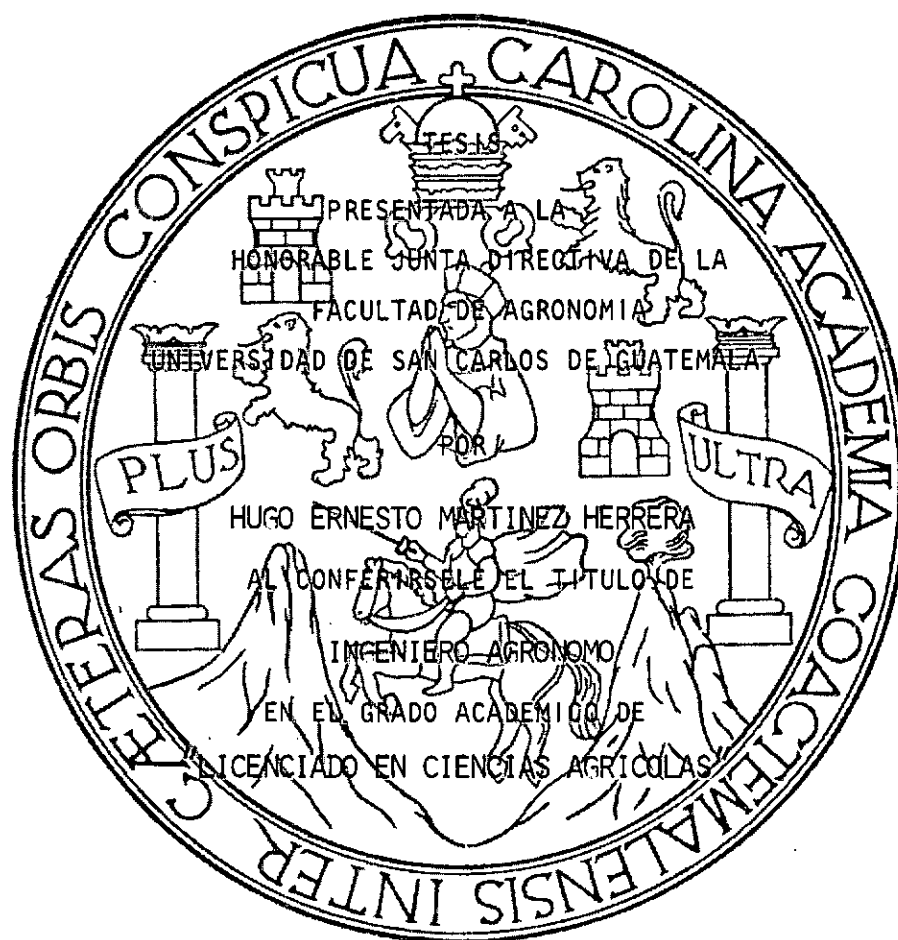


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

UTILIZACION DEL PAGAZO DE CAÑA EN TRES
MEZCLAS DE CONCRETO LIVIANO



GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1981.

D. R.
01
T(605)
C. 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. MARIO DARY RIVERA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO :	DR. ANTONIO SANDOVAL SAGASTUME
VOCAL PRIMERO:	ING. AGR. ORLANDO ARJONA
VOCAL SEGUNDO:	ING. AGR. GUSTAVO MENDEZ
VOCAL TERCERO:	ING. AGR. FERNANDO VARGAS
VOCAL CUARTO :	
VOCAL QUINTO :	P.A. ROBERTO MORALES M.
SECRETARIO :	ING. AGR. CARLOS FERNANDEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO :	ING. AGR. RODOLFO ESTRADA G.
EXAMINADOR :	ING. AGR. LUIS A. BETANCOURT
EXAMINADOR :	DR. ANTONIO SANDOVAL SAGASTUME
EXAMINADOR :	ING. AGR. ROLANDO AGUILERA
SECRETARIO :	ING. AGR. LEONEL CORONADO C.

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12
GUATEMALA, C. A.

FACULTAD DE INGENIERIA — DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS — MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA

REF. No. _____

Guatemala,
10 de noviembre de 1981

Doctor
Antonio Sandoval S.
Decano
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Presente.

Señor Decano:

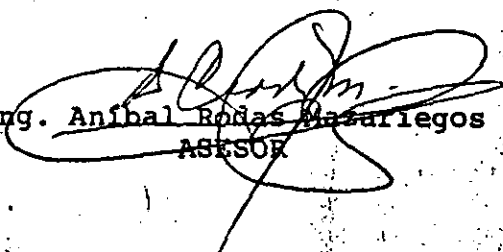
En virtud del nombramiento emitido por Usted el año pasado, he procedido a asesorar el trabajo de tesis del -
Universitario Hugo Ernesto Martínez Herrera, titulado "UTILIZACION DEL BAGAZO DE CAÑA EN TRES MEZCLAS DE CONCRETO - LIVIANO".

Me place informarle que, al revisar dicho trabajo, -
lo encuentro satisfactorio y lo apruebo plenamente, pues -
su contenido científico y metodológico es tal que permite recomendarlo para su publicación.

Aprovecho la ocasión para reiterar al Señor Decano, el testimonio de mi consideración.

Atentamente,

" ID Y ENSEÑAD A TODOS "


Ing. Anibal Rodas Mazariegos
ASESOR

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De acuerdo con lo establecido por la ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "UTILIZACION DEL BAGAZO DE CAÑA . EN TRES MEZCLAS DE CONCRETO LIVIANO".

Presentándolo como último requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, para su aprobación.

Deferentemente:



Hugo Ernesto Martínez Herrera.

ACTO QUE DEDICO:

A MIS PADRES:

PEDRO ARISTIDES MARTINEZ BONILLA
LYDIA RAQUEL HERRERA V. DE MARTINEZ

A MI ESPOSA:

DOLORES SIEKAVIZZA DE MARTINEZ

A MIS HIJOS:

HUGO, SERGIO Y RUTH.

RECONOCIMIENTO

AL PERSONAL DEL "CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA" (CII) DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR SU ASESORIA, ORIENTACION Y FACILIDADES PRESTADAS, ESPECIALMENTE AL INGENIERO ANIBAL RODAS MAZARIEGOS.

AL INGENIO CONCEPCION, POR LA COLABORACION PRESTADA A TRAVES DE SUS ALTAS AUTORIDADES.

INDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	2
III. ANTECEDENTES	3
III.1 Características del bagazo de caña de azúcar	3
III.2 Concreto Liviano	3
III.3 Investigaciones de concreto reforzado con fibra	5
IV. REALIZACION DEL ESTUDIO	8
IV.1 Método de diseño y sistema de mezclado	9
IV.2 Ensayo de Asentamiento	10
IV.3 Ensayo de Peso Unitario	11
IV.4 Ensayo de Comprensión	11
IV.5 Ensayo de Flexión	12
V. RESULTADOS	14
V.2 Cuadros comparativos de Mezclas Realizadas	14
V.2A Cuadro Resumen de Características Físicas	19
V.3 Cuadro Comparativo de contenidos de Cemento y Resistencia	21
V.4/6 Cuadros Resistencia y Características Mecánicas, Cilindros a 7 días	23/25
V.7/9 Vigas a 7 días	26/28
V.10/12 Cilindros a 28 días	29/31
V.13/15 Vigas a 28 días	32/34
VI. ANALISIS DE RESULTADOS	35
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
RESUMEN	41
BIBLIOGRAFIA	43
APENDICE	44
Cálculo de Cilindros	44
Cálculo de Vigas	45
Gráfico de Curvas, Esfuerzos a Compresión	46
Gráfico de Curvas, Esfuerzos a Flexión	47
Anexo B	48

I. INTRODUCCION

Un gran número de guatemaltecos no posee vivienda adecuada, debido a la destrucción causada por el pasado terremoto, al importante déficit habitacional que ya existía en el país, y a su nivel de subsistencia que no les permite adquirirla por sus altos costos existentes, en la rama de construcción, el alto costo de los materiales y el progresivo encarecimiento de los métodos de construcción.

Estas circunstancias sumadas al conocimiento tanto rural como urbano de las necesidades y problemas habitacionales de Guatemala motivaron la inquietud por el empleo del bagazo de caña para la elaboración de un material para la construcción de viviendas, dando a la vez, utilización a las cantidades de este sub-producto que ocasionan problemas, de espacio en las explotaciones azucareras.

Con el bagazo se trata de proveer un componente barato, funcional, de rápido aprovechamiento, que permita un método sencillo de construcción; no se aspira competir con materiales que poseen características sobresalientes en la construcción; se trata de presentar una alternativa que pueda ayudar a los miles de guatemaltecos a resolver en parte el problema de vivienda.

Una razón por la que el concreto es el material de construcción más comúnmente empleado en su continua adaptabilidad a satisfacer las cambiantes necesidades. La construcción en concreto se adopta a satisfacer desde la fácil, fuerte y duradera construcción de una casa rural de cualquier parte del mundo a la de las viviendas de alta densidad de las áreas urbanas donde métodos altamente industrializados se prefieren.

Aunque la fórmula básica del concreto: Cemento Port-land, agregado mineral y agua están llamados a permanecer en la tecnología de materiales de construcción; se han operado cambios significativos que se transforman en un mejor comportamiento, un uso más amplio y una mayor economía en el empleo del concreto.

Ultimamente han surgido dos descubrimientos del concreto como material de construcción: la adición de polímeros y la adición de fibras. Estos nuevos materiales no están llamados a desplazar los refuerzos convencionales: el concreto armado y el Pretensado, pero si pueden hacer posibles nuevos usos del concreto, como prefabricados de escaso espesor, páneles, tableros, etc. Esto motivó al Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Facultad de Ingeniería de Guatemala a iniciar una serie de investigaciones en torno a las alternativas anteriores.

La puesta en marcha del proceso de reconstrucción y los programas originalmente previstos a desarrollar por el sector público y privado durante el año de 1976 implicaron una enorme ampliación de la actividad de la construcción - que trajo aparejada una demanda excepcional de materiales y de mano de obra calificada.

Sin embargo, los problemas de disponibilidad de mano de obra calificada - persistieron y redundaron en una substancial elevación del nivel de los salarios de los trabajadores de la construcción, lo que ha obligado al sector público y al sector privado a efectuar una programación más cuidadosa de sus actividades, a la vez que buscar soluciones alternativas a la tecnología habitual utilizada en Guatemala, como es el caso de las construcciones habitacionales mediante el diseño y la importación de módulos prefabricados.

II. OBJETIVOS

El principal objetivo fue adicionar bagazo de caña de azúcar a mezclas de concreto liviano, para proveer un componente barato, funcional y de rápido aprovechamiento, que permitiera obtener elementos útiles en la construcción.

Las mezclas utilizadas para obtener el "Concreto Liviano", fueron diseñadas de acuerdo a proporcionamientos ensayados anteriormente, y que permitieron establecer sus propiedades físico-mecánicas y su variación con respecto a la adición de bagazo de caña.

