

TOK
1501
FH75a
1995
ej 2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE GRADUACION PREVIO A LA OPCION AL GRADO DE:
INGENIERO CIVIL

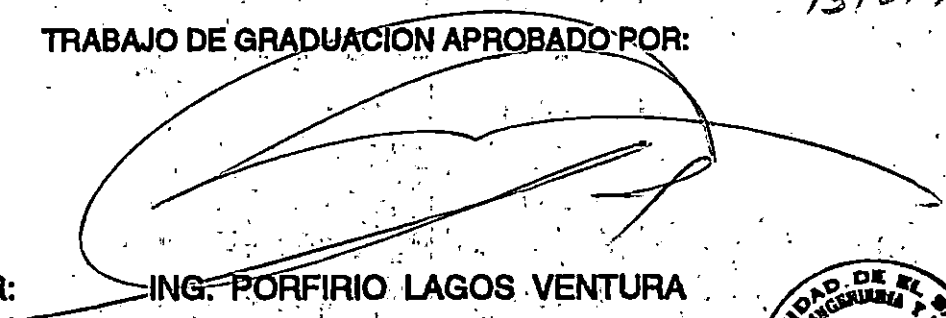
APLICACION DE LA TECNOLOGIA DE MICROCONCRETO
PARA ELABORACION DE TEJAS, COMO PRODUCTO
NO TRADICIONAL DE BAJO COSTO.

PRESENTADO POR:

JOSE LUIS FIGUEROA ALBANES
ISRAEL ALBERTO JACOBO CENTENO
FATIMA INES MORALES PEREZ

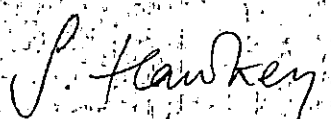
15101907
15101907

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

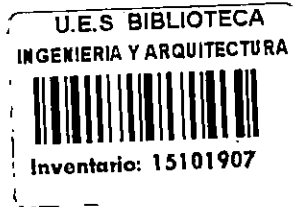


COORDINADOR: ING. PORFIRIO LAGOS VENTURA

ASESOR: ING. JUAN PATRICIO HAWKEY



AGRADECIMIENTOS



Agradecemos de manera especial a nuestro coordinador Ing. Porfirio Lagos Ventura y a nuestro asesor Ing. Juan Patricio Hawkey, por la ayuda desinteresada para el desarrollo de este trabajo de graduación.

A todas aquellas personas o instituciones que contribuyeron al desarrollo de la presente investigación:

Personal de Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador: Dilver Evelio y Emiliano.

Ing. David Throp

Arq. Carolina Henríquez

CÉSSA S. A. de C. V.

Instituto Salvadoreño del Concreto y el cemento

SIKA de El Salvador

MINT International

Demás compañeros y amigos, muchas gracias a todos

DEDICATORIA.

Dedico este Trabajo de Graduación a:

A la Divina Providencia de DIOS y a nuestra Santísima Virgen María, por haberme ayudado a alcanzar esta meta.

A mi PADRE Jorge Alberto Figueroa Murillo, por su sacrificio, fortaleza, alegría, entregado con amor en todo el camino de mi vida.

A mi MADRE Aura Estela Albanés, por ser mi fuente inspiradora y mi alegría.

A mis hermanas con mucho amor: Lupita, Norita y Zoily; que siempre han estado conmigo.

A mis queridas tías y familiares, en especial a mi tía Luisa que es como mi segunda mamá. Y a mis tíos que ahora besan las manos de Dios.

A mi abuelita Mamachica, que es mi dulzura y mi experiencia.

A mis sobrinos con mucho cariño: Carlitos, Karlita, Nayelita, Alejandrita, Cristian, etc., para que este ejemplo les ayude a seguir adelante.

Finalmente, a todos mis amigos que siempre han estado conmigo. De manera especial al grupo juvenil CRISMA, y a mi Iglesia Católica, quienes me han ayudado a crecer espiritualmente.

GRACIAS.

JOSE LUIS.

DEDICATORIA

Dedicamos este triunfo infinitamente a Dios, por iluminarnos el camino y estar siempre con nosotros.

A quien llena de felicidad y dicha nuestro hogar, siendo parte importante de ideales y metas, nuestro hijo:

Edgardo Alberto

A nuestros padres, por habernos predicado con el ejemplo el camino del sacrificio, haber sembrado los principios espirituales y morales, por su apoyo y comprensión:

Edgardo y Reina , David y Teresa

Con amor, a mi amor, por ser parte de mi vida:

Israel Alberto , Fátima Inés

A nuestros hermanos, por haber extendido su cálida y fraternal mano:

Reina Leonor , Andrés, Francisco, Ana y David

A nuestros sobrinos con cariño:

Wendy Carolina, Jeffrey, Andresito, Teresita,
Andreita, Joseline, Nelson

A nuestros abuelitos:

Leonor y Francisco (Q.D.D.G) Beto (Q.D.D.G) y María
Estebana (Q.D.D.G) y Teófilo Andrés (Q.D.D.G) y Nela

A nuestros demás familiares, especialmente:

Tía Lety , Mamá Toya (Q.D.D.G), Nena.

Amigos y compañeros con quienes siempre contamos.

Fátima Inés e Israel Alberto

RESUMEN

El hombre en su afán de buscar como protegerse de las intemperies, ha ido buscando diferentes formas de protección utilizando distintos materiales para la fabricación de su vivienda.

El techo de una vivienda es una de las partes más importantes de esta, sus funciones básicas son las de proteger el interior de la humedad debido a causas externas, regular el intercambio de calor y frío, producido por factores tales como agua, sol y viento.

En los últimos años a nivel nacional, se han elevado los precios de la vivienda debido a el encarecimiento de los materiales de uso tradicional para la construcción, situación que se ha convertido en un problema de caracter primario.

Como es de todos conocido, los materiales de techo que más se utilizan en la actualidad son de asbesto-cemento, tejas de barro, de paja, láminas de zinc, etc. Tomando en cuenta que una buena cubierta debe servir adecuadamente a la población, estar hecha con materiales locales o fácilmente accesibles, ser impermeable, aislar convenientemente el calor, tener buena presencia y sobre todo ser económica, durar mucho y repararse fácilmente puede observarse que la mayor parte de los techos no cumplen con todos los requisitos mencionados anteriormente.

A nivel latinoamericano, se esta implementando el uso de una nueva tecnología para cubiertas consistentes de tejas de microconcreto (TMC), el cual establece una alternativa de solución que cubra las necesidades existentes siendo un producto factible para todos los estratos de la sociedad salvadoreña.

La Universidad de El Salvador, con el fin de ofrecer y apoyar soluciones para resolver estos problemas que afronta nuestro país, a través de la Escuela de Ingeniería Civil, a impulsado el estudio de esta tecnología alternativa en la construcción de un nuevo concepto de cubierta, desarrollado en algunas comunidades del país, generando empleo, economía y generando componentes sociales y ecológicos.

En este estudio se presenta pormenores necesarios que deben considerarse para desarrollar la tecnología de la TMC, utilizando materiales nacionales, exigiendosele un control de calidad desde los materiales hasta el producto terminado.

Apoyandonos de normas CECAT, se obtuvo parámetros de comparación con las normas ASTM, para fines de utilizarlos en el desarrollo del trabajo. En base a los ensayos de flexión y permeabilidad realizados a la TMC, se determinó que la dosificación utilizada previo al estudio, se encontraba cerca de la dosificación óptima para ambas arenas, siendo para la dosificación con arena del río Las Cañas 1:2.66 y con arena

de las minas de Aramuaca de 1:2.68, cumpliendo las tejas con los requerimientos exigidos.

Además, se observo que unos de los problemas en esta industria es el tiempo de desmolde de la TMC, por lo que se analizó este problema y se realizo un estudio con el uso de aditivo acelerante; llegando a obtener resultados positivos pues con un incremento de ¢ 0.15 a ¢ 0.18 por el costo del aditivo puede obtenerse una doble producción, es decir las tejas pueden desmoldarse en 12 horas, pudiendo obtener una doble producción diaria.

En el capítulo VI, se presentan conclusiones y recomendaciones derivadas de este estudio.

INDICE

CAPITULO I

1.1	Introducción	i
1.2	Planteamiento del problema	4
1.3	Objetivo general	5
1.4	Objetivos específicos	6
1.5	Alcances	6
1.6	Limitaciones	7
1.8	Antecedentes	9
1.9	Area de demanda de la TMC	15
1.9.1	Crecimiento poblacional	15
1.9.2	Area de influencia	16
1.9.3	Area de influencia efectiva	16
1.10	Materiales para la elaboración de la teja	18
1.10.1	Materiales fundamentales	18
1.10.1.1	Cemento	18
1.10.1.2	Arena	25
1.10.1.3	Agua	26
1.10.1.4	Elementos de fijación de la teja	27
1.10.2	Elementos opcionales	28
1.10.2.1	Pigmentos	28
1.10.2.2	Aditivos	30
1.11	Mezcla de microconcreto	34
1.11.1	Pasta de cemento	35
1.12	Características de la teja	41

CAPITULO II

2.1	Introducción	i
2.2	Planta de producción mínima de TMC	44
2.2.1	Herramientas y maquinaria utilizada	45
2.3	Control de calidad de los materiales	50
2.3.1	Cemento	50
2.3.1.1	Ensaye visual	50
2.3.1.2	Ensayo de calidad	51
2.3.2	Arena	52
2.3.2.1	Ensayo para determinar el contenido de arcilla y limo	52
2.3.2.2	Ensayo para determinar el contenido de orgánico	54
2.3.2.3	Ensayo de abudamiento por humedad (entumecimiento)	55
2.3.2.4	Ensayo del contenido de humedad	56
2.3.2.5	Ensayo de granulometría	57
2.3.3	Agua	58
2.4	Proceso de producción	59
2.4.1	Preparación del mortero	60
2.4.2	Moldeo y vibrado	63
2.4.3	Curado en los moldes	65
2.2.4	Desmolde	66
2.4.5	Curado después de las 24 horas	67
2.4.6	Curado al aire y almacenamiento	69
2.4.7	Transporte	71
2.5	Control de calidad del producto terminado	72

2.5.1 Prueba del sonido	73
2.5.2 Ensayo de porosidad y fisuración	74
2.5.3 Ensayo de flexión	75
2.5.4 Ensayo de permeabilidad	79

