

Aunque estoy de acuerdo con tu punto de vista, debo evadir la impresión de que la adecuabilidad estructural y la durabilidad, pueden garantizarse por completo por inspección previa al colado. Con el riesgo de parecer reaccionario, quiero apoyar el ensayo de resistencia. En el proyecto de una esclusa en el Río Ohio, demolimos 2,300 metros cúbicos (3,000 yardas cúbicas) de concreto de baja calidad, que había pasado la inspección previa al colado con todo éxito. Lo que debió haber sucedido, dirías tu, es que el cemento y la ceniza en su almacenamiento, estaban separados por una sola lámina de acero y la soldadura que soportaba al tabique divisorio se había roto a lo largo de más de un metro, de tal manera que la tolva se contaminó seriamente con ceniza. Nunca se le ocurrió a nadie que la soldadura necesitara inspección. Aunque hemos corregido ese problema en particular en nuestras especificaciones, nadie sabe qué otros accidentes puedan aparecer en el futuro. Creo que el diseñador merece seguridad de que eso que se encuentra en las formas va a desarrollar resistencia. Tengo entendido, sin embargo, que esta seguridad puede darse en 24 horas."

CONCLUSION.-

El tiempo para saber que la mezcla de concreto contiene las cantidades apropiadas de cada tamaño de agregado, de cemento, de agua y de cada aditivo solicitado por el proporcionamiento, es cuando se introducen los ingredientes a la revolvedora; no más tarde.

El tiempo para saber que la resistencia no será baja debido al exceso de aire incluido, es cuando se efectúa la prueba de contenido de aire o cuando la textura de la mezcla es juzgada por el inspector; no más tarde.

El tiempo para estar seguros de que la resistencia no estará baja debido a un excesivo contenido de agua inadvertido, es cuando se efectúe la prueba de revenimiento o sea juzgado éste por el inspector; no más tarde.

El tiempo para estar superasegurados de que todo está bien, es cuando estén listos los resultados de las pruebas aceleradas de resistencia a las 24, 28 1/2 o 49 horas después de colados los especímenes, dependiendo de los procedimientos de la designación ASTM C 684 (ASTM 1973) que uno haya elegido; no más tarde.

Traducción: Ing. Carlos Macías Campirán.
Revisión de traducción: Ing. Raymundo Rivera Villarreal

EL FERROCEMENTO Y SUS POSIBLES APLICACIONES EN MEXICO.

José Castro Orvañanos*
Carlos Javier Mendoza*
Alberto Fuentes**
Enrique Erazo**

RESUMEN

Aunque el ferrocemento fue ideado desde fines del siglo pasado, a la fecha se ha usado poco y el conocimiento que sobre él se tiene es bastante limitado.

Por lo tanto, la idea central de este trabajo es resaltar las grandes posibilidades que tiene su aplicación en la República Mexicana, así como la necesidad de estudiarlo más a fondo para conocerlo mejor.

Se presenta necesariamente una introducción que involucra desde la descripción del propio material, las experiencias obtenidas en algunos países y las conclusiones que a través de ellas se tienen.

Se comentan las diversas aplicaciones posibles en la República Mexicana y se presenta el estudio realizado en el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. sobre el comportamiento bajo tensión, que incluye la descripción de las pruebas desarrolladas, los resultados obtenidos y conclusiones.

* Profesor investigador, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
** Ayudante investigador, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.

INDICE

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- POSIBLES APLICACIONES EN MEXICO
 - 2.1.- Embarcaciones
 - 2.2.- Silos
 - 2.3.- Techumbres
 - 2.4.- Depósitos de agua y fosas sépticas
- 3.- COMPORTAMIENTO BAJO TENSION
 - 3.1.- Antecedentes
 - 3.2.- Descripción de las pruebas desarrolladas
 - 3.3.- Resultados obtenidos
 - 3.4.- Conclusiones
- 4.- RECONOCIMIENTO
- 5.- REFERENCIAS
- 6.- TABLAS

1.- INTRODUCCION.