Se separó la fibra del bagazo de caña, para que, con un adecuado fraguado del concreto liviano pudiera obtenerse un material de consistencia y afinidad homogéneos.

Se analizaron los resultados obtenidos en las mezclas de concreto liviano, bagazo de caña, obteniéndose de ello su aplicación más práctica para la construcción de viviendas de bajo costo.

III. ANTECEDENTES

3.1 Características del Bagazo de Caña de Azúcar:

El bagazo es el residuo fibroso de la caña, después de extraerle el jugo, está constituido por agua, fibras y cantidades relativamente pequeñas de sólidos solubles. Su composición varía de acuerdo a la variedad de caña, maduración y método de cosecha, finalmente en la planta moladora, se estima:

Humedad	46-52%	Promedio	49.0%
Fibra	43-52%	Promedio	48.7%

Sólidos solubles principalmente azúcar 2-6%. Promedio 2.3%.

Por definición, la fibra de bagazo posee componentes insolubles en agua, éstos consisten principalmente en celulosas, pentosanas y lignina.

3.2 CONCRETO LIVIANO

Definición de Concreto Liviano de Tipo Estructural:

Aún cuando el concreto liviano se ha hecho muy conocido en la actualidad, no representa en ningún caso una nueva clase de material de construcción. A fines del Siglo XIX se utilizó en los Estados Unidos de Norteamérica, Inglaterra y en muchos otros lugares en forma de concreto

con agregados de escoria de hulla.

Se considera concreto liviano de tipo estructural, aquel concreto fabricado con cemento Portland, agua, agregados livianos o con agregados normales y adición de espuma o agentes gasificadores, que tenga una densidad menor de $1,500 \text{ Kg/m}^3$ ($100\#/\text{pies}^3$) y que alcance una resistencia de 105.46 Kg/cm^2 (1,500 psi.) o mayor.

No hay una definición de aceptación general de concreto liviano.

La ACI en el Código de construcción acepta como concreto liviano estructural el fabricado con agregados livianos que tengan un peso menor de $70\#/\text{pie}^3$ (de acuerdo con normas ASTM 330-60).

Las normas Alemanas consideran concreto liviano al que pesa de 300 a $1,600 \text{ Kg/m}^3$ (20 a $100 \#/\text{pie}^3$) y estima como capaz de soportar carga al que tenga peso no menor de 800 kg/m^3 ($50 \#/\text{pie}^3$) y resistencia mayor de 25 kg. cm^2 ($355.6\#/\text{plgd}^2$).

En trabajos varios se ha encontrado que hay autores que toman como concreto liviano al que para nosotros es concreto normal o pesado: $2,200 \text{ Kg/m}^3$ ($137.34 \text{ lbs.}/\text{pie}^3$).

Clasificación:

La fabricación del concreto liviano puede alcanzarse de distintas maneras, de ahí las diferentes clases que existen:

- a) Mediante agregados livianos naturales o artificiales;
- b) Mediante agregados de tamaño uniforme, los cuales con una reducida adición de material ligante, dejan espacios de aire entre los granos.
- c) Mediante adición de sustancias que producen gas en el concreto de grano fino lo que provoca la infiltración de glóbulos de aire.
- d) Mediante la adición de espuma o espumantes, los cuales dejan pequeñas cavidades más o menos uniformes dentro del concreto de grano fino.

3.3 Investigaciones de Concreto Reforzado con Fibra:

Es concreto fabricado con cemento Portland, agua, agregados livianos y fibras individuales discontinuas.

En lo referente al reforzamiento del concreto con fibras, fueron iniciadas las investigaciones en la década del 60.

Su empleo no se limitó a viviendas y habitaciones populares de bajo costo sino que también se utilizó en ciertas partes de edificios y monumentos. Se sabe también que los romanos usaron frecuentemente en forma de concreto liviano en sus construcciones, tal es el caso de la cúpula de 44 metros de diámetro del Panteón en Roma construido en el Siglo II D.C., la cual se compone en gran parte de un concreto fundido a base de agregado de pómez. La arcilla expandida ha sido utilizada en Estados Unidos al igual que la escoria espumosa se usó en Inglaterra y el interés del concreto liviano se propagó rápidamente a Holanda, Francia, Alemania, - Bélgica y otros lugares.

Hace unos 30 años solo se disponía de dos tipos de agregado de peso liviano, pero en la actualidad hay más de una docena de ellos.

Debe existir una distinción en la designación general, ya que unos concretos livianos utilizan agregados livianos y otros concretos deben denominarse "Concretos de Espuma" por la adición de elemento espumante y "Concreto Gaseoso" o concreto espansionado; porque requiere de sustancias que provocan reacciones con desprendimiento de gas, espansionando la masa.

- Romualdy probó con asbestos (fibra mineral).
- En Australia: J. F. Brothie y G. Urbach, hicieron investigaciones con fibras de crisol (fibras vegetales) y con filamentos extraídos de la corteza del coco (coir), ellos probaron las fibras separadas y combinadas.
- En U.S.A (ACI 1963): J. P. Romualdy y G. B. Batzou hicieron algunas investigaciones independientes de las anteriores.

Romualdy y J. A. Mandel: investigaron el reforzamiento con fibra de acero, ellos probaron muestras a flexión y pruebas de impacto, actualmente este producto ya está patentado (en U.S.A.) y recibe el nombre de Wirand Concrete.

- En India: K. T. Sundara, Raya Iyengar y C. S. Wiswanatha; probaron con fibras de acero, fibras de vidrio y fibras de plástico.
- Un artículo en el Indian Concret Journal (1971) nos dice que S. Sridhara, S. Kumar y M. A. Sinare reforzaron el concreto con fibras de Nylon, Yute y fibras de la corteza de coco y efectuaron pruebas de impacto.
- En Inglaterra: Pilkingtons: produjo fibra de vidrio resistente al alkalis.
- En Dinamarca: Herbert Krenchel (1972) hizo comparaciones entre diferentes fibras vegetales, pero trabajó con asbestos en concreto.
- En Suecia: Lennart Wilson, hizo un estudio de cantidad de fibra a emplear y la longitud de fibra, el tipo de fibra empleado por ellos fue el Sisal (que es de la misma familia que el maguey).
- En Guatemala, Barrios Rolando: concluye que en la mayoría de los ensayos se observó que no todas las fibras fallan por tensión sino debido a la deficiente adherencia fibra-concreto liviano; aunque también evitan una falla repentina en el concreto. Se recomienda realizar estudios adicionales para mejorar adherencia.
- La mezcla con fibra de coco dió resultados 5-10% mayores en resistencia que las fibras de maguey. Esto puede visualizarse comparando las gráficas correspondiente para los dos tipos de fibra.
- Se obtuvieron resultados donde podemos observar que la resistencia de una mezcla se incrementa con relación a la cantidad de fibra empleada, hasta un contenido máximo de 1%, porcentajes mayores de fibra reducen

la capacidad de carga, por formarse nudos o bolas. Posiblemente con el uso de super-plastificadores podría aumentar la cantidad de fibra.

- En comparación a la adición de fibras de acero, se puede observar que con éstas se logran incrementos de resistencia de 10-15% mayores que con las fibras orgánicas ensayadas en este trabajo como se puede ver en las tablas correspondientes.
- Se recomienda hacer investigaciones sobre el tratamiento de la fibra y su posible reacción con el cemento. Estudios realizados por S. D. Shah del departamento de Ingeniería de materiales de la Universidad - de Illinois, señalan que las fibras orgánicas son más inertes a las sustancias químicas que las fibras de acero o vidrio, pero es deseable comprobar estos extremos.
- Se puede observar que las fibras empleadas para el presente estudio - son de menor resistencia a la tensión que otras variedades de fibras, de especies similares evaluadas en Suecia y Estados Unidos con lo que se puede concluir que utilizando otro tipo de fibra de mejor calidad y mayor resistencia se pueden obtener mejores resultados. Es recomendable evaluar diferentes tipos de fibra de Maguey, Henequén, Sisal, o Yute que puedan obtenerse localmente.

En lo que se refiere al Desarrollo de la tecnología para la producción de elementos constructivos utilizando bagazo para su aplicación en la construcción de viviendas económicas.

Se realizó un estudio en la Universidad de Tucumán, Argentina. En este estudio se empleó el bagazo de caña con cal o cemento en placa rígida autoportante.

Las características principales del estudio fueron las siguientes:

- Molido de la fibra: por medio de rodillos Wiley
- Longitud de fibra: 2 mm. a 4 mm.

- Neutralización de la fibra: a base de lechada de cal cociéndola por 30 minutos.
- Secado de la fibra: filtrado y secado en aire hasta una humedad de 10-15%.
- Mezclado: mezcladora o agitadora.
- Prensado: variable y con tiempo de 10 a 30 minutos.
- Fraguado y secado: al aire y temperatura ambiente.
- Ensayos: flexión, con cemento: 35-40 Kg/cmt²
con cal 81 kg/cmt²
Módulo de elasticidad 0.167 x 10⁵ kg/cmt²

Donde se fabricaron más de 500 probetas, de este modo se analizó y observó el comportamiento de la fibra, su afinidad para el mezclado con los aglutinantes, su comportamiento en el manipuleo durante las diferentes etapas de elaboración, su capacidad de frague y su aspecto exterior.

IV. REALIZACION DEL ESTUDIO

Para realizar el estudio, se fabricaron mezclas de concreto liviano utilizando tres proporciones por peso (1:1, 1:2, 1:3).

Agregando a cada proporcionamiento un porcentaje de bagazo de caña de azúcar desde 0 hasta 8% de fibra, y de un largo de 4 cms.

Para cada mezcla realizada se hicieron los siguientes ensayos:

- Asentamiento
- Peso unitario
- Inspección visual para observar fragilidad
- Probetas para ensayo de compresión
- Probetas para ensayo de flexión

La Metodología seguida aparece a continuación:

4.1 Método de Diseño y Sistema de Mezclado

El método de diseño empleado en el presente estudio corresponde al desarrollado por el Ing. Aníbal Rodas (CII).

Se mezcló la arena con $3/4$ del volumen de agua necesario para humedecerla uniformemente; luego se mezcló con el cemento por 3 minutos, se verificó homogenización en el mezclado, luego se le agregó un atrapador de aire con el restante, $1/4$ de agua menos una pequeña parte de esa agua para llegar al ajuste exacto de asentamiento deseado.

El asentamiento deseado fue de 3.5 - 4.5 pulgadas que fue el más consistente en las pruebas preliminares.

Después de tener la mezcla adecuada se le adicionó su respectivo porcentaje de fibra, para lo cual se mezcló por 3 minutos, adicionando el agua necesaria para obtener el punto de trabajabilidad de la mezcla, anotándose este volumen, que junto con la anterior cantidad de agua nos dio el volumen necesario, este cálculo se describe en la dosificación de los materiales.

