



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**APORTACION AL ESTUDIO DE CONCRETO
DE BAJA DENSIDAD REFORZADO
CON FIBRA**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N**

**JOSE LUIS URBANO VIDALES
ARMANDO LUNA CENTENO
JOEL ALAN GANCHOLA MONSIVAIS**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS 1978
M. 73
BOHA _____
COC _____
S _____



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUIMICA
LIBRERIA

UN AGRADECIMIENTO SINCERO PARA TODAS
AQUELAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON
EN FORMA DIRECTA E INDIRECTA PARA LA
CULMINACION DE ESTE TRABAJO.

Jurado asignado
originalmente se-
gun el tema

PRESIDENTE: Prof. Julio Teran Zavaleta
VOCAL: Prof. Fernando Iturbe Hermann
SECRETARIO: Prof. Guillermo Alcayde La
corte
1er. SUPLENTE: Prof. Rolando Baron Ruiz
2do. SUPLENTE: Prof. Margarita González
Teran

Sitio donde se desarro-
lló el tema.

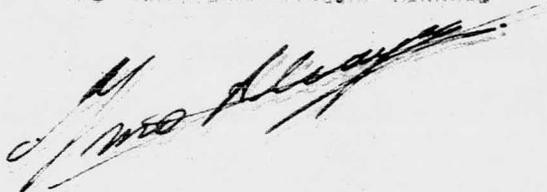
Centro de Investigación de materiales
U N A N .

Sustentantes

José Luis Urbano Vidales.- Armando Luna
Centeno.- Joel Alan Canchola Monsivais

Asesor

Ing. Guillermo Alcayde Lacorte



I N D I C E .

1.- Introducción.	1
2.- Objetivos.	2
3.- Generalidades.	2
3.1 Definición y clasificación del cemento.	3
3.2 Productos del cemento Portland.	8
3.3 Calor de hidratación.	15
3.4 Elección y graduación del agregado.	16
3.5 Polímeros.	21
3.6 Refuerzo del concreto con fibras.	28
3.7 Fibras (Poliéster y Acrílico).	36
4.- Desarrollo experimental y resultados.	42
5.- Breve estudio económico.	59
6.- Conclusiones.	66
7.- Apendice	69
8.- Bibliografía.	71

APORTACIONES AL ESTUDIO DE CONCRETO DE BAJA DENSIDAD
REFORZADOS CON FIBRA.

1 INTRODUCCION.

En la actualidad, la demanda de materiales de construcción en nuestro país se ha intensificado en forma notoria debido a los programas masivos de construcción que se han planeado; como resultado de esta demanda, se suscita un fenómeno de escasez de muchos de ellos y por otra parte el encarecimiento que trae consigo ésta soli citud de los materiales convencionales de construcción; se piensa - que esta situación podría aliviarse en parte mediante la adopción - de nuevos materiales que por sus características, localización y propiedades puedan adaptarse en la industria de la construcción.

Entre estos materiales se encuentran los poliméricos y para favorecer su posible penetración, se puede restringir en un principio a los denominados materiales compuestos, estos materiales en -- principio están constituidos por una matriz polimérica y algún ma - terial convencional.

Por otra parte se observa una preferencia en general de uti - zar materiales de baja densidad, por tal motivo se ideó la posibi - lidad de realizar experimentos con concretos de baja densidad y re - forzados con fibras sintéticas que se pueden disponer comercialmen - te con características de resistencia que pueden ser interesantes.

El objeto de este trabajo es de presentar una serie de plan - teamientos que permitan obtener un concreto que satisfaga los requi - sitos de aplicación, a partir de materiales no convencionales, los - procesos y los resultados obtenidos, en función de los cuales se pue - den vislumbrar algunas aplicaciones inmediatas.

2 OBJETIVOS.

El objetivo básico es el de producir concretos reforzados, - mediante la incorporación de fibras sintéticas que cumplan los si guientes requisitos:

- 2.1 Utilizar fibras polimérica en el concreto. (de bajo módulo).
- 2.2 Alcanzar en el concreto una resistencia mínima de - - -
60 Kg/ cm², a la tensión.
- 2.3 Definir el método o técnica para obtener dichos concretos a nivel experimental.
- 2.4 Elevar las características mecánicas.
- 2.5 Hacer un elemento de construcción con estos materiales y hacer las pruebas correspondientes.
- 2.6 Realizar un estudio comparativo preliminar de costos entre aquellos elementos estructurales o de construcción - en los que se puede utilizar estos materiales en comparación con los concretos reforzados con varilla.
- 2.7 Desarrollar materiales compuestos (concreto + fibra poli-
3
mérica) de baja densidad no superior a 1.7 g/cm³, cuyas propiedades mecánicas en especial la resistencia a la -- tensión lo hagan factible de ser utilizado en la industria de construcción y además por su costo sea atractivo para tener una aceptabilidad en los mercados de los mate riales de construcción.

Encausándose todos ellos a un interés de tipo académico para que en su debida oportunidad se puedan aprovechar,

3 GENERALIDADES.

En trabajos publicados recientemente⁴, se ha demostrado que -

los materiales compuestos (matriz ó mortero reforzados con fibras)-
tienen una resistencia a la tensión mayor que los comerciales.

Ello debido a que las fibras dispuestas "espaciadamente", con
trarestan los efectos de las fallas en la estructura y absorven los
esfuerzos tensionales.

Así mismo se han propuesto modelos matemáticos para represen-
tar este aumento del límite elástico. (modulo de Young) como la ecua-
ción de Allison que se presenta a continuación.

$$E_c = E_f V_f + E_m V_m + C.$$

donde:

(E) y (V) son el módulo de Young y la fracción de volumen res-
pectivamente y las letras suscritas (c), (f) y (m) se refieren al -
material compuesto, a la fibra y a la matriz.

(C) es el término de corrección que involucra el módulo de --
Poisson de los dos constituyentes , al diámetro de la fibra y a su
longitud.

Sin embargo, dada la propiedad inherente natural de la fase -
cerámica posterior a la hidratación, demuestra una limitada capaci-
dad para "acomodar" las fibras, provoca que las uniones interfacia-
les sean altamente discontinuas generándose microfracturas que mer-
man la resistencia de los esfuerzos tensoriales.

Así mismo, dado que la matriz del cemento permanece altamente
alcalino por un largo periodo de tiempo, se presenta el problema de
la degradación de algunas fibras especialmente si son de vidrio.

3.1 Definición y clasificación del cemento.

Se entiende por cemento Portland, una clase de cementos hidráulicos cuyos principales componentes son: dos silicatos de Calcio (3CaO.SiO_2 y 2CaO.SiO_2); la alumina y el Hierro de las materias primas, forman principalmente ($3\text{CaO.Al}_2\text{O}_3$) y una sal de composición parecida a $4\text{CaO.Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$ o un líquido sobreenfriado, (vidrio) de composición similar. Siempre hay otras impurezas en pequeñas cantidades. El cemento Portland se fabrica calentando -- una mezcla de piedra caliza (u otra material calcareo) y arcilla (u otro material arcilloso) hasta su fusión parcial. Para obtener las propiedades deseadas, algunas veces se añaden otras sustancias a la mezcla cruda, como mineral de hierro y sílice. El Clinker que resulta se pulveriza muy bien con adición de yeso (o alguna otra forma de sulfato de calcio) para que el sulfato contenga aproximadamente 2% de SO_3 .

En ocasiones se agregan pequeñas porciones de otras sustancias durante la pulverización, para dar al producto determinadas propiedades.

En los E. U. se reconocen cinco tipos de cemento Portland, - en las especificaciones del American Society for Testing and Materials y del Federal Specification Board.

El tipo I es para construcciones en general de concreto en - que no se requieren las propiedades especiales que poseen los otros tipos.

El tipo II o de endurecimiento con calor moderado, es para - construcciones de concreto las cuales estan expuestas a una acción moderada de los sulfatos; tambien se conocen como cemento de modo rado calor de hidratación.

El tipo III o cemento de gran resistencia inmediata, es pa-

ra aquellos casos en que se requiere gran fortaleza en breve tiempo.

El tipo IV o cemento de poco calor, se usa cuando se desea poco calor de hidratación.

El tipo V o resistente a los sulfatos, es para casos especiales que designa su definición.

Las principales limitaciones químicas de estos cinco tipos de cementos se exponen en la siguiente tabla.

	<u>TIPOS DE CEMENTO.</u>				
	I	II	III	IV	V
Oxido Magnesico (MgO), max. %	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0
Trioxido de azufre (SO ₃), max. %					
cuando el 3CaO.Al ₂ O ₃ es 8% o menos	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0
Quando el 3CaO.Al ₂ O ₃ es mayor de 8%	2.5	2.0	3.0	2.0	2.0
Pérdidas por calcinación, max. %	3.0	3.0	3.0	2.3	3.0
Residuos insolubles, max. %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Silice (SiO ₂), min. %	---	21.0	---	---	---
Alumina (Al ₂ O ₃), max. %	---	6.0	---	---	4.0
Oxido Férrico (Fe ₂ O ₃) max. %	---	6.0	---	6.5	5.0
Silicato Tricalcico (3CaO.SiO ₂) max.	---	50.0	---	35.0	50.0
Silicato Dicalcico (3CaO.SiO ₂) min.	---	---	---	40.0	---

La especificación federal de 1946, sólo permite la adición de un agente inclusor de aire cuando lo especifica el comprador a cada uno de los cinco tipos y reciben la designación de IA; IIA; etc., están aprobadas las resinas VINSOL o DAREX DEA en proporción de menos de 1%. La resina VINSOL consta principalmente de la fracción insoluble de hidrocarburos del petróleo, de un extracto resinoso de madera de pino, de hidrocarburos de alquitran de hulla.

El ADREX DEA, es fabricado de una sal trietanolamínica de un hidrocarburo sulfatado. Se fijan otras limitaciones acerca de la finura (entre 1600 y 1800 cm^2 / gramos según el turbidímetro de Wangner) y diversas propiedades físicas de las pastas del cemento hechas con agua, tales como solidez, tiempo de fraguado y resistencia a la tracción y a la compresión de morteros de diversas edades. Se hacen otros ensayos en casos especiales, como la determinación del calor de hidratación y a la resistencia contra la acción de los sulfatos.

MATERIAS PRIMAS.

Los principales materiales calcareos que se utilizan en la fabricación del cemento Portland son:

La caliza; la roca para fabricación del cemento (una caliza arcillosa, blanda), conchas marinas y carbonato cálcico de desechos de operaciones industriales. No se puede aprovechar la caliza que tiene gran proporción de magnesia a menos que se disminuya ésta -- por algún medio como la flotación o dilución con piedra de poco contenido de óxido magnésico a efecto que el producto no contenga más de 5% de MgO . Las vetas de yeso u otros materiales como la piritita acaso requieren alguna operación de selección de ser usadas. Los materiales arcillosos más importantes de que se dispone son la arcilla, el esquisto, la pizarra, la escoria de los altos hornos (que puede ser considerado como material calcareo) cenizas y roca para cementos.

Los más usuales son la arcilla y el esquisto. En los lugares en que se haya la roca para cemento, se usan algunas veces sin ninguna adición, pues se obtienen a la vez caliza y arcilla. Sin-

embargo, las necesidades modernas han hecho necesario la regulación del clinker.

La escoria obtenida de los altos hornos, producida con menas de alto grado y que no contienen demasiado óxido magnésico es utilizado por algunos fabricantes como materia prima de alumina y sílice.

Las demandas de la industria moderna del cemento son estrictas en lo relativo a la composición del clinker, pequeñas variaciones en las relaciones fijadas entre principales componentes de la mezcla de piedra molida, pueden alterar notablemente de los caracteres de la calcinación de la mezcla o las propiedades del cemento. Si es demasiado bajo el contenido de óxido de calcio, la proporción de silicato tricalcico es insuficiente para producir una buena fortaleza temprana; si es demasiado alto queda óxido de calcio en el clinker que puede producir un cemento sin firmeza, debido a la excesiva exposición de la pasta de cemento con agua o el aire humedo, la alúmina y el óxido férrico son necesarios en la fabricación ya que son los principales componentes formadores de fundentes. Si no se forma algo de líquido en la calcinación, las reacciones serian mucho más lentas, requiriéndose temperaturas mucho más elevadas y probablemente serían incompletas las reacciones. La introducción de óxido férrico modifica notablemente la formación de aluminato tricalcico.

HIDRATAACION DEL CEMENTO PORTLAND.

Las reacciones por las cuales el cemento Portland, se convierte en aglutinante en el concreto se efectúan en una pasta de cemento y agua. Al añadir agua, los silicatos y aluminatos reaccionan entre sí para dar productos de hidratación que en determi-

nado tiempo forman una masa dura.

Cuando se agita con agua el silicato tricálcico, al cabo de pocas horas se forman en las paredes del matraz cristales de $Ca(OH)_2$, en forma de placas hexagonales, esto indica que el $3CaO.SiO_2$ se está desintegrando por hidrólisis en un silicato cálcico de menor basicidad con separación de hidróxido cálcico.

El exceso de agua, puede progresar la hidrólisis hasta que quede un residuo que tenga una composición $3CaO.2SiO_2$ (aq); cuando es poca la cantidad de agua, la hidrólisis solo llega hasta el punto que se forman residuos cuya composición es $2CaO.SiO_2$ (aq).

