de la sección que tiene el elemento curvo.

(mayor información en Memoria de Título de C. Civil de VICENTE MARTINEZ L., página 26)

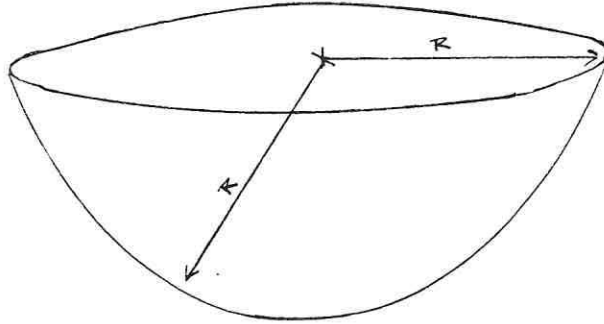
Por lo tanto la primera condición del estanque de agua potable es que sea curvo, es decir, el elemento debe tener doble curvatura.

Una vez aclarado esto, es necesario decir que existen, una gran cantidad de formas que cumplirán con esta primera condición.

En efecto, las formas parabólicas, semi-elípticas o semi-circulares pueden ser utilizadas en la ejecución del elemento.

En este trabajo se decidió utilizar la forma semi-circular, principalmente por ser esta la más simple y de

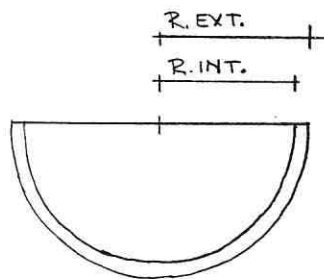
menor complicación en su cálculo, confección y elaboración.



Además esta forma responde a la unicidad y continuidad exigible al elemento (estanque de agua potable).

En cuanto al transporte, no presenta mayores problemas sobre todo que la idea es que el elemento sea fabricado cerca de su lugar de trabajo. Además, su peso no debería superar los 100 kgs.

CALCULO



Volumen contenido $= 0,5 \text{ m}^3$

Volumen interior

$$1/2 \text{ esfera} = \frac{2 \pi R^3}{3}$$

$$\frac{2 \pi R^3}{3} = 0,5$$

$$R^3 = \frac{0,5 \times 3}{2 \pi}$$

$$R = 0,62 \text{ m} = \text{Radio interior}$$

$$\text{Espesor} = 0,02 \text{ m.}$$

$$\text{Radio exterior} = 0,64 \text{ m.}$$

Volumen exterior

$$\frac{2 \pi R^3}{3} = \frac{2 \pi \times 0,64^3}{3} = 0,54903 \text{ m}^3$$

Volumen exterior — Volumen interior

$$0,54903 - 0,5 = 0,04903 \text{ m}^3 \text{ de mortero}$$

$$\text{Dosificación} = 617,39 \text{ kgs. cem. x m}^3$$

$$617,39 - 1 \text{ m}^3$$

$$\times - 0,04903$$

$$x = \frac{617,39 \times 0,04903}{1} = 30,27 \text{ kgs. de cemento}$$

$$30,27 \times 1,304 = 39,47$$

$$39,47 \times 2 = 78,944$$

$$78,944 : 1,767 = 44,677 \text{ kgs. de arena}$$

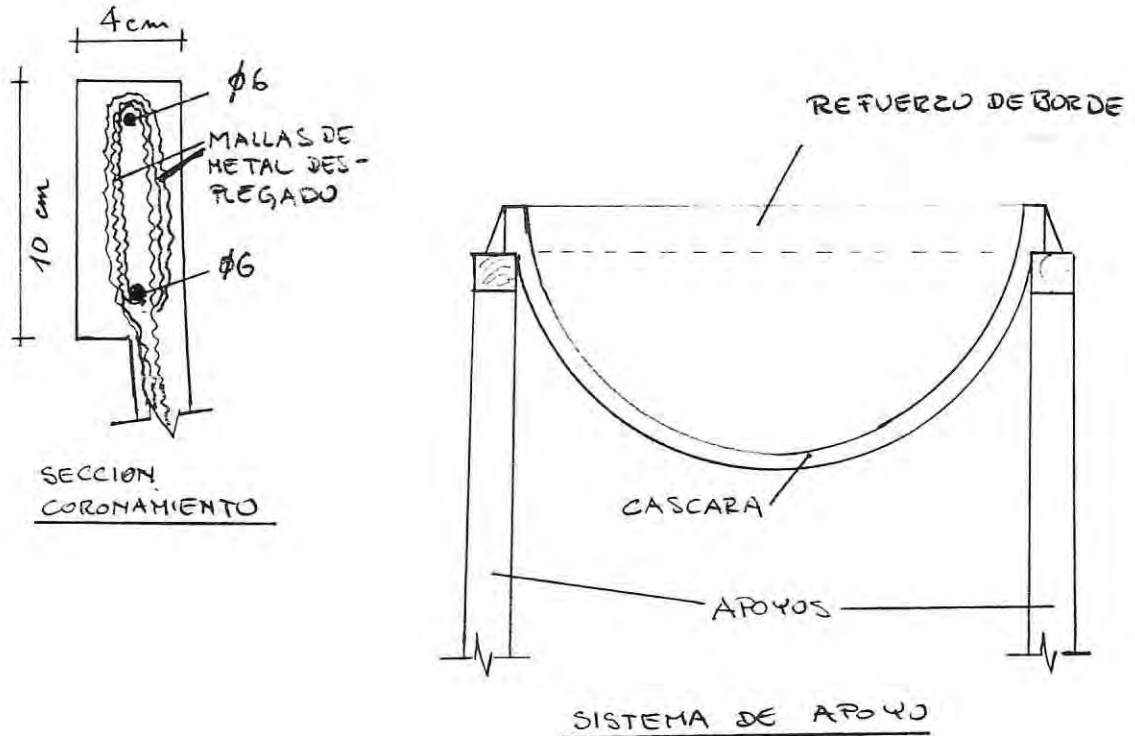
$$30,27 \times 0,4 = 12,108 \text{ kgs. de agua}$$