1. Orden de Componentes

- Arena pómez
- Agua
- Cemento
- Atrapador de aire más agua
- Fibra
- Agua

Para la fabricación de probetas de compresión se utilizan cilindros de 15 por 30 centímetros apisonándolas en tres capas empleando 15 golpes por capa, a las 24 horas se desencofran las probetas y se les somete a un proceso de curado, para evitar que el concreto pierda la humedad.

Para las muestras de flexión, se coloca el concreto en los moldes respectivos, apisonándoles adecuadamente, a las 24 horas se desencofran y se les somete al proceso de curado.

Equipo Utilizado

- Mezcladora eléctrica de 5 pies³ igual a 0.1417 mts³ de capacidad.
- Cono de Abrahams
- Recipiente de peso unitario (7 litros)
- Moldes cilíndricos de metal de 15 por 30 cms.
- Moldes de madera (vigas) de 50 por 15 cms. por 15 cms.
- Balanza de 5-0 Kgs. de capacidad
- Carretilla de mano
- Apisonador de madera de 2.54 x 7.60 x 60 cms.
- Cuchara de albañil, metro, palas

4.2 Ensayo de Asentamiento (slump ASTM C-143)

Para los ensayos de asentamiento se utiliza un cono truncado de 1 pie de altura y de diámetro superior 4" y diámetro inferior de 8". Se llena el molde en tres capas consecutivas apisonando cada capa.

La consistencia del concreto se determina mediante la medida del asentamiento que presente la mezcla fresca al quitársele el molde en el que inicialmente se había colocado, es decir la diferencia de altura entre el molde y la altura que guarda la mezcla después de quitárselo, con ello se obtiene el asentamiento de la mezcla en función del agua adicionada.

El molde se coloca en una parte plana no absorbente, llenándolo en tres partes iguales, las cuales se apisonan en igual forma, rasando la mezcla para que llene uniformemente el molde, el cual se levanta verticalmente lo más rápidamente posible, con lo cual la mezcla resbala del molde.

De esta manera se obtienen la altura de la mezcla asentada que por diferencia con el molde da una diferencia o asentamiento.

Los materiales principales son: cono de Abrahms, pisón de madera, pala, cuchara de albañil y la mezcla respectiva.

Esta prueba solo se realizó en la mezcla de concreto liviano, ya que al adicionar la fibra a la mezcla, por ser ésta altamente absorbente ésta funciona como una esponja la cual tiende a dar consistencias erráticas, por lo que conviene hasta donde sea posible reducir la cantidad de agua de trabajo para así uniformar la resistencia y lograr confiabilidad.

4.3 Ensayo de Peso Unitario

En este ensayo se determina el peso por unidad de volumen del concreto. Dato muy importante y necesario para posteriores cálculos de mezclas, y rendimiento es decir el volumen necesario de cemento para un volumen de terminado de materiales para la mezcla.

Se determina el peso del recipiente; se coloca dentro del mismo en tres capas sucesivas; se determina el peso del recipiente más la mezcla, dividiendo la diferencia de pesos entre el volumen, en este caso, siete litros.

Los materiales necesarios: molde de 7 litros de volumen y la mezcla respectiva.

4.4 Ensayo de Compresión (ASTM C-39)

Sirve para determinar la resistencia a la compresión.

- Se nivelan ambas caras de la probeta con una mezcla fundida de azufre y arcilla aplicada en caliente, y que endurece rápidamente.
- Se coloca la probeta ya nivelada en la máquina de ensayo y se le aplica una carga para averiguar las cargas permisibles constantes hasta la ruptura, tomando las lecturas respectivas en el reloj de la máquina.

- Estas pruebas se efectuaron a los 7 y 28 días después de fundir las probetas.
- La determinación del esfuerzo máximo de compresión se divide la carga máxima alcanzada, entre el área donde se le aplica la carga expresando el resultado en kg./cm^2 ó lb/pulg^2 .
- Materiales y equipo utilizado
- Probetas endurecidas y niveladas.
- Máquina Rhiele de 300,000 libras de capacidad.

4.5 Ensayo de Flexión (ASTM C-78)

Este método de ensayo cubre el procedimiento para determinar el módulo de ruptura en flexión del concreto haciendo uso de una probeta, con dos cargas concentradas a tercios de la luz.

Equipo

- Moldes de madera con dimensiones 50 x 15 x 15 cm.
- Dos apoyos de aceros con una luz de 48 cm.
- Un cargador superior que transmite, la carga de los tercios de luz (16 cm).
- Máquina universal Baldwin Lima Hamilton

Técnica Empleada

Se coloca la probeta, se aplica carga a una velocidad constante, hasta la ruptura haciendo la lectura respectiva.

Para los cálculos de la fractura de la viga si ocurre entre los tercios medios de la longitud de la luz, el esfuerzo de flexión será calculado en la siguiente forma:

$$R = \frac{3 \cdot P \cdot l}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

Donde:

- R = Esfuerzo a flexión en Kg/cm²
- P = Carga máxima aplicada en Kg.
- b = Ancho promedio de la probeta en cm.
- d = Altura promedio de la probeta en cm.

Si la fractura ocurre fuera de los tercios medios de la longitud de la luz. (No mayor del 5%), se calcula el esfuerzo a flexión con base a la siguiente fórmula:

$$R = \frac{3 \cdot P \cdot a}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

Donde:

- a = Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano, medido a lo largo de la línea central de la superficie de abajo de la vigueta, en cm.

Si la fractura ocurre afuera del tercio medio de la longitud de la luz (mayor del 5%), los resultados de este ensayo deben ser descartados.

V - RESULTADOS

14

CUADRO COMPARATIVO DE MEZCLAS REALIZADAS V-2

MASADA	PROPOR- CION X PESO	% FIBRA CEMENTO	REL A/C	PESO UNI- TARIO KGS/Mt ³	CEMENTO KGS/Mt ³	COMPRESION 7 DIAS	COMPRESION 28 DIAS	FLEXION 7 DIAS	FLEXION 28 DIAS
1	1:3	0	0.508	980.00	217.39	1-20.30 2-19.04	3-35.53 4-33.00		
2	1:3	0	0.500	1025.71	227.93			5-Perdido 6- 10.86	
3	1:3	0	0.431	995.71	221.27				7-15.15 8-17.17
4	1:3	4	0.616	970.00	208.33	9- 7.61 10- 9.14	11-19.04 12-15.23		
5	1:3	4	0.580	947.00	204.98			13-6.40 14-6.40	
6	1:3	4	0.580	970.00	209.96				15-16.15 16-15.15
7	1:3	0	0.508	1072.86	237.99	17-29.19 18-29.19	19-52.29 20-48.23		
8	1:3	0	0.516	1084.28	240.09			21- 6.73 22-11.11	
9	1:3	0	0.500	1058.57	235.24				23-13.77 24-20.20
10	1:3	4	0.608	1031.86	222.00	25-20.30 26-21.07	27-39.34 28-29.19		
11	1:3	4	0.584	988.57	213.79			29- 4.04 30- 3.37	
12	1:3	4	0.580	958.57	207.48				31-15.43 32-13.95
13	1:3	8	0.785	977.14	200.85	33- 9.77 34-10.03	35-16.49 36-16.75		
14	1:3	8	0.737	1001.43	207.89			37-15.84 38-15.84	

MASADA	PROPOR- CION POR PESO	% FIBRA CEMENTO	REL A/C	PESO UNITA RIO Kgs/Mt ³	CEMENTO Kgs/Mt ³	COMPRESION 7 DIAS	COMPRESION 28 DIAS	FLEXION 7 DIAS	FLEXION 28 DIAS
15	1:3	8	0.757	965.71	199.65				39-14.14 40-14.14
16	1:3	8	0.807	895.43	183.23			45-3.37 46-4.04	
17	1:3	8	0.828	885.42	180.40				47-14.14 48-14.14
18	1:3	8	0.830	867.86	176.75	41-5.92 42-6.17	43-17.17 44-17.77		
22	1:2	0	0.500	1315.71	375.92	195 Perdido	191-106.86 192-111.96 193-117.77 194-106.86		
23	1:2	0	0.390	1268.57	374.21		196 197		
24	1:2	0	0.380	1371.43	405.75				61-47.47
25	1:2	0	0.305	1292.14	390.96	57-91.68 58-91.37 59-97.94 60-97.19			
26	1:2	0	0.372	1485.71	440.60			62-36.90 63-39.39	
27	1:2	0	0.380	1372.86	406.17				64-48.48 65-55.56
28	1:2	0	0.359	1544.28	459.74			66-37-86 67-39.39	
29	1:2	0	0.351	1491.43	445.07			68- Perdida	69-45.45
30	1:2	4	0.551	1345.57	374.71	70-39.85 71-40.86	72-54.36 73-52.35		
31	1:2	4	0.487	1411.43	400.18	74-40.86 75-39.09	76-52.60 77-54.11		

MASADA	PROPOR- CION POR PESO	% FIBRA CEMENTO	REL A/C	PESO UNITA RIO Kgs/Mt ³	CEMENTO ³ Kgs/Mt	COMPRESION 7 DIAS	COMPRESION 28 DIAS	FLEXION 7 DIAS	FLEXION 28 DIAS
32	1:2	4	0.476	1425.00	405.00	78-47.21 79-40.61	80-54.36 81-52.10		
33	1:2	4	0.498	1403.57	396.71			82-26.24 83-27.27	
34	1:2	4	0.470	1430.00	407.40				84-33.89 85-32.89
35	1:2	4	0.490	1441.43	408.34			86-25.25 87-26.25	
36	1:2	8	0.622	1219.86	329.51	88-19.80 89-21.57	90-35.38 91-38.82		
37	1:2	8	0.635	1282.14	345.12	92-20.56 93-21.32	94-38.82 95-46.19		
38	1:2	8	0.620	1330.71	359.65			96-15.84 97-15.84	
39	1:2	8	0.615	1292.86	380.81				98-19.60 99-18.79
40	1:2	8	0.630	1333.57	359.45			100-14.85 101-13.86	
41	1:2	8	0.627	1311.57	353.81				102-20.80 103-18.08
42	1:3	8	0.753	1084.28	224.35	104-15.03 105-16.24	106-22.34 107-22.54		
43	1:3	0	0.528	1234.14	272.56	108-30.46 109-32.23	110-48.85 111-48.85		
44	1:3	0	0.387	1226.43	279.56	112-29.19 113-29.19	114-34.52 115-34.27		
45	1:3	0	0.393	1234.28	280.96	116-30.46 117-30.97	118-44.42 119-41.88		
46	1:3	0	0.387	1242.43	283.21			120-12.62 121-11.65	