CAPITULO III

3.1 Introducción	i
3.2 Control de calidad de los materiales	83
3.2.1 Cemento	83
3.2.2 Arena	85
3.2.2.1 Impurezas orgánicas en arena para concreto	88
3.2.2.2 Contenido de arcilla y limo	88
3.2.2.3 Análisis granulométrico	90
3.2.2.4 Absorción	98
3.2.3 Agua	100
3.2.4 Pigmentos	100
3.3 Calidad de la mezcla	100
3.3.1 Dosificación	101
3.3.1.1 Abundamiento por humedad	102
3.3.1.2 Peso volumétrico de la arena suelta	103
3.3.1.3 Cálculos de dosificaciones utilizadas en obra	104
3.3.2 Trabajabilidad de la mezcla	106
3.3.3 Relación agua/cemento	109
3.3.3.1 Contenido de humedad	110

3.3.4	Elaboración de cubos de mortero para la prueba de compresión	113
3.3.4.1	Ensaye a la compresión de cubos	114
3.4	Realización de pruebas de control de calidad del producto terminado	120
3.4.1	Flexión	120
3.4.1.1	Resistencia a la flexión según CECAT . . .	122
3.4.1.2	Prueba de flexión propuesta en base a normas ASTM	127
3.4.1.3	Comportamiento estadístico de los resultados	133
3.4.2	Permeabilidad	139
3.5	Análisis de costo	141

CAPITULO IV

4.1	Dosificaciones	147
4.1.1	Relaciones cemento-arena	147
4.1.2	Relación agua-cemento	150
4.2	Control del mortero endurecido	150
4.3	Control del producto terminado	158
4.3.1	Resistencia a la flexión por el método CECAT .	158
4.3.2	Resistencia a la flexión según el método propuesto en base a normas ASTM	172
4.3.3	Comportamiento estadístico de los resultados .	188
4.3.4	Permeabilidad	197
4.4	Análisis de costos del diseño de mezcla encontrado	200
4.4.1	Costos netos	201

CAPITULO V

5.1 Introducción	i
5.2 Proporción óptima de aditivo	203
5.3 Elaboración de TMC y control de calidad	212
5.3.1 Control de calidad del producto terminado	217
5.3.1.1 Flexión según el método CECAT	217
5.3.1.2 Flexión por el método propuesto en base normas ASTM	217
5.3.2 Comportamiento estadístico de los resultados	226
5.3.3 Permeabilidad	231
5.3.4 Prueba de envejecimiento acelerado	233
5.4 Análisis de costos de la teja con aditivo	236
5.4.1 Costos netos	237

CAPITULO VI

6.1 Conclusiones	240
6.2 Recomendaciones	245

REFERENCIAS	249
-----------------------	-----

GLOSARIO	253
--------------------	-----

ANEXO DE FOTOGRAFIAS	259
--------------------------------	-----

ANEXO A	264
-------------------	-----

ANEXO B	302
-------------------	-----

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION

Los problemas de vivienda en latinoamérica se han acrecentado y cada vez existen más personas sin techo. Los métodos convencionales para la construcción de vivienda y las políticas con que se desarrollan, han sido ineficaces de proporcionar techo a la basta mayoría de escasos recursos económicos; es por ello, que la búsqueda de materiales de construcción que puedan servir como alternativa de solución a esta problemática, es uno de los motivos principales de este estudio.

La Universidad de El Salvador, con el fin de ofrecer y apoyar soluciones para resolver estos problemas que afronta nuestro país, a través de la Escuela de Ingeniería Civil, impulsa diferentes trabajos de índole social. En el presente trabajo se estudia una tecnología alternativa de la construcción, como es la teja de microconcreto. Este tipo de proyectos ofrece sostenibilidad por que lleva a encontrar el desarrollo de las comunidades, por que es generador de empleo, es económico, tiene componentes sociales y ecológicos.

Analizando estos aspectos socio-económicos, se a estudiado esta tecnología no tradicional de bajo costo, tomando en cuenta factores nacionales, que contribuyan a obtener un producto de propiedades aceptables, utilizando la menor cantidad de recursos económicos.

En el capítulo I se presentan generalidades sobre el estudio a desarrollar, los objetivos alcanzados con el desarrollo de este trabajo, se justifica el estudio, dando a conocer cual es la importancia de llevarlo a cabo. En los antecedentes se describe como ha evolucionado en América Latina y en nuestro país esta industria. Además se mencionan cuales son los materiales necesarios para la elaboración de TMC y las características del producto terminado. Se realiza un breve análisis que ayuda a conocer hacia quienes va dirigido este tipo de proyecto.

El capítulo II, presenta pormenores necesarios que deben considerarse para desarrollar la tecnología y se da a conocer el control de calidad que debe tenerse en esta industria.

En el capítulo III, se investigó la calificación del producto fabricado en nuestro país desde el punto de vista técnico, funcional y económico, apoyándonos en normas CECAT y ASTM, con el objeto de obtener parámetros de comparación que se utilizó en el desarrollo del estudio. El capítulo IV, se verificó la calidad y costo del producto, por medio de un análisis del comportamiento de diferentes dosificaciones volumétricas de materiales.

Se observó que uno de los problemas de esta industria es el tiempo de desmolde de la teja, por lo que se analizó y

plantea una solución con el uso de aditivo, la que se presenta en el capítulo V.

Además, en el capítulo VI, se presentan algunas conclusiones y recomendaciones producto del estudio general.

Al final se deja a manera de constancia o de apoyo, las diferentes normas utilizadas como herramientas para el desarrollo de la investigación.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En nuestro país, existe una demanda insatisfecha de la sociedad, especialmente la de escasos recursos económicos, la cual no tiene acceso a un techo digno, por lo que es necesario buscar materiales de construcción y políticas alternativas para tratar de resolver este problema.

Otro problema es el ecológico, la deforestación producto de varios factores tales como: el incremento acelerado de la población provoca crecimiento rápido de ciudades, el inadecuado uso de la tierra para cultivo, la necesidad de utilización de la madera como fuente de energía, etc. contribuyen a que este problema se engrandezca cada día.

Existen productos para la construcción cuyo costo ecológico es elevado. Para el caso de los techos, las tejas de barro cocido a causa del uso excesivo de leña para su fabricación forma parte de la problemática expuesta; por lo que un estudio del producto que pueda cumplir con las mismas funciones y que además sea de bajo costo económico, será el objetivo principal de la investigación a realizar.

En la actualidad, existen nueve fábricas de TMC en nuestro país, las cuales para la elaboración del producto, no consideran algunos aspectos técnicos. Son estos puntos los que

se tratarán en el estudio.

El problema existente es que se desconoce la dosificación que optimice la relación entre los costos de producción y la calidad del producto; la supuesta inadecuada dosificación ocupada actualmente para la elaboración de la TMC, conllevaría a mayores gastos de cemento que lo necesario, elevando el costo del producto.

Para afrontar este problema, se hace necesario el estudio del producto para tener una idea de la relación que guardan estas variables.

1.3 OBJETIVO GENERAL

- Obtener un producto de propiedades aceptables, utilizando la menor cantidad de recursos económicos. Brindando así mayor beneficio a las comunidades al ofrecerles un producto para la construcción de viviendas de bajo costo; como también contribuir a una solución a problemas de tipo económico, ecológico, social y tecnológico existentes en el medio.

1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar la tecnología utilizada en la elaboración de TMC.
- Estudiar la teja elaborada previa a este estudio para obtener parámetros de comparación.
- Diseñar proporciones de materiales óptimas analizando el efecto en los costos, ofreciendo un producto técnicamente aceptable.
- Utilizar aditivo en la mezcla de fabricación de la TMC, estudiando la influencia de este en los costos, en algunas propiedades físicas y mecánicas del producto.
- Tratar de normalizar los materiales, elaboración y ensayos a los especímenes de TMC.

1.5 ALCANCES

- Se diseñará una proporción de mortero que ofrezca un producto técnicamente aceptable y que sea lo más económica posible, luego se hará una comparación respecto

al producto actual.

- El trabajo a desarrollar para mezcla óptima será para materiales específicos; para las arenas se utilizará las del río Las Cañas y minas de Aramuaca ya que son las más utilizadas para la fabricación de TMC.

- Se utilizará aditivos comerciales.

- Se realizarán pruebas de flexión y permeabilidad.

1.6 LIMITACIONES

- Se hará el estudio únicamente para la teja Romana con el molde de TEVI/CECAT y no se analizarán capotes y terminaciones.

- El estudio realizado será específico para el estado actual de los productos y los materiales en cuanto a precio y calidad

1.7 JUSTIFICACION

Debe haber un compromiso de parte de los profesionales de la construcción en satisfacer la demanda de vivienda. En la actualidad la industria de la construcción debería encaminarse a desarrollar métodos constructivos y usar materiales no tradicionales, implementar políticas, de manera que las viviendas sean accesibles a la población de bajos recursos económicos.

El ayudar al desarrollo de la tecnología alternativa de bajo costo que además se pueda desarrollar de manera semi artesanal, viene a contribuir a que exista una mayor posibilidad de adquisición de vivienda para la población.

Otro factor que debe tomarse en cuenta en la implementación de la tecnología alternativa, es que venga a cuidar en gran medida el ecosistema.

Por lo anterior hacer un estudio sobre la TMC es justificable ya que se contribuirá a:

1. Aliviar un problema social, ya que en nuestro medio son muchas las familias que no poseen techo digno.
2. Desarrollar tecnología semi artesanal, lo que podría

permitir una auto-elaboración y por consiguiente auto-construcción de vivienda.

3. Reducir el costo de la vivienda.
4. Cuidar el ecosistema, ya que para la elaboración de este tipo de teja no se necesita leña, evitando la deforestación y la contaminación del medio ambiente.
5. Nacionalizar la fabricación de techos, evitando así la fuga de divisas.

1.8 ANTECEDENTES

Se inventó la tecnología de TMC en Gran Bretaña en 1983, desde entonces se ha desarrollado esta en más de sesenta países del mundo. A nivel de América Latina el uso de la TMC a tenido un aumento considerable, los siguientes datos muestran una aproximación de este crecimiento entre los años 1989 a 1994, presentados en la III conferencia latinoamericana de TMC realizada en Cuba, en mayo de 1995.

DATOS POR PAIS:

Cuba: 4 plantas piloto.

República Dominicana: 7 talleres, solo tres funcionando, 725 moldes produciendo.

Perú: 139,000 m² producidos, 250,000 m² a final de 1995.

Ecuador: 12 talleres, 586,000 tejas producidas.

Colombia: 1 taller establecido, tres más por iniciarse, 5869 m² producidos

Panamá: 11,000 tejas vendidas.

Costa Rica: 4 talleres, 10 máquinas, 3,000 moldes, 290,000 tejas producidas.