El ferrocemento es un material compuesto de varias capas de malla de alambre mezcladas con mortero de cemento-arena de 3 cm de espesor máximo (16), con determinadas propiedades que lo hacen atractivo para su aplicación en variados usos.

Se han obtenido experiencias positivas en diversas partes del mundo al emplear este material, que han sido difundidas en revistas, artículos técnicos (1 a 16) y publicaciones oficiales de instituciones como las Naciones Unidas (17), Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (18), e Instituto Asiático de Tecnología de Bangkok (19 y 20).

De las referencias citadas pueden formularse las siguientes conclusiones:

- a) Un porcentaje elevado del costo total de productos de ferrocemento, lo constituye la mano de obra empleada en su fabricación.
- b) No son necesarias instalaciones o equipos que representen inversiones considerables, ni mano de obra especializada.
- c) Las propiedades físicas de resistencia, permeabilidad, etc., así como la forma sencilla de construcción, bajo costo inicial y fácil reparación en caso de daños, hacen del ferrocemento un material especialmente recomendable para ciertas aplicaciones.

En varias partes del mundo hay interés por conocer el comportamiento real del ferrocemento. Es opinión generalizada que este tema se ha estudiado poco y que es necesario incrementar los esfuerzos para conocer mejor sus propiedades (4, 22 y 24).

Con base en estos antecedentes, el Instituto de Ingeniería decidió desarrollar una tecnología propia sobre el empleo del ferrocemento, que se adapte a las condiciones socioeconómicas del país y utilice los recursos disponibles, ya que la correcta aplicación de dicho material puede acarrear importantes beneficios a la comunidad.

Como una primera etapa de trabajo en el desarrollo de dicha tecnología, se hizo un estudio somero sobre el comportamiento de dicho material sujeto a esfuerzos de tensión, con el objeto fundamental de investigar las características de los materiales componentes disponibles en el mercado y desarrollar un criterio general para su selección, considerando sus características particulares de resistencia, facilidad de manejo, costo etc.

Dicho estudio servirá como una primera experiencia en el manejo y fabricación del ferrocemento, y en el desarrollo de algunas técnicas especiales de laboratorio, como medición de grietas.

2.- POSIBLES APLICACIONES EN NUESTRO PAIS

Podrían mencionarse variadas y numerosas aplicaciones del ferrocemento.

mento, pero en este trabajo se tratarán únicamente cuatro por considerarlas apropiadas en la solución, a nivel nacional, de algunos problemas serios, dadas las condiciones especiales de nuestro país, las políticas establecidas de uso intensivo de mano de obra, tecnologías propias, etc. Cualquiera de ellas sería de considerable valor para nuestro medio, ya que podría aprovecharse la mano de obra no especializada, en obras en que los beneficiarios fuesen a la vez realizadores físicos, obteniéndose ventajas de tipo económico y de tipo educacional de formación de espíritu comunitario, y de trabajo a las poblaciones de bajos recursos económicos.

2.1.- Embarcaciones.

Ya se cuenta con cierta experiencia en este campo en varios países como Nueva Zelanda, Inglaterra, Canadá, Estados Unidos y otros, donde se empieza a fabricar en forma industrial embarcaciones de ferrocemento. En la actualidad existen también firmas comerciales que asesoran en la construcción de embarcaciones de ferrocemento y proporcionan planos y especificaciones en casos particulares (23).

Se hace mención especial de la experiencia que China ha obtenido en este campo, por la similitud con las condiciones de nuestro país en cuanto a la escasez de utilización de mano de obra y poca disponibilidad de recursos económicos. En dicho país se desarrolló un programa de construcción de barcazas de ferrocemento ("sampanes") en las aldeas, con objeto de solucionar el problema de transporte de los productos agrícolas, principalmente de la región septentrional. Según la publicación de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos (18), el notable cambio socioeconómico observado en poblados de esa zona, se atribuye fundamentalmente a dicho programa. (foto 1).