El cemento Portland, contiene siempre una mezcla de cementos los cuales siempre se hidrolizan hasta quemar hidróxido de calcio la concentración de éste en la solución es equivalente a una solución saturada, razón por la que la hidrólisis progresa mas rápidamente que la cristalización del hidróxido. Sin embargo, el residuo absorbe una parte de agua por acción directa a lo que da el nombre de hidratación.

3.2 PRODUCTOS DEL CEMENTO PORTLAND.

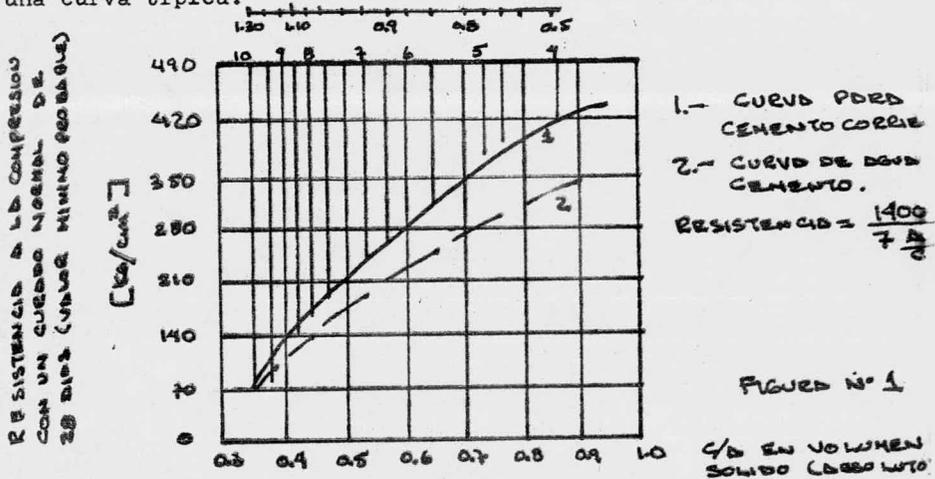
Los morteros de cemento Portland especiales, son los de peso ligero; a menudo para aislamientos contra sonidos o calor, concretos para clavar y concretos porosos o de base porosa. Estas variaciones se pueden obtener por medio de agregados especiales desde carbonilla hasta aserrín, añadiendo pequeñas cantidades de algun agente espumoso como polvo de aluminio, (aerocretos) o mediante la clasificación irregular del agregado, o empleando un agregado de un sólo tamaño para producir efectos de panel y estructuras impermeables.

RESISTENCIA.

El término resistencia sin ninguna modificación, significa -- la resistencia a la compresión a los 28 días de un cilindro de -- concreto cuya altura es el doble de su diámetro y que se conserva húmedo 90% o saturado a 21°C desde el momento de la colada.

La resistencia potencial, de una mezcla de concreto depende principalmente de la razón, entre el cemento y agua (o entre cemento y huecos ya que estos están virtualmente llenos de agua).

En los momentos que se realiza el fraguado inicial (si no se añade agua a la mezcla plástica ni se le extrae agua en el intervalo comprendido entre el mezclado y el fraguado inicial; el volumen de agua de mezclado es el volumen de los vacíos o huecos pre cindiendo de los espacios de aire. En la figura No.1 se muestra una curva típica.

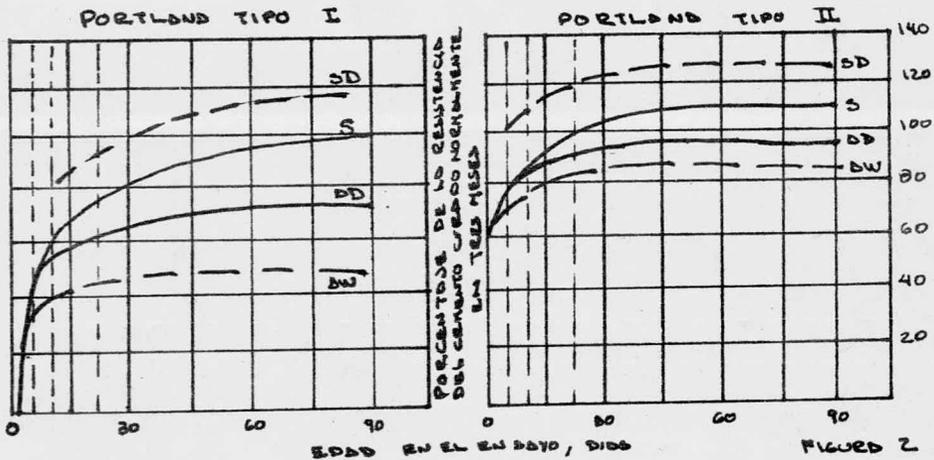


Los agregados corrientes: (arena, grava, piedra machacada o escoria firme y químicamente inerte), bien clasificada y razonablemente despojada de partículas planas y lisas incluyen en la resistencia en dos maneras:

El tamaño máximo, cantidad y textura superficial de los agregados, producen algunos efectos en la resistencia a razón constante entre cemento y agua; el tamaño, la clasificación y la cantidad de agua producen efectos importantes en la resistencia, pues en todo agregado bien clasificado, determinan la razón mínima de agua de mezclado que se requiere para que la mezcla sea trabajable.

La resistencia a 28 días (fig. No.1) sólo se desarrolla con temperatura y humedad específica. Con temperaturas favorables la velocidad del aumento de la resistencia es modificada por la humedad, esto se puede observar en la figura No.2.

Para el concreto del tipo III de gran resistencia inmediata.



- S - Curado normalmente hasta el momento de la prueba.
- AD - Curado al aire, seco en el momento de la prueba.
- AW - Curado al aire, remojado por un día antes de la prueba.
- SD - Curado con humedad, pero en aire seco 10 días, antes de la prueba o más de 10 días.

En la figura N°3 se veé la razón normal entre agua y cemento en relación con la resistencia de concretos Portland de resistencia normal (tipo I) y de gran resistencia rápida (tipo III).

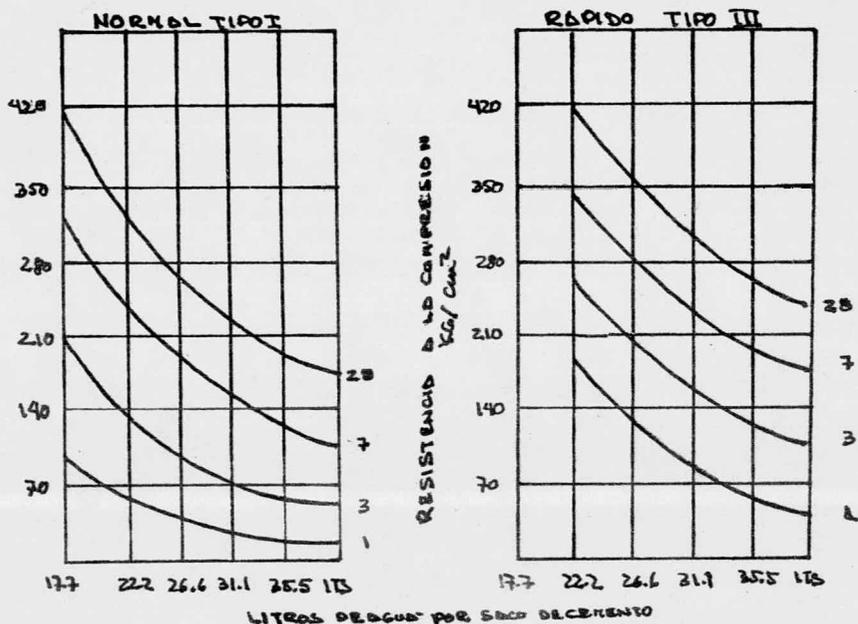


FIGURA N° 3

Sin humedad para que continúe la hidratación, se interrumpe el aumento de resistencia al secarse el concreto, (excepto el aumento de resistencia, debido al secamiento; que se vuelve a perder cuando se remoja de nuevo, de igual manera que la madera y otros materiales que son más resistentes cuando están secos que saturados)

Los diversos factores que modifican la resistencia a la flexión, tracción y torsión de manera muy similar la figura N° 4 muestra curvas comparativas de edad y resistencia de piezas curadas con humedad, todas ellas vaciadas con la misma clase de mezcla de cemento del tipo I. El módulo de ruptura en flexión, es aproximadamente

el doble de la resistencia a la tracción directa; como sucede con el hierro colado y otros materiales quebradizos. Las fallas por torsión se efectua siempre por tracción diagonal y no por esfuerzo cortante lo que se observa tambien en materiales quebradizos - en general.

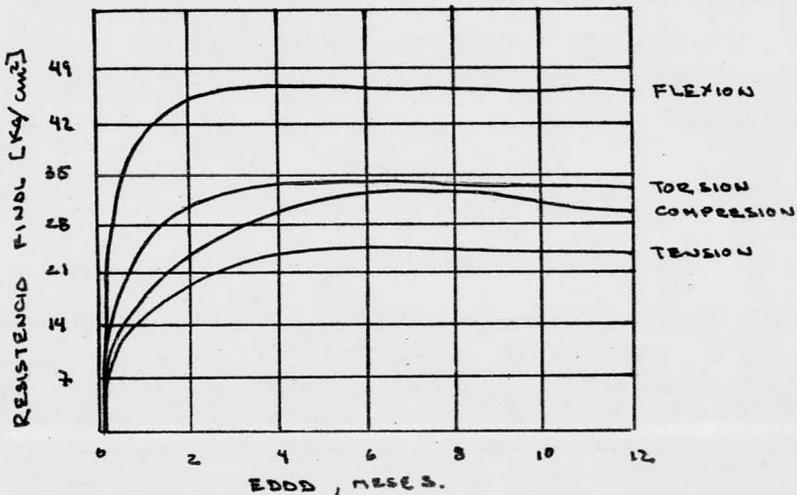


FIGURA Nº 4

El concreto tiene la singular propiedad de reparar sus grietas en los periodos en que conserva humedad. Esta reparación autogena es la continuación de la hidratación normal de alguna de las mayores particulashidratadas del cemento y de algunas de las reacciones químicas más lentas. Dichas propiedades son útiles en muchas aplicaciones del concreto, cuando al principio se forman quebraduras finas que resultan de la construcción o del esfuerzo excesivo.

Los valores de resistencia a la compresión obtenidos en los ensayos varían, según la rapidez de aplicación de la carga.

RELACION ENTRE EL ESFUERZO Y DEFORMACIONES RIGIDEZ Y RAZON DE POISSON.

Aunque el concreto es mas débil en tracción que en compresión, se asemeja a otros materiales quebradizos en que tienen aproximadamente los mismos valores de módulo de elasticidad a la tracción, a la flexión y a la compresión y en que el módulo de esfuerzo cortante, es poco más o menos cuatro décimas partes del de los demas. A pesar de los grandes intervalos de resistencia a la compresión que se pueden obtener variando la razón, entre cemento y agua la edad y la cura, la conducta básica o cualitativa de esfuerzo, deformación del concreto de tan diferentes resistencias es virtualmente la misma cuando se sobrepone curvas de esfuerzo y deformación a base de un porcentaje como se ve en las Figs. 5 y 6.

FIGURA 5

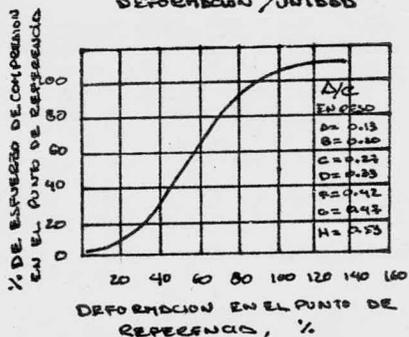
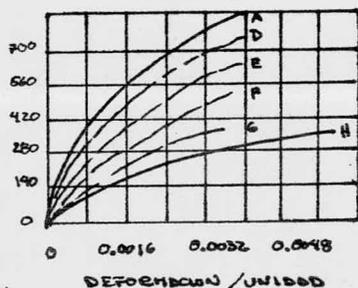
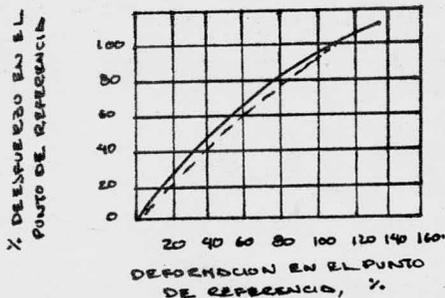
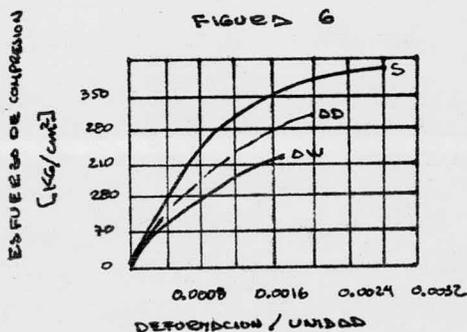


FIGURA 6



S = CUBO NORMAL
 DW = CUBO CENADO EN AIRE SECO
 REMOJADO POR UN DIA
 DD = CUBO CENADO EN AIRE SECO
 AL HACER LA PRUEBA

En cambio la variación del tamaño del agregado parece originar diferencias importantes en la acción esfuerzo deformación --

Fig. No. 7.