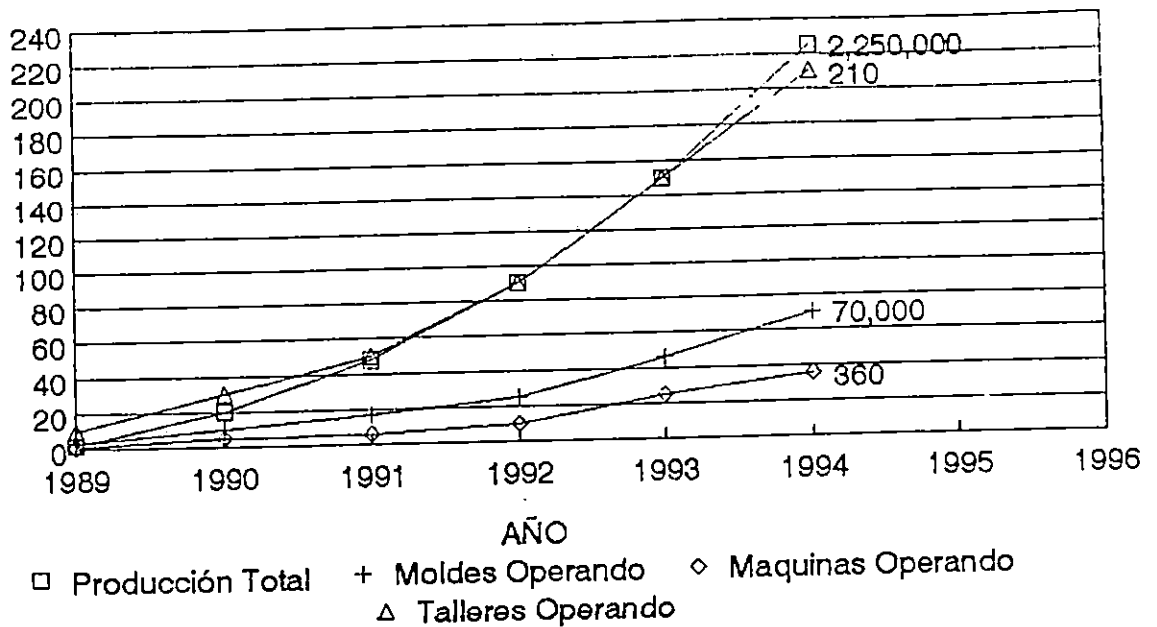
Nicaragua: 11 talleres, 20 máquinas, 4,000 moldes, 200,000 m² de techo.

Guatemala: 8 talleres, 16 máquinas, 1,500 moldes, 822,000 tejas por año.

Honduras: 105 talleres, 175 máquinas, 35,000 moldes, 2 millones de m² producidos.

El Salvador: 9 talleres, 33 máquinas, 10,750 moldes, 150,000 m² producidos.

ver nota de escala



(Nota de escala: - producción total x 10,000m², moldes operando x 1000, maquinas operando x 10, talleres operando x 1)

GRAFICA 1-1 CRECIMIENTO EN EL USO Y APLICACION DE LA TMC
EN AMÉRICA LATINA (1989-1994)

En nuestro país, se ha ido desarrollando durante los últimos dos años en zonas rurales, recientemente se dio un salto de promoción y utilización en proyectos grandes realizados por organizaciones sociales con un impulso de parte de CETACES, quienes en octubre de 1993, fueron elegidos como el Centro Nacional de TMC, por los delegados internacionales, de la red Latinoamericana de productores de TMC, en una reunión realizada en Honduras.

En los últimos doce meses, se ha establecido a través del Centro Nacional de TMC las siguientes fábricas:

CARITAS, Chalatenango.

PRONORTE, Chalatenango.

CETACES, Km. 8 Troncal del Norte.

CETACES, km. 11 Troncal del Norte.

COOPERATIVA EL PROGRESO, Agua Caliente, Suchitoto.

FUNDASAL, Santa Teresa, San Martín.

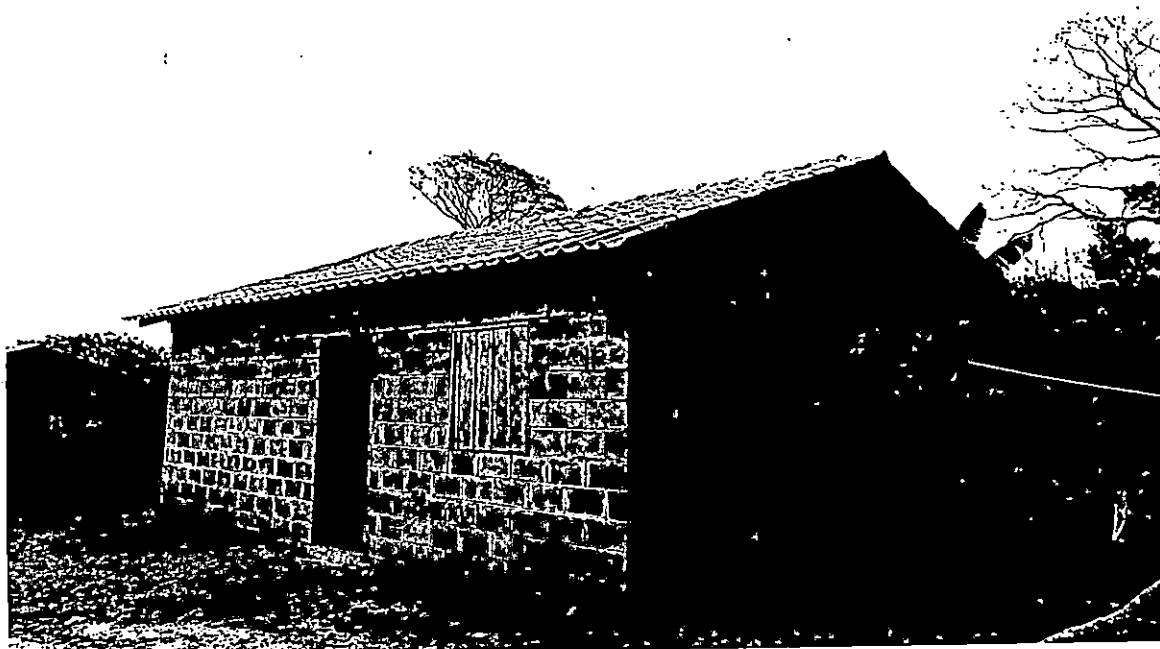
COSDECSAM, San Miguel, San Miguel.

CODELUM, El Limón, Santa Rosa de Lima.

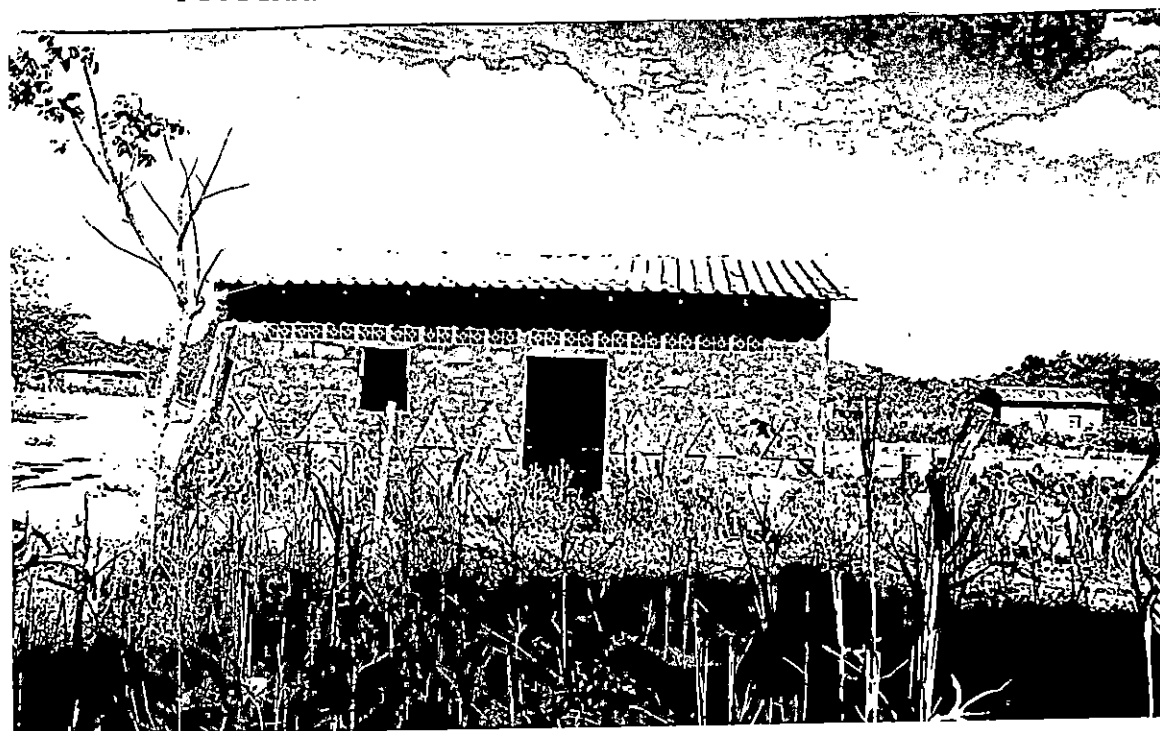
PADECOMSM, Perquín, Morazán.

Con un estudio sistemático de la tecnología, se pretende que el producto pueda ser obtenido por un número mayor de personas, principalmente aquellas de escasos recursos económicos, que no tiene acceso a vivienda de tipo formal.