Peso mortero	=	30,27	cemento
		44,677	arena
		12,108	agua
		<u>87,055</u>	kgs.

+ 10 kgs. aproximados de fierro = 97,055 kgs

Peso aproximado del estanque vacío = 100 kgs.

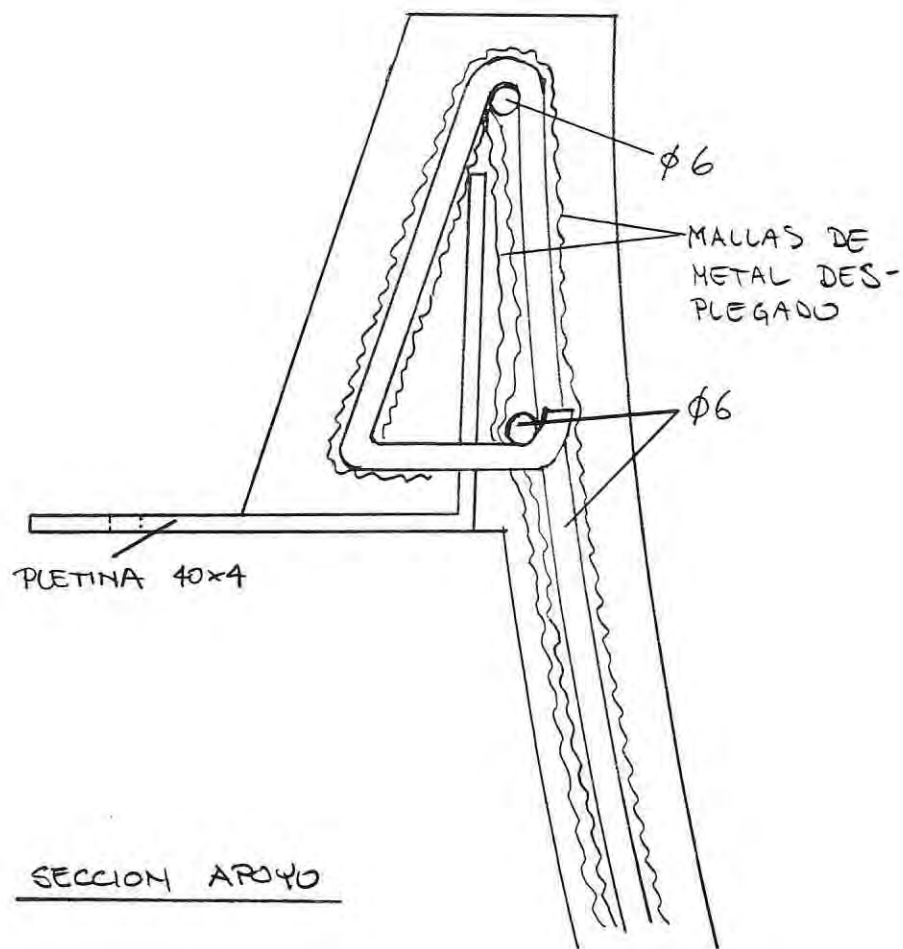
Se decidió apoyar el estanque en su parte superior, es decir, en la zona de coronamiento de éste. La que se trató a modo de refuerzo de borde - armado con 2 $\phi 6$ y la malla de metal desplegado - de la cual se cuelga la cáscara semi-esférica.