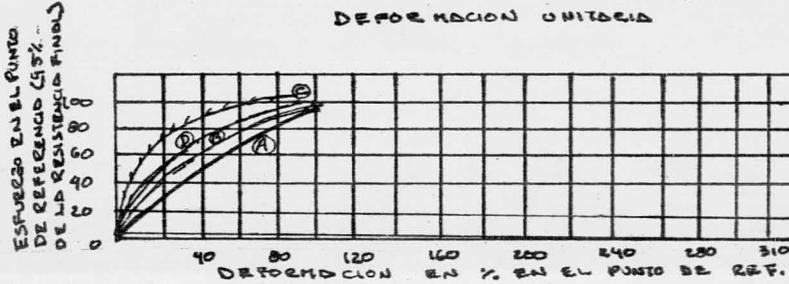
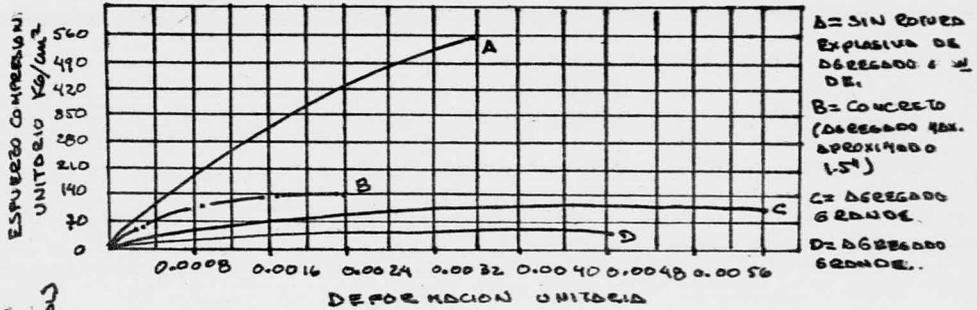


FIG. 7

Esfuerzo deformación en la compresión se diferencia notablemente de la acción en tracción flexión y torsión Fig. N° 8.

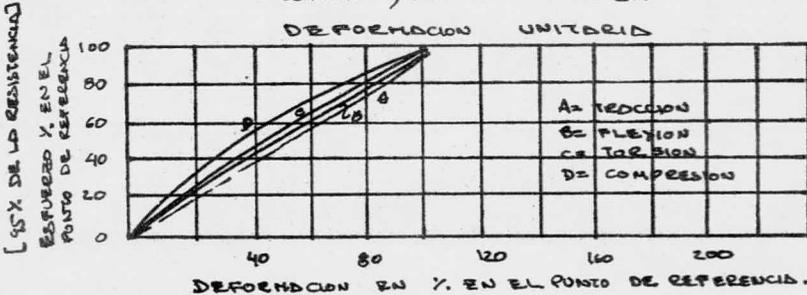
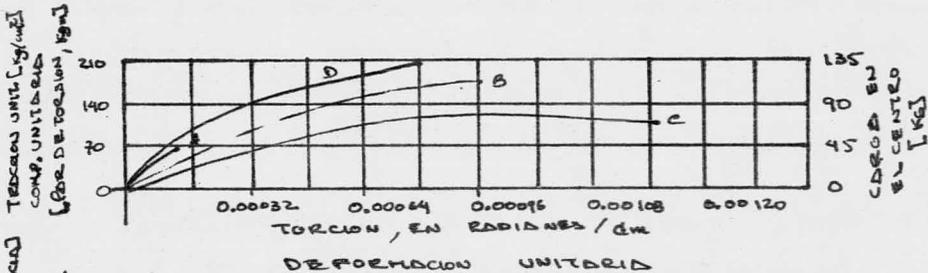


FIG. 8

3.3 CALOR DE HIDRATACION.

En grandes volúmenes de concreto, uno de los agentes destructores más importantes es la temperatura (diferencial) que resulta del calor de hidratación, que no se manifiesta en el momento de ser colado el concreto pero que comienza a manifestar pocas horas después en el interior, donde no es disipado a una rapidez adecuada y que primero dilata la mole y tiende a destruir el concreto recién endurecido desde ese momento, cualquier mole grande de concreto pasa por el mismo ciclo por el que atraviesa un gran vaciado de metal al enfriarse; primero se enfría la capa exterior que se contrae contra un mandrill caliente y sin contraerse, se produce la tendencia al agrietamiento. Por último se enfría el interior que se contrae y tira de un casco exterior ya contraído.

Las medidas para evitar este daño son:

- 1.- Mantener el factor cemento (ya que este genera calor) - tan bajo como sea posible mediante:
 - a) El empleo de agregados de mejor calidad posible que exija cantidad mínima de pasta de cemento.
 - b) Graduar hasta el máximo el tamaño permitido del agregado (lo que reduce la cantidad de pasta requerida).
 - c) Manteniendo la razón agua - cemento tan bajo como sea posible y permita facilidad para colarlo.
- 2.- Usar cemento especial de poco calor (tipo IV) fabricado para grandes construcciones o cemento modificado tipo II .
- 3.- Vaciar el concreto en bloques pequeños y hacer circular agua refrigerada por tuberías empotradas previamente, con lo cual

se extrae uniformemente el calor generado en la masa, las diferencias de calor se puede conservar dentro de cualquier límite que se desee regulando el espaciamiento de las tuberías, el tiempo de operación y la temperatura y velocidad de circulación del agua de refrigeración.

EL AGUA EN EL MORTERO.

Probablemente es una mera coincidencia que la cantidad de agua de mezcla que se requiere para formar una pasta firme, pero laborable de cemento neto, es aproximadamente igual a la que se requiere para efectuar la hidratación total del cemento; a saber poco más o menos 20 % en peso o 63 % en volumen absoluto o sólido.

Para obtener consistencia normal según el (ASTM C 187 - 44) el intervalo es de 15 a 30% en peso. El agua de combinación o no evaporable tiene la misma amplitud total.

El agua que toma el cemento hidratado es independiente del agregado; el agua que se requiere para graduar la mezcla (para suministrar lubricación y movilidad) aumenta con la cantidad de agregado. Ejemplo.- Una mezcla 1.3 de cemento Portland, y arena normal -- (ASTM C 190 - 44) correspondiente al intervalo de consistencia normal de cemento neto, requiere entre 36 y 46% de agua para ser laborable y una mezcla magra de concreto requiere una razón agua cemento de 80 % en peso.

3.4 ELECCION DEL AGREGADO Y SU GRADUACION.

Requisitos ordinarios de agregado para concretos usuales.

1.- Todas las partículas serán fuertes, tenaces, estructuralmente rígidas, íntegras, limpias, durables y químicamente inertes con respecto al cemento y a los materiales con que se ha de poner

en contacto el concreto.

2.- Que el agregado este bien graduado y razonablemente libres de partículas planas y alargadas.

3.- Que la superficie no sea pulida ni vítrea.

Para la mayoría de los concretos, la elección de un agregado se cife a los materiales de que se dispone, y a menudo se hace entre yacimientos naturales de grava y material quebrado (roca virgen, escoria).

El agregado puede emplearse como sale de la mina o quebradora o se criba para graduarlo en varios intervalos de tamaño que se asocian según convenga hacer la mezcla.

GRADUACION DEL AGREGADO.

Esta clasificación tiene dos fines:

1.- Contribuye a la uniformidad y elaboración de la mezcla.

2.- Reduce la cantidad de pasta de cemento que se requiere para producir concreto de determinada resistencia o calidad. La reducción de la cantidad de pasta tiene una trascendencia que excede al valor de la economía por importante que esta sea. La graduación se hace por análisis de criba (ASTM C 136 - 46) el cual registra el porcentaje que pasa, es retenido o queda comprendido entre cribas consecutivas de una serie graduada por lo que se hace pasar la muestra (ASTM C 33 - 46, D 448 - 47).

Se utiliza mucho como módulo de finura para agregados de concreto la serie de cribas No. 100, 50, 30, 16, 8, y 4 (mallas por pulgada lineal).

Para agregados finos $3/8$; $3/4$; 1.5 y 3 pulgadas por apertura de malla. Para agregados gruesos, el lado de apertura cuadrada es

el doble en cada criba respecto a la anterior en la serie (ASTM E 1139).

Para la mayoría de los trabajos el agregado grueso es en su totalidad de menos de dos pulgadas, pero en el concreto en masa - (concretos no armados) se usa agregados de seis pulgadas.

CARACTERISTICAS DEL AGREGADO MEZCLADO.

La clasificación del agregado en fino, es un componente muy importante; su clasificación en fino y grueso es cómoda y arbitraria el fino es importante a causa del gran influjo por Kg que tienen las partículas pequeñas en las cantidades de agua y cemento - requeridas, así como la trabajabilidad del concreto.

En cambio el agregado grueso, produce efectos más notables - en la economía de la pasta, por razón de su mayor volumen relativo en su capacidad de sustitución a razón casi constante entre agua y cemento, para la mayoría de los métodos de dosificación es mucho más fácil tratar los agregados finos y gruesos como unidades separadas que se pueden combinar en las proporciones que se desee.

Es posible mantener un grado mayor de constancia de graduación, combinando los agregados; que si se trata de conservar la uniformidad del montón. Sea como fuere, el concreto contiene agregados finos y gruesos, y puesto que la graduación ha de tener relación importante en las características del concreto, es la combinación de finos y gruesos lo que se ha de considerar.

En general el concreto más económico, es el que contiene mayor cantidad de agregado grueso sin que éste origine excesiva aspereza, se aplica como criterio del agregado los valores límites

que se pueden obtener (en las circunstancias de colocación), para b , b/a , b/b_0 , que se define de la siguiente manera:

b = Volumen del sólido del agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

b/a = Razón entre el volumen sólido del agregado grueso por unidad y de volumen de agregado fino en la muestra típica de concreto.

b/b_0 = Razón entre el volumen sólido del agregado grueso que hay en el concreto y el volumen sólido del mismo agregado que ocuparía igual volumen que el concreto sin la presencia del cemento y la arena.

En un mortero determinado de arena y cemento los valores límites de b y b/a dependen principalmente de los mismos factores.

La graduación, la forma y el tamaño máximo del agregado grueso; la razón b/b_0 , se diferencia de los otros valores en que es principalmente una medida de las características de acuñamiento del mortero y una identificación menos fidedignas de la eficacia de la graduación del agregado grueso. Si es el mortero del cemento, agua y arena fuese un líquido no acuñador, la razón b/b_0 sería la unidad, cualesquiera que fueren la calidad de la graduación y de las formas de partícula. Los ensayos indican, que la razón b/b_0 de un agregado grueso mal graduado, que tiene valores bajos de b y b/a no se diferencia notablemente de la de un agregado bien graduado y de forma favorable para el cual b y b/a son considerablemente mayores.

Los mismos caracteres del agregado grueso que afectan los valores de b_0 , afectan los valores de b en grado muy similar, dejando la razón más o menos constante para agregados gruesos muy dife

rentes.

Como criterio de excelencia de selección de forma del agregado grueso, se ha exagerado la importancia de b/b_o pero como base para evaluar la capacidad portadora de agregado grueso en los morteros puede ser útil. A medida que se aumenta el tamaño máximo -- del agregado grueso para las mezclas.

Para determinar el tamaño máximo de agregado dentro de las zonas normales de graduación, el intervalo económico trabajable de mezcla cae dentro de una banda relativamente estrecha para la razón entre agregado grueso (A.G.), b , y agregado fino (A.F.) ejemplo:

Para un tamaño máximo de 11.5 pulgadas la razón b/a sera 1.5 a 2. En la figura No. 9 hay tres curvas de graduación de agregado mixto para tres valores de b/a en un gran intervalo para agregados máximos de 1.5 pulgadas.

NÚMERO DE CRIBO, SERIE POND MODULO DE FINURA

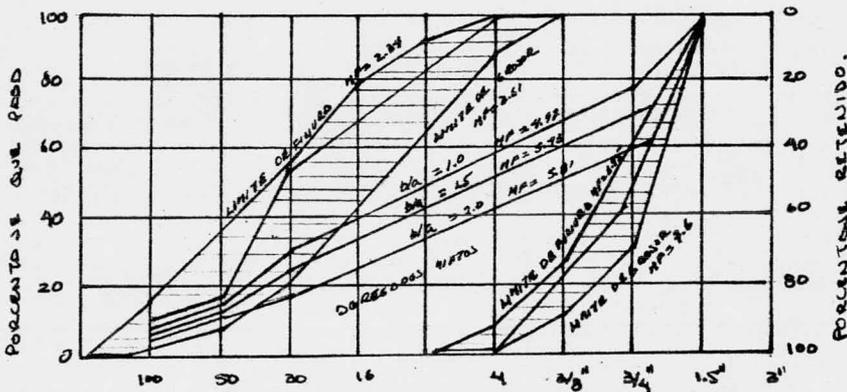


FIGURA No 9.

3.5 POLIMEROS.

La clasificación de los polímeros orgánicos desde el punto de vista industrial es el siguiente:

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| 1.- Plásticos: | 4.- Materiales compuestos. |
| a) Termoplásticos. | 5.- Películas. |
| b) Termofijos. | 6.- Adhesivos. |
| 2.- Elastómeros (hules) | |
| 3.- Fibras. | |
| 3.5.1 <u>ADHESIVOS.</u> | |

Son polímeros que poseen energía superficial por la presencia de grupos polares en su constitución y favorecen su acoplamiento con otros materiales cuyas características de superficie no son notables.