MASADA	PROPOR CION POR PESO	% FIBRA CEMENTO	REL A/C	PESO UNITA ₃ RIO Kgs/Mt	CEMENTO ₃ Kgs/Mt	COMPRESION 7 DIAS	COMPRESION 28 DIAS	FLEXION 7 DIAS	FLEXION 28 DIAS
47	1:3	0	0.381	1202.14	274.40				122-10.18 123- 9.66
48	1:1	0	0.270	1690.00	744.49	124-170.06 125-180.21 126- Per- dido			
49	1:1	0	0.280	1719.28	754.07	127-180.21 128-180.21	184-196.71 185-196.71 129-196.71 130-195.44		
50	1:1	0	0.260	1683.37	738.32			131-58.24 132-45.21	
51	1:1	0	0.260	1693.57	749.37				133-54.68 134-59.56
52	1:1	0	0.267	1655.00	730.04			135-53.83 136-59.02	
53	1:1	0	0.268	1636.71	721.65				137-55.75 138-55.83
54	1:1	4	0.321	1578.57	668.60	139-62.62 140-60.12	141-82.49 142-77.41		
55	1:1	4	0.389	1579.28	650.18	143-57.51 144-65.13	145-83.20 146-76.50		
56	1:1	4	0.427	1580.71	640.74			147-33.53 148-35.35	
57	1:1	4	0.420	1600.00	650.41				149-33.67 150-36.89
58	1:1	4	0.412	1560.71	636.51				151-36.25 152-40.52
59	1:1	8	0.436	1425.86	566.72	153-26.30 154-25.05	155-38.33 156-30.46		
60	1:1	4	0.374	1593.57	660.14			157-40.40 158-34.89	

MASADA	PROPOR CION X PESO	% FIBRA	REL A/C	PESO UNITA RIO Kgs/Mt	CEMENTO Kgs/Mt	COMPRESION 7 DIAS	COMPRESION 28 DIAS	FLEXION 7 DIAS	FLEXION 28 DIAS
.61	1:1	8	0.520	1486.43	571.70	159-32.56 160-28.81	161-35.35 162-38.83		
.62	1:1	8	0.405	1386.43	557.92			163-11.31 164-16.95	200 201
63	1:1	8	0.427	1407.85	561.57			184-13.22 185-13.22	165-17.97 166-22.89
64	1:3	4	0.465	1407.85	312.51	167-23.80 168-20.56	169-Sobra 170-Sobra		
65	1:3	4	0.508	1213.57	263.93	171-17.28 172-16.78	173- 174		
66	1:3	4	0.466	1246.42	276.61			175-12.78 176-12.78	
67	1:3	4	0.500	1230.71	271.08				177-Sobra 178-Sobra
68	1:3	4	0.490	1230.71	271.68			179-10.68 180-10.71	
69	1:3	4	0.515	1167.85	256.39				181-Sobra 182-Sobra

CUADRO RESUMEN DE CARACTERISTICAS FISICAS OBTENIDAS Cuadro V-2A

Proporción	Cemento en sacos M ³	% de fibra	Asentamiento			Peso unitario		
			promedio		rango	promedio		rango
1:3	6.50	0	4 1/4	4	- 4 1/4	11553.	11,000.	- 12,800
		4	4 1/4	3	- 4 1/2	10500.	10,380.	- 10,813
		8	4	3 1/2	- 4 1/4	9935.	9,665.	- 10,430
1:2	8.50	0	3 1/2	1 1/2	- 6	13073.	12,635	- 13,990
		4	3 1/2	3	- 6 1/4	13512.	13,470	- 13,600
		8	4	3 1/2	- 5 1/2	12560.	12,134	- 12,910
1:1	10.50	0	4	3	- 5 1/2	15586.	15,300	- 15,750
		4	4	3 3/4	- 5 1/4	14475.	13,576	- 14,770
		8	4 3/4	4 3/4	6 1/4	13646	13,430	- 13,995

CUADROS:

Durante el transcurso de los ensayos, se observó una variación en los contenidos de cemento por metro cúbico y posteriormente en la resistencia, por lo que se tabuló el Cuadro V-3 para obtener un análisis del mismo.

Posteriormente, se tabularon los cuadros V-4, V-5, etc., con el objeto de obtener valores promedios en los esfuerzos de compresión y flexión.

Se encuentran tabulados para 7 días de edad y para 28 días de edad, ya que en algunos casos las mezclas se realizaron para una edad típica de ensayo.

Cuadros: V-4, V-5, V-6, etc.

CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDOS DE CEMENTO V-3

Y RESISTENCIA

PROPORCION 1:2

CEMENTO Kgs/M ³	FIBRA %	PESO UNITARIO	COMPRESION		FLEXION	
			7 días	28 días	7 días	28 días
329.51	8	1,219.86	20.68	37.10		
345.12	8	1,282.14	20.94	42.50		
353.81	8	1,311.57				19.44
359.65	8	1,330.71			15.84	
359.45	8	1,333.57			14.35	
380.81	8	1,292.86				19.19
374.71	4	1,345.57	40.35	53.35		
396.71	4	1,403.57			26.75	33.39
400.18	4	1,411.43	39.97	53.35		
405.00	4	1,425.00	43.91	53.23		
407.40	4	1,430.00				33.39
408.34	4	1,441.43			25.75	
374.21	0	1,268.57				
375.92	0	1,315.71		110.86		
390.96	0	1,292.14	94.73			
405.75	0	1,371.43				47.47
406.17	0	1,372.86				52.02
440.60	0	1,485.71			38.14	
445.07	0	1,491.43				45.45
459.74	0	1,544.28			38.62	

PROPORCION 1:1

557.92	8	1,386.43			14.13	
561.57	8	1,407.85			13.22	14.13
566.72	8	1,425.86	25.67	35.74		
571.70	8	1,486.43	30.68			
636.51	4	1,560.71				38.38
640.74	4	1,580.71			34.44	
650.18	4	1,579.28	61.32	79.85		
650.41	4	1,600.00				35.28
660.14	4	1,593.57			37.64	
668.60	4	1,578.57	61.37	79.95		
721.65	0	1,636.71				55.79
730.04	0	1,655.00	56.42			
738.32	0	1,683.37		51.71	13.67	
744.49	0	1,690.00	175.10			
749.37	0	1,693.57				57.12
754.07	0	1,719.28	180.21	196.39		

CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDOS DE V-3

CEMENTO Y RESISTENCIA

PROPORCION 1:3

CEMENTO Kgs/M ³	FIBRA %	PESO UNITARIO	COMPRESION		FLEXION	
			7 días	28 días	7 días	28 días
176.75	8	867.86	5.54	17.77		
180.40	8	885.42				14.14
183.23	8	895.43			3.70	
199.65	8	965.71				14.39
200.85	8	977.14	9.90	16.62		
207.89	8	1,001.43			15.82	
224.35	8	1,084.28	15.63	22.44		
204.98	4	947.00			6.40	
207.48	4	958.57				14.69
208.33	4	970.00	8.37			
209.96	4	970.00				15.65
213.79	4	988.57			3.70	
222.00	4	1,031.86	20.68	34.26		
256.39	4	1,167.85				
263.57	4	1,213.57	17.03			
271.08	4	1,230.71				
271.08	4	1,230.71			10.70	
276.61	4	1,246.42			12.78	
312.51	4	1,407.85	22.18			
217.39	0	980.00	19.67	34.26		
221.27	0	995.71				16.16
227.93	0	1,025.71			10.86	
235.24	0	1,058.57				16.98
237.99	0	1,072.86	29.19	50.26		
240.09	0	1,084.28			8.92	
272.56	0	1,234.14	31.34	48.85		
274.40	0	1,202.14				9.92
279.56	0	1,226.43	29.19			
280.96	0	1,234.28	30.71	43.15		
283.21	0	1,242.43			12.13	

RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS MECANICAS V-4

CILINDROS A 7 DIAS

MUESTRA	LARGO	DIAMETRO	AREA CMS.	PESO KGS.	CARGA LBS.	CARGA KGS.	ESFUERZO ₂ Kgs/cmts.	Kgs/cmts.
<u>PROPORCION 1 : 3 0% FIBRA</u> →								29.19
17	30	15.1	179.08	7.4	11,500	5.227.27	29.19	
18	30	15.1	179.08	7.4	11,500	5.227.27	29.19	
112	30	15.1	179.08	7.4	11,500	5.227.27	29.19	
113	30	15.1	179.08	7.4	11,500	5.227.27	29.19	
<u>PROPORCION 1 : 3 4% FIBRA</u> →								21.43
25	30	15.1	179.08	7.2	8,000	3.636.36	20.30	
26	30	15.1	179.08	7.4	8,300	3.772.72	21.07	
167	30	15.2	181.46	7.4	9,500	4.318.18	23.80	
168	30	15.1	179.08	7.6	8,100	3.681.82	20.56	
<u>PROPORCION 1:3 8% FIBRA</u> →								12.77
104	30	15.2	181.46	7.4	6,000	2.727.27	15.03	
105	30	15.1	179.08	7.6	6,400	2.909.09	16.24	
33	30	15.0	176.71	7.0	3,800	1.727.27	9.77	
34	30	15.0	176.71	7.2	3,900	1.772.73	10.03	

RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS MECANICAS V-5

CILINDROS A 7 DIAS

MUESTRA	LARGO	DIAMETRO	AREA Cms.	PESO Kgs.	CARGA Lbs.	CARGA Kgs.	ESFUERZO Kgs/Cms.	Kgs/cms. ²
<u>PROPORCION 1:2 0% FIBRA</u> →								94.54
57	30	15.2	181.46	8.4	36,600	16.636.36	91.68	
58	30	15.1	179.08	8.4	36,000	16.363.64	91.37	
59	30	15.2	181.46	8.6	39,100	17.772.73	97.94	
60	30	15.2	181.46	8.4	38,800	17.636.36	97.19	
<u>PROPORCION 1:2 4% FIBRA</u> →								40.16
70	30	15.1	179.08	8.2	15,700	7.136.36	39.85	
71	30	15.1	179.08	8.2	16,100	7.318.18	40.86	
74	30	15.1	179.08	8.4	16,100	7.318.18	40.86	
75	30	15.1	179.08	8.6	15,400	7.000.00	39.09	
<u>PROPORCION 1:2 8% FIBRA</u> →								20.81
88	30	15.1	179.08	8.2	7,800	3.545.45	19.80	
89	30	15.1	179.08	8.2	8,500	3.863.64	21.57	
92	30	15.1	179.08	8.4	8,100	3.681.82	20.56	
93	30	15.1	179.08	8.2	8,400	3.818.18	21.32	

RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS MECANICAS V-6-

CILINDROS A 7 DIAS

MUESTRA	LARGO	DIAMETRO	AREA Cms.	PESO Kgs.	CARGA Lbs.	CARGA Kgs.	ESFUERZO ² Kgs/Cms.	Kgs/cms. ²
PROPORCION	1:1	0%	FIBRA	177.67				
124	30	15.1	179.08	9.6	67,000	30,454.54	170.06	
125	30	15.1	179.08	9.8	71,000	32,272.73	180.21	
128	30	15.1	179.08	9.8	71,000	32,272.73	180.21	
129	30	15.2	181.46	9.6	71,000	32,272.73	180.21	
PROPORCION	1:1	4%	FIBRA	61.37				
139	30	15.2	181.46	9.2	25,000	11,363.64	62.62	
140	30	15.2	181.46	9.2	24,000	10,909.09	60.12	
143	30	15.2	181.46	9.2	23,000	10,454.54	57.61	
144	30	15.2	181.46	9.2	26,000	11,818.18	65.13	
PROPORCION	1:1	8%	FIBRA	28.18				
153	30	15.2	181.46	8.6	10,500	4,772.73	26.30	
154	30	15.2	181.46	8.4	10,000	4,545.45	25.05	
159	30	15.2	181.46	8.6	13,000	5,909.09	32.56	
160	30	15.2	181.46	8.6	11,500	5,227.27	28.81	

RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS MECANICAS V-7

$$\sqrt{FLEXION} = 1.5 \frac{P.L.}{b.d^2}$$

VIGAS A 7 DIAS

MUESTRA No.	LONGO	ANCHO	ALTO	CARGA Lbs.	CARGA Kgs.	P.L.	b.d ²	FLEXION	Kgs/cmts. ²
<u>PROPORCION 1:3 0% FIBRA</u>									11.56
120	50.0	15.2	15.2	1,300	590.91	29,545.50	3,511.81	12.62	
121	50.0	15.2	15.2	1,200	545.45	27,272.50	3,511.81	11.65	
6	50.2	15.4	15.0	1,100	500.00	25,100.00	3,465.00	10.86	
22	50.0	15.0	15.0	1,100	500.00	25,000.00	3,375.00	11.11	
<u>PROPORCION 1:3 4% FIBRA</u>									11.74
175	50.0	15.0	15.0	--	575.0	28,750.00	3,375.00	12.78	
176	50.0	15.0	15.0	--	575.0	28,750.00	3,375.00	12.78	
179	50.0	15.2	15.2	--	500.0	25,000.00	3,511.80	10.68	
180	50.0	15.1	15.6	--	525.0	26,250.00	3,674.74	10.71	
<u>PROPORCION 1:3 8% FIBRA</u>									15.10
37	50.0	15.3	15.0	1,600	727.27	36,363.50	3,442.50	15.84	
38	50.0	15.3	15.0	1,600	727.27	36,363.50	3,442.50	15.84	
100	50.0	15.3	15.0	1,500	681.82	34,091.00	3,442.50	14.85	
101	50.0	15.3	15.0	1,400	636.36	31,818.00	3,442.50	13.86	

RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS MECANICAS V-8

$$FLEXION = 1.5 \frac{P.L.}{bd^2}$$

VIGAS A 7 DIAS

MUESTRA	LARGO	ANCHO	ALTO	CARGA Lbs.	CARGA Kgs.	P.L.	b.d ²	FLEXION	Kgs/cmts. ²
PROPORCION	1:2	0% FIBRA							38.38
62	50.0	14.88	14.74	3,500	1,590.91	79,545.55	3,232.94	36.90	
63	50.0	15.00	15.0	3,900	1,772.73	88,636.50	3,375.00	39.39	
66	50.0	15.20	15.2	3,900	1,772.73	88,636.50	3,511.81	37.86	
67	50.0	15.00	15.0	3,900	1,772.73	88,636.50	3,375.00	39.39	
PROPORCION	1:2	4% FIBRA							26.38
82	50.0	15.3	15.0	2,700	1,227.27	61,363.5	3,442.50	26.74	
83	50.0	15.0	15.0	2,700	1,227.27	61,363.5	3,375.00	27.27	
86	50.0	15.0	15.0	2,500	1,136.36	56,818.0	3,375.00	25.25	
87	50.0	15.0	15.0	2,600	1,181.82	59,091.0	3,375.00	26.25	
PROPORCION	1:2	8% FIBRA							14.26
96	50.0	15.3	15.3	1,600	727.72	36,386.	3,581.58	15.24	
97	50.0	15.3	15.3	1,600	727.72	36,386.	3,581.58	15.24	
100	50.0	15.5	15.5	1,500	681.82	34,091.	3,723.87	13.73	
101	50.0	15.5	15.5	1,400	636.36	31,818.	3,723.87	12.82	

RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS MECANICAS V-9

VIGAS A 7 DIAS

$$FLEXION = 1.5 \frac{P.L.}{b.d^2}$$

MUESTRA	LARGO	ANCHO	ALTO	CARGA Lbs.	CARGA Kgs.	P.L.	b.d ²	FLEXION	Kgs/cmts. ²
PROPORCION	1:1	0%	FIBRA						54.07
131	50.3	15.3	15.2	6,000	2,727.27	137,181.68	3,534.91	58.21	
132	50.2	15.2	15.3	4,700	2,136.36	107,245.27	3,558.17	45.21	
135	50.0	15.2	15.0	5,400	2,454.54	122,727.00	3,420.00	53.83	
136	50.2	15.0	15.2	6,000	2,727.27	136,363.00	3,465.60	59.02	
PROPORCION	1:1	4%	FIBRA						36.04
147	50.0	15.2	15.3	3,500	1,590.91	79,545.50	3,558.17	33.53	
148	50.0	15.0	15.0	3,500	1,590.91	79,545.50	3,375.00	35.35	
157	50.0	15.0	15.0	4,000	1,818.18	90,909.00	3,375.00	40.40	
158	50.0	15.2	15.0	3,500	1,590.91	79,545.50	3,420.60	34.89	
PROPORCION	1:1	8%	FIBRA						13.67
163	50.0	16.3	15.2	1,250	568.00	28,400.00	3,765.95	11.31	
164	50.0	15.0	15.6	--	825.00	41,250.00	3,650.40	16.95	
184	50.0	15.0	15.0	--	595.00	29,750.00	3,375.00	13.22	
185	50.0	15.0	15.0	--	595.00	29,750.00	3,375.00	13.22	

RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS MECANICAS V-10

CILINDROS A 28 DIAS

MUESTRA No.	LARGO Cmts.	DIAMETRO Cmts.	AREA Cmts. ²	PESO Kgs.	CARGA Lbs.	CARGA Kgs.	ESFUERZO Kgs/cmcs. ²	Kgs/Cmts. ²
PROPORCION 1:3 0% FIBRA 28 DIAS								49.69
19	30	15.1	179.08	7.4	20,600	9,363.64	52.29	
20	30	15.1	179.08	7.4	19,000	8,636.36	48.23	
110	30	15.1	179.08	7.4	19,400	8,818.18	49.24	
111	30	15.1	179.08	7.4	19,300	8,772.72	48.99	
PROPORCION 1:3 4% FIBRA 28 DIAS								34.33
27	30	15.1	179.08	7.6	15,500	7,045.45	39.34	
28	30	15.1	179.08	7.4	11,500	5,227.27	29.19	
114	30	15.1	179.08	7.4	13,600	6,181.82	34.52	
115	30	15.1	179.08	7.4	13,500	6,136.36	34.27	
PROPORCION 1:3 8% FIBRA 28 DIAS								17.19
35	30.0	15.1	179.08	7.2	6,500	2,954.54	16.49	
36	30.0	15.1	179.08	7.2	6,600	3,000.00	16.75	
43	30.0	15.1	179.08	7.2	7,000	3,181.82	17.77	
44	30.0	15.1	179.08	7.2	7,000	3,181.82	17.77	

RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS MECANICAS V-11

CILINDROS A 28 DIAS

MUESTRA No.	LARGO Cmts.	DIAMETRO Cmts.	AREA Cmts. ²	PESO Kgs.	CARGA Lbs.	CARGA Kgs.	ESFUERZO ² Kgs/cmts.	Kgs/cmts. ²
PROPORCION 1:2 0% FIBRA 28 DIAS →								110.86
191	30.0	15.1	179.08	8.4	42,100	19,136.36	106.86	
192	30.0	15.1	179.08	8.4	44,100	20,045.45	111.96	
193	30.0	15.1	179.08	8.4	46,400	21,090.91	117.77	
194	30.0	15.1	179.08	8.4	42,100	19,136.36	106.86	
PROPORCION 1:2 4% FIBRA 28 DIAS →								53.35
72	30.0	15.2	181.46	8.8	21,700	9,863.63	54.36	
73	30.0	15.2	181.46	8.4	20,900	9,500.00	52.35	
76	30.0	15.2	181.46	8.6	21,000	9,545.45	52.60	
77	30.0	15.2	181.46	8.6	21,600	9,818.18	54.11	
PROPORCION 1:2 8% FIBRA 28 DIAS →								39.80
90	30	15.4	186.26	8.4	14,500	6,590.9	35.38	
91	30	15.2	181.46	8.4	15,500	7,045.45	38.82	
94	30	15.2	181.46	8.4	15,500	7,045.45	38.82	
95	30	15.1	179.08	8.4	18,200	8,863.64	46.19	

RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS MECANICAS V-12

CILINDROS A 28 DIAS

MUESTRA No.	LARGO Cmts.	DIAMETRO Cmts.	AREA Cmts. ²	PESO Kgs.	CARGA Lbs.	CARGA Kgs.	ESFUERZO ₂ Kgs/cmts.	Kgs/Cmts. ²
<u>PROPORCION 1:1 0% FIBRA 28 DIAS</u>								196.39
129	30	15.1	179.08	9.6	77,500	35,227.27	196.71	
130	30	15.1	179.08	9.6	77,000	35,000.00	195.44	
184	30	15.1	179.08	9.6	77,500	35,227.27	196.71	
185	30	15.1	179.08	9.6	77,500	35,227.27	196.71	
<u>PROPORCION 1:1 4% FIBRA 28 DIAS</u>								79.90
141	30	15.1	179.08	9.2	32,500	14,772.73	82.49	
142	30	15.1	179.08	9.2	30,500	13,863.64	77.41	
145	30	15.1	179.08	9.6	--	14,900.00	83.20	
146	30	15.1	179.08	9.5	--	13,700.00	76.50	
<u>PROPORCION 1:1 8% FIBRA 28 DIAS</u>								35.74
155	30	15.1	179.08	8.4	15,100	6,863.64	38.33	
156	30	15.1	179.08	8.4	12,000	5,454.54	30.46	
161	30	15.1	179.08	8.4	14,000	6,363.64	35.35	
162	30	15.2	181.46	8.4	15,500	7,045.45	38.83	

RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS MECANICAS V-13

VIGAS A 28 DIAS

MUESTRA No.	LARGO cmts.	ANCHO cmts.	ALTO cmts.	CARGA Lbs.	CARGA Kgs.	P.L.	b.d ²	FLEXION ₂ Kgs/cmts.	Kgs/cmts. ²
<u>PROPORCION 1:3 0% FIBRA 28 DIAS</u>									16.57
7	50.0	15.0	15.0	1,500	681.82	34,091.00	3,375.00	15.15	
8	50.0	15.0	15.0	1,700	772.73	38,636.50	3,375.00	17.17	
23	50.0	15.2	15.1	1,400	636.36	31,818.00	3,465.75	13.77	
24	50.0	15.0	15.0	2,000	909.09	45,454.50	3,375.00	20.20	
<u>PROPORCION 1:3 4% FIBRA 28 DIAS</u>									15.17
15	50.0	15.0	15.0	1,600	727.27	36,363.50	3,375.00	16.16	
16	50.0	15.0	15.0	1,500	681.82	34,091.00	3,375.00	15.15	
31	50.0	15.3	15.2	1,600	727.27	36,363.50	3,534.91	15.43	
32	50.0	15.0	15.1	1,400	636.36	31,818.00	3,420.15	13.95	
<u>PROPORCION 1:3 8% FIBRA 28 DIAS</u>									14.26
39	50.0	15.0	15.0	1,400	636.37	31,818.50	3,375.00	14.14	
40	50.0	15.0	15.0	1,450	659.09	32,954.50	3,375.00	14.64	
47	50.0	15.0	15.0	1,400	636.37	31,818.50	3,375.00	14.14	
48	50.0	15.0	15.0	1,400	636.37	31,818.50	3,375.00	14.14	

RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS MECANICAS V-14

VIGAS A 28 DIAS

MUESTRA No.	LARGO cmts.	ANCHO cmts.	ALTO cmts.	CARGA lbs.	CARGA Kgs.	P.L.	b.d ²	FLEXION ² Kgs/cmts.	Kgs/cmts. ²
<u>PROPORCION 1:2 0% FIBRA 28 DIAS</u>									49.24
61	50.0	15.0	15.0	4,700	2,136.36	106,818.00	3,375	47.47	
64	50.0	15.0	15.0	4,800	2,181.82	109,091.00	3,375	48.48	
65	50.0	15.0	15.0	5,500	2,500.00	125,000.00	3,375	55.56	
69	50.0	15.0	15.0	4,500	2,045.45	102,272.50	3,375	45.45	
<u>PROPORCION 1:2 4% FIBRA 28 DIAS</u>									34.64
84	50.0	15.2	15.0	3,400	1,545.45	77,272.50	3,420	33.89	
85	50.0	15.2	15.0	3,300	1,500.00	75,000.00	3,420	32.89	
198	50.0	15.2	15.0	3,800	1,727.27	86,363.50	3,420	37.88	
199	50.0	15.2	15.0	3,400	1,545.45	77,272.50	3,420	33.89	
<u>PROPORCION 1:2 8% FIBRA 28 DIAS</u>									19.32
98	50.0	15.4	15.4	2,100	954.54	47,727.00	3,652.26	19.60	
99	50.0	15.3	15.4	2,000	909.09	45,454.50	3,628.55	18.79	
102	50.0	15.4	15.3	2,200	1,000.00	50,000.00	3,604.99	20.80	
103	50.0	15.3	15.3	1,900	863.64	43,182.00	3,581.58	18.08	

RESISTENCIA Y CARACTERISTICAS MECANICAS V-15

VIGAS A 28 DIAS

MUESTRA No.	LARGO cmts.	ANCHO cmts.	ALTO cmts.	CARGA Lbs.	CARGA Kgs.	P.L.	b.d ²	FLEXION Kgs/cmts. ²	Kgs/cmts. ²
PROPORCION 1:1 0% FIBRA 28 DIAS									56.38
133	50.2	15.2	15.2	--	2,550.00	128,010.00	3,511.81	54.68	
134	50.0	15.2	15.5	--	2,900.00	145,000.00	3,534.00	59.86	
137	50.2	15.2	15.2	--	2,600.00	130,520.00	3,511.81	55.75	
138	50.0	15.2	15.2	--	2,600.00	130,000.00	3,511.81	55.53	
PROPORCION 1:1 4% FIBRA 28 DIAS									36.83
149	49.9	15.5	15.5	--	1,675.	83,582.50	3,723.87	33.67	
150	49.8	15.3	15.0	--	1,700.	84,660.00	3,442.50	36.89	
151	50.5	15.2	15.6	--	1,770.	89,385.00	3,699.07	36.25	
152	50.0	15.1	15.1	--	1,860.	93,000.00	3,442.95	40.52	
PROPORCION 1:1 8% FIBRA 28 DIAS									20.39
165	50.0	15.4	15.4	--	875	43,750.00	3,652.26	17.97	
166	51.0	15.3	15.5	--	1,100	56,100.00	3,675.82	22.89	
200	50.0	15.2	15.2	--	1,025	52,250.00	3,511.81	21.88	
201	50.0	15.3	15.4	--	910	45,500.00	3,628.55	18.81	

ANALISIS DE RESULTADOS

1. La adición de fibra de bagazo de caña a las diferentes proporciones de concreto liviano denotan disminución o pérdida de los esfuerzos de compresión.

ESFUERZOS DE COMPRESION A LOS 7 DIAS

PROPORCION	CONCRETO LIVIANO	4% de FIBRA	8% de FIBRA
1:3	29.19	21.43	12.77
1:2	94.54	40.16	20.81
1:1	177.67	61.37	28.18

ESFUERZOS DE COMPRESION A LOS 28 DIAS

PROPORCION	CONCRETO LIVIANO	4% de FIBRA	8% de FIBRA
1:3	49.69	34.33	17.19
1:2	110.86	53.35	39.80
1:1	196.39	79.90	35.74

2. La adición de fibra de bagazo de caña a las diferentes proporciones de concreto liviano inducen a implicar una pérdida sensible a los esfuerzos de flexión. Este extremo no es del todo válido, porque se tienen variaciones significativas en los contenidos de cemento, por lo que pueden existir otros resultados que este trabajo no estableció.

ESFUERZOS DE FLEXION A LOS 7 DIAS

PROPORCION	CONCRETO LIVIANO	4% de FIBRA	8% DE FIBRA
1:3	11.56	11.74	15.10
1:2	38.38	26.38	14.26
1:1	54.07	36.04	13.67

ESFUERZOS DE FLEXION A LOS 28 DIAS

PROPORCION	CONCRETO LIVIANO	4% DE FIBRA	8% DE FIBRA
1:3	16.57	15.17	14.26
1:2	49.24	34.64	19.32
1:1	56.38	36.83	20.39

3. El ensayo de asentamiento nos demuestra el problema de dosificar el agua en los proporcionamientos de mezclas utilizando arena pómez. Esto es debido a la dificultad de calcular su absorción y el cambio que sufre la relación agua cemento.

También participa significativamente el atrapador de aire, el cual dificulta aún más este ensayo ya que se observó que una cantidad de agua puede estar adecuada para un asentamiento dado generalmente bajo 7.5 cms. (5") pulgadas; pero el atrapador por la relación de agua cemento de ese asentamiento no desarrolla sus propiedades, entonces cuando se quiere llegar a un asentamiento mayor 7.5-12.5 cms. (3 a 5" pulgadas) se deberá tener mucho cuidado ya que al sobrepasar la relación agua cemento adecuada para el atrapador, los cambios en el asentamiento vienen dados rápidamente por cantidades pequeñas de agua y tiempo de mezclado. Esta difi-

cultad fue la que no nos permitió poder uniformizar este ensayo.

4. El ensayo de peso unitario denota: la variación en los contenidos de cemento que este ensayo no hubiera deseado, es decir que tenemos diferencias significativas dentro de una misma proporción, no obstante nos demuestran variaciones que hay que considerar, para una misma proporción.
5. La proporción de 1:3 con 4% de fibra y en general las mezclas pobres son más adecuadas para utilizar la fibra de bagazo, porque la resistencia no se ve drásticamente alterada; en cambio se aprecia una falla menos frágil, haciendo una falla paulatina, el valor encontrado es de 222 Kgs. de cemento por Mts.³ con 34.33 Kgs/cmts² en compresión a los 28 días y de 15.17 Kgs/cmt.² en flexión a los 28 días.
6. La proporción 1:2 con 4% de fibra dió los valores más adecuados de utilizar atendiendo a su más estrecha relación de mejor resistencia y mayor economía de cemento, los valores encontrados a los 28 días son:

400 Kgs/Mts³ de cemento y 53.35 Kgs/cmts² en compresión a los 28 días y de 34.64 Kgs/cmts² en flexión a los 28 días.

7. La proporción 1:1 4% Fibra dió los valores más resistentes, denotando que en este proporcionamiento la adición de fibra no reporta ninguna ventaja, siendo además una mezcla costosa, los valores encontrados son:

650 Kgs de cemento por Mts³ con 79.90 Kgs/cmts² a los 28 días en compresión y de 36.83 Kgs/cmt² en flexión a los 28 días.

RESUMEN DE RESULTADOS

Utilización del Bagazo de caña en tres proporciones de Concreto Liviano.
Resultados en Kgs/cmts.²

PROPORCION	COMPRESION		FLEXION	
	<u>7 días</u>	<u>28 días</u>	<u>7 días</u>	<u>28 días</u>
1:3	29.19	49.69	11.56	16.57
1:3 4%	21.43	34.33	11.74	15.17
1:3 8%	12.77	17.19	15.10	14.26
1:2	94.54	110.86	38.38	49.24
1:2 4%	40.16	53.35	26.38	34.64
1:2 8%	20.81	39.80	14.26	19.32
1:1	177.67	196.39	54.07	56.38
1:1 4%	61.37	79.90	36.04	36.84
1:1 8%	28.18	35.74	13.67	20.39

TOTAL: 36 series de 4 probetas cada una
2 masadas por cada serie
144 probetas.

VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 De la Mezcla de concreto liviano:

Por los problemas encontrados es mejor diseñar y corregir los contenidos de cemento.

7.2 De los resultados obtenidos:

Es mejor emplear la fibra de bagazo de caña en mezclas pobres como las de 1:3 y 1:4 adicionadas con un 4% de fibra.

7.3 De la aplicación en la Construcción:

Con resistencias de 15 a 20 kgs./cmt.² es posible construir muros o tapias, teniendo cuidado en utilizar sistemas constructivos adecuados, - tales como poca esbeltez, vanos pequeños, adherencia en esquinas de muros óptimos y protección contra el interperismo.

Al usar este material se puede obviar la fabricación de elementos (blocks, ladrillos, etc.) ya que puede fundirse en forma continua por medio de formaletas.

Este material puede llegar a constituir el ambicionado sustituto del adobe.

RECOMENDACIONES:

- 7.4 Antes de agregar la fibra humedecida debe de llevarse la mezcla al asentamiento deseado (4")

La fibra humedecida no debe de chorrear agua.

- 7.5 Para mejorar la trabajabilidad basta con aumentar el tiempo de mezclado.

La mezcla relativamente seca puede mejorar su fluidez con el apisonamiento, porque la fibra actúa como esponja.

Las mezclas con menos agua son las mejores.

- 7.6 Investigar la combinación de cemento y cal en fibra de bagazo de caña, con el objeto de investigar el proceso de mineralización de la misma.