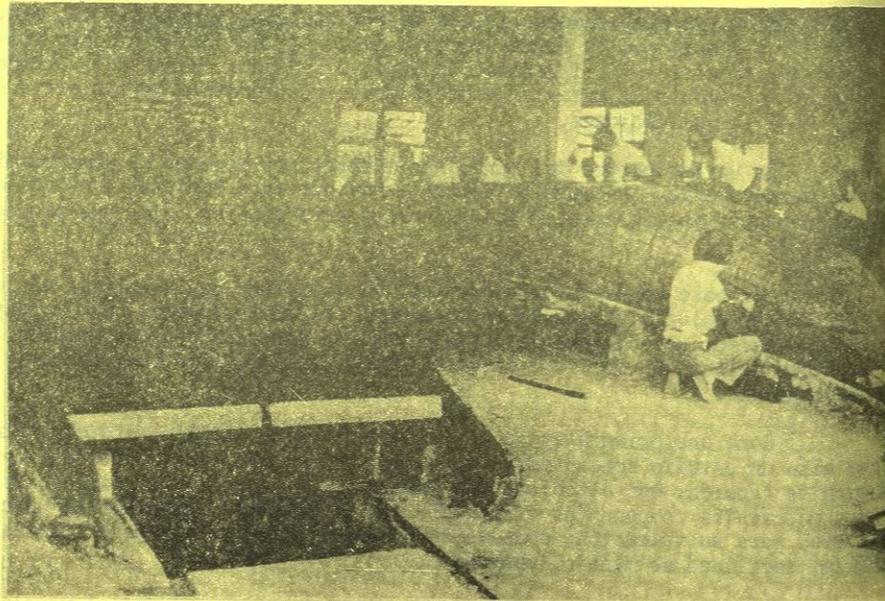


Foto 1 Embarcaciones de ferrocemento

Considerando la gran extensión de litorales, esteros y lagunas de nuestro país, y los pocos recursos económicos disponibles para desarrollar la pesca, se puede concluir que el uso del ferrocemento en la construcción de embarcaciones podría ser una aportación importante para la solución de problemas tan graves como el alimenticio y el desempleo.

2.2.- Silos.

En la construcción de silos de ferrocemento para el almacenamiento de granos y semillas no se han tenido experiencias tan importantes como en embarcaciones, pero son dignas de mencionarse como sobresalientes las obtenidas en Tailandia y Nueva Zelanda (18), así como los estudios realizados en este campo por el Instituto Asiático de Tecnología (19).

En todos los casos, además de resaltar las propiedades generales -- mencionadas de productos elaborados de ferrocemento (sencillez de construcción, bajo costo, etc.), se hace notar que debido al hermetismo logrado al no permitirse acceso de aire o agua, se logra una magnífica conservación del producto almacenado (fotos 2-a y 2-b)