La adhesión puede ser debida a fuerzas electrostáticas o fuerzas de Van der Waals o fuerzas de valencia química.

Mecanismo de adherencia.- Observada con gran aumento la superficie de los sólidos planos es rugosa, resulta así que el área de contacto real entre dos superficies planas supone solamente una pequeña fracción aproximada en 1 % al área. (referencia 17).



La figura (a) si se llena completamente con un líquido humectante los huecos que quedan entre dos planos pulidos, el líquido mantendrá unidas las placas frente a la fuerza de tracción (F) la intensidad de esta fuerza viscosa es algo que se puede predecir

$$F = \frac{5 r^4}{4T} \left(\frac{1}{h_2} - \frac{1}{h_1} \right)$$

r = radio de las placas.

donde:

n = viscosidad del líquido.

T = tiempo.

h_2 = separación inicial.

h_1 = separación final.

Cuando se estudian los mecanismos de unión se enfrentan con el estudio de dos procesos que no pueden representarse por un modelo físico.

a) La formación de una unión adhesiva.

b) La rotura de una unión adhesiva.

Para la primera se han encontrado varias teorías para explicarla.

1.- Según la teoría de la adhesencia química se admite la formación de enlaces primarios específicos en la interfase. Estos enlaces incrementan la resistencia mecánica del área unida, puede darse el caso que se produzcan cambios químicos en la interfase; pero este hecho en sí mismo, no prueba que haya ninguna contribución positiva a la resistencia mecánica parece ser que la adherencia de los esmaltes a los metales esta de acuerdo con la teoría química.

2.- La unión a escala microscópica de las superficies adherentes es un factor esencial que se expresa como adherencia mecánica como ejemplo el caucho con textiles .

Un concepto general que es de gran aplicación puede llamarse

se a la teoría de la deformación mecánica. La energía de fractura suministrada a las partes unidas se consume principalmente en la deformación plástica y/o visco - elástica del adhesivo solidificado y de los substratos, la rotura es preponderantemente cohesiva, tanto en la capa adhesiva como en los substratos. La fractura limpia en la interfase, fractura adhesiva, es de hecho un caso raro.

Las fuerzas de Van der Waals que existen siempre son, a veces las únicas fuerzas que existen en muchas interfases de polímeros. Sin embargo en el caso de las superficies de los sólidos metálicos pueden actuar fuerzas secundarias diferentes y más enérgicas.

Clasificación de adhesivos.- Un agrupamiento sería de acuerdo con las propiedades reológicas.

Compuestos termoplásticos, termoendurecibles y elastómeros, los materiales orgánicos termoplásticos son particularmente adecuados para realizar amplias variaciones en las composiciones, - cuya elección depende de factores económicos, de fabricación y de aplicación. Tal como su nombre lo indica, los termoplásticos tienen poca resistencia a la fluencia (se aplican como sellantes) -- tienen resistencia al despegue entre buena y moderada dentro de - un amplio margen de temperaturas.

Los adhesivos a base de elastómeros vulcanizados o con "enlaces cruzados" dan mejores valores para la resistencia, presentan menos fluencia y tienen una resistencia al calor aunque limitada, superior a los anteriores, por otro lado son superiores a todos - los restantes en resistencia a la flexión.

Los adhesivos termoestables, tienen buena resistencia a la fluencia, alto módulo de elasticidad y mayor resistencia a la tem

peratura que los termoplásticos y elastomeros. Su fragilidad depende entre otras cosas de la estructura molécula del monomero - sin embargo, se puede conseguir comportamientos mecánicos diferentes.

Otra clasificación puede basarse en las características de elaboración.- Adhesivos líquidos; pastosos o sólidos. Los adhesivos líquidos pueden ser emulsiones acuosas, dispersiones en fase líquida o líquidos polimerizables. Las emulsiones acuosas son baratas, inflamables, pudiendo ajustarse su viscosidad por adición de agua; pero solo son adecuadas para sustratos lo suficientemente porosos como para que pueda eliminarse el agua.

En la forma de uniones, los adhesivos líquidos serán útiles si se puede evaporar el disolvente. Las pastas pueden poseer un amplio margen de consistencia; las propiedades reológicas son sin embargo, más específicas que las de las soluciones; como consecuencia existen menos versatilidad en la formulación.

Los adhesivos sólidos se encuentran como películas, polvos - cintas o varillas y deben pasar por una fase fluida antes del curado. Las mezclas de polvo pueden prepararse en las cantidades -- que se necesiten, pero es preciso realizarlas con cuidado. Las películas y las cintas suministran un adhesivo o combinación de --- ellos de espesor constante. Son de fácil manejo y aplicación.

De los agentes de liga o adhesivos utilizados en este trabajo tres tipos de estos fueron utilizados y son:

Tipo estireno - butadieno (latex); tipo vinílico y tipo epóxico.

Del tipo Latex, es el buna S que contiene una cuarta parte de estireno. La estructura es en trans en un 85 % aproximadamente se polimeriza por el proceso de emulsión durante un periodo de 10

su formación, se detecta una interfase que posee propiedades distintas. Esta interfase adhiere a los materiales entre sí y hace - que estos funcionen en forma combinada ejemplo:

Políester reforzado con fibra de vidrio.

Los materiales poliméricos mezclados con materiales convencionales o con algunos otros poliméricos de diferente constitución y propiedades, reciben la denominación de compuestos. Se caracterizan porque la interfase existente forma uniones fuertes difíciles de observar, poseen además características superiores y - en ocasiones diferentes de los materiales originales.

Esta clase de materiales se caracteriza porque pueden representar por este tipo de ecuación: (significado de literales en pag. 70)

$$E = \% VE_1 + \% VE_2 + C.$$

Sin embargo, cuando la proporción del material de refuerzo - excede cantidades del orden del 40% la expresión matemática más - compleja, la ecuación anterior define que el módulo en determinada propiedad es la resultante de multiplicar a los módulos de cada material por el correspondiente por ciento de volumen que ellos ocupan, más una constante que depende de la distribución, interacción y forma entre el material de refuerzo y el polímero.

La tendencia de uso de los materiales compuestos, es la de - obtener una mayor rigidez, ocupar menor sección, aligerar los materiales, reforzar los materiales ligeros, etc. Se considera necesario, para explicar el comportamiento de estos materiales, recurrir a la ayuda de conocimientos tales como tamaño crítico de fractura, rapidez de propagación de la fractura, y longitud crítica - del refuerzo. Si es que no se trabaja con filamentos continuos.

3.6 REFUERZO DEL CONCRETO CON FIBRAS.

En la actualidad se ha intensificado el uso del refuerzo fibroso para mejorar las propiedades físicas de los concretos y morteros,

Las fibras usadas, se pueden clasificar en dos tipos:

Bajo modulo.- Fibras de gran elongación como; Nylon, polipropileno que son capaces de absorber gran energía, estas nos conducen a mejorar los esfuerzos no obstante que comunican flexibilidad y resistencia por cargas de impacto explosión.

Alta resistencia,- Fibras de gran módulo tales como; acero, vidrio, asbesto y grafito producen compuestos resistentes, comunicando propiedades de firmeza y regidez al compuesto y variación gradual de las propiedades dinámicas.

Existen casos típicos como son: (ver apéndice para literales)

1° Matriz y fibra se deforman elásticamente y es representado por la ecuación: $E = E_f V_f + E_m V_m.$

2° Matriz deformándose plásticamente y fibra elásticamente, es representado por la ecuación: $E_c = E_f V_f + \left(\frac{dS_m}{\epsilon_m}\right)_e V_m$, en la que el módulo de la matriz (representado por el término diferencial) es sumamente bajo siendo 0.01 con respecto a los valores normales comparativos de la fibra.

3° Matriz y fibra se deforman plásticamente, el cual carece de interés estudiarlo, ya que las propiedades obtenidas carecen de interés por deformaciones graduales de matriz y fibra.

4° Matriz rígida y o quebradiza, y fibras deformándose plásticamente, representado por la ecuación $E = E_m V_m.$

En la práctica se ha observado que lo expresado en el caso uno, es el límite mínimo para evaluar el módulo del compuesto, normalmente se observa valores superiores ya que siempre se presentan

fenómenos combinados de los casos descritos anteriormente.

APARICION DE FRACTURAS.

Cuando una probeta se somete a tensión, se presentan diferentes formas de propagación de fracturas, siendo el inicio de estas los poros que presenta la matriz o bien microfrazuras de la misma propagándose a otros, formando así la fractura, la rapidez a la cual se transmite es una relación exponencial respecto al tamaño de la fractura de tal forma que la rapidez de propagación es casi instantánea, entonces la fractura es denominada fractura crítica.

En el caso de un material reforzado con fibra, la fractura descrita tiene el trabajo de desprender o deformar la fibra y adhesivo.

En el primer caso, la fibra se encuentra mal o no adherida a la matriz provocando con ello una menor resistencia comparando ésta con el material original.

En un segundo caso, existe una fuerte adhesión entre fibra y matriz, la falla tenderá a romper esta adhesión y si la fibra es quebradiza o de ella hay baja elongación en el esfuerzo último, la falla continuará.

Un tercer caso, es un punto intermedio entre los expuestos -- anteriormente; la fractura tenderá a rodear a la fibra en algún sentido, produciendo con ello una absorción de energía que se manifiesta en un incremento en la resistencia del material.

La resistencia del material compuesto está dada por la ecuación: $S_c = S_f V_f + S_m(1 - V_f)$ si V_f es mayor que V mínimo de fibra.

En esta ecuación, se observa el concepto de volumen mínimo - el cual, cuando no se presenta, produce en el material matriz una resistencia sumamente baja siendo ésta igual a la resistencia úl-

tima, de tal forma si se sustituye el valor de la resistencia del material por el valor de la resistencia última de la matriz obteniéndose la ecuación de volúmen mínimo .

$$V_f = V \text{ crítico} = \frac{S_U - S'_m}{S_f - S'_m}$$

donde $S_c = S_U$; $V_f \approx \frac{S_U}{S_f}$

Este volúmen mínimo si es excedido, nos produce altos valores de resistencia.

El criterio para seleccionar la fibra apropiada a utilizar, es el añadir el volúmen crítico de fibra excediendo ésta ligeramente, y al realizar los ensayos debiéndose obtener un valor de esfuerzo último menor al deseado, entoces esta fibra no presenta las características deseadas lo anterior se expresa por:

$$S_c - S_f V_f - S'_m (1 - V_f) \text{ tal que sea mayor que } S_U.$$

El criterio de volúmen crítico se expresa como una relación entre el esfuerzo último y el esfuerzo de la fibra.

Existe un gran número de fibras que podrían trabajar en la forma deseada, las características propias de las mismas serán las limitantes; en el caso de fibras de diámetro grande los cuales ocupan en forma inmediata el volúmen crítico necesario, sin embargo pueden quedar muy alejados entre si el área por unidad de volúmen, que exhiben de contacto con el material matriz es muy pequeño. Esto implica que cuando la relación de esbeltez es grande, los módulos que exhiben la fibra serán altos con lo cual se deduce que se preferirán fibras de diámetro pequeño para poder cubrir el volúmen mínimo necesario.

Posteriormente y de importancia es mencionar el espaciamiento de las fibras en el material matriz. Si éste es grande entre las

fibras, conduce que las propiedades de las fracturas continuaran sin disminuir su rapidez de propagación.

Si el espaciamiento es más estrecho, esto contribuye a disminuir la rapidez de propagación de la fractura, sin embargo existe un punto crítico ya que si las fibras están muy estrechas sucede una propagación de fracturas de fibra con lo cual, se deduce que existe un límite inferior de espaciamiento.

En el caso particular del cemento, se prefieren fibras que permitan el paso de las partículas con el fin de alcanzar el anclaje entre la fibra y la matriz, además se buscara que estas presenten cierta afinidad química con el material matriz, ya que de no cumplirse esto se producirá un deslizamiento de la fibra en el material matriz al presentarse la falla, generando con ello un módulo menor al obtenido si el material no tuviera refuerzo alguno.

Tomando en cuenta otros parametros que afectan las características mecánicas, es el espaciamiento de las fibras, éstas nacen de que el volumen de refuerzo para un compuesto se puede satisfacer la superficie de interacción. La ligadura, el esfuerzo de corte, tendrá mayor recuperación cuando mayor sea la cantidad de área expuesta, de tal forma que llegar a un compromiso entre el tamaño (diámetro) y longitud de la fibra) y el volumen que ocupe como consecuencia de ella, resulta un factor que define el espacio existente entre las fibras para cumplir con tal requerimiento y se ha encontrado que -- para un volumen determinado de fibras, existe un espacio entre ellas que proporciona las mejores características, ello indica; que será menester realizar pruebas con distintos diametros de fibra y longitudes (se puede buscar por longitudes superiores

a la crítica), y encontrar así las condiciones más apropiadas en cuanto a la magnitud del espaciamiento.