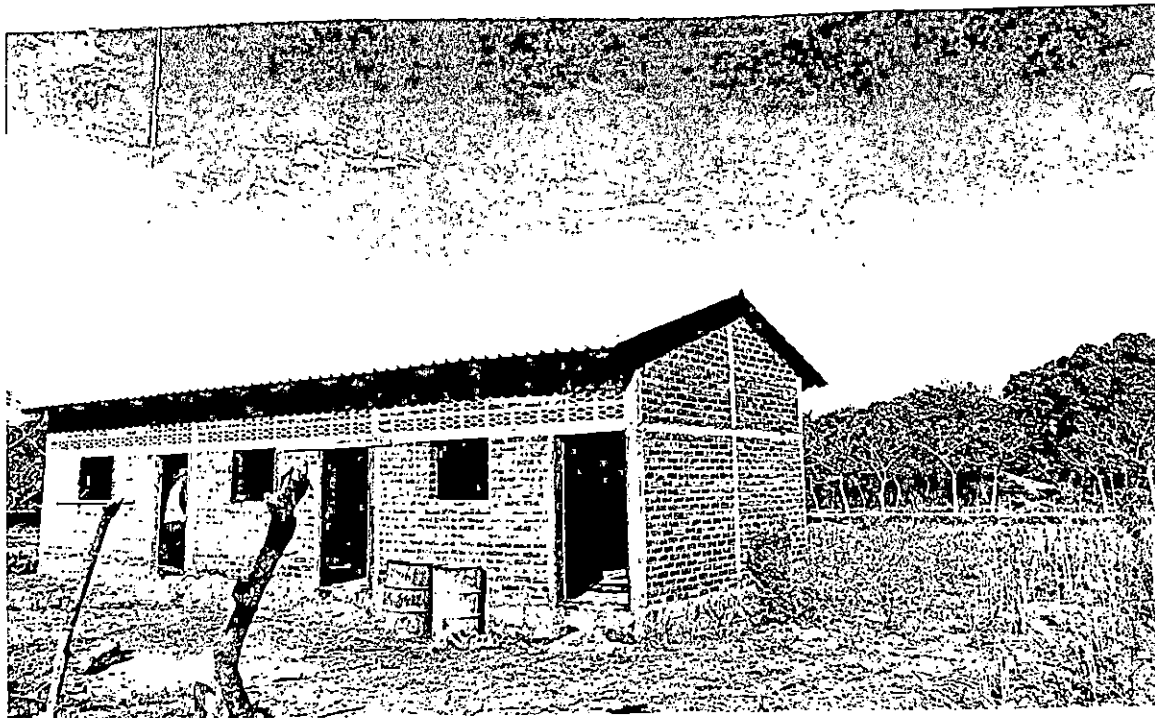
Las fotografías 1-1 a 1-4 de las pág. 13 y 14, muestran el uso de la TMC en diferentes proyectos nacionales.



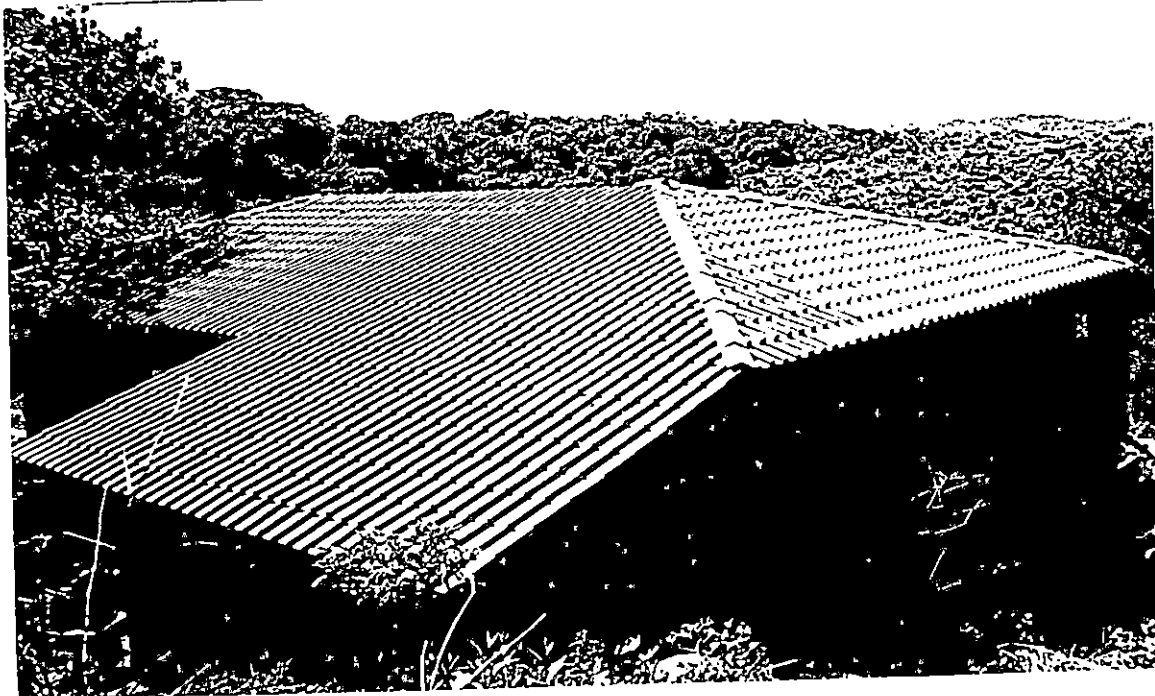
FOTOGRAFIA 1-1 VIVIENDA POPULAR, SAN MIGUEL



FOTOGRAFIA 1-2 CANTON EL LIMON, USULUTAN



FOTOGRAFIA 1-3 VIVIENDA POPULAR, SAN MIGUEL



FOTOGRAFIA 1-4 CENTRO DIOCESANO, CHALATENANGO

1.9 AREA DE DEMANDA DE LA TMC

Debido a que los beneficios del estudio de la TMC está encaminada a proporcionar un producto que ofrezca soluciones socio-económicas, se realiza la descripción de la demanda del producto, con el objeto de poder establecer hacia quienes está dirigido este tipo de proyecto.

1.9.1 CRECIMIENTO POBLACIONAL

La necesidad de vivienda generada por el incremento demográfico registrados en los últimos años, le da importancia a la implementación del estudio poblacional, que como consecuencia de esto, la vivienda se traduce en la demanda de cubiertas de techo.

Según datos proporcionados por la Dirección General de Estadísticas y Censos, las proyecciones establecidas para los años de 1990 de acuerdo a censo realizado en los años de 1950, 1961 y 1971, la población urbana es de 2,639,493.00 y la rural de 2,612,185.00 equivalente al 50.26 % y 49.74 % de la población total respectivamente.

1.9.2 AREA DE INFLUENCIA

El área de influencia actual, se considera que son aquellas zonas urbanas, rurales y marginales, que son beneficiadas socio-económicamente con la implementación del proyecto de TMC, principalmente los lugares geográficos central y oriental del país.

1.9.3 ÁREA DE INFLUENCIA EFECTIVA

Con la llegada de los acuerdos de paz entre el FMLN y el GOES, se está permitiendo que pobladores regresen a los lugares de donde anteriormente habían sido desplazados. La necesidad de crear fuentes de ingresos para obtener estabilidad económica y la vez que permita obtener un techo, se estimó que el área de influencia prioritaria son las regiones más afectadas por la recién pasada guerra.

Otro criterio considerado para estimar el área de influencia efectiva, es el de dar atención a la zona rural, debido a que es una de las áreas donde se produce mayor deforestación por las altas quemas de leña como fuente de energía. Para la elaboración de la TMC no es necesario este recurso, caso contrario sucede con la teja de barro cocido.

Sin embargo, el producto se proyecta para que se desarrolle en todo el país, pues se espera que sea aceptado por todos los sectores de la población, ya que es un techo económico y puede obtenerse un techo de lujo agregándole colorante a la mezcla.

1.10 MATERIALES PARA LA ELABORACION DE LA TEJA.

Los materiales fundamentales que se utilizan en la producción de las tejas son: .

- Cemento.
- Arena.
- Agua.
- Elementos de fijación de la teja.

Materiales que pueden ser utilizados opcionalmente:

- Pigmentos.
- Aditivos.

1.10.1 MATERIALES FUNDAMENTALES

1.10.1.1 CEMENTO

El cemento de más fácil adquisición en el país es el portland tipo I (PM) ASTM C 595, es un cemento de uso general.

Este cemento portland es un producto comercial el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de combinarse lentamente con agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un clinker finamente pulverizado, producido por la coacción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas, previamente establecidas, para lograr las propiedades deseadas.¹

El uso de cementos mezclados, por ejemplo: puzolánicos, debe ser considerado con cuidado para la elaboración de la teja, ya que el tiempo de fraguado y endurecimiento es mayor. En estos casos deben realizarse ensayos preliminares para verificar la factibilidad de su utilización.

Para esto, se deben conocer las propiedades que rigen al cemento portland:

a) PROPIEDADES DEL CEMENTO PORTLAND.

La mayor parte de especificaciones para el cemento portland limitan su composición química y sus propiedades físicas. El entendimiento del significado de algunas de estas

propiedades físicas es útil para interpretar los resultados de las pruebas que se efectúan al cemento. En general, las pruebas de las propiedades físicas del cemento deben ser utilizadas exclusivamente para evaluar las propiedades del cemento más que para el concreto. Las normas ASTM C 150 y C 595 limitan las propiedades de acuerdo al tipo de cemento. El cemento debe ser muestreado de conformidad con la norma ASTM C 183², por lo tanto tiene que poseer las propiedades descritas a continuación:

FINURA. (ASTM C-115, C-786)

La finura del cemento influye en el calor liberado y en la velocidad de hidratación. A mayor finura del cemento, mayor rapidez de hidratación y por lo tanto mayor desarrollo de resistencia. Los efectos que una mayor finura provoca sobre la resistencia, se manifiesta principalmente durante los primeros siete días².

SANIDAD (ASTM C-151)

La sanidad se refiere a la capacidad de una pasta

endurecida para conservar su volumen después del fraguado. La expansión destructiva retardada o falta de sanidad es provocada por un exceso en las cantidades de cal libre o de magnesio.

CONSISTENCIA (ASTM C-187)

Se refiere a la movilidad relativa de una pasta de cemento o mortero recién mezclado o bien su capacidad de fluir. Durante el ensaye de cemento, se mezclan pastas consistencia normal, misma que se define por una penetración de 10 ± 1 mm de la aguja de Vicat, mientras se mezclan morteros para obtener ya sea una relación agua-cemento fija o para producir una cierta fluidez dentro de un rango dado. La fluidez se determina en una mesa de fluidez tal como se describe en la norma ASTM C 230. Ambos métodos, el de consistencia normal y el de la prueba de fluidez sirven para regular los contenidos de agua de las pastas y morteros respectivamente, que permiten comparar distintos ingredientes con la misma penetración o fluidez².

TIEMPO DE FRAGUADO (ASTM C-191 Y C-266)

Al mezclar el cemento con agua se forma una pasta; la que permanece plástica por un período corto de tiempo. Durante este tiempo es fácil mezclar y manipular dicha pasta pudiéndole dar forma sin dañarla; a medida transcurre el tiempo, las reacciones entre el agua y el cemento es mayor, perdiéndose su trabajabilidad. A este período inicial de endurecimiento es llamado: " tiempo de fraguado".