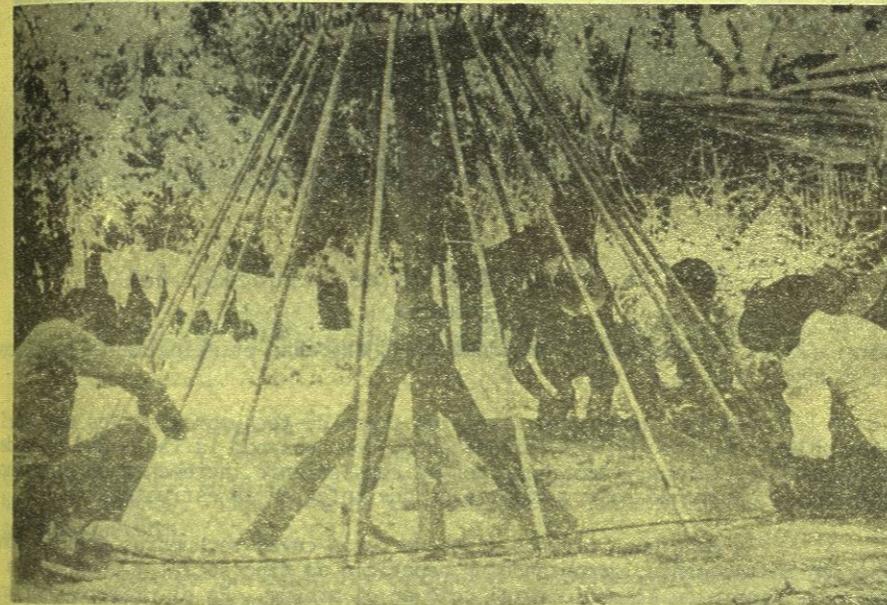


Foto 2a Sencillez de construcción del armado de un silo

Al considerarse nuevamente las condiciones y necesidades del país, es obvia la importancia de un programa nacional de construcción de este tipo de silos, ya que además de formar conciencia al hacer partícipe al campesino en la construcción de sus propios medios de almacenamiento, ayudaría a solucionar el grave problema de falta de capacidad de almacenamiento de granos y semillas. Además, como el campesino dispondría de facilidades de almacenamiento contiguo a sus tierras, no tendría necesidad de vender sus productos inmediatamente después de la cosecha, para tener que comprarlos posteriormente para su autoconsumo a un precio mucho más elevado.

2.3.- Techumbres:

Se cuenta ya con variadas experiencias en el campo de construcción de techumbres de ferrocemento, entre las que podrían mencionarse las realizadas --

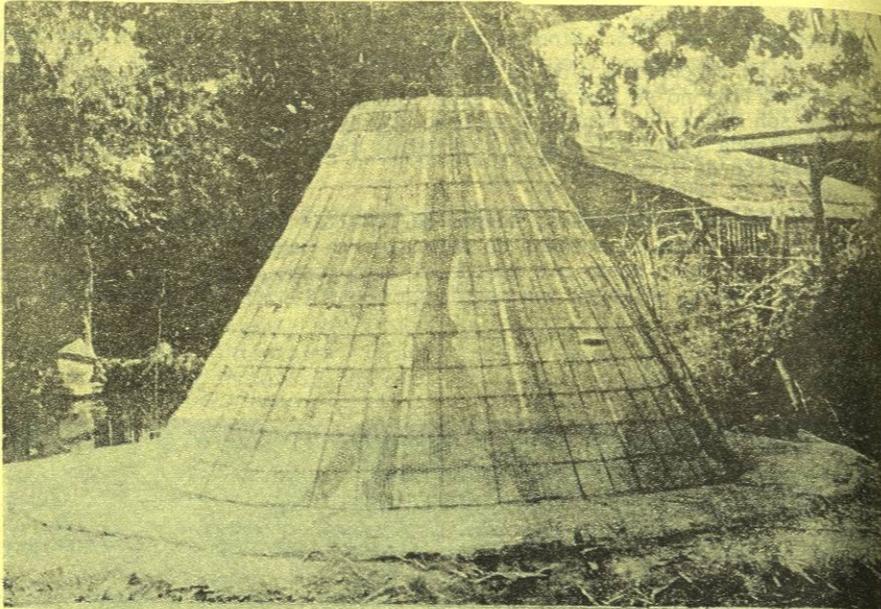


Foto 2b Sencillez de construcción del armado

por Nervi (2) en Italia y G. K. Khaidukov (1), logradas principalmente en Checoslovaquia y Rusia, las de R. Walkus (16), etc.

Podrían enumerarse distintos tipos de techumbres en los que sería muy favorable la aplicación del ferrocemento, aprovechando la facilidad de poder lograr diferentes formas geométricas con el consiguiente incremento de eficiencia estructural, y ahorro de peso y materiales que integran la estructura.