También, se piensa que puede intervenir en tamaño de la partícula de la matriz, ya que si no es posible que esta viaje a través de la serie de fibras, entonces quedará una cantidad apreciable de fibra que no estará interactuando con la matriz y de ahí, que las características no sean las óptimas para el compuesto; entonces se darán una serie de expresiones que sirven para evaluar el espaciamiento entre las fibras sin embargo, se deberá de recordar que no indica cuál es el más adecuado y por tanto, deberá de ser necesario recurrir a la etapa experimental, las expresiones proporcionadas por Romualdi y Batson son:

$$\text{Espacio} \Rightarrow 13.8 \times D \times \sqrt{\frac{1.0}{P}}$$

Existe además la ecuación de Mc Kee en la cual el espacio es

$$\text{igual a:} \quad \text{Espacio} = \sqrt[3]{\frac{V}{P}} \quad ; \quad \frac{5\sqrt{\pi} V/P}{A}$$

donde A puede tener valores diferentes.

$\frac{5\sqrt{\pi}}{A}$	Espaciamiento.
13.8	$\frac{13.8 \times D}{\sqrt{P}}$
12,5	$\frac{12.5 \times D}{\sqrt{P}}$
11.1	$\frac{11.1 \times D}{\sqrt{P}}$

con estas ecuaciones se han realizado experimentos para su comprobación y en general se puede decir que abarca un intervalo bastante amplio de resultados de tal forma, que las diferencias que existen entre ellas pueden ser significativas o no, dependiendo del sistema de refuerzo de la matriz en particular, y que para fines de establecer un espaciamiento adecuado para lograr mejores resultados se puede escoger cualquiera de ellos de preferencia si se tiene un indicio experimental de su actitud.

La longitud crítica de la fibra se encuentra cuando la fibra que soporta una carga y esta nos indica su fractura.

$$Sc = Sf Vf + S'm (1 - Vf) > SU (1 - Vf)$$

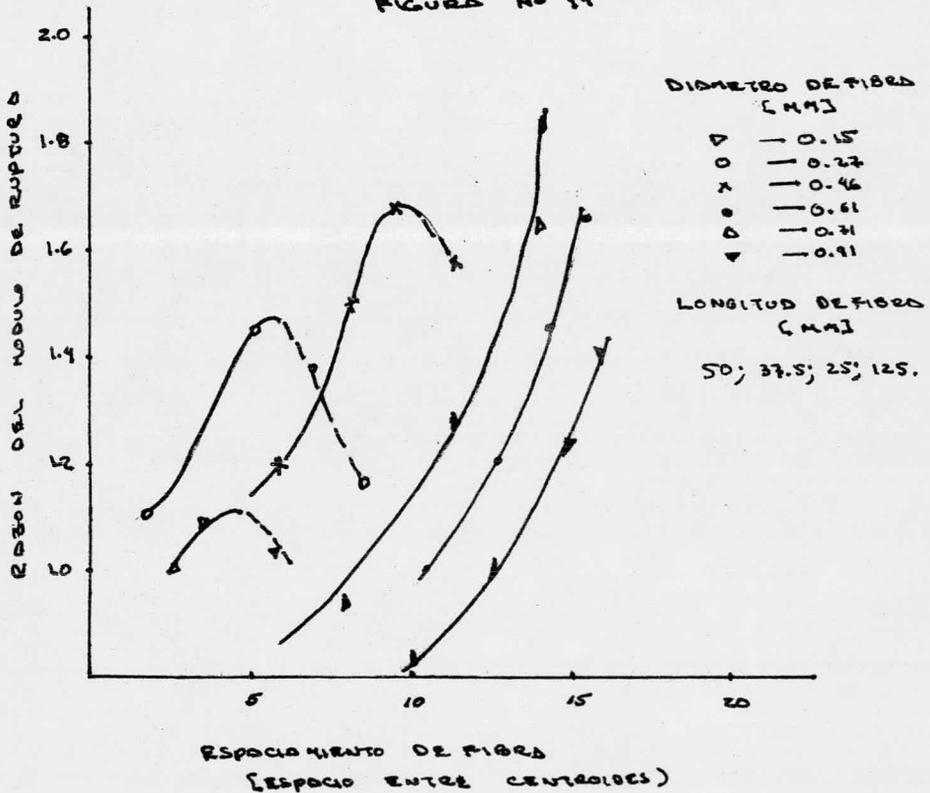
$$\therefore Vf \text{ minimo} = \frac{SU - S'm}{Sf + SU - S'm} = \frac{Sa}{Sf - Sa}$$

$$\frac{dp}{dz} = \frac{2Wr \sigma r}{z^2} \quad r = r_0$$

$$P = W r_0 \sqrt{z z}$$

RELACION ENTRE LA RAZON DEL MODULO DE RUPTURA Y EL ESPACIO ENTRE CENTROIDES.

FIGURA NO 11

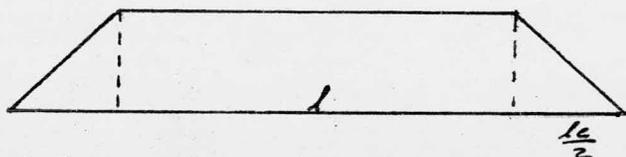


Para el 2° caso en que se trata de una matriz plástica y fibras elásticas, se considera el momento en que la matriz adquiere un flujo plástico, en este instante sucede que las deformaciones son mayores que las elásticas para un incremento de esfuerzos de tensión, y no se sobrepasará el esfuerzo de corte de la matriz dado que ya está en movimiento y se puede proponer que el esfuerzo ya es independiente de la posición axial de la fibra y es igual a (τ).

Integrando la ecuación antes mencionada.

$$P = 2\pi R_o \tau$$

y es representado por la siguiente figura:



e igualando las ecuaciones de carga resulta:

$$P = \int_{z_2}^2 \pi R_o^2 = 2\pi R_o \tau$$

$$\frac{\int_{z_2}^2}{2} = \frac{\tau \tau}{R_o}$$

$$\int_{z_2}^2 = \frac{2 \tau \tau}{R_o}$$

Dado que la fibra está sujeta a cargas en sus extremos, se deberá de deformar una cantidad suficiente, de tal forma; que llegue a la deformación del compuesto y se ha probado que ésta longitud debe ser tal que:

$$l \gg \frac{R_o f E}{\tau}$$

$$l \gg R_o \int_{z_2}^2$$

$$\frac{l}{R_o} \gg \frac{\int_{z_2}^2}{\tau}$$

o sea que se cumpla una cierta relación de esbeltez mediante la -
cual los esfuerzos de corte y de tensión queden equiparados, la -
longitud necesaria para que se cumpla esta relación se denomina -
longitud crítica, y en ese momento, el esfuerzo axial se identifi-
que con el esfuerzo que se sujete a la fibra, de tal forma que --
quede definida por la siguiente expresión.

$$l_c = \frac{R_0 S f}{\sigma}$$

$$\frac{l_c}{D} = \frac{\sqrt{F}}{2 \sigma}$$

En la que D es el diámetro de la fibra se debe notar que l_c ,
dependerá también de la deformación plástica de la matriz, cuando
se tiene un compuesto constituido por fibras discontinuas, sucede
que los esfuerzos de tensión no son los mismos para cada fibra, -
de tal forma; que se tiene la necesidad de definir el esfuerzo me-
dio de la fibra como la integral.

$$\int S' = \frac{1}{l} \int \sigma_z dz$$

Si σ permanece constante en $\frac{\sqrt{F}}{2 \sigma}$ entonces el esfuerzo cre-
cerá linealmente a partir de los extremos de la fibra, de tal for-
ma que si se refiere a la figura en la que se muestra la distribu-
ción lineal de los esfuerzos, según la fibra con una longitud su-
perior a la crítica, se tendrá que el esfuerzo será el área de la
curva de los esfuerzos en función de la longitud, dividada entre
la longitud de la fibra o sea que será el área del trapecio, la -
cual representa esa distribución, por lo tanto el esfuerzo medio
será:

$$S' f = \left(1 - \frac{l_c}{l} \right)$$

3.7 FIBRAS.

FIBRAS POLIESTER.

Las fibras polliester, son producto de la condensación de alcoholes y ácidos orgánicos o de hidroxilácidos. Estos polímeros -- contienen enlace ester como parte de la cadena macromolécula, y no con algunas resinas de polliester, como parte de una cadena lateral en una base polímera de adición. Son producidas desde 1954 por Du pont bajo el nombre comercial de Dacrón. Una fibra semejante, con el nombre registrado de Terylen, es fabricada por ICI Ltd de Inglaterra.

Ambas fibras estan hechas con tereftalato de polietileno -
$$\text{HO}(\text{CH} \underset{2}{-}\text{CH} \underset{2}{\text{OCC}} \underset{5}{-}\text{H} \underset{4}{\text{COO}}) \text{CH} \underset{2}{-}\text{CH} \underset{2}{-\text{OH}}$$
, producto de policondensación del glicol etilénico y del ácido tereftilático.

El descubrimiento de la fibra de polliester Dacrón, tiene sus orígenes en los trabajos de W.H. Carothers y sus asociados en - - 1920, con la mira de construir moléculas gigantes (pesos moleculares mayores de 10000) probaron primero con polliester.

Aunque obtuvieron elevados pesos moleculares, se vió la poca estabilidad de las moléculas propensas a la iniciación de los enlaces de ester; además, las temperaturas de fusión de los polímeros eran demasiado bajas y dirigieron su atención a las mezclas de polliéster y poliamidas de estos trabajos surgió el Nylon.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.

La fibra de polliester Dacrón, tiene una densidad de 1.38 g/ml a la temperatura ordinaria y funde a 250 °C aproximadamente además es un material termoplástico.

Es soluble en m-cresol caliente, ácido trifluoracético, o-cloro fenol, una mezcla de siete partes de triclorofenol y diez par-

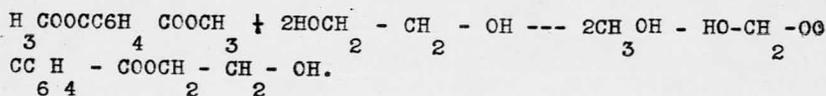
tes de fenol (en peso) y una mezcla de tres partes de fenol y dos partes de tetracloroetano (peso).

Las fibras de Dacrón tienen despreciable recuperación de humedad (0.4 a 4.6% de humedad relativa y 21 °C) es poco afectado por la presencia de agua.

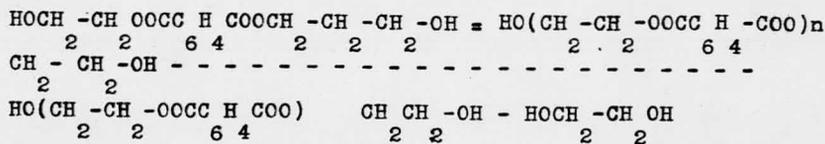
3.7.1 MANUFACTURA.

Los poliéster pueden obtenerse por combinación de ácidos orgánicos dibásicos y glicoles en una reacción de condensación que se obtiene agua como subproducto o por otras reacciones de esterificación. El tereftalato de polietileno puede obtenerse condensando el glicol etilénico con el ácido tereftálico, sin embargo, la experiencia de los fabricantes norteamericanos y británicos han demostrado que la reacción es mas fácilmente regulada y se obtienen pesos moléculares mayores si se emplean el método de alcoholisis de un ester, así se hace reaccionar el tereftalato dimetilico con el glicol etilénico y éste expulsa el metanol que tiene menor temperatura de ebullición.

El producto es un monomero diester, el tereftalato bis- (2 hidroxietilénico).



En la polimerización de este monomero, se elimina una molécula de glicol entre las moléculas de la cadena parcialmente polimerizadas.



El polimero es hilado por el metodo de fusión semejante al -

empleado para el Nylon, como en el Nylon se estiran los filamentos después del hilado, para aumentar la orientación molecular y la tenacidad de la fibra aunque los métodos empleados para el estirado pueden ser diferentes a los de la tecnología del Nylon.

Intermediarios.- Las primeras materias empleadas en la fabricación de la fibra de Dacrón, son el etilen glicol, el metanol y el para xileno. Por oxidación el xileno produce ácido tereftálico el cual es esterificado con metanol para formar el tereftalato dimetalico. Este es purificado pues se necesitan condiciones de calidad muy estrictas en el ester y en el etilen glicol empleado en la fabricación de la fibra.

Indicios de impurezas pueden dar color a la fibra o interferir en la reacción de polimerización y originar una fibra débil.

Los metales polivalentes son particularmente perjudiciales, y por esta razón todos los recipientes empleados deben ser resistentes a la corrosión (vidrio o acero inoxidable).

Polimerización.- La formación de tereftalato de polietileno se realiza en dos etapas como se indica en las ecuaciones anteriores en la 3° etapa, alcoholisis, se separa por destilación el metanol.

La segunda etapa es la formación de una cadena, y en ella - también hay que separar por destilación uno de los productos de - reacción, el glicol etilénico esta vez a presión reducida. Se ope - ra a elevadas temperaturas para aumentar la velocidad de reacción y mantener fluido el polímero a fin de facilitar el manejo.

Hilado.- El hilado en fusión, del Dacrón es generalmente comparable al hilado del Nylon. Las temperaturas de fusión son seme - jantes, aunque la viscosidad del tereftalato de polietileno es al

go superior a la del Nylon en el grado de polimerización requerida para el hilado, el polímero fundido es obligado a pasar por la hilera solidificada por una corriente de aire transversal y enrollado en carretes de estirado.

Se aumenta la tenacidad y la elasticidad de las fibras por orientación de las moléculas a lo largo de la fibra.