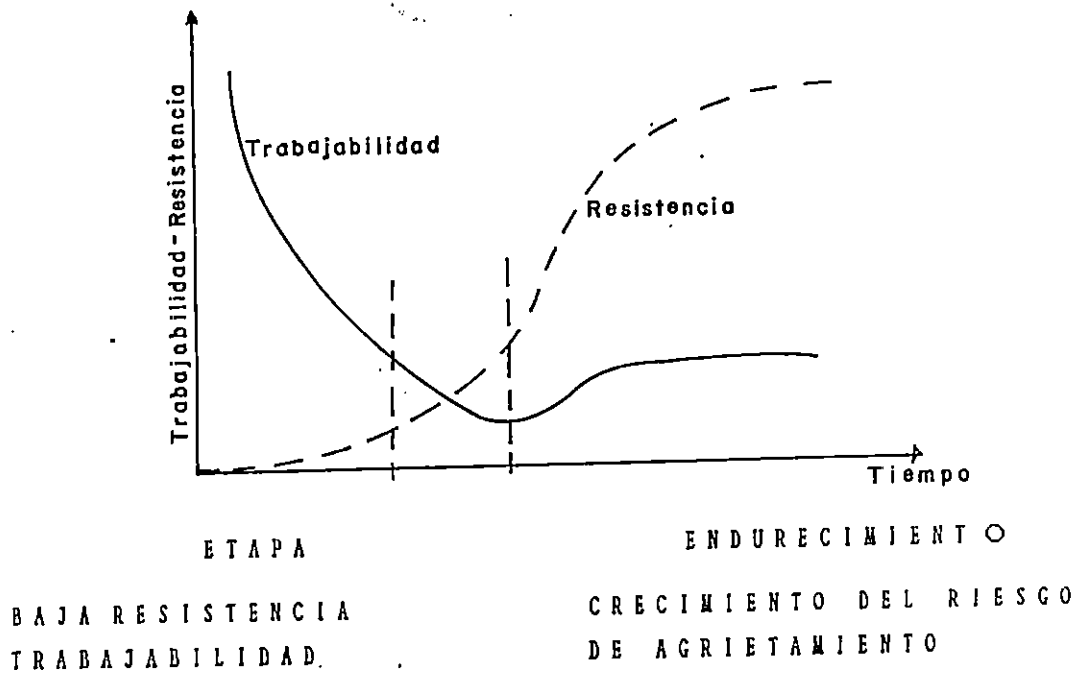


GRAFICO 1-2 RELACION ENTRE TRABAJABILIDAD Y TIEMPO,
Y RELACION ENTRE RESISTENCIA Y TIEMPO. GRAM, 1987.

RESISTENCIA A LA COMPRESION. (ASTM C 109)

La resistencia a la compresión es la capacidad de soporte del mortero endurecido, al someterlo a fuerza de compresión, dicha resistencia es obtenida a partir de pruebas en cubos de morteros estándar de 2 pulgadas, ensayados de acuerdo a la norma ASTM C 109. Estos cubos se hacen y se curan de manera prescrita y utilizando una arena estándar². Todos los cementos portland se conducen más o menos de modo similar, aunque el incremento de la resistencia con la edad no es siempre el mismo.

CALOR DE HIDRATACION. (ASTM C-186)

Calor de hidratación es el calor que se genera cuando reaccionan el agua y el cemento. Las reacciones que producen el endurecimiento del cemento portland se caracteriza por la liberación de calor¹. Otros factores que también influyen además de la relación agua-cemento, es la finura del cemento y la temperatura de curado, que aumentan el calor de hidratación.

b) ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO.

El tiempo de almacenamiento del cemento no debe ser mayor de un mes, especialmente en climas cálidos, pues para períodos mayores la resistencia se reduce sensiblemente. El cemento portland es un material sensible a la humedad, si se mantiene seco mantendrá indefinidamente su calidad. Un cemento portland que durante su almacenamiento haya estado en contacto con aire húmedo o con humedad, fraguará más lentamente y tendrá menor resistencia que un cemento que se hubiera mantenido seco.

Las bolsas de cemento no se deben almacenar sobre pisos húmedos, sino que deben descansar sobre tarimas, apilándose juntas para reducir la circulación del aire, pero nunca se deben apilar contra las paredes que den hacia el exterior. Las bolsas que se almacenen durante períodos prolongados se deberán cubrir con mantas o con alguna otra cubierta impermeable.

Se deben apilar de manera tal que las primeras bolsas en entrar sean las primeras en salir.

1.10.1.2 ARENA.

Para garantizar una adecuada cohesión de las partículas es necesario que la arena este bien graduada, efectuando el análisis granulométrico de la arena ayuda a determinar el tipo de mezcla óptima. Para esta es necesario conocer a lo que se refiere el proceso de la granulometría de la arena.

La determinación de las dimensiones de las partículas y de su distribución por tamaños constituyen la técnica de la granulometría. Se dice que un agregado presenta buena o mala granulometría según que los tantos por cientos, en peso, de los diferentes grupos de partículas, guarden o no la relación adecuada.

Para determinar la granulometría puede aplicarse el procedimiento establecido por la norma ASTM C 144, por medio del cual se pueden separar las partículas que constituyen el agregado, de acuerdo a sus tamaños, de manera que se conozcan las cantidades en peso que cada tamaño aporta al peso total, siendo necesario en ello, la utilización de mallas de diferentes aberturas.

La granulometría del agregado influye directamente en la manejabilidad de la pasta, ya que para una misma cantidad de agua y relación agua-cemento, si hay ausencia de finos la

pasta es insuficiente para llenar todos los huecos y se obtienen mezclas con mucha disgregación, caso contrario cuando hay excesiva cantidad de finos, la pasta no alcanza a recubrir todas las partículas y se obtienen mezclas pobres y demasiado secas.

1.10.1.3 AGUA

Las características del agua utilizada en la mezcla influyen en la calidad de las tejas, pues el agua sucia y contaminada pueden tener un efecto negativo en los procesos de fraguado y endurecimiento del mortero.

El agua debe ser fresca y limpia, preferiblemente agua potable ordinaria que no contenga un sabor u olor pronunciado.

Si existen dudas en relación con la calidad del agua, se deben realizar ensayos para comparar si hay diferencias apreciables en el tiempo de fraguado, la resistencia de las tejas producidas con agua potable y con el agua en cuestión³.

Las impurezas excesivas en el agua no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia, sino también puede ser causa de eflorescencia, manchado, inestabilidad volumétrica y

una menor durabilidad. Algunas impurezas pueden tener un efecto mínimo sobre la resistencia y el tiempo de fraguado, pero pueden afectar de manera adversa a la durabilidad y algunas otras propiedades².

Para la aceptación del agua a se utilizada en la elaboración de concreto la ASTM C-94 y las AASTHO T-26 mencionan algunos criterios que deben considerarse.

1.10.1.4 ELEMENTOS DE FIJACION DE LAS TEJAS

Los elementos de fijación de las tejas generalmente utilizados son:

- * Alambre de acero galvanizado con diámetro mínimo de 0.9 mm.
- * Alambre de acero. Puede ser usado cuando no se dispone del galvanizado, con un diámetro mayor de 2 mm para garantizar su durabilidad.
- * Alambre de cobre o de otro metal no ferroso compatible con el mortero, con un diámetro no menor de 1.2 mm.
- * Alambre de acero inoxidable con un diámetro mínimo de 0.9 mm.

* Fibra de material sintético.

Se recomienda que el alambre que se utilice sea lo suficientemente flexible que permita ser maniobrado sin romperse.

No deben utilizarse materiales orgánicos que puedan sufrir pudrición³.

1.10.2 ELEMENTOS OPCIONALES

1.10.2.1 PIGMENTOS

Las tejas coloreadas permiten obtener cubiertas más atractivas, lo cual es un incentivo arquitectónico. Además, los colores claros incrementan la reflexión de la radiación solar y mejoran el comportamiento térmico de la cubierta.

La cantidad de pigmentos a adicionar a la mezcla oscila entre el 3-10 % del peso del cemento dependiendo del color requerido³. Es recomendable que se usen solo aquellos colorantes que se han encontrado aceptables a través de los análisis y la experiencia, a continuación se presenta una guía

para seleccionar los materiales colorantes^t:

Rojo, amarillo, café y negro	Oxido de hierro
Verde	Oxido de cromo
Azul	Oxido de cobalto
Negro o gris	Pigmentos de carbón

CUADRO 1-1

Debe usarse la cantidad mínima de pigmentos para producir el tono requerido, el exceso del uso de pigmento en más del 10 % en relación al peso del cemento portland, puede disminuir la resistencia y durabilidad de la teja.

Otra forma de colorear la teja es mediante el pintado de las mismas después del proceso de curado en agua. El color se puede lograr mezclando un pigmentos en polvo con cemento y agua hasta lograr una pasta, la cual se aplica con brocha.

1.10.2.2 ADITIVOS

"Un material diferente del agua, de los agregados y del cemento hidráulico, que se emplea como componente del concreto o mortero y que se agrega a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado", (ASTM C-125: definiciones estándar. Términos relacionados con concreto y agregados para concreto).

Generalmente se emplean para modificar las propiedades del concreto y mortero, haciéndola más adecuada y económica para determinadas condiciones de uso, también puede lograrse el ahorro de energía mecánica.

La gran variedad de aditivos y, aún más, la enorme cantidad de compuestos inorgánicos y orgánicos que intervienen en su composición, se debe a que las distintas características y propiedades del hormigón se puede ver influenciada por numerosos productos, produciendo modificaciones en la reología de los hormigones, morteros y pastas (aumentando la trabajabilidad para una relación agua/cemento dada o reduciendo la cantidad de agua de amasado para una consistencia o trabajabilidad determinada), en los tiempos de fraguado y de endurecimiento, en el contenido de aire o de otros gases, en la durabilidad química, física o mecánica y en otras propiedades.

Los mencionados productos (aditivos) empleados correctamente y añadidos en pequeña cantidad, pueden modificar alguna o algunas de las propiedades del hormigón en sentido favorable, pero se ha de tener en cuenta que, además, pueden producir algunas modificaciones no deseables, las cuales deben ser conocidas, fundamentalmente, por los usuarios de estos productos.

Estas modificaciones, favorables o no, pueden ser sensibles a variaciones mínimas en la dosificación de dichos productos, en las que, como es lógico, influyen las características de los materiales utilizados en la fabricación del hormigón, teniendo en cuenta que, dadas las características de la industria del hormigón, se producen variaciones inevitables dentro de unos límites determinados.

Los aditivos utilizados correctamente permiten:

a) Modificar o mejorar:

- La reología del hormigón (mortero o pasta) fresco; es decir, beneficiar la trabajabilidad, disminuir la segregación, etc.
- El fraguado y el endurecimiento del cemento.
- Las resistencias mecánicas, a ciertas edades, de los hormigones, morteros y pastas.
- El contenido de aire, o de otros gases, en el hormigón.

- Las resistencias a las acciones físicas, a las acciones mecánicas y a las acciones químicas.

b) Tener una regularidad en la fabricación del hormigón, mortero o pasta y, sobre todo, en su calidad.

c) Ampliar el campo de aplicación del hormigón.

d) Poder disminuir el costo del hormigón (considerando el conjunto de operaciones) por aumentar el rendimiento, por facilitar la puesta en obra, por permitir desencofrar en períodos menores de tiempo, etc⁵.