Esto permite dar mayor estabilidad al estanque una vez colocado en su sitio de trabajo (torre de madera o fierro).

Además de dejar la cáscara contenedora libre de sollicitaciones exteriores arbitrarias.

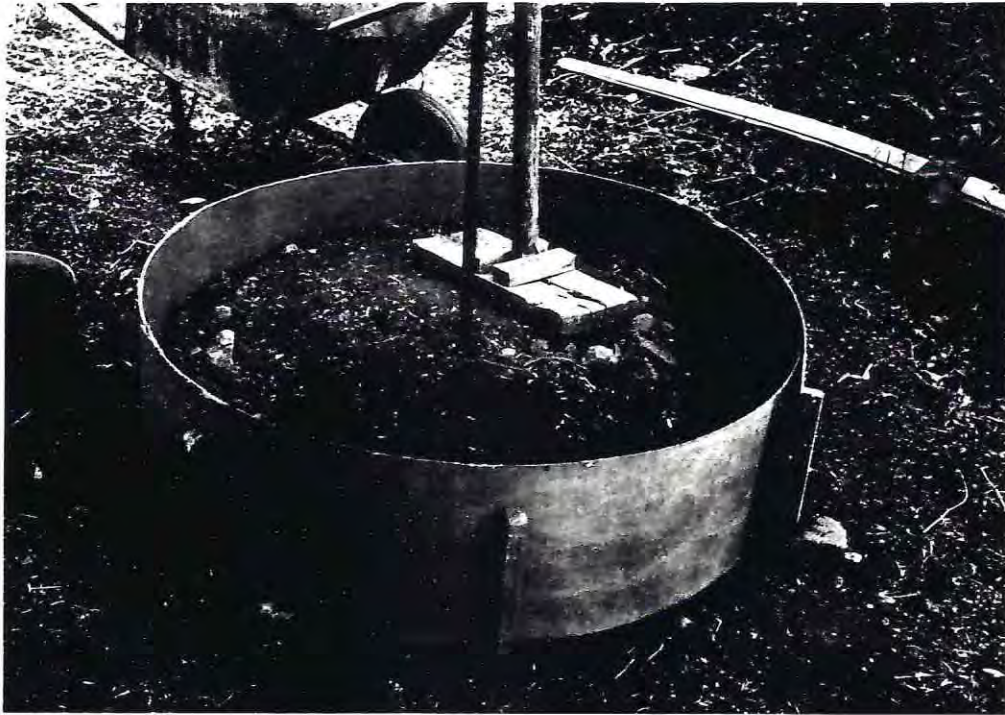
Para apoyar el estanque en la estructura soportante (torre) se diseñaron 4 soportes, con el fin de producir una mayor superficie de contacto entre ambos. A estos soportes se les incorporaron pletinas de fierro de 40 x 4 mm. para fijar ambos elementos (torre y estanque).



ELABORACION DEL ESTANQUE

CONFECCION DEL MOLDE:

Se decidió realizar el moldaje del elemento a construir (estanque de agua potable en ferrocemento) con tierra y mortero por significar un menor costo y una mayor facilidad de trabajo.



Para ello se confeccionó un montículo de tierra con una altura de 60 cms. apisonando y mojando las capas de tierra cada 20 cms.



Luego se le dió la forma aproximada de la curva interior del estanque con la ayuda de una regla curva de radio igual a 62 cms.



La que se hizo rotar en torno a un eje previamente colocado, de manera de obtener la forma de semi-esfera requerida por el elemento a construir.



Una vez realizado este trabajo se procedió a estucar el montículo de tierra con mortero pobre.



Esto se hizo con una proporción de cemento/arena de 1 : 7 lo que da una dosificación de:

$$C = \frac{1.000 - (300 \times 30)}{\frac{1}{3,0} + \frac{7}{2,66}} = \frac{670}{2,9649}$$

$$C = 225,98 \text{ kg.s. cem. } \times m^3$$

Se ocuparon:

$$\begin{aligned} 17 \text{ kgs. de cemento} & \quad (17 \times 1,304 = 22,168 \\ & \quad 22,168 \times 7 = 155,176 \\ & \quad 155,176 : 1,767 = 87,8) \end{aligned}$$

87,8 kgs. de arena

8,5 lts. de agua (razón agua/cemento \approx 0,5)

Luego se procedió a afinar el moldaje con cemento y arena fina en la proporción 1 : 1



lo que da una dosificación de:

$$C = \frac{1.000 - (300 + 30)}{\frac{1}{3,0} + \frac{1}{2,66}} = \frac{670}{0,70927}$$