Las propiedades físicas del Dacrón varían con el grado del estirado; las razones del mismo producen gran elongación, resiliencia, elasticidad y otras propiedades semejantes a la lana.

3.7.2 USCS.

La fibra de Dacrón ha encontrado aplicaciones en prendas de vestir, telas para uso doméstico, telas industriales y cordelería

En el vestido las telas de Dacrón se usan en un gran número de artículos para damas y caballeros, la resiliencia y recuperación de la fibra corta la hace magnífica para artículos de punto como swteres, camisas, calcetines, etc. Usos domésticos son: cortinas; cobertores, fundas, rellenos, mantelería, etc.

3.8 FIBRAS ACRILICAS.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.

La densidad de las fibras acrílicas varía de 1.135 a 1.18 según la cantidad del comonomero y según el método de manufactura de la fibra. La tenacidad es de 2 a 4 gramos/ denier para las fibras cortas y de 3 a 6 gramos/ denier para filamentos continuos. La tenacidad y el alargamiento pueden ser regulado por el procedimiento del estirado uniforme a los usos finales.

Como otras fibras hidrofobas, las fibras acrílicas se secan rápidamente. La fibra tiene buena resistencia a la acción degradable o disolvente de los disolventes orgánicos comunes aceites, -

grasas, ácidos orgánicos, álcalis débiles, sales neutras y algunas sales ácidas. La resistencia a agentes atmosféricos es sobresaliente.

Polimerización.- Los métodos preferidos de polimerización -- del acrílo nitrilo son la polimerización de la emulsión en el agua y la polimerización de una emulsión del monómero en agua con un catalizador apropiado, que produce una papilla acuosa del polímero. Estos métodos y otros que son empleados industrialmente.

Por el segundo método de los mencionados, 49 g/ de peroxidisulfato e amonio, como catalizador y 98 g/ de bisulfito de sodio, como activador se disuelve en 50 Kg de agua destilada calentada a 40 °C durante dos horas se añade lentamente, con agitación 8.5 Kg de acrílo nitrilo. El poliacrilonitrilo, con peso molecular aproximado de 60000, se precipita en la solución si se desea puede añadirse hasta 20% de otro monómero para producir un copolímero -- con determinadas propiedades.

Los catalizadores apropiados son pares de redox, como el sistema peroxidisulfato - bisulfito o peróxidos, como el peróxido de benzoilo.

El intervalo útil de pesos moleculares para la formación de fibras de poliacrilonitrilo es de 15000 a 300000; la mayor parte de los acrílonitrilos para fibras comerciales tienen un peso molecular entre 300000 y un millón según las condiciones en que se hace el hilado.

3.8.1 ASPECTOS ECONOMICOS.

Por el bajo costo del acrílonitrilo y la perspectiva de ulte^{re}iores rebajas en el costo, se presume que al fin sólo las fibras cortas celulósicas serán inferiores en precio; las fibras acríli-

cas consumirán pronto el 60% de la producción total de acriloni--trilo. Se ha hecho notar que la mayor parte de las futuras actividades en la investigación de fibras se centrara probablemente en las fibras acrílicas.

Usos.- Las fibras acrílicas, han demostrado su utilidad en - tejidos para abrigos y trajes ropa de trabajo cubiertas convertibles para automoviles, la mezcla de fibras acrílicas con otras fibras se emplea extensamente en prendas de vestir y en prendas pa-
ra deportes.

4 DESARROLLO EXPERIMENTAL.

COMPONENTES DEL CONCRETO LIGERO.

A continuación se señala las variantes mas relevantes y sus principales efectos en las mezclas del concreto ligero.

a) Poliestireno expandido.

Este tipo de agrgado tiene como objetivo principal disminuir la densidad aparente del concreto, y al mismo tiempo aumentar el poder del aislante térmico.

Estas propiedades varían de acuerdo con el tamaño de las partículas del poliestireno, así como la dosificación y distribución del mismo en la mezcla. (ver referencia N° 1).

b) Adhesivo.

El agente de liga, tiene como función principal lograr la incorporación y una mayor distribución del poliestireno al mortero y al disminuir la propagación de las microfracturas.

c) Agente dispersante.

El motivo de la incorporación de esta sustancia es inducir la unión más íntima, entre materiales pero principalmente el impedir que la parte superior sea recia en el material de baja densidad.

d) Cemento.

El cemento constituye la parte activa del concreto, e influyen directamente en las propiedades mecánicas del mismo las cuales varían de acuerdo al tipo y cantidad del cemento empleado en los morteros.

e) Agregados.

Los agregados como grava y arena, influyen tanto en la resistencia mecánica como en la densidad del concreto, las cuales varían al tipo y cantidad del agregado.

F) Agua.

El agua junto con el cemento, forman la mezcla o aglutinante influyendo el agua de manera directa en la plasticidad y resistencia del concreto, ya que se tiene la experiencia de que una mayor cantidad es la relación agua - cemento.

4.1 PARTE EXPERIMENTAL.

Selección del método de prueba:

a) Prueba de compresión.- Para la determinación de esta prueba se elaboraron cuatro especímenes por cada variable con las siguientes dimensiones:

Diámetro 7.5 cm y altura 15 cm, siendo la base de cada espécimen perpendicular al eje longitudinal. Para efectuar estas pruebas se siguió los lineamientos de la norma C 39 - del ASTM.

b) Prueba de tensión.- Para la determinación de esta prueba se siguió los lineamientos de la prueba Brasileña, establecida en la norma C 496 - 62 del ASTM, las dimensiones de los especímenes fueron iguales que para las pruebas de compresión.

Para el cálculo se siguieron las siguientes Fórmulas:

Compresión (C)

$$C = \frac{P}{\text{Área}}$$

Tensión (T)

$$T = \frac{2P}{ID}$$

donde:

T - Resistencia a la tensión.

Kg/cm^2

P - Carga soportada

Kg.

l - Longitud del espécimen en

cm

D - Diámetro del espécimen en

cm

C - Compresión

Kg/cm^2

c) Módulo de ruptura.- Se hizo siguiendo los lineamientos de la norma C 293 - 68 del ASTM por lo cual se prepararon vigas con-

las siguientes dimensiones :

ancho = 20 cm

peralte = 20 cm

longitud = 60 cm

Para el cálculo se sigue la siguiente fórmula:

$$R = \frac{3Pl}{2bd}$$

donde:

P = carga soportada, l = Claro de la viga, d = Peralte.

4.2 DISEÑO DE EXPERIMENTOS.

Para evaluar métodos de elaboración, agentes de liga, comportamiento del dispersor y las otras variables que intervienen en las propiedades de los concretos, se analizaron las siguientes etapas experimentales que a continuación se indican y que incluyen un comportamiento sinérgico.

PRIMERA ETAPA.

4.2.1 La cual consistió primordialmente en encontrar:

a) Cantidad de fibra (por ciento en peso base cemento), corte y denier óptimo en función de la moldeabilidad de la mezcla resultante.

b) Se conserva un sólo tipo de adhesivo hasta obtener resultados.

c) Se aprovechó la experiencia de dos trabajos anteriores -- (referencia N° 1 y 2).

Desarrollo.- Se utilizaron tres tipos de adhesivos, al primero a base de acetato de polivinilo "Resikon" 11 05 que ha venido usándose con buen éxito en la industria de la construcción, razón por la cual se pensó utilizarlo en la fabricación de este concre-

to.

El segundo, fué a base de estireno butadieno "Arlatex 8140" y el tercero, fué una resina epóxica "Epikote 815".

Para prevenir al "Arlatex 8140" de la oxidación se utilizó un agente antioxidante de tipo fenol - estirenado (Inox - EF), y en el caso de la resina epóxica se utilizó un endurecedor preparado a partir de una amina secundaria (HY - 830).

El cemento utilizado fué cemento Portland tipo III fraguado rápido y arena natural de rocas calcareas y silicias con un peso específico normal de 1.7 - 2.5 g/cm³.

El método de elaboración seguido fué el siguiente:

Se impregnaron las partículas de poliestireno con el agente de liga, agregándose posteriormente dichas partículas a los demás componentes (agua, arena, cemento), los cuales previamente habían sido aglutinados e incorporado a continuación y en forma espaciada la fibra, la mezcla resultante se lleva entonces a moldes.

Las muestras fueron sometidas a pruebas de compresión a los 28 días de haber sido elaborados, en virtud de que algunos parámetros habían sido experimentados anteriormente, se consideran fijas las siguientes relaciones con las cuales se habían obtenido los mejores resultados para ésta y las demás etapas experimentales posteriormente descritas:

$\frac{\text{cemento}}{\text{poliestireno}}$	= 30	
$\frac{\text{agua}}{\text{cemento}}$	= 0.45	
$\frac{\text{arena}}{\text{cemento}}$	= 0.40	
$\frac{\text{arlatex}}{\text{antioxidante}}$	= 0.01	(base seca)

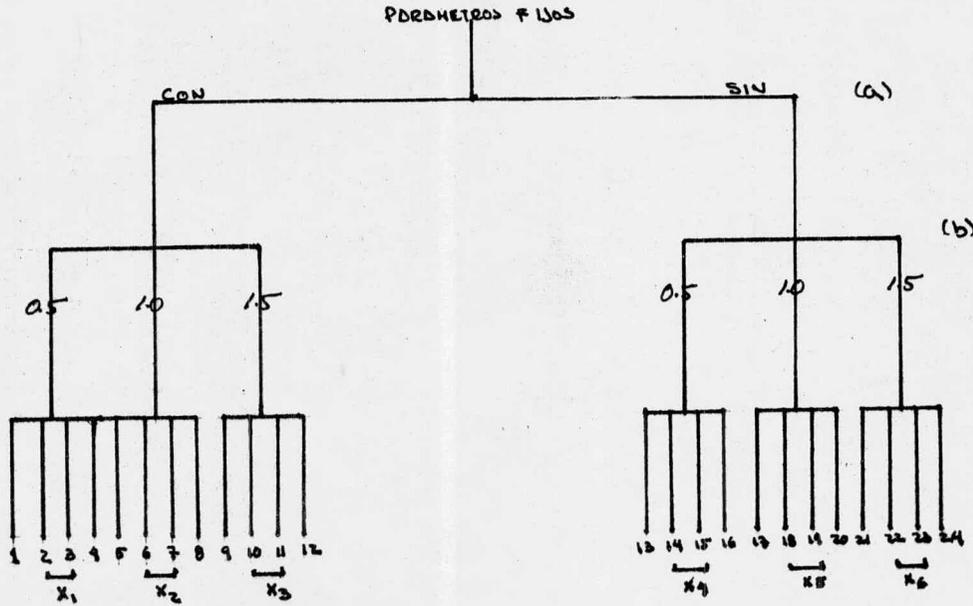
epikote = 6.60
endurecedor

adhesivo = 0.40
poliestireno

dispersor = 0.40

RESULTADOS DE LA PRIMERA ETAPA (primera parte).₂

Num. de muestra	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²).
1	27.1
2	39.7
3	50.1
4	51.5
5	106.83
6	83.75
7	75.60
8	83.75
9	39.38
10	42.50
11	52.51
12	54.32
13	26.7
14	40.74
15	41.19
16	48.89
17	104.57
18	67.9
19	73.79
20	96.10
21	43.6
22	53.87
23	47.08



- a) AGENTE DISPERSOR.
- b) PORCIENTO EN PESO DE FIBRA POLIESTER.

Num. de muestra	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)
24	48.89

Espécimen	Resistencia a la tensión (Kg/cm ²)
X	29.86
1	
X	32.88
2	
X	27.00
3	
X	33.3
4	
X	28.3
5	
X	31.5
6	

SEGUNDA PARTE.

Esta segunda etapa consistió en probar con los adhesivos restantes el comportamiento de moldeabilidad en función del porcentaje de fibra (base cemento).

Num. de muestra	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
25	38.40
26	49.80
27	35.79
28	43.68
29	35.50
30	51.70
31	42.55
32	45.77
33	50.96
34	51.60
35	45.27
36	52.51
37	36.50
38	34.20

Num. de muestra	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
39	40.20
40	47.14
41	30.30
42	50.00
43	39.29
44	45.27
45	42.10
46	47.08
47	52.10
48	54.32
49	48.27
50	53.48
51	57.32
52	45.88
53	72.88
54	46.40
55	75.14
56	73.56
57	45.27
58	57.24
59	64.73
60	68.13
61	48.90
62	50.80
63	47.78
64	59.00
65	59.36
66	69.26

Num. de muestra	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²).
67	69.71
68	70.62
69	73.79
70	67.00
71	63.37
72	65.55

Espécimen.	Resistencia a la Tensión (Kg/cm ²).
y ₁	24.18
y ₂	38.40
y ₃	27.55
y ₄	26.66
y ₅	25.95
y ₆	27.10
y ₇	29.83
y ₈	24.88
y ₉	25.30
y ₁₀	22.20
y ₁₁	39.00
y ₁₂	35.00

SEGUNDA ETAPA.