Dentro de la gran variedad de aditivos que se pueden emplear para el hormigón se considera que puede ser de uso más frecuente para la TMC los clasificados como⁶:

- Los que modifican el comportamiento del hormigón en su estado fresco, tenemos:

a) **Rellenadores de huecos:** Son polvos muy finos que se utilizan con el fin de darle plasticidad y cohesión a las mezclas cuando estas por si mismas no tienen esta propiedad.

Las mezclas que requieren este tipo de aditivo tienen las características de tener poco contenido de cemento y/o arena con poco contenido en las fracciones finas.

Hay que señalar que estos aditivos tienen como efecto secundario el requerir mayor cantidad de agua de mezclado para mantener la consistencia deseada, lo cual puede ocasionar pérdidas de resistencia. Por lo anterior, las cantidades a usar deben ser inferiores a un 10 %.

b) Fluidificantes o reductores de agua: La función principal de estos aditivos es disminuir la cantidad de agua de mezclado sin alterar la consistencia del hormigón, estos aditivos aumentan la compacidad, la resistencia a los esfuerzos y disminuyen la permeabilidad de los hormigones en función de la cantidad de agua disminuida. Algunos de estos aditivos producen pequeñas modificaciones del contenido de aire u como efecto secundario modifican el tiempo de fraguado y/o de endurecimiento

c) Superplastificantes: Son aditivos reductores de agua de alto rango que se agregan a los concretos o morteros de bajo revenimiento y baja relación agua-cemento para producir concretos fluidos de alto revenimiento. Estos concretos fluidos son trabajables y se pueden colocar con poca o ninguna vibración.

- Los que modifican el fraguado y endurecimiento del hormigón, tenemos:

a) Aceleradores de fraguado: Disminuyen el tiempo de

fraguado del cemento y tienen como efecto secundario resistencia finales menores. Pueden ser útiles en climas fríos.

b) **Retardadores de fraguado:** Tienen como función principal retrasar el tiempo de fraguado del cemento, es decir, aumentar el tiempo necesario para que el hormigón pase del estado plástico al estado sólido. Puede ser útil para algunos cementos en climas con temperaturas superiores a los 30 C.

c) **Aceleradores de endurecimiento:** La función principal es acelerar o incrementar el desarrollo de las resistencias mecánicas iniciales del hormigón como efecto secundario disminuye el fraguado y las resistencias mecánicas a largo plazo.

1.11 MEZCLA DE MICROCONCRETO

Es conocido como mortero a la mezcla proporcional de arena, cemento y agua, también llamado microconcreto u microhormigón por la similitud con la matriz del concreto pero con partículas de áridos pequeñas.

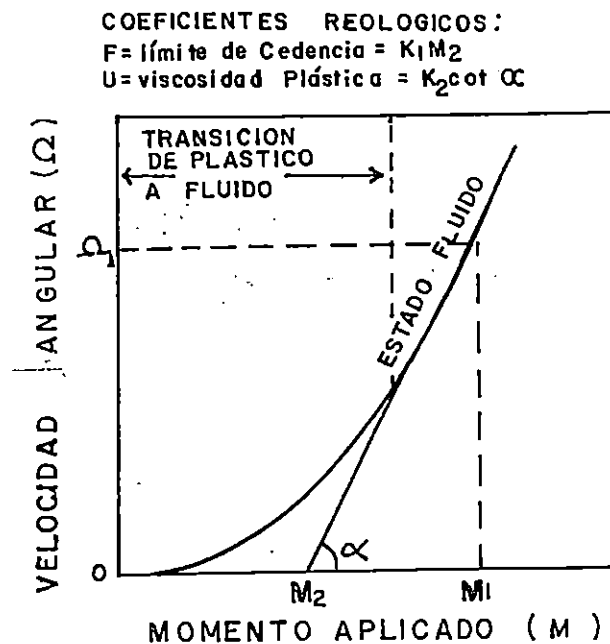
1.11.1 PASTA DE CEMENTO

La pasta esta compuesta básicamente de cemento, agua y aire, por lo que su comportamiento tanto en concreto como en mortero es similar.

"La pasta de cemento es una suspensión de partículas en un medio que puede visualizarse como una red de fuerzas de atracción, conocidas como de Van der Wall, son intermoleculares y no obedecen a la ley de atracción universal. Las de repulsión son electrostáticas y se deben a las cargas superficiales de las partículas. La cohesión de la pasta es el resultado del balance entre estas fuerzas. Así una pasta con poca agua es muy cohesiva por que las partículas se encuentran en contacto una con otras y predominan las fuerzas intermoleculares de atracción sobre las de rechazo. A medida se incrementa el contenido del agua tienden a separarse las partículas, con lo cual las fuerzas de atracción se reducen drásticamente y adquieren predominio las de repulsión, disminuyendo la cohesión. Si el contenido de agua se continua incrementando, la pasta pierde más cohesividad tendiendo a comportarse como el agua, que es un fluido de tipo newtoniano, esto es sin ninguna cohesión.

El comportamiento reológico de la pasta de cemento, se pone de manifiesto al ensayarla en un viscosímetro, mediante

la aplicación de distintos niveles de esfuerzo cortante relacionado con sus distintas deformaciones, con lo cual se obtiene una figura como en la gráfica 1-3. Se observa que en un cierto intervalo inicial de esfuerzo aplicado la gráfica es curva, lo cual denota una etapa de transición de la pasta entre el estado plástico y el fluido. A partir de un determinado nivel de esfuerzo, llamado de cedencia, la gráfica se vuelve una línea recta y la pasta se comporta prácticamente como un fluido sin cohesión, tipo newtoniano. Si el esfuerzo se anula, la pasta recobra su estado plástico inicial como ocurre en el caso del fenómeno de tixotropia, el cual es un comportamiento característico de los fluidos de Bingham, como la pasta de cemento.



GRAFICA 1-3 COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE LA PASTA DE CEMENTO, COMO FLUIDO DE TIPO BINGHAM

En el caso de las mezclas de concreto de uso común, suelen buscarse que la pasta posea una consistencia más bien plástica, a la cual corresponda una cohesión adecuada para inhibir la segregación durante los movimientos previos a su colocación en los moldes. Posteriormente, para darle suficiente capacidad al concreto ya colocado, dicha cohesión se anula por las fuerzas que le transmite el equipo de vibrado con lo cual, mientras permanece actuando la vibración, la mezcla se fluidiza, permitiendo la expulsión del aire atrapado y llenando el espacio confinado por el molde. Al cesar la vibración, la mezcla ya compactada recupera su rigidez inicial, quedando así dispuesta para el proceso de fraguado y endurecimiento.

Por otra parte, la pasta de cemento es la principal responsable de los cambios de volumen que ocurren en el concreto, tanto en su estado fresco como endurecido. De estos cambios, el más importante es la contracción por secado, que se denomina así por su aparente coincidencia con la pérdida de agua en el concreto. Cuando se manifiesta en el concreto fresco, se llama contracción plástica y, salvo en casos extremos, el concreto es capaz de absorberla si fisurarse. No ocurre así en el concreto endurecido, que si no se dispone de facilidad para contraerse sin restricciones se agrieta irremediablemente.

La sola pasta de cemento puede contraerse entre 5 y 15 veces más que el concreto, cuya contracción reducida se debe a las restricciones que en él ejercen los agregados.

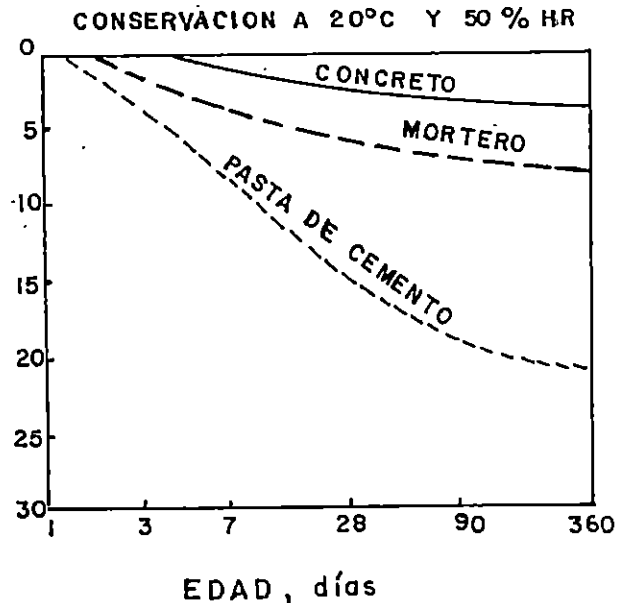
Aun cuando existen opiniones contravertidas respecto a las causas de contracción por secado en la pasta, se coincide en que determinados factores la incrementan, entre los cuales se mencionan el contenido de agua y la finura, composición y consumo unitario de cemento en el concreto.

La contracción de una pasta con relación agua-cemento igual a 0.56 puede ser 50 % mayor que la de otra con agua cemento de 0.40 %. Los cementos con mayor finura y más aluminato tricálcico parecen conducir a una contracción fuerte en la pasta. Como consecuencia para reducir la contracción, es conveniente especificar mezclas de concreto cuyo contenido de cemento sea tan bajo como resulte compatible con el cumplimiento de las especificaciones de resistencia.

Para ilustrar lo anterior en el gráfico 1-4 se muestra la contracción por secado de la pasta de cemento, el mortero y el concreto, para una condiciones determinadas.

La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento

y el agua"7.



GRAFICA 1-4 CONTRACCION POR SECADO COMPARADA, DE CONCRETO, MORTERO Y PASTA DE CEMENTO.

La piedra de cemento está compuesta principalmente por GEL de cemento, poros de GEL, poros capilares y cemento anhidro (cemento sin fraguar).

La GEL del cemento está compuesta por partículas coloidales producto del fraguado del cemento, con una porosidad aproximada de un 28 %. Estos poros son los poros de GEL que sumamente pequeños (diámetro promedio de 1.5 millonésima de milímetro) y tiene poca influencia en las propiedades del concreto.

Los poros capilares son mucho más grandes y son el resultado de los espacios ocupados por el agua que no han sido llenados por el GEL. El volumen de estos varían desde el 0% hasta un 40 % del volumen inicial de la mezcla de cemento y agua, y depende de la relación agua/cemento y del grado de hidratación del cemento.

La figura 1-1 muestra el proceso de hidratación y la formación de la GEL de cemento⁸.