Se mencionan algunos tipos de obras cuyas techumbres podrían construirse con ferrocemento, reportando un beneficio de tipo social y económico a nuestro país, tanto en el medio rural como en el urbano. En el primero podrían darse obras de tipo comunal: aulas, costureros, comisariados, bodegas, porquerizas, etc., o bien las de tipo particular, como casas habitación, pequeños talleres, tiendas, etc.

Se piensa que para la CONASUPO o ANDSA, el uso del ferrocemento en la construcción de sus bodegas o silos, representaría no sólo un ahorro económico sino también una forma efectiva de ayudar al campesino, ya que como se mencionó antes, un elevado porcentaje del costo de construcción lo representa la mano de obra no especializada (foto 3).

Debido a su importancia habría que mencionar también la autoconstrucción y reconstrucción de viviendas, en cuyo caso la aplicación del ferrocemento representaría sin duda un paso importante en la solución de un problema grave poco estudiado hasta la fecha.

2.4.- Depósito de agua y fosas sépticas.

Se tiene conocimiento de experiencias sumamente atractivas obtenidas en Nueva Zelanda (18) sobre la construcción con ferrocemento de tanques de

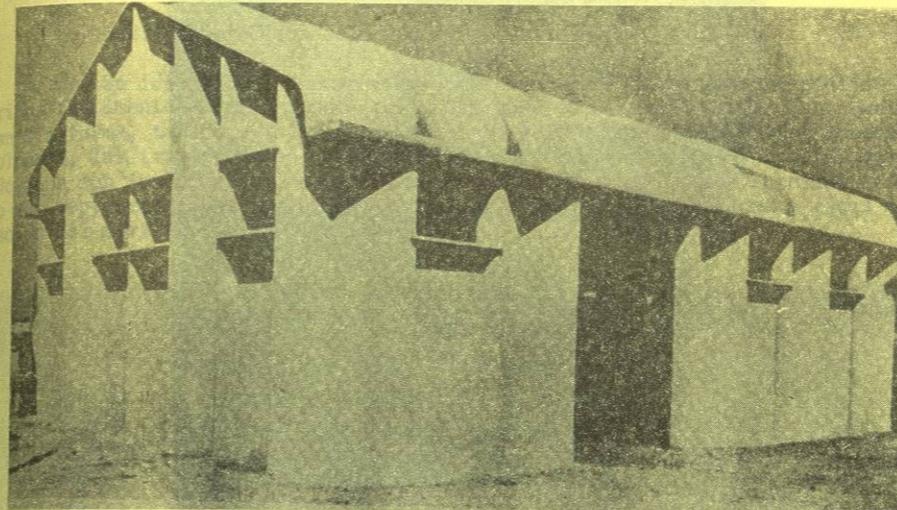


Foto 3 Techumbres de ferrocemento

de depósito de agua de 0.8 m^3 a 20 m^3 , que ya se fabrican en forma industrial con garantía hasta de 25 años. También se ha generalizado la construcción de fosas sépticas con ferrocemento.

Se cree que tanto los tanques de almacenamiento como las fosas sépticas construidas con ferrocemento por los usuarios de pequeños poblados, representan una ayuda muy importante en el desarrollo de programas de suministro de agua potable y saneamiento ambiental, como los que realiza la Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (foto 4).

3.- COMPORTAMIENTO BAJO TENSION.

3.1.- Antecedentes.

Para lograr los objetivos mencionados anteriormente, consistentes en investigar las características de los materiales componentes disponibles en el mercado y en desarrollar un criterio para su selección, se realizó un estudio sobre el comportamiento del ferrocemento bajo tensión.

Se decidió seguir este camino, debido a que lo importante para el logro de los objetivos establecidos es el conocimiento del comportamiento de las mallas de refuerzo, el cual puede ser conocido precisamente a través de pruebas de tensión, si se conservan constantes las características del mortero con el que se fabrican los especímenes.