- 7.7 Investigar proporciones más pobres de cemento que las estudiadas en este trabajo y con porcentajes de fibra menores.

- 7.8 Diseñar modelos de viviendas rurales con proporcionamientos del 1:3 con 4% de fibra.

RESUMEN:

El principal objeto de este trabajo desarrollado en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería (CII), fue el de adicionar bagazo de caña de azúcar a mezclas de Concreto Liviano, para proveer un componente barato, funcional y de rápido aprovechamiento, que permitiera obtener elementos útiles en la construcción.

Las mezclas utilizadas para obtener Concreto liviano, fueron diseñadas de acuerdo a los lineamientos de la Sociedad Americana de Ensayos de Materiales comúnmente conocida por A.S.T.M. así como por la escasa referencia bibliográfica Internacional y local.

Mereció mayor énfasis la investigación nacional realizada por el CII en los trabajos referentes al uso de fibras vegetales para refuerzo de Concreto liviano.

Se efectuaron mezclas utilizando bagazo de caña; para cada mezcla se fabricaron cilindros de 15 cms. de diámetro por 30 cms. de alto y vigas de 50 por 15 por 15 cms. con rupturas a los 7 y 28 días haciendo 4 probetas por ensayo y totalizando 144 probetas.

Los principales ensayos efectuados fueron los siguientes: Asentamiento, Peso Unitario, Compresión, y Flexión, siguiendo lo más cuidadosamente las normas A.S.T.M.

Después de analizar los resultados obtenidos se observaron variaciones significativas en los contenidos de cemento, lo cual representa la principal dificultad en esta clase de ensayos.

La conclusión es que si podemos utilizar esta información para aplicación en la construcción de viviendas de bajo costo; en particular la proporción 1:3 de cemento y arena con un 4% de fibra. Esta mezcla dio valores de 34.22 kgs./cmt². En Compresión y de 16.57Kgs. Kgs./cmt² en Flexión; a los 28 días, con un contenido de cemento por Mt³. de 210 Kgs., equivalentes a 5 sacos de cemento.

Las principales recomendaciones son las de normalizar las masadas o proporcionamientos su contenido de cemento por metro cúbico de material, refiriendo su contenido de cemento a las propiedades mecánicas obtenidas en este trabajo o a las referidas por la vía experimental propia o de otros investigadores.

Finalmente entrar al diseño de las viviendas rurales de bajo costo y el estímulo a nuevos ensayos con fibras vegetales.

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

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Philadelphia Annual Book of ASTM standars. U.S.A., 1980. 592 p.
2. BARRIOS, J.R. Estudio del concreto liviano reforzado - con fibra vegetal. Tesis Ing.Civ. Guatemala, USAC., Facultad de Ingeniería, 1979. 70 p.
3. BELTRANENA, E. Agregados para concreto. Tesis Ing.Civ. Guatemala, USAC., Facultad de Ingeniería, 1955. 50 p.
4. GUATEMALA. Banco de Guatemala. Estudio económico y memoria de labores. Guatemala, 1977. 125 p.
5. NAS, H.W. Resistencia de materiales. Colombia, Mc Graw Hill, 1969. 229 p.
6. OSTLE, B. Estadística aplicada, México, Limusa Wiley, 1973. 640 p.
7. PADILLA, E. Desarrollo de tecnología para la producción de elementos constructivos utilizando bagazo para su aplicación en la construcción de viviendas económicas. Universidad de Tucuman. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Guatemala, 1980. 10 p.
8. PALENCIA, C.A. Los materiales en la construcción tecnológica y ensayos. Tesis Ing.Civ. Guatemala, USAC. Facultad de Ingeniería, 1970. 77 p.
9. PAUTURAU, J.M. By products of the cane sugar industry an introduction to their utilization. Amsterdam. Elsevier Publishing Company, 1969. 279 p.
10. RODAS, A. Método de proporcionamiento y corrección de mezclas y métodos para medir trabajabilidad empleando agregados del Valle de Guatemala. Tesis Ing.Civ. Guatemala, USAC., Facultad de Ingeniería, 1955. 225 p.

Vo.Bo.

Olga Marina Ramírez C.
Lic. Olga Marina Ramírez C.
BIBLIOTECARIA

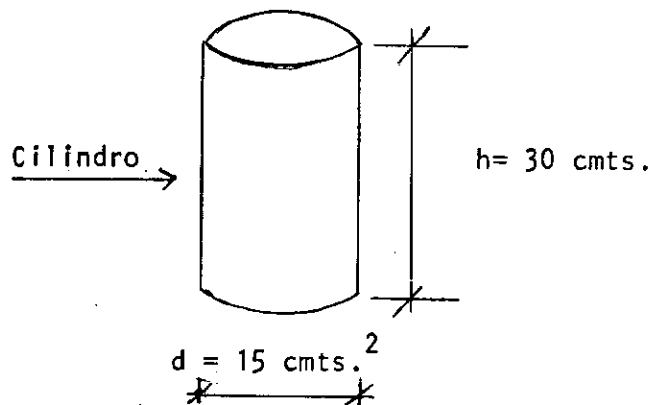
ENSAYO DE COMPRESION
(Fundamentos Teóricos)

A.S.T.M. C-39 ($2 \leq h/d \leq 10$)

$\sigma = P/A$ $\sigma =$ esfuerzo

$P =$ carga — Kgs.

$A =$ Area — cmt^2



$\Delta =$ Variación de alargamiento

$L =$ Longitud

$\epsilon =$ Deformación normal unitaria

$E =$ Módulo de elasticidad o Módulo de Young.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{P/A}{\Delta/L} = \frac{P \cdot L}{A \cdot \Delta} \quad \text{o} \quad \Delta = \frac{P \cdot L}{A \cdot E}$$

$$\text{Kgs/cm}^2 = 14.2234 \times \text{Lbs/in}^2 = 7.031 \times 10^{-2} \text{ Kgs/cmts}^2$$

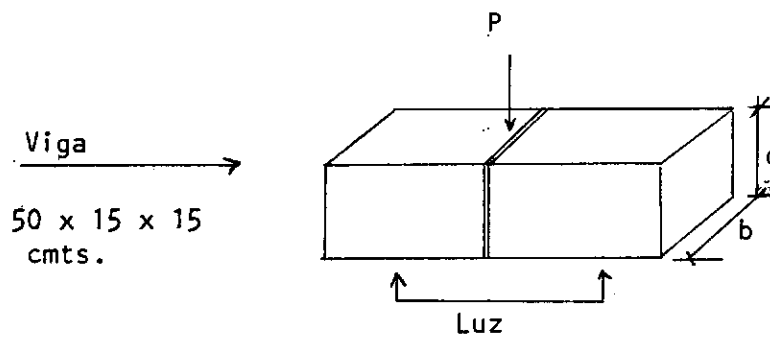
$$\frac{1 \text{ Lbs}}{\text{Pulg}^2} \times \frac{1 \text{ Pulg}^2}{2.54 \text{ cm}^2} \times \frac{1 \text{ Kgs}}{2.203 \text{ Kgs}} = \frac{1}{2.54^2 \times 2.203} = \frac{1}{14.22} \frac{\text{Kgs}}{\text{cmts}^2}$$

$$\text{Inverso de } 14.2234 = 7.03 \times 10^{-2} \text{ Kgs/cmt}^2$$

ENSAYO DE FLEXION:

A.S.T.M.

$$\sigma_{\text{Flexión}} = \frac{Mc}{I} = \frac{3}{2} \frac{P \cdot L}{bd^2} = 1.5 \frac{P \cdot L}{bd^2}$$

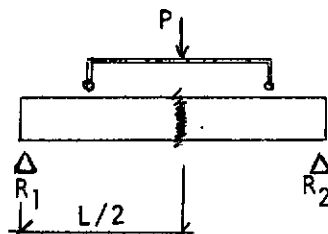


σ = Flexión pura.
 σ = Flexión = tensión Normal
 Mc = Momento Flector
 I = Momento de inersia de un área finitia
 c = Distancia del eje neutro a fibra extrema
 $I = \frac{1}{12} bd^3$
 $I_x = \int y^2 d\Delta + \int y \bar{y}^2 d\Delta$

Momento de inersia Axial de un área por ser iguales

$$b = d \quad I_{xx} = \int x^2 d\Delta$$

Momento Flector $\therefore = \frac{P \cdot L}{4} \quad \text{XI} = \frac{1}{12} bd^3$