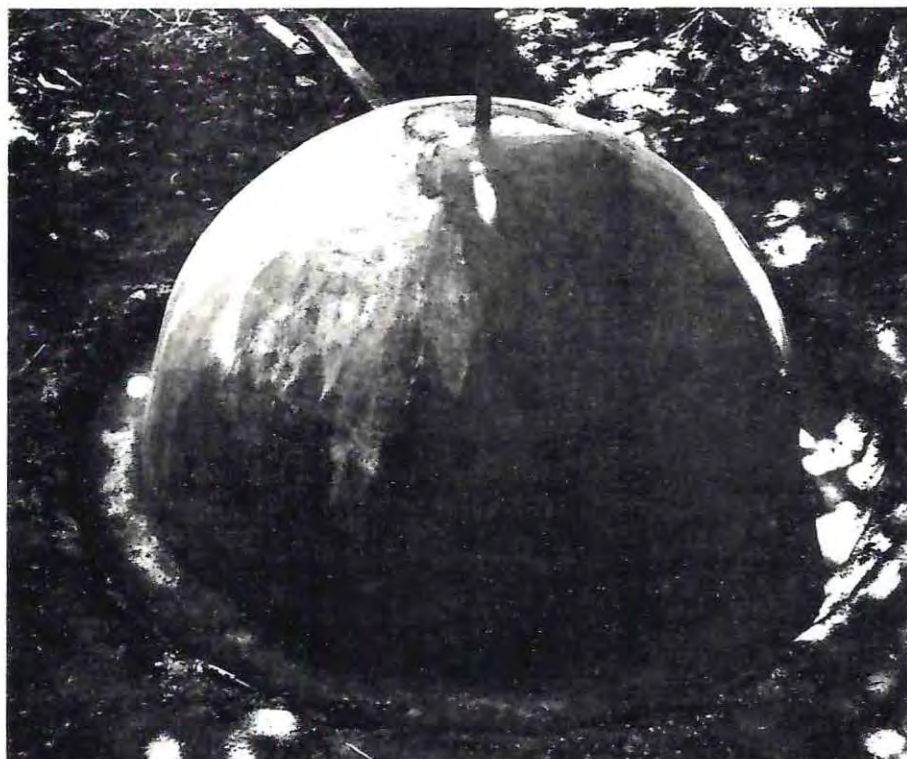
$C = 944,63$ kgs. de cemento x m³

Se ocuparon:

12 kgs. de cemento	(12 x 1,304 = 15,648
	15,648 + 1 = 15,648
	15,648 : 1,767 = 8,85)

3,85 kgs. de arena

6 lts. de agua (razón agua/cemento \approx 0,5)



Al cabo de tres días se pulió la superficie con
lija fina al agua.

ARMADURA:

Para la elección del tipo de malla y la cantidad de armadura a colocar en el estanque se utilizó como apoyo principalmente:

1.- Experiencias realizadas en la U.S.M. con probetas de ferrocemento armadas con diversas cantidades de refuerzos, en las que variaban tanto el diámetro del alambre de la malla como la separación de éstas.

Analizando los resultados obtenidos, se observó que las mayores resistencias se producen con cuantías de fierro de alrededor del 2 %.

2.- La fórmula propuesta por NAAMAN Y SABNIS:

$$N = 1,6 t$$

siendo N = número de mallas

t = espesor

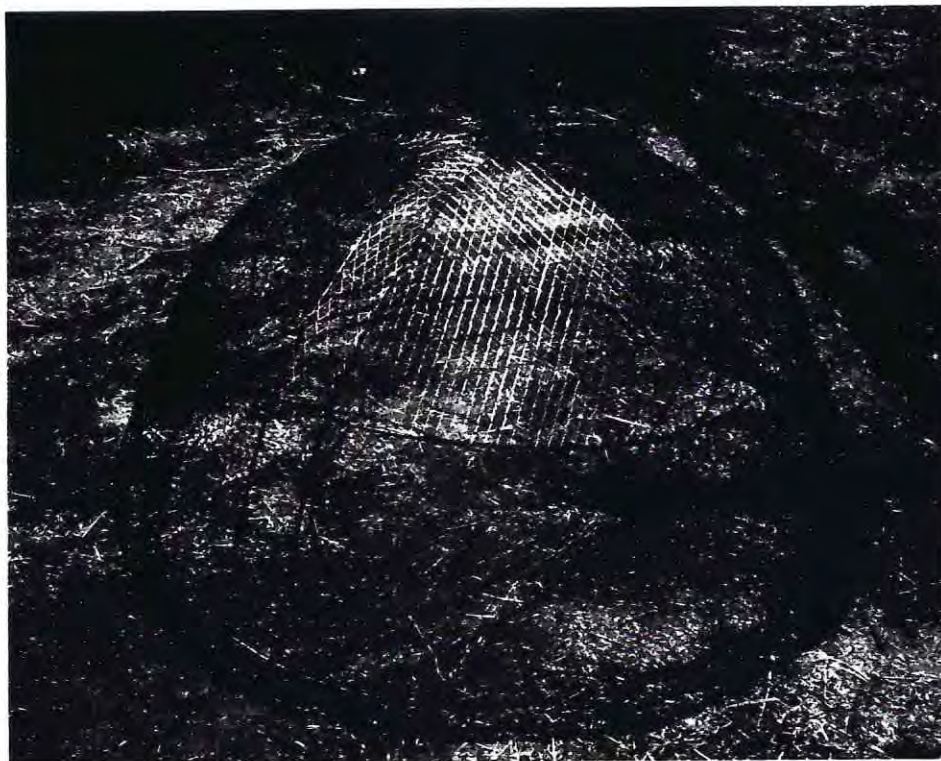
3.- Los resultados obtenidos en la U. de Valparaíso que señalaron una mayor resistencia de la malla de metal desplegado y una mayor facilidad de trabajo.