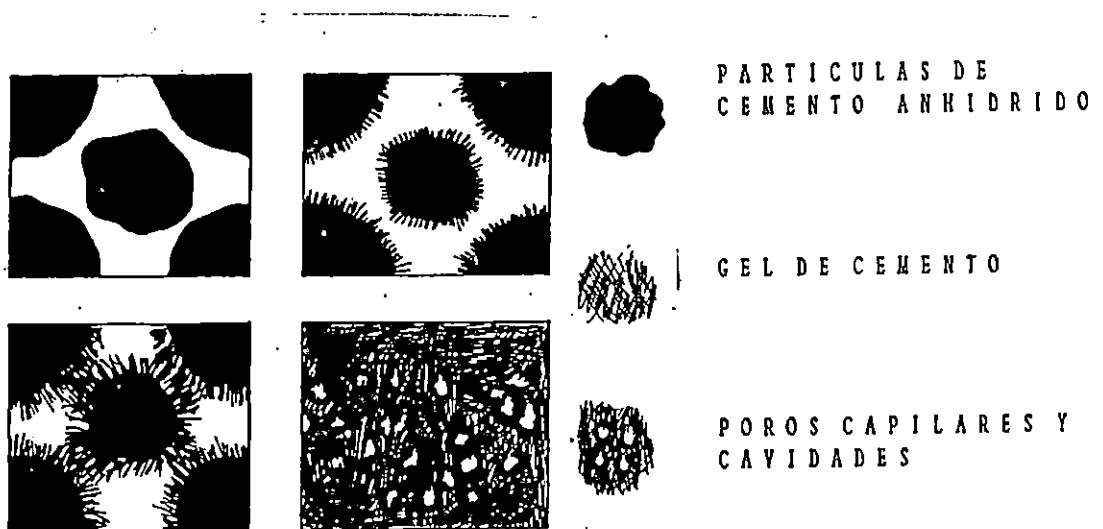


FIGURA 1-1 REPRESENTACION DIAGRAMATICA DEL PROCESO DE HIDRATACION Y LA FORMACION DE LA GEL DEL CEMENTO. ILLSTON, 1,979.

1.12 CARACTERÍSTICAS DE LA TEJA

Es necesario definir las características dimensionales de la TMC, las cuales son específicas en la fabricación de teja tipo Romana con el molde de TEVI/ CECAT. En el cuadro 1-2 se muestran los valores nominales según el CECAT.

DESCRIPCIÓN	NOMINAL
Ancho total	25 cm
Largo	50 cm
Espesor	8 mm
Peso por unidad	2.5 kg
No de tejas por m2	12.5 u

CUADRO 1-2

Tacon antideslizante con gancho galvanizado de fijacion en la parte inferior.

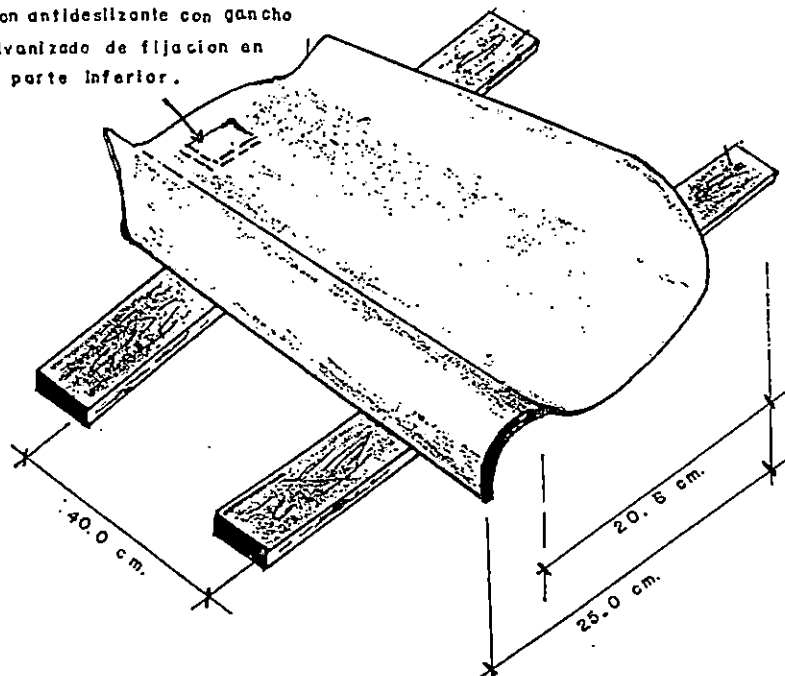


FIGURA 1-2 DIMENSIONALES DE LA TMC TIPO ROMANA.

REFERENCIAS CAPITULO I

1. F. R. Mc Millan y Lewis H. Tuthill, cartilla del concreto, Instituto mexicano del cemento y del concreto, A.C. 1990.
2. Steven H. Kosmatka, William C. Panarese, Diseño y control de mezclas de concreto, IMCYC, 1992.
3. Acevedo Jorge y otros, Manual de uso de cubiertas ligeras TEVI/CECAT, Cuba 1993.
4. Frank A. Randall jr. y Willian C. Panarese. Concrete Mansory Handbook, traducido por Cementos de El Salvador S.A de C.V. en el boletín "Morteros para obras de manpostería".
5. Cemento-Hormigón, Revista técnica, No 644, Barcelona, España, Julio 1987.
6. Acevedo Cata, Jorge, "Uso del aditivo en el hormigón de la TMC", CECAT-Sofonías, La Habana Cuba, 1995.
7. Lagos Ventura, Porfirio, "Curso teórico práctico de tecnología del concreto", FEPADE.
8. Acevedo Cata, Jorge, "Diseño de un hormigón hidráulico para tejas de TMC", CECAT-Sofonías, La Habana, Cuba, 1995.

CAPITULO II

2.1 INTRODUCCION

Existen requerimientos mínimos que debe tener una planta de producción de TMC, los cuales son necesarios para el buen funcionamiento operacional y por consiguiente productivo. Por esta razón se explica cuales son las condiciones mínimas necesarias, herramientas y equipo, con que se debe contar para la fabricación de este producto.

Además, es importante conocer normas que contribuyan a garantizar la buena calidad del producto, las cuales deben ser aplicadas dentro de todo el proceso, desde la selección de insumos hasta la obtención del producto terminado.

Por lo anterior, en este capítulo se dan a conocer los ensayos necesarios para la elección de la materia prima utilizada, los cuidados que hay que tener durante la elaboración de la teja y el control de calidad del producto terminado, obteniendo así un elemento funcional.

2.2 PLANTA DE PRODUCCION MINIMA DE TMC

Las instalaciones mínimas requeridas para el taller de producción de las tejas es bastante sencillo, se necesita de un área techada aproximada de 25 metros cuadrados en los que se pueden colocar los siguientes elementos:

La mesa vibratoria, el cemento almacenable y los moldes plásticos con las tejas moldeadas.

Es necesario además que existan tanques de curado o cuartos húmedos exteriores con una capacidad de tratamiento aproximado para 1200 tejas y también debe considerarse un área de almacenamiento de las tejas después de sacarlas del curado. Se puede considerar un área total de 100 metros cuadrados con una distribución similar a la que se muestra en la figura 2-1.

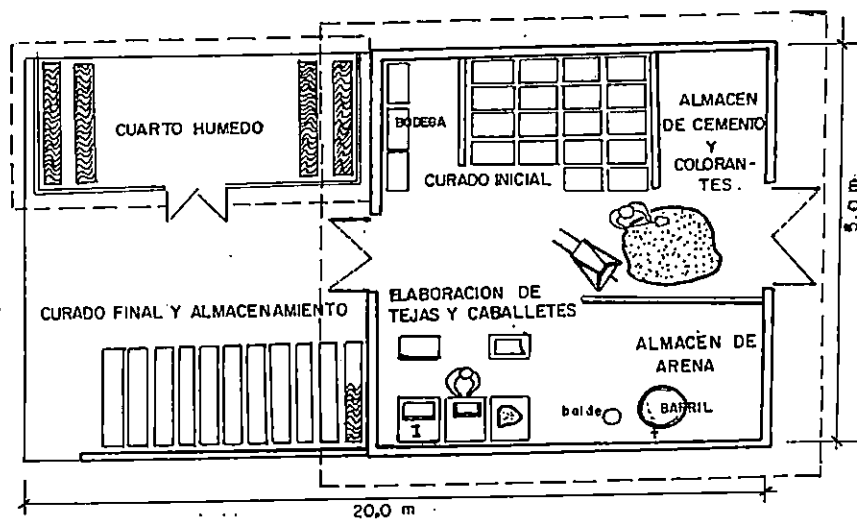


FIGURA 2-1 PROPUESTA DE UNA FABRICA MINIMA DE TMC.

2.2.1 HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA UTILIZADA

Las herramientas y maquinaria para la elaboración de la teja son sencillas y se describen a continuación :

1- CUCHARA MEDIDORA:

Es una cuchara metálica que sirve para medir y colocar sobre la máquina vibratoria, la cantidad de exacta de mortero que se utiliza para la elaboración de una teja: (ver figura 2-2 a, en página 47)

2- PALETAS O CUCHARAS DE ALBAÑIL:

Sirve para ayudar a agilizar el proceso de acomodamiento del mortero sobre el molde, y que se distribuya uniformemente sobre la placa de la máquina de vibrado. (ver figura 2-2 b, en página 47)

3- CARRETILLA:

Se utiliza para el transporte interno de materiales en la fábrica, consta de una rueda y dos pies. (ver figura 2-2 c, en página 47)

4- PALA: Herramienta que consiste en una especie de cuchara cóncava o plana y un mango, sirve para cargar la arena a la carretilla, para echar la arena sobre la zaranda, o para dar el traspaleo necesario en la

preparación del mortero.

5- BALDE:

Recipiente auxiliar utilizado para el transporte de materiales.

6- ZARANDA Nº 5:

Tela metálica que se utiliza para tamizar la arena, separando las partículas que no pasen esta malla, no debiendo utilizar los granos o partículas retenidas.

7- PLASTICOS:

Se colocan sobre los moldes para evitar que el mortero se pegue en estos, tienen dimensiones aproximadas de 26 x 51 cms.

8- BARRILES:

Se utilizan para almacenamiento del agua, pueden utilizarse también pilas.