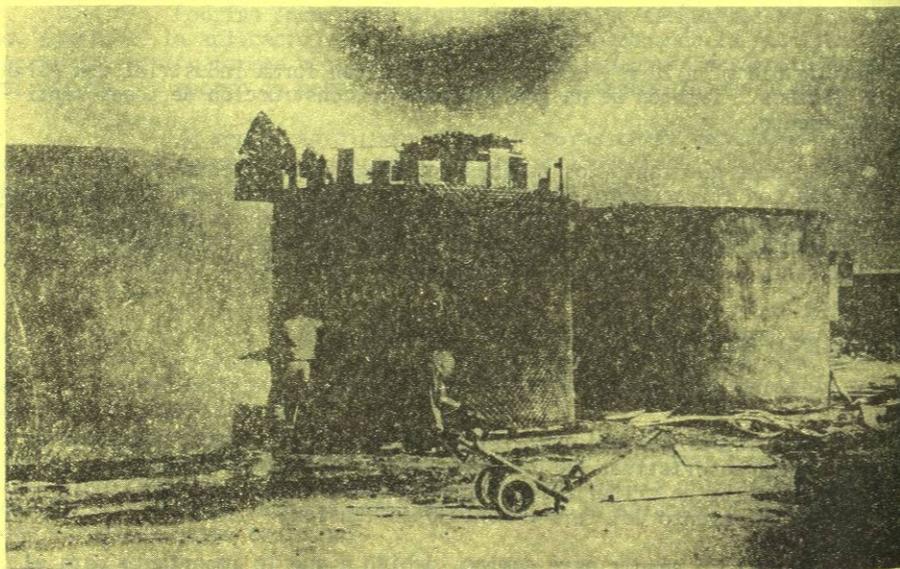
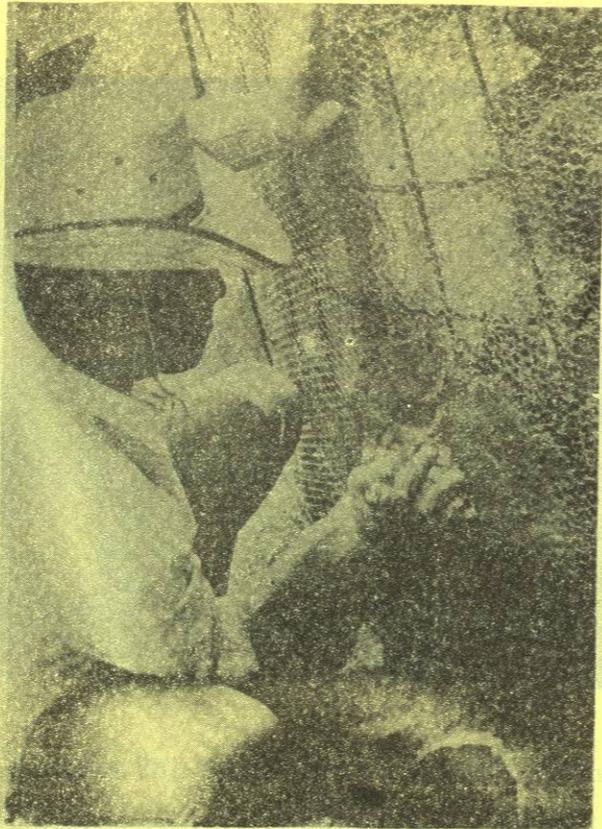


Foto 4 Tanques de almacenamiento

3.2.- Descripción de las pruebas desarrolladas.

3.2.1.- Selección del tipo de refuerzo.