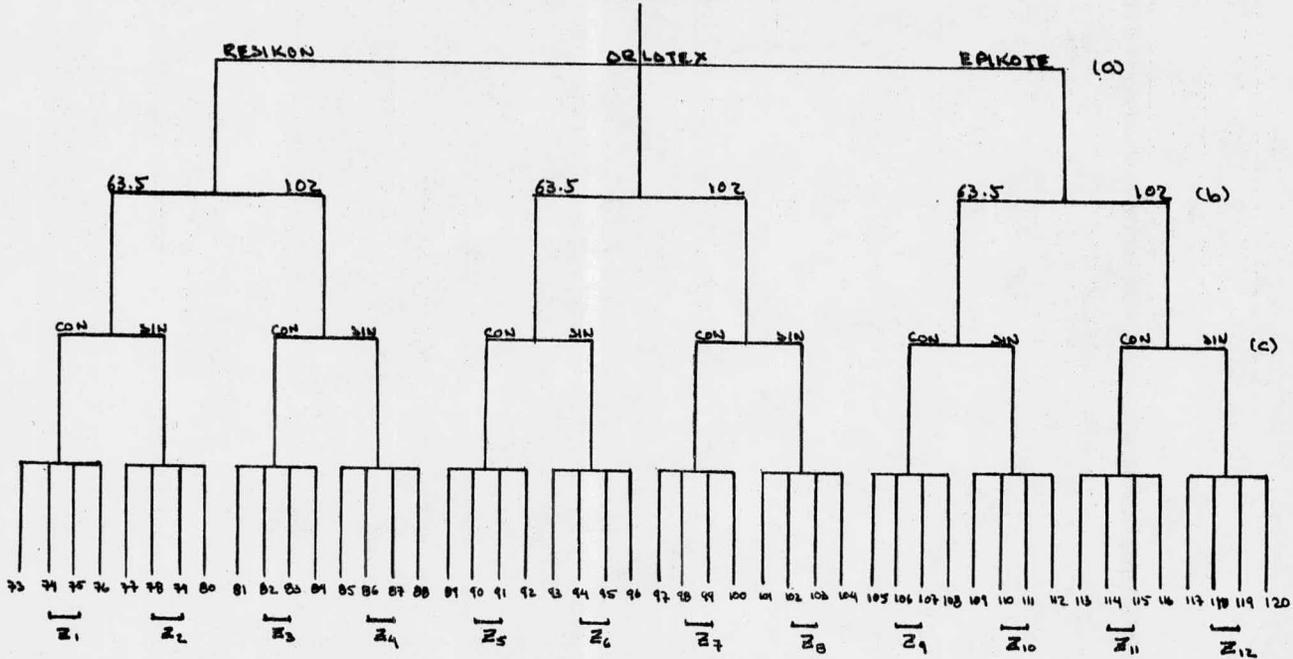
4.2.2 El objetivo de esta etapa, consistió en preparar espécimenes de concreto espuma, los cuales se cambió el denier y corte de la fibra conservando la fibra poliéster, el procedimiento de elaboración fué el mismo de la primera etapa. Los resultados de esta etapa se muestran a continuación.

Num. de muestra	Resultado a Compresión (Kg/cm ²).
73	42.10
74	43.78
75	48.90
76	44.90
77	30.57
78	31.68
79	49.30
80	48.90
81	50.00
82	32.68
83	23.76
84	37.80
85	21.95
86	33.95
87	52.10
88	42.10
89	33.10
90	33.04
91	32.59
92	35.00
93	37.20
94	33.95
95	37.12
96	33.95
97	37.20
98	20.30
99	19.21
100	27.10

Num. de muestra	Resultado a compresión (Kg/cm ²).
101	21.72
102	15.84
103	31.68
104	30.10
105	47.98
106	39.39
107	36.21
108	40.10
109	49.80
110	36.78
111	33.95
112	50.10
113	53.41
114	26.70
115	41.64
116	47.00
117	25.44
118	31.68
119	30.10
120	30.70

Espécimen.	Resistencia a Tensión (Kg/cm ²).
z 1	27.80
z 2	33.00
z 3	29.50
z 4	28.00
z 5	39.20
z 6	26.30

PEROMETROS FIJOS.



- a) ADHESIVO
- b) LONGITUD DE LA FIBRA EN MM
- c) AGENTE DISPERSOR

Espécimen	Resistencia a Tensión (Kg/cm ²).
z 7	28.50
z 8	26.00
z 9	27.50
z 10	38.00
z 11	23.00

TERCERA ETAPA.

4.2.3 En esta tercera etapa se repitieron los mejores resultados de las dos etapas anteriores, además se cambió la fibra polies--ter por fibra acrílica utilizando solo fibra con un corte de 63.5 mm y un denier de 3.0 que fue el que dió el mejor resultado.

En estas nuevas pruebas se deja de utilizar el agente disper sor ya que se confirme que no funciona como se pensaba. Además se cambia el agregado polimérico por un agregado fabricado por arcilla expandida (Gravamil 700) el cual nos garantiza al igual que - el poliestireno una densidad dentro de nuestro objetivo.

Se utiliza el uno por ciento de fibra base cemento debido a - que fue el que dió mejores resultados.

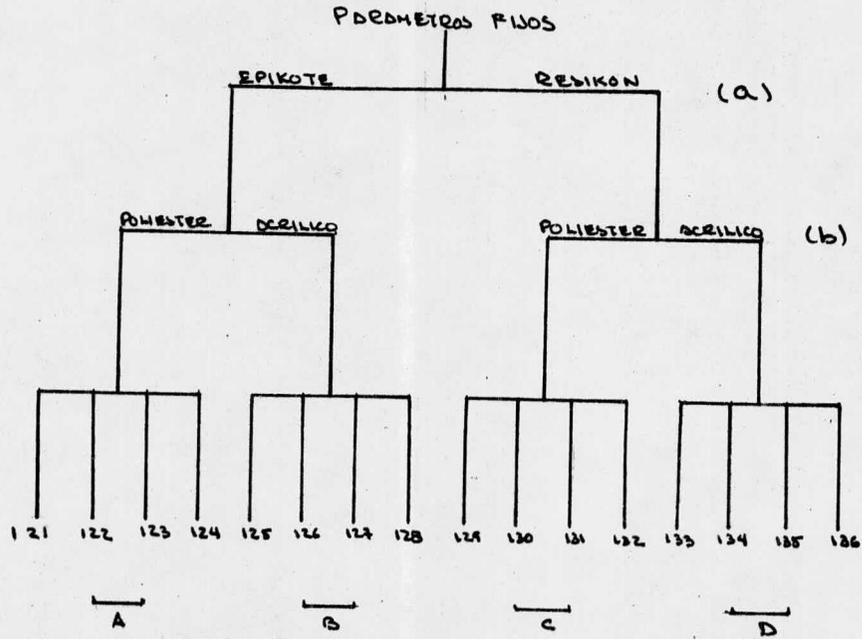
Los resultados de esta etapa se muestran a continuación.

Num. de muestra	Resultados a compresión (Kg/cm ²).
121	153.90
122	147.12
123	153.90
124	150.86
125	185.60
126	120.19
127	119.96
128	135.00

Num. de muestra	Resultados a compresión (Kg/cm ²).
129	79.82
130	71.30
131	116.57
132	90.10
133	136.94
134	130.15
135	127.30
136	132.10

RESULTADOS DE LA TERCERA ETAPA.

Espécimen (grupo)	Resistencia a la tensión (Kg/cm ²)
	67.66
	65.77
A	62.22
	68.10
	69.33
	90.66
B	79.22
	77.20
	40.88
	55.11
C	52.44
	60.30
	54.23
	51.89
D	56.88
	53.70



a) TIPO DE ADHESIVO.

b) TIPO DE FIBRA.

FORMULACION UTILIZADA EN LA OBTENCION DE MEJORES
RESULTADOS.

Fibra utilizada.- Acrílica 3 denier y 63.5 mm de corte.

Agregado.- Arcilla expandida (Gravamil 700).

Adhesivo.- Resina epóxica "Epikote 815".

Formulación para cuatro probetas cuyas dimensiones son:
7.5 cm de diámetro y 15 cm de longitud.

Arena = 1.62 Kg.

Cemento = 0.8078 Kg.

"Gravamil 700" = 1.72 Kg.

Agua = 0.562 Kg.

Resina epóxica "Epikote 815" 0.03369 Kg.

Endurecedor HY - 850 = 0.00505 Kg.

Fibra Acrílica 3 denier y 63.5 mm bte. 0.01680 Kg.

NOTA: El agregado deberá estar previamente saturado de agua antes
de ser incorporado en el mortero.

5.0 BREVE ESTUDIO ECONOMICO.

El incremento en la construcciones tanto de caracter público como privado, ha ocasionado que la demanda de materiales de construcción, mantenga en general una tendencia creciente.

Esta parte del trabajo desarrollado, está encaminada a examinar, cuáles son las posibilidades de desarrollo de los concretos experimentados anteriormente en la industria de la construcción.

Por esto se expone la composición de los materiales, su costo unitario y sus propiedades físicas y probabilidades de empleo a nivel nacional.

5.1 COSTO UNITARIO.

Factores.- La determinación de los costos unitarios por m³ en función de la resistencia a la compresión, así como los costos por m² del muro terminado, deben realizarse considerando los factores siguientes.

Lugar de colado en planta o en la obra. En el caso del concreto espuma reforzado con fibras sintéticas se podría lograr fabricarlo mediante un proceso industrial, teniendo este la ventaja de la rapidez en la ejecución y un adecuado control de calidad los cuales son difíciles de alcanzar en la obra.

En la obra se logran costos más bajos sobre todo en lugares donde la mano de obra del campo es barata, ocasionando esto una ventaja adicional.

Tipos de concretos.- Aquí influye las materias de cada formulación, lugar de la ejecución de las obras (Urbanas o Foraneas).

En el caso de las obras foraneas, los costos indirectos suben con respecto a los de las obras urbanas; debido a que aquellas es tan alejadas de las zonas pobladas produciendo aumentos, tanto en el costo como en el tiempo. Los costos directos también aumentan

con el costo de los fletes adicionales de los materiales fabricados en planta y a los gastos de explotación de materiales de la zona.

Localización de los elementos en la zona que se realiza la obra.- Cuando existen elementos que se encuentran en diferentes niveles de terreno, aumento el tiempo de ejecución de los trabajos por que baja el rendimiento de los equipos y de la mano de obra subiendo por la misma razón el costo de los mismos.

Por otro lado se requiere elevación de los materiales, herramienta, mano de obra y equipo lo cual tiene un costo adicional.

Tipos de elementos.

Deben considerarse también que los costos de construcción se ven afectados también por el tipo de elementos (lozas, columnas, muros, etc.) así como las formas y dimensiones de éstos.

ACTIVIDADES BASICAS.

Los costos se ven influidos por el sistema de construcción que se utilice, es decir, el sistema de montaje o armado, el cimbrado y el colado empleados determinan en gran parte los costos de cualquier construcción.

Análisis de los factores productivos.- A continuación se exponen los diversos factores que intervienen en forma directa en el costo de la fabricación, limitándose por las exigencias del estudio a desglosar solamente los datos referentes a salarios en la ciudad de México, así como los posibles costos de los concretos realizados en la obra.

NOTA: El análisis de costos presentado a continuación ha sido calculado con fecha 30 de julio de 1977.

5.2.1 ANÁLISIS DE LOS PRECIOS UNITARIOS.

Evaluación de un metro cúbico de concreto simple.

$f_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$

	P. U. (m.n.)	cantidad	importe (m.n.)
cemento	740 / ton. 3	418 Kg 3	309.32
arena	120 / m 3	0.552 m 3	66.24
grava	120 / m 3	0.552 m 3	<u>66.24</u>
costo de materia prima			441.80

Tabulador de salarios:

	base (m.n.)	dom. y días feriados (m.n.)	impuestos (m.n.)
ayudante	84.34	102.55	133.00
oficial	123.00	149.60	193.95

Evaluación del mezclado:

1 albañil + 6 ayudantes =	<u>193.95 - 6(133.00)</u> =	99.19
revolvedora	=	39.99
herramienta	=	1.98
vibrado	=	13.30
curado	=	3.99
prueba	=	<u>3.99</u>
		<u>162.44</u>

Costo de la materia prima:	441.80
Costo de mezclado	162.44
Costo total -----	604.24

5.2.2 Evaluación de un metro cúbico de concreto espuma reforzado con fibra sintética.

$$F'c = 40.7 \text{ Kg / cm}^2$$

	P. U.	cantidad	importe
cemento	740 / ton. 3	624.40 Kg	480.76
arena	120 / mto.	254.30 "	19.80
P. estireno	40 / Kg	21.2 "	848.00
adhesivo	38.6/Kg	13.84 "	584.30
fibra sintética	36. / Kg	6.35 "	228.60

P. U.	cantidad	importe
Costo de la materia prima		2111.46
Costo del mezclado		135.90
Costo total -----		2246.46

5.2.3 Evaluación de un metro cúbico de concreto ligero usando gravamil como agregado y reforzado con fibra sintética.

P. U. (m.n.)	cantidad	importe (m.n.)	
cemento	740 / ton. ³	304.80 Kg	225.55
arena	120 / mto.	611.3 "	48.00
gravamil	300 / ton.	649.0 "	194.70
fibra	36 / Kg	6.33 "	226.80
adhesivo	84.5/Kg	12.71 "	1073.15
endurecedor	71.05/Kg	2.0 "	142.10
Costo de la materia prima			1910.00
Costo de la mano de obra			135.90
Costo total -----			2046.20

5.3 COSTO DE UN ELEMENTO DE CONSTRUCCION.

A continuación se analizarán los costos de un tipo de elementos de construcción como son los muros, elaborados a partir de diferentes materiales.