$$R_1 = P/2$$

$$R_2 = P/2$$

$$L/2 = x$$

$$M = P/2$$

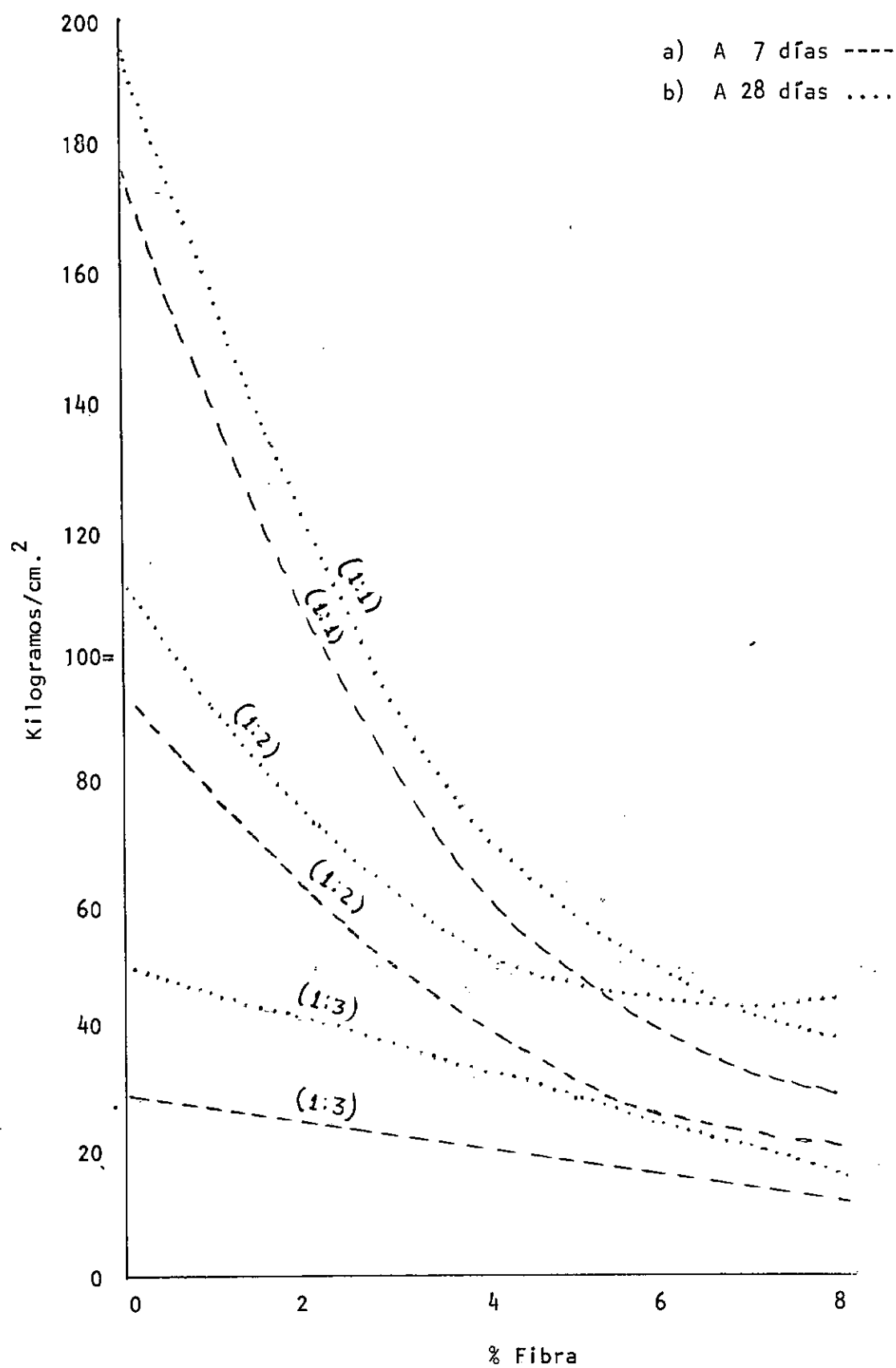
$$M = P/2 \cdot L/2$$

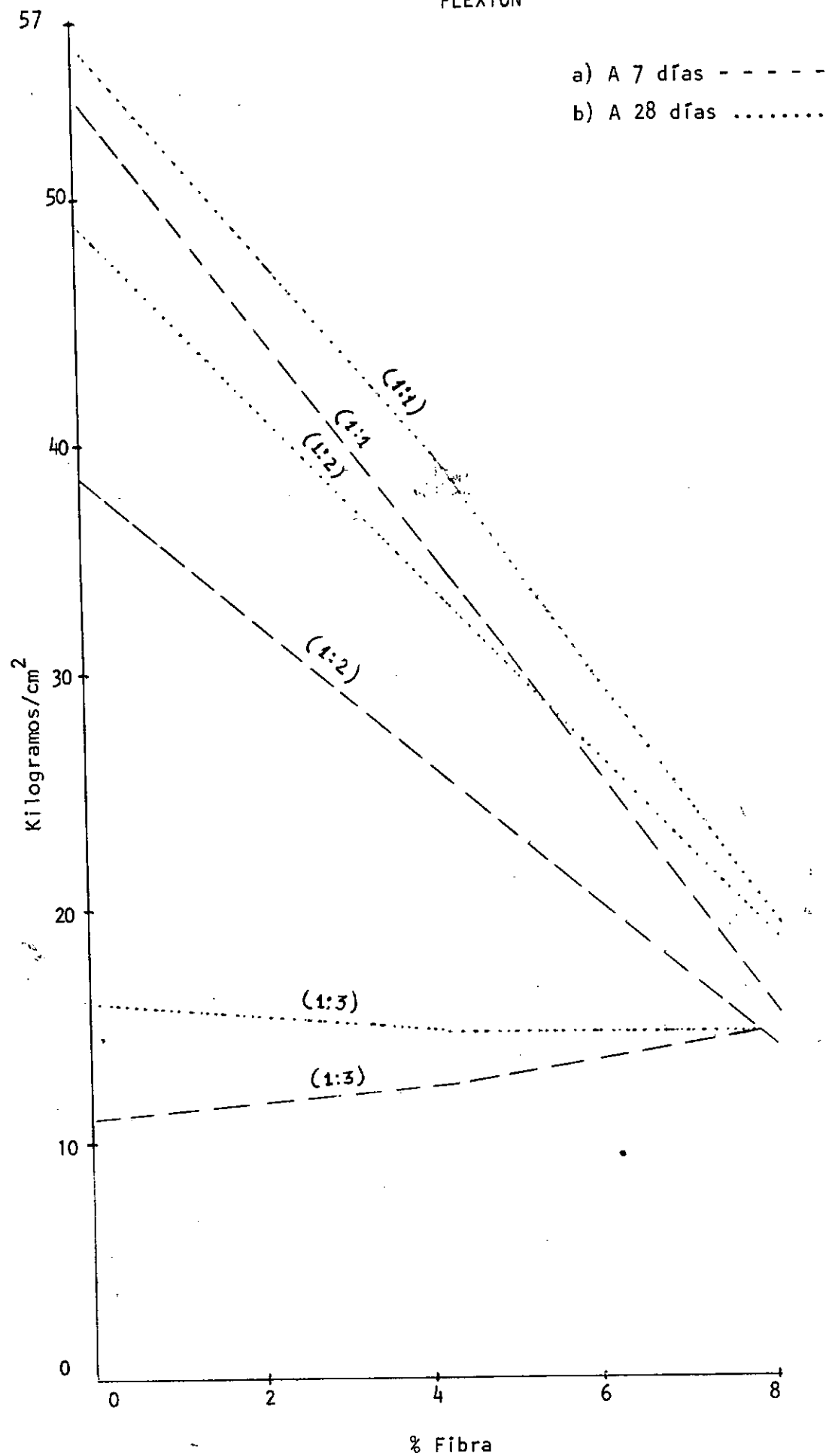
$$M = \frac{P \cdot L}{4}$$

$$\sigma = \frac{P \cdot L}{4} \cdot \frac{bd^3}{12} = \frac{d}{2} = \frac{12 P \cdot L}{4 bd^3} \cdot \frac{d}{2} = \frac{3}{2} = \frac{P \cdot L}{bd^2} = \text{Flexión}$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

COMPRESION





ANEXO B:

METODOS DE DISEÑO Y SISTEMAS DE MEZCLADO

El concreto liviano al igual que el concreto convencional puede diseñarse para una resistencia teórica, que siempre resulta difícil de conseguir en concreto liviano; y en mezclas con adición de fibra vegetal es todavía mucho más complicado.

Por razones técnicas se describe el método del concreto liviano y se sugiere el del concreto liviano adicionado con fibra de bagazo de caña, atendiendo los puntos de mayor utilidad práctica.

Para normalizar efectuando masadas de prueba con ACI 214 obteniendo un cuadro con los siguientes conceptos:

- Condiciones de fabricación y colocación
- Tipo de supervisión
- Grado de Control
- Coeficiente de variación
- F_{cr}/f'_c

Donde F_{cr} es la resistencia media requerida y f'_c la resistencia nominal.

Para utilizar fibra vegetal de bagazo de caña tomar los valores obtenidos en este trabajo, ya que la información es escasa y los aspectos de confiabilidad todavía prematuros.

Trabajabilidad

Por medio del cono de Abrahams se obtiene el asentamiento deseado del concreto liviano, no así del adicionado con fibra; ya que la fibra actúa como una esponja que tiende a absorber excesos de agua que al compactarse se escurre.

Lo recomendado es mantener un asentamiento bajo en el concreto liviano de 10 cms. (4 pulgadas), adicionando la fibra húmeda, esto da un asentamiento - seco plástico.

Cantidad de Agua y Porcentaje de Aire Atrapado:

Este aspecto guarda relación directa con la consistencia de la mezcla; siendo para concreto liviano la consistencia seco-plástica la de menor cantidad de agua requerida y el caso contrario para la consistencia plástica-fluida; el % de aire atrapado requiere menos cantidad de agua. Para arena pómez lo más adecuado es del 25% de aire.

Con la adición de fibra este porcentaje tiende a subir si la cantidad de agua es incrementada; para este trabajo se normalizó el aditivo atrapador de aire a 1.5 cc por kilogramo de cemento, el cual se observó muy adecuado.

Para concreto liviano se podría estimar la cantidad de agua necesaria y estimar una absorción aproximada.

Con la adición de fibra se recomienda humedecer previamente la arena - pómez preferentemente de un día antes, ya que las arenas muy secas dificultan su saturación instantánea influyendo negativamente en las mezclas, evitando saturaciones excesivas antes de la hechura de las mezclas, ya que éstas también son indeseables.

Cantidad de Cemento por Metro Cúbico:

Este valor se obtiene por medio de una relación en peso y se deberá referir sus kilogramos por metro cúbico a la resistencia obtenida o teórica. Para la adición de fibra observar los pesos específicos en su contenido de cemento y ajustar en la masada de prueba.

Cantidad de Arena Pómez por Metro Cúbico:

Se considera que la arena no debe llevar ningún exceso de materia orgánica o arcilla así como no tamizarse ya que basta con apartar los terrones - grandes que sobrepasen las 3 pulgadas los cuales generalmente son pocos, los kilogramos por metro³ de arena pómez con que se trabajó son los siguientes: de 750 - 1200 Kgs.

Cálculo de Cantidades de Materiales por Méetro Cúbico De Concreto Liviano:

Calcular los volúmenes de agua y concreto, dividiendo sus pesos en kilogramos entre sus pesos específicos multiplicados por 1000.

Restar de 1.000 mts^3 los volúmenes absolutos de agua, cemento y aire para obtener el volumen de la arena.

En base a los contenidos de humedad de las fracciones que retienen y pasa el tamiz No. 8, se calculan los pesos específicos aparentes multiplicados por los porcentajes ~~en que se encuentran~~ las fracciones, ésto nos dará el peso específico promedio de la masa de arena en la condición de humedad en que se encuentra.

Calcular el peso de la arena pómez, multiplicando un volumen absoluto por el peso específico aparente promedio multiplicado por mil.

El peso unitario del concreto será igual a la suma de los pesos de los materiales (cemento, agua y arena).

Referir el peso de la arena al del cemento y obtener la proporción en peso, y referir el agua de mezcla en litros por saco y el cemento en sacos por metros³.

- Para concreto liviano con adición de fibra proceder de la referencia a la masada de prueba para obtener el factor cemento así:
- Establecer la relación por peso de cemento y arena, el % de fibra en relación al peso del cemento, y la cantidad de agua necesaria para un asentamiento de 10 cmts. (4 pulgadas).
- Obtener el peso unitario respectivo y calcular el factor cemento por medio de la fórmula:

$$C = \frac{\text{Peso unitario}}{\text{Suma de la relación más relación agua cemento.}}$$

Más % de fibra/100 este factor debe ser igual al valor referido en la resistencia; sino se obtiene el valor referido se adiciona cemento y agua hasta llegar al valor deseado empleando la siguiente fórmula.

$$C = \frac{\text{Peso unitario}}{\sum \text{Proporción} + \text{Rel a/c} + \frac{\% \text{ fibra}}{100}}$$

C = Cemento

Rel A/C = Rel Agua/Cemento



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

"IMPRIMASE"

RECEIVED
JAN 11 1961
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.
D E C A N O