Se identificaron en primer lugar los tipos de mallas que podrían ser adquiridos fácilmente en el mercado (tabla 1), y se escogieron las más funcionales en cuanto a forma, tamaño, resistencia, etc. Se seleccionaron las mallas cuadradas soldadas, las tradicionales de tela de gallinero exagonal y las de metal desplegado, que son las cinco primeras que aparecen en la tabla 1, por haberlas considerado más representativas y con mayores ventajas por su moldeabilidad y fácil aplicación del mortero sobre ellas (foto 5).

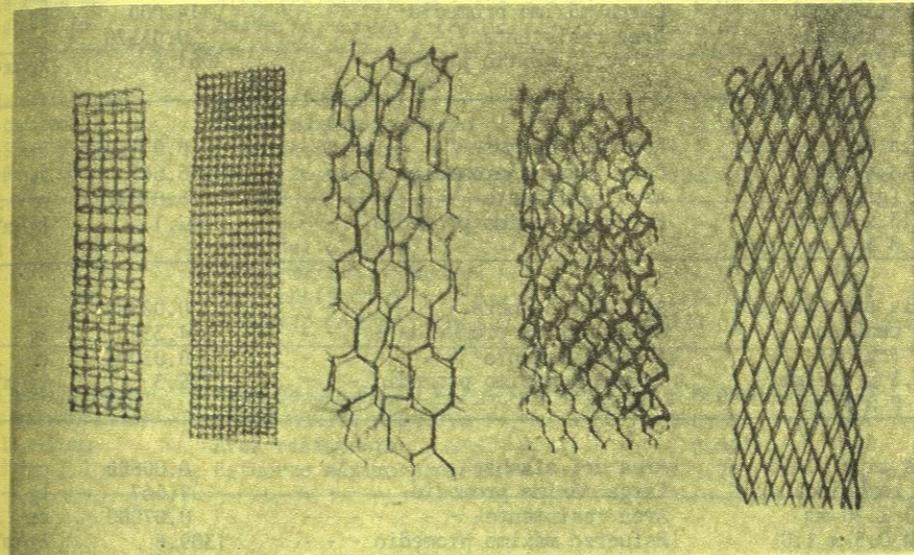


Foto 5 Mallas utilizadas en el estudio del comportamiento del ferrocemento en tensión.

3.2.2.- Mortero.

Para eliminar al mortero como una de las variables que podrían intervenir en el estudio, se trató de que fuese lo más uniforme posible.

En su fabricación se empleó únicamente arena andesítica (arena azul típica del Distrito Federal) que pasa la malla número 8, cemento Portland tipo III y puzolana, usando la siguiente dosificación: agua/cemento = 0.6 y arena/cemento = 1.5, sustituyendo el 10 por ciento del peso del cemento con puzolana; se hicieron varias pruebas a la arena empleada, obteniendo una densidad = 2.31, absorción 3.53 por ciento y humedad = 1.0 a 1.6 por ciento.

Para garantizar la uniformidad del mortero, se respetaron los siguientes procedimientos en la elaboración de cada revoltura:

- Se realizaron pruebas de humedad en la arena para hacer al proporcionamiento las correcciones que fuesen pertinentes, y conservar la relación agua/cemento = 0.6.
- Se conservaron constantes forma y tiempo de mezclado (7 min.).

TABLA 1.- MALLAS DE FACIL ADQUISICION Y SUS CARACTERISTICAS.