Muro de tabique rojo, de 7 cm de espesor asentado con mortero, proporción de cemento - arena 1.6 en primero y segundo piso.

P. U.	cantidad	importe	
tabique	800 / millar	0.028	22.40
anclamiento y reatas	16 / lote	1.00	16.00
mortero (1cm de junta) 35% desp.	390/m ³	0.01	3.90
M.de O.(peon)	130/jornal	0.10	13.00

P. U.	cantidad	importe
M.de O. albañil 188.5/jornal	0.10	18.85
M.de O. (peon - acarreando) 130 /jornal	0.10	13.00
Costo por metro cuadrado		87.15
Costo por metro cúbico -----		1159.15

5.3.1 Muro de concreto con F'c = 140 Kg/cm², con las siguientes dimensiones 7 cm. de espesor y área de lm².

	unidad ²	cantidad	P. U.	importe
cimbra	m	2	114.93	229.86
mallla de alambre (calibre 6)	m ³	1	12.0	12.00
concreto simple (M.P. y M.de O.)	m	0.07	604.24	42.30
mano de obra				15.95
Costo por metro cuadrado				299.81
Costo por metro cúbico -----				4290.00

ANALISIS DEL COSTO DE LA CIMBRA.

	Unidad	cantidad	costo m ³	importe
madera	P T	13.744	4.90	67.13
clavo de 3"	Kg	0.063	19.5	1.22
clavo de 4"	Kg	0.046	19.5	0.89
clavo de 6"	Kg	0.147	19.5	2.86
alambre No.18	Kg	0.063	26.0	1.63
M. de O. (carpintero)	J	0.17	189.8/j	32.26
M. de O. (ayudante)	J	0.085	130.0/j	11.05
				117.04 /m ²

En la mano de obra, está consideradas todas las operaciones de corte, ensamble, cimbra y desambrado.

5.3.2 Muro de concreto espuma reforzado con fibra sintética
de 7 cm de espesor y $\frac{2}{lm}$ de área. $f'c = 40.7$

	unidad	cantidad	P. U.	importe
	$\frac{2}{m}$			
cimbra	m	2	114.93	229.86
mallla de alambre (calibre 6)	$\frac{2}{m}$	1	15.6	15.60
concreto espuma reforzado con fi bra (M.P. y M. de obra)	$\frac{3}{m}$	0.07	2246.46	157.22
mano de obra				6.50
Costo por metro cuadrado				409.18
Costo por metro cúbico		-----		5785.70

5.3.3 Muro de concreto con refuerzo de fibra y utilizando -
"gravamil" como agregado, de 7 cm de espesor y $\frac{2}{lm}$ de área.

$f'c = 151.23$

	unidad	cantidad	P. U.	importe
	$\frac{2}{m}$			
cimbra	m	2	114.93	229.86
mallla de alambre (calibre No.6)	$\frac{2}{m}$	1	15.6	15.6
concreto ligero usando "gravamil" como agregado	$\frac{3}{m}$	0.07	2046.2	143.23
mano de obra				9.10
Costo por metro cuadrado				397.79
Costo por metro cúbico		-----		6682.57

Mampara de madera de pino de $\frac{2}{lm}$ se usará madera de pino de pri-
mera en tablones de 7 cm de espesor.

	unidad	cantidad	P.U.	importe
tablón de 7cm	pie	10	61.80	61.80
tornillos	lote	1	65.0	65.00
desperdicio	%	20	---	91.00

	unidad	cantidad	P. U.	importe
mano de obra y gastos de taller	lote	1	130.0	164.00
Costo por metro cuadrado				938.00
Costo por metro cúbico	-----			1326.00

5.3.4 ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS.

Ahora analizamos las propiedades de los materiales, relacionados con los costos, también haremos una relación de propiedades a densidades, tomando como base, para el análisis de costos 1 m³ de material.

Usaremos las siguientes notaciones:

M = madera de pino.

T = tabique.

CS = concreto simple.

CER = concreto espuma reforzado con fibras sintéticas.

CLG = concreto ligero reforzado con fibras sintéticas usando "gravamil" como agregado.

Propiedades	M	T	CS	CER	CLG
R. a compresión (Kg / cm ²)	55	20	140	40	151
R. a tensión (Kg / cm ²)	33		14	39	79
densidad (G / cm ³)	0.66	2.0	2.2	1.02	1.79
costo del material	1326.0	1159.0	4290.0	5785.0	5682.0
compresión (S /Kg/ cm ²)	241.9	57.98	30.6	144.5	37.6
tensión (S /Kg/ cm ²)	401.8		306.4	148.5	71.9
compresión / densidad	83.3	9.5	63.6	39.2	84.3

tensión / densidad	54.5		6.3	38.2	44.1
S / compresión/ densidad	159.1	122.0	67.4	147.9	67.3
S / tensión / densidad	243.3		680.9	151.5	128.7

6 CONCLUSIONES.

6.1 Utilización de fibra polimérica en el concreto. Fue posible incorporar la fibra polimérica en el concreto, sin embargo, desde el punto de vista del abastecimiento de la fibra se ve que sería conveniente utilizar los excedentes de producción o fibras de desecho:

1.- Debido al precio de adquisición.

2.- Tratar de aprovechar estos residuos.

6.2 Resistencia a la tensión (62.84 Kg/cm^2 promedio) la resistencia a la tensión obtenida en los especímenes sobrepasó en un 4.4% la resistencia propuesta como mínimo en los objetivos de este trabajo (60 Kg/cm^2); siendo el valor máximo de 90.66 Kg/cm^2 , valor que comparado con el que tiene normalmente el concreto excede de alrededor de un 600% dicha propiedad.

6.3 Método para la obtención de los concretos, fue posible trabajar a nivel piloto la preparación de estos materiales para lo cual el método más adecuado fue el siguiente:

En una revolvedora (tromo) se coloca primero la arcilla expandida previamente saturada con agua, posteriormente se añaden los demás compuestos del mortero, junto con el adhesivo (restando la cantidad de agua que trae el adhesivo para el establecimiento

to de la relación agua cemento) y al final se añade la fibra en forma espaciada pausadamente, con el objeto de dar tiempo de dispersión en la mezcla (no fue necesario abrirla previamente) una vez hecha la mezcla se verte en el molde.

6.4 De acuerdo con el comportamiento que se apreció del material, se ve que es interesante ver el poderlo utilizar en zonas sísmicas debido a que en algunos casos aunque tengan las mismas características mecánicas la presencia de la fibra impide su disgregación a la hora de la falla.

Además por lo que se refiere a los módulos, es de esperarse una mayor deformabilidad a un abatimiento de los mismos lo cual es acorde con lo que establecen las ecuaciones empíricas para los materiales compuestos.

6.5 Elementos de construcción.

En forma preliminar se hizo una viga de mortero (sin armadura de acero) con este material y se pudieron comprobar sus características mecánicas. Aunque no fueron satisfactorios.

6.6 Se estableció el estudio comparativo de costos, del cual debido a el constante aumento de los materiales que entran en su composición las cifras obtenidas servirán únicamente para el lapso en que fueron obtenidas, bajo esta circunstancia se vió un incremento en mucho de los elementos fundamentales como son agregados adhesivos y fibras un aumento de 100% aproximadamente.

6.7 Densidad.

Sólo se llegó a sobrepasar el valor puesto en el objetivo como límite de 1.7 ton./³ mto. , en nueve décimas para el mortero más pesado, en el caso del poliestireno expandido esta fue de 1.02 --³ ton./mto. , lo cual comparado con la densidad que tiene el concre

3

to armado que es de 2.4 ton./mto. , se puede decir que algunos de estos elementos podrán ser utilizados como elementos divisorios - en construcciones. Una disminución de alrededor de un 30% en el peso de la obra muerta sea significativo para un ahorro en la cimentación, por otro lado se puede tener la ventaja adicional de no utilizar acero (que en épocas determinadas llega a escasear) - en la formación de elementos estructurales o divisorios, por lo cual puede obtenerse los mismos, con mayor rapidez de producción debido a que se evita tener que armar la estructura metálica.

6.8 Proyección al futuro.

El presente trabajo muestra más que el afán de poder generar materiales nuevos que ofrezcan ventajas para la industria de la construcción, probablemente es mostrar la versatilidad que pueden tener los materiales compuestos en especial los concretos reforzados con polímeros y modificados en algunos de sus cualidades.

Podría pensarse también que, para elementos estructurales cuyas características del material así lo permitan podría llegarse a la producción continua (método de extrusión) de bardas o cercas y pequeños postes para señales de carreteras o sujetar alambradas.

Quedando de esta forma, abierta para que se pueda realizar nuevas investigaciones para obtener esta clase de elementos con estudios detallados sobre su tecnología e inversiones de capital para tratar de fomentar una nueva fuente de trabajo.

APENDICE.

- CONCRETO.- Combinación aglutinante formada por arena cemento y agregados con el fin de obtener un compuesto con características definidas.
- DENIER.- Es el peso en gramos de nueve mil metros de un filamento con un diámetro y tenacidad definida.
- MORTERO.- Combinación formada por, cemento, arena y agua.
- CLINKER.- Denominación utilizada para hablar de la combinación resultante de la primera etapa, en la fabricación del cemento y está constituida por piedra caliza y material arcilloso principalmente que se funde en forma parcial.
- ESQUISTO.- Formación geológica en transición de tipo amorfo para generar caolines.
- COLADO.- Colocación del cemento en un molde.
- AGREGADOS.- Arena, grava, piedra machacada, polímeros, etc.
- FRAGUADO.- Tiempo en el cual el concreto por medio de hidratación adquiere las características deseadas.
- CURADO.- Operación del fraguado controlado bajo condiciones de humedad ó de algún agente curante que nos preserva las características deseadas del material.
- REVENIMIENTO.- Prueba para medir la fluidez del concreto; á menor revenimiento, el concreto es más denso.
- MATRIZ.- Material primitivo al que se adiciona algún refuerzo ó agente con otras características.
- COMPORTAMIENTO SINERGISTICO.- Conducta que manifiesta un objeto al ser influenciado por dos o más variables en forma simultanea.
- PROPIEDADES MECANICAS.- Mecánica de los cuerpos deformables; en ella se incluyen los problemas de elasticidad viscosidad y fluidez.

- F.- Módulo
 - S.- Esfuerzo a la tensión
 - V.- Volumen en (%)
 - C.- Compuesto
 - m.- Matriz
 - f.- Fibra
 - °.- Centro de la fibra
 - r.- Radio de fibra
 - z.- Longitud de la fibra
 - p.- Carga de tensión
 - G.- Esfuerzo de tracción aplicado en ejes Z, Z
 - E.- Esfuerzo cortante
 - d.- Diámetro de la fibra
 - S'm.- Esfuerzo que muestra la matriz a una deformación del compuesto en que la deformación de las fibras corresponde al esfuerzo último de ellas ó bien al esfuerzo en que las fibras fallan en el material compuesto.
 - SU.- Esfuerzo último
 - D.- Diámetro de la fibra
 - P.- Porcentaje en volumen de la fibra
- Relación de esbeltez - relación de longitud de la fibra con respecto al diámetro.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Valenzuela Píña Miguel A. Mejoras de formulación para concretos aligerados con partículas de excedentes agrícolas y / o polímeros. Tesis - Profesional 1975, México D.F.
- 2.- Padilla Ramírez Armando J. Concretos espuma Tesis Profesional 1973, México D.F.
- 3.- A. C. I. Publication SP - 44 Fiber Reinforced Concrete.
- 4.- F. Barbara Z. Materiales y procedimientos de construcción Vol. I 4° ed. Concreto ligero 2° ed. Editorial Limusa Willey. S.A.
- 5.- Short Andrew and Kinninburg William. A Work Study in Block Laying National Building Study Technical Paper N° 1.
- 6.- Kinninburg William. Concreto ligero de Stiropor Publicación del Depto. de cuerpos expandidos de Badisc de Anilín Soda Fabrik 1967.
- 7.- Honwiller Freder and Khling Klaus. Tecnicas y practicas del concreto armado 8° ed. Editorial C. E. A. C. S. A. Barcelona 1972.
- 8.- Casa Pima Cabal E Concrete and Mineral Aggregates Part. 10, publicado por American Society for Testing and Materials 1969.
- 9.- A.S.T.M. Standars

- 10.- Lemus Díaz Vicente. Estudio del concreto Polimérico Fac. de Ingeniería Tesis Profesional 1973.
- 11.- Irving Skeist Manual de Adhesivos 1° ed. - cia. Editorial Continental S.A. 1969.
- 12.- Thacker George Antioxidants Modern Plastics Encyclopedia Vol. 48 N° 10 A filadelfia 1971 - 1972.
- 13.- Kirk - Othmer Enciclopedia de Tecnología - Química Vols. 3, 7 y 8 1° ed Editorial UTHEA.
- 14.- Suarez S. Carlos. Costos y Tiempo en edificación Publicación de la ING. Municipal 1967.
- 15.- Plazola Cisneros A. Normas y Costos de Construcción Ed. Limusa, México 1967.
- 16.- Camara Nacional de la Industria. Cifras de la construcción revista Mexicana de la construcción N° 249 - 6 México 1975.
- 17.- R. Houwink Adherencia y Adhesivos Vol. número dos.