CUANTIA:

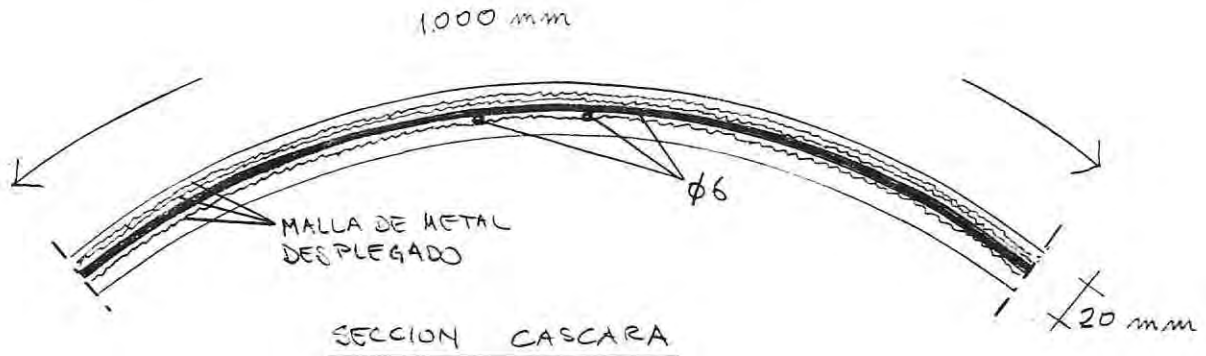
Es una relación entre la sección del refuerzo de fierro y la sección total del elemento. Esta cuantía se expresa generalmente en porcentaje. En el hormigón armado varía entre un 0,2 % y un 3 % dependiendo del

elemento que se trate y su objetivo.

Para conseguir una cuantía de un 2 %, indicada como óptima en las experiencias realizadas en la U.S.M., el estanque debió armarse con tres capas de mallas de metal desplegado 36 x 18 x 2 x 0,5 y con algunas barras de fierro liso de 6 mm., a modo de refuerzo en los puntos de apoyo y en el coronamiento del estanque. Además esta armazón de \varnothing 6 sirvió como estructura de apoyo para impedir el movimiento de las mallas en el proceso de hormigoneado del elemento, ya que éstas se encontraban amarradas entre si y a la estructura de fierro



Cálculo de cuantía en el estanque:



$$1.000 : 18 = 56 \text{ módulos}$$

56 + 1 = 57 secciones de fierro en 1 ml.

$$57 \times 2 \text{ mm.} \times 1 \text{ mm.} = 114 \text{ mm}^2 \text{ (una malla en 1 ml.)}$$

La sección de refuerzo en 1.000 mm. x 20 mm es:

$$3 \text{ capas de mallas} = 3 \times 114 \text{ mm}^2 = 342 \text{ mm}^2$$

$$2 \text{ barras } \phi 6 = 2 \times \pi \times 3^2 \text{ mm}^2 = 56,5 \text{ mm}^2$$

$$\underline{\quad\quad\quad} \\ 398,5 \text{ mm}^2$$

La sección del elemento considerada es de 1.000 mm.
por 20 mm.