TIPOS DE MALLAS	C A R A C T E R I S T I C A S		
1 Tela de gallinero hexagonal (grande) 26 x 39 mm Ø 0.8 mm	Area del alambre - - - - - Carga máxima promedio - - - - - Area resistente - - - - - Esfuerzo máximo promedio - - - - -	0.005026 48.333 0.03016 1602.6	cm ² kg cm ² kg/cm ²
2 Tela de gallinero hexagonal (chica) 19 x 14.3 mm Ø 0.8 mm	Area del alambre - - - - - Carga máxima promedio - - - - - Area resistente - - - - - Esfuerzo máximo promedio - - - - -	0.005026 114.000 0.05529 2061.8	cm ² kg cm ² kg/cm ²
3 Malla entrelazada cuadrada (grande) 13 x 13 mm Ø 1.2 mm	Area del alambre - - - - - Carga máxima promedio - - - - - Area resistente - - - - - Esfuerzo máximo promedio - - - - -	0.01131 256.667 0.07917 3242.1	cm ² kg cm ² kg/cm ²
4 Malla entrelazada cuadrada (chica) 6.3 x 6.3 mm Ø 0.7 mm	Area del alambre - - - - - Carga máxima promedio - - - - - Area resistente - - - - - Esfuerzo máximo promedio - - - - -	0.003848 114.330 0.05003 2285.3	cm ² kg cm ² kg/cm ²
5 Tela tipo plafón romboidal 10 x 20 mm Ø 0.5 x 1.0	Area del alambre - - - - - Carga máxima promedio - - - - - Area resistente - - - - - Esfuerzo máximo promedio - - - - -	0.00500 91.667 0.07000 1309.5	cm ² kg cm ² kg/cm ²
6 Tela de gallinero hexagonal (mediana) 27 x 27 mm Ø 0.6 mm	Area del alambre - - - - - Carga máxima promedio - - - - - Area resistente - - - - - Esfuerzo máximo promedio - - - - -	0.002922 70.000 0.02338 2994.012	cm ² kg cm ² kg/cm ²
7 Malla entrelazada cuadrada (mediana) 8 x 8 mm Ø 0.8 mm	Area del alambre - - - - - Carga máxima promedio - - - - - Area resistente - - - - - Esfuerzo máximo promedio - - - - -	0.005026 215.00 0.06221 3455.92	cm ² kg cm ² kg/cm ²
8 Malla entrelazada cuadrada 4.3 x 4.3 mm Ø 0.6 mm	Area del alambre - - - - - Carga máxima promedio - - - - - Area resistente - - - - - Esfuerzo máximo promedio - - - - -	0.002827 98.32 0.03958 2484.08	cm ² kg cm ² kg/cm ²

continúa...

TIPOS DE MALLAS	C A R A C T E R I S T I C A S		
9 Tela de gallinero cuadrada 4.1 x 4.1 mm Ø 0.6 mm	Area del alambre - - - - - Carga máxima promedio - - - - - Area resistente - - - - - Esfuerzo máximo promedio - - - - -	0.002827 82.88 0.04240 1954.72	cm ² kg cm ² kg/cm ²
10 Malla entrelazada cuadrada 3.8 x 3.8 mm Ø 0.55 mm	Area del alambre - - - - - Carga máxima promedio - - - - - Area resistente - - - - - Esfuerzo máximo promedio - - - - -	0.002376 76.12 0.04277 1782.67	cm ² kg cm ² kg/cm ²
11 Malla entrelazada cuadrada 2.8 x 2.8 mm Ø 0.5 mm	Area del alambre - - - - - Carga máxima promedio - - - - - Area resistente - - - - - Esfuerzo máximo promedio - - - - -	0.001964 52.96 0.04714 1123.462	cm ² kg cm ² kg/cm ²
12 Tela de mosquitero 1.8 x 1.8 mm Ø 0.2 mm	Area del alambre - - - - - Carga máxima promedio - - - - - Area resistente - - - - - Esfuerzo máximo promedio - - - - -	0.000314 24.07 0.0113 2130.08	cm ² kg cm ² kg/cm ²
13 Tela metal desplegado (galvanizado) 10 x 5 mm Ø 0.5 x 2.0 mm	Area de alambre - - - - - Carga máxima promedio - - - - - Area resistente - - - - - Esfuerzo máximo promedio - - - - -	0.00100 170.33 0.022 7742.27	cm ² kg cm ² kg/cm ²

Nota.- Las muestras estaban formadas por tres especímenes.