$$1.000 \times 20 = 20.000 \text{ mm}^2$$

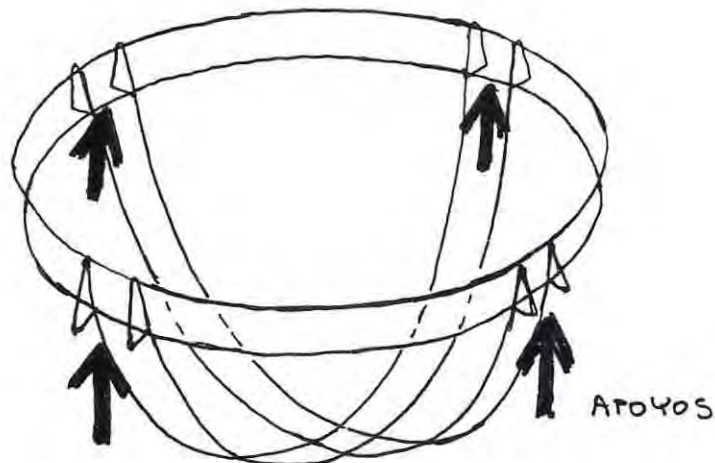
luego la cuantía es:

$$\frac{398,5}{20.000} \times 100 = 1,99 \%$$

Calculo del número de mallas:

$$\begin{aligned} W &= 1,6 \text{ t.} \\ t &= 2 \text{ cms.} \\ N &= 1,6 \times 2 \\ N &= 3,2 \text{ mallas} \end{aligned}$$

Considerando lo expuesto anteriormente, el estanque se armó con la jaula de fierro liso $\phi 6$ dispuesta de tal manera de reforzar los puntos de apoyo y el coronamiento superior y con 2 capas de malla de metal desplegado colocadas en la zona exterior de la semi-esfera, por ser la zona donde existirá una tracción mayor y la tercera capa en la zona interior de la semi-esfera de manera de producir una buena distribución del fierro dentro del elemento.



ESQUEMA ARMADURA $\phi 6$

MORTERO:

Una de las condiciones que debe cumplir el mortero que va a ser usado en un elemento de ferrocemento, es tener una buena consistencia para que quede adherido con facilidad a las mallas y no escurra.

En este caso particular, en que el elemento de ferrocemento es un estanque de agua potable, el mortero debe cumplir otra importante condición la de ser impermeable.

Uno de los factores que influye en la permeabilidad de un mortero es la dosis de cemento. Con una mayor dosis de cemento se consigue una menor permeabilidad. Por lo que se decidió trabajar con una proporción en peso de cemento-arena de 1 : 2

El otro factor que influye notablemente, tanto en la permeabilidad como en la trabajabilidad, entre otras, es la razón agua-cemento.

Para la elaboración del estanque se decidió trabajar con una razón de 0,4, la que permite una buena trabajabilidad y asegura una baja permeabilidad del elemento, según estudios realizados por R.B. WILLIAMSON en la Universidad de California (página 34).

Además la razón agua-cemento indicada disminuye la retracción y aumenta la resistencia del producto final.

Con respecto al árido fino usado en la elaboración del mortero, se recurrió a la arena extraída por la empresa Maggi en Con-con, la cual ya había sido analizada (página 28), arrojando buenos resultados en relación a su calidad y granulometría.

El tamaño de arena utilizado fué el que pasó por el tamiz A.S.T.M. No. 4 de 4,76 mm. de abertura.

En cuanto al cemento, se trabajó con cemento Portland puzolánico corriente, fabricado por Empresas Melón. Debido a que como se explicó antes (página 10), la adición de puzolanas puede aumentar la resistencia del material con el tiempo. Por otro lado, impide la formación de fisuras producidas por la disolución del hidróxido de calcio que se libera al hidratarse el cemento y además mejora la plasticidad del mortero en estado húmedo y por lo tanto su plasticidad.

Material utilizado:

Considerando la relación arena-cemento 1 : 2 y la razón agua-cemento 0,4, se utilizó en la confección del estanque aproximadamente :

41 kgs. de cemento

60,5 " de arena

→ 15,63 lt. de agua
 (41 x 0,4 - 60,5 x porcentaje de humedad de la arena)

No se le incorporó a la mezcla ningún tipo de aditivo para no aumentar los costos.

Amasado:

El mezclado del mortero se realizó con la ayuda de una hormigonera de eje inclinado*, la que se cargó: primero con el 80 % del agua, segundo la arena, tercero el cemento y cuarto el 20 % restante del agua, para asegurar la homogeneidad de la mezcla.

Hormigonado del estanque:

Antes de comenzar la faena de hormigonado del estanque fué necesario pintar el molde con desmoldante. Considerando que la superficie estaba perfectamente pulida y la necesidad de trabajar con productos de bajo costo, se utilizó aceite quemado de automóvil como desmoldante. El cual se aplicó durante tres días (una capa diaria), de modo que el moldaje quedara perfectamente impregnado.

* AUNQUE ES RECOMENDABLE UTILIZAR UNA HORMIGONERA DE EJE VERTICAL, POR TENER MEJOR CALIDAD DE AMASADO, UN MENOR TIEMPO DE REVOLUTA Y UNA MEJOR VISIBILIDAD

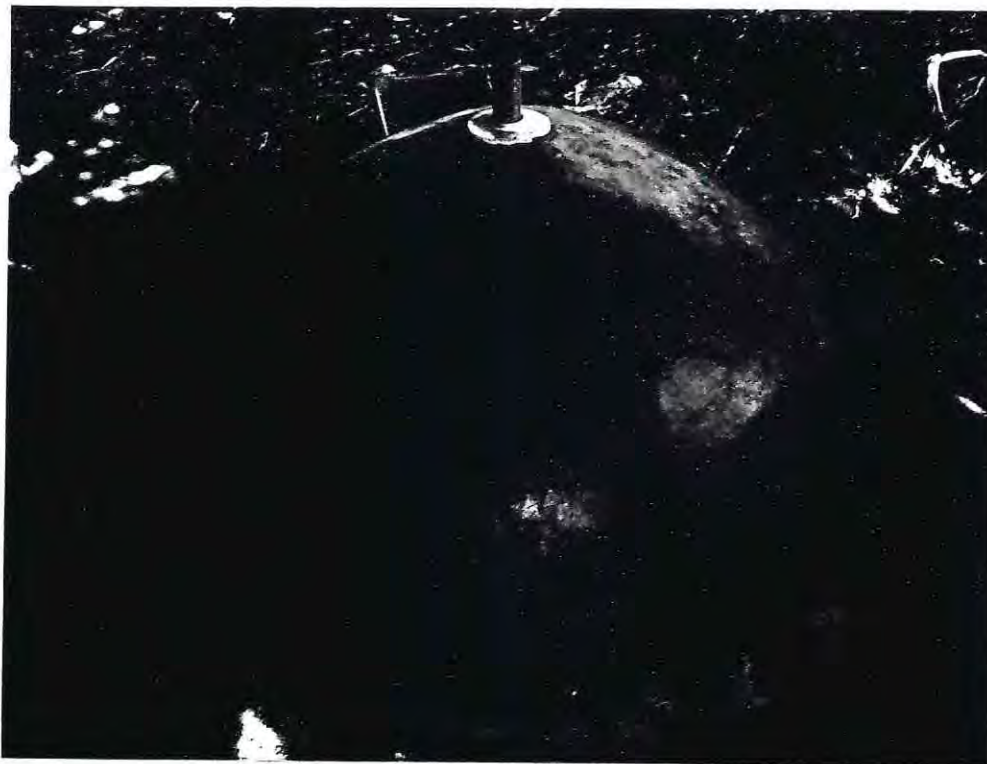


al 4º día se limpió el aceite sobrante con un paño para que el estanque no quedara manchado.

Luego se colocó la "jaula" armada de malla de metal desplegado sobre el molde y se procedió a hormigonar.

Se aplicó el mortero con llana y a mano, repartiéndolo uniformemente por toda la superficie, presionándolo bastante para conseguir una buena penetración en las mallas. Esto se hizo procurando dejar un recubrimiento de 2 mm. sobre la última capa de malla.

Curado :



Una vez concluída esta faena, se inició el proceso de curado, el cual es importantísimo, ya que no deben producirse grietas.

Para ello debió protegerse el estanque de los rayos directos del sol y de la acción del viento.

Además se mantuvo cubierto con paños mojados y con polietileno durante 7 días (tiempo mínimo). Esto puede realizarse también con papeles mojados u otro sistema. Lo importante es evitar la brusca resecación del mortero por la evaporación demasiado rápida del agua de amasado.

Al octavo día se retiró el estanque del molde y se descubrió que el mortero no había penetrado completamente entre las mallas, dejando a la vista partes de ellas.



Por lo que hubo que recubrir el interior aplicando una capa de mortero con la misma dosificación (617,39 kgs. cem. x m³), razón agua/cemento (0,4) y relación arena/cemento (1 : 2).

Material utilizado:

7 kgs. de cemento	(7 x 1,304 = 9,128)
	9,128 x 2 = 18,256
	18,256 : 1,767 = 10,33)

10,33 kgs. de arena

2,67 lts. de agua (razón agua/cemento = 0,4)

Para ello se mantuvo húmeda la pared interior del estanque durante 24 horas. Al día siguiente se picó

la pared y se lavó con agua a presión para sacar todo el mortero suelto. Procediendo luego a hormigonar dicha zona. Posteriormente se continuó con el proceso de curado.



Estanque terminado

Cubierta:

La cubierta del estanque es un elemento que normalmente no está sometido a grandes sollicitaciones, por lo que, y en atención a disminuir costos, se propone hacerlo en otro material, que puede ser algún tipo de madera trabajada (cholguán , masisa pintada) o plástico.

COSTO APROXIMADO DE FABRICACION DEL ESTANQUE

(precios a enero de 1993)

1 - Moldaje:

	Precio x Kg.	Cantidad	Total
Cemento	\$ 55.-	29 kgs.	\$ 1.595.--
Arena	7.-	96,65	676,55
Plancha de cholguán (0.80 x 2 mt.)			1.050.--
Tabla de pino cepi- llado 1" x 2"		2	800.--
		Total:	\$ 4.121,55

2 - Estanque:

	Precio x Kg.	Cantidad	Total
Cemento	\$ 55.-	48 kgs.	\$ 2.640.-
Arena	7.-	70,83	495,81
Malla de metal desplegado (36 x 18 x 2 x 0,5)	450.-	9 m ²	4.050.-
Arriendo hormigonera			5.000.-
Salida de agua (fierro) 2"			3.000.-
Pletina 600 x 40 x 4			236.-
			\$ 15.421,81

=====

Costo total (moldaje base + estanque) = \$ 19.543,36

Comparación de costos con otros tipos de estanques
(precios promedio en el comercio, enero 1993)

<u>Tipo de estanques</u>	<u>Precio</u>	<u>Peso</u>
Asbesto cemento	\$ 48.000.-	94 kgs.
Polietileno	40.000.-	15 lgs.
Fibra de vidrio	47.000.-	20 kgs.
Acero inoxidable:	El valor de los estanques en fierro o acero inoxidable es bastante más alto y es necesario encargarlos a una maestranza, ya que no existen normalmente estanques para agua potable en esos materiales.	

Estanque de ferrocemento

autofabricado (Moldaje	<u>Precio</u>	<u>Peso app.</u>
incluido)	\$ 19.543,36	130 kgs.
	+ M.O y otros	
	+ IVA	

Nota: El costo puede reducirse si se fabrica en serie, ya que se reutilizaría el moldaje.

CONCLUSIONES :

- 1 - El sistema de auto-construcción del estanque de ferrocemento resulta bastante más económico que la adquisición en el comercio de los estanques de agua potable convencionales. Recordemos que estos últimos deben ser comprados fabricados.

- 2 - El estanque en ferrocemento debería tener una durabilidad y resistencia mayor que los estanques convencionales. Además, en caso de ruptura por algún golpe, es fácilmente reparable. No así los estanques en asbesto cemento, polietileno, → *recuerdo de 100%*
? fibra de vidrio o fierro.
que

- 3 - En cuanto al peso, si bien el estanque en ferrocemento es más pesado que los convencionales, sobre todo en comparación con los de polietileno y fibra de vidrio, lo que dificulta la colocación en su sitio de trabajo (torre), también es cierto que en la comparación del peso total del elemento en condiciones de trabajo (peso estanque más peso del agua) la diferencia no es tan importante: aproximadamente un 6% más pesado que el estanque

en asbesto cemento (el más usado) por lo que no se requiere de una estructura soportante mucho más costosa.

- 4 - Para realizar un elemento en ferrocemento (o en hormigón armado) es necesario conocer las características de los materiales a utilizar, de manera de optimizar el resultado.



Dosificación	30
Pruebas	31
Dosificación mortero utilizado	33
Razón agua/cemento	34
Mallas	35
Resultado de ensayos	36
Conclusión	43
Diseño	44
Pre-cálculo	45

CAPITULO III

(Elaboración del estanque)

Confección del molde	49
Armadura	55
Cuantía	55
Cálculo de cuantía del estanque	57
Cálculo número de mallas	57
Mortero	59
Amasado	61
Hormigonado del estanque	61
Curado	63
Cubierta	65
Costo aproximado	66
Comparación de costos	67
Conclusión	68

INDICE DE MATERIAS

	Pág.
Introducción.....	1
Objetivos básicos	2
Antecedentes	2

CAPITULO I

(Antecedentes)

Descripción y definición del ferrocemento	3
Materiales componentes del ferrocemento	6
Mortero	6
Mallas de refuerzos	7
Aditivos	10
Técnicas constructivas	11
Fases tentativas del proceso constructivo	13
a) Preparación y montaje de la jaula de armadura.....	13
b) Mezclado	14
c) Colocación del mortero	14
d) Curado	14
Impermeabilidad	15
Condiciones para el diseño	16
Diseño	16
Ejecución	16
Bibliografía	18

CAPITULO II

(Ensayes, pruebas y análisis)

Aproximación al cálculo de materiales	21
Trenzado de mallas para probetas	26
Primeros análisis en laboratorio	28
1.- Análisis granulométrico	28
2.- Módulo de fineza	29
3.- Densidad	29
4.- Porcentaje de hueco	29
5.- Humedad contenida	29
6.- Humedad de absorción	30
7.- Peso específico árido fino	30