9- MOLDES PARA LA CONFORMACION DE LA TEJA:

Objetos que sirven para la conformación de la teja, los cuales montados uno sobre otro, forman entre sí cámaras que permiten el curado de las tejas en un ambiente saturado de humedad en las primeras 24 horas después de su fabricación. Este molde puede

ser sustituido por otro que cumpla con las mismas funciones, pudiendo variar en cuanto al material con el que están elaborados. (ver figura 2-2 d)

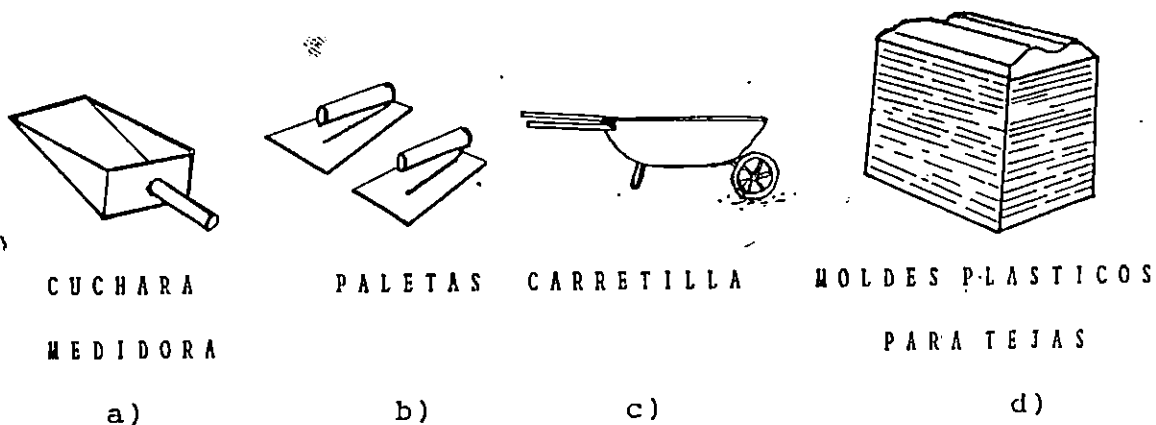
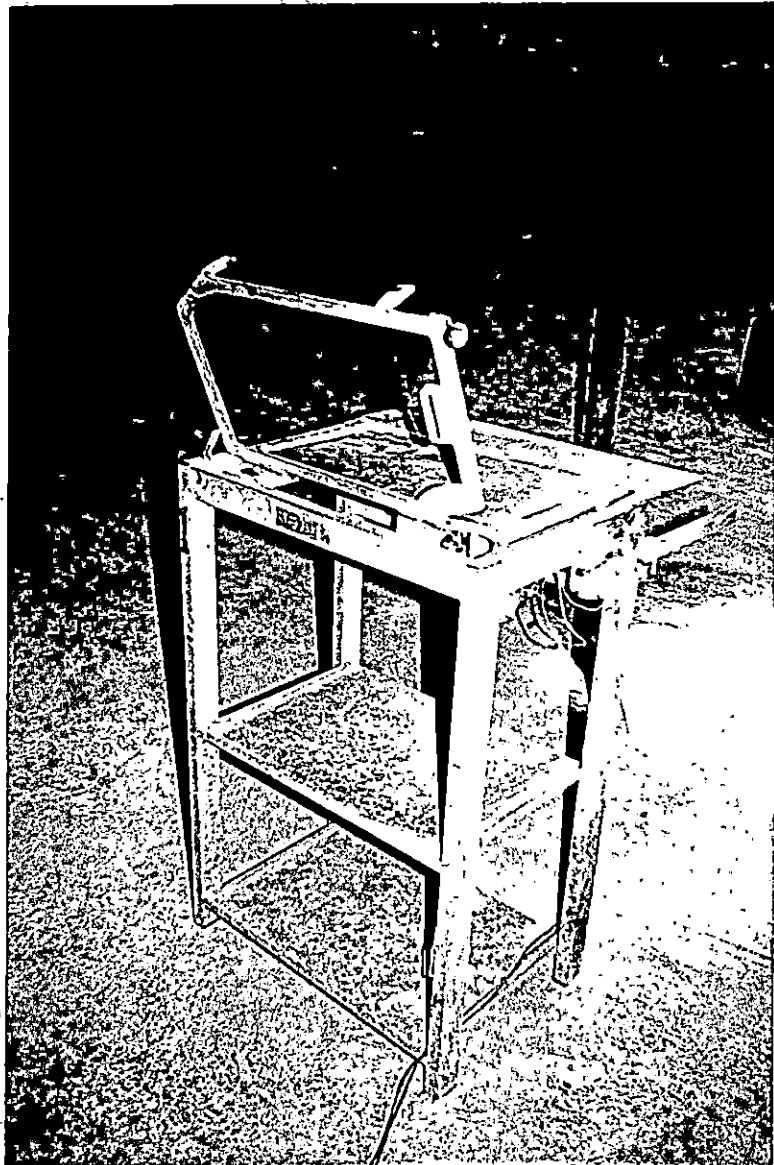


FIGURA 2.2

10- MAQUINA VIBRATORIA:

Esta compuesta por una armazón metálica sobre la cual es montado una mesa vibratoria, la que es accionada por un motor eléctrico de 12 voltios de corriente directa, que puede ser activado con un transformador AC/DC o con una batería de automóvil.

En la parte superior de la máquina vibratoria se coloca un marco metálico el cual rige la forma perimetral y espesor de la teja. (ver fotografía 2-1)



FOTOGRAFIA 2-1, MAQUINA VIBRATORIA PARA LA ELABORACION DE TMC.

11- EQUIPO PARA EL ENSAYO DE FLEXION:

El equipo para los ensayos de flexión, que se muestra en la figura 2-3, ha sido diseñado por el CECAT, para aplicar a la teja una carga paulatina

hasta la ruptura.

a- Palanca de apoyo de la máquina.

b- Apoyo central de madera de 5 cm de ancho, el cual debe tener la forma superior de la teja, de manera que se amolden perfectamente entre sí.

c- Apoyos laterales

d- Apoyo articulado

e- Guía para mantener el brazo apoyándose en el medio de la teja.

f- Gancho para colocar en suspensión al recipiente.

g- Recipiente graduado para la colocación de agua y para medir la carga de ruptura.

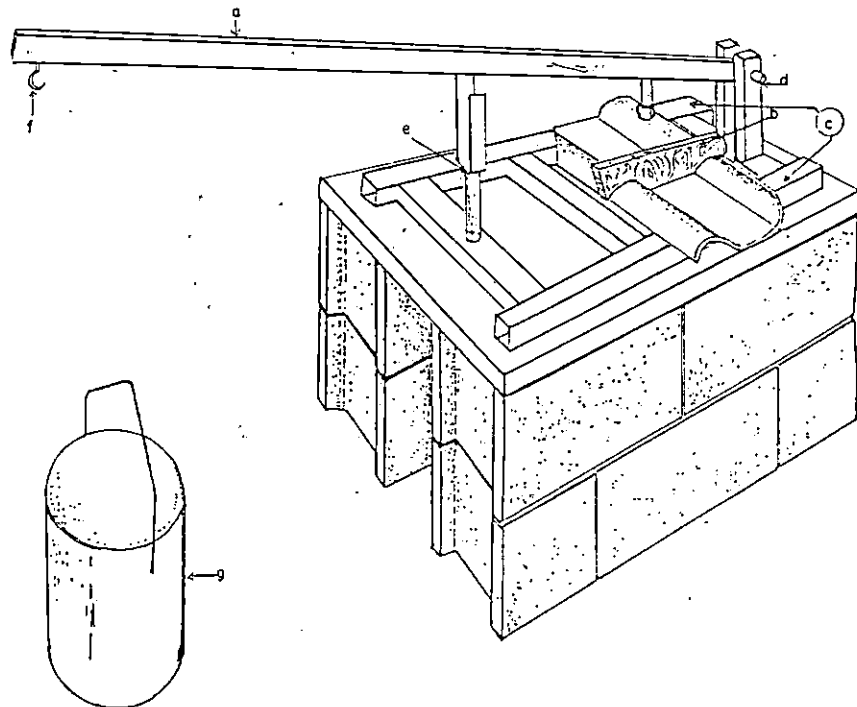


FIGURA 2-3, EQUIPO PARA EL ENSAYO DE FLEXION DEL CECAT

2.3 CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

La base para poder obtener un buen producto terminado esta en la buena calidad de su materia prima o materiales para la elaboración; es por ello, que conocer sobre las pruebas que se realizan para establecer la calidad de estos es de suma importancia.

Las fundamentales materias primas que se requieren para la producción son el cemento, la arena y el agua, cada una de las cuales deben tener un control de calidad.

2.3.1 CEMENTO

Los ensayos realizados al cemento son:

2.3.1.1 ENSAYE VISUAL

Este ensayo consiste en chequear visualmente si el cemento contiene terrones debido a que este sea demasiado viejo, o porque haya sido expuesto a la humedad.

El uso de este tipo de cemento trae como consecuencia tejas de baja calidad, ya que el producto no alcanzará la

resistencia deseada, tal como se menciona en el capítulo I apartado 1.10.1.1 literal a.

Cuando el la bolsa de cemento permanece en la parte baja del apilado durante cierto tiempo, puede parecer que ha endurecido por estar viejo o en contacto con la humedad; para estar seguros de esto, es recomendable rodar la bolsa de cemento por el piso, si con estos movimientos el cemento se suelta sin permanecer con terrones demasiado duros, entonces el cemento puede ser usado aún; a este fenómeno se le conoce como efecto de bodega.

2.3.1.2 ENSAYO DE CALIDAD

Este se realiza con los métodos de ensayo de laboratorio de acuerdo a normas de resistencia ASTM C 109, tiempo de fraguado ASTM C 191 y finura ASTM C 184. (ver anexo A).

Este ensayo es necesario realizarlo cuando el cemento es procedente de distintos suministrantes, ya que pueden tener propiedades diferentes. Esto puede afectar las características de la mezcla o proporciones que se utilizan para la elaboración de la TMC.

2.3.2 ARENA

Los ensayos que se realizan a la arena son lo siguientes:

2.3.2.1 ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE ARCILLA Y LIMO

El ensaye de acuerdo al CECAT, consiste en la determinación de la cantidad de limo y arcilla que contiene la arena que se utilizará para la elaboración de TMC. El proceso a realizar para su determinación es el que se describe:

En un recipiente transparente echar arena, añadiendo agua hasta un nivel del 50 % sobre el nivel de la arena, revolverlo durante 30 segundos como mínimo. Colocar el recipiente durante una hora a reposar sobre una mesa horizontal, cuando el agua este clara, medir los espesores de limo y arcilla (h_1) como también el espesor total de la capa de material (h_2), ver figura 2-4. Calcular el contenido de arcilla y limo dividiendo h_1 (cm) entre h_2 (cm), multiplique el resultado anterior por 100.

El contenido de arcilla y limo no debe exceder del 4%; un excesivo contenido afecta la resistencia y durabilidad de la teja, además si es muy alto se puede lavar la arena o cambiar

la fuente de abastecimiento de la misma.

Para lograr la precisión requerida, se recomienda que la altura del recipiente debe ser, por lo menos igual al doble de su diámetro.

La norma ASTM C 117 tiene la misma finalidad (Ver anexo

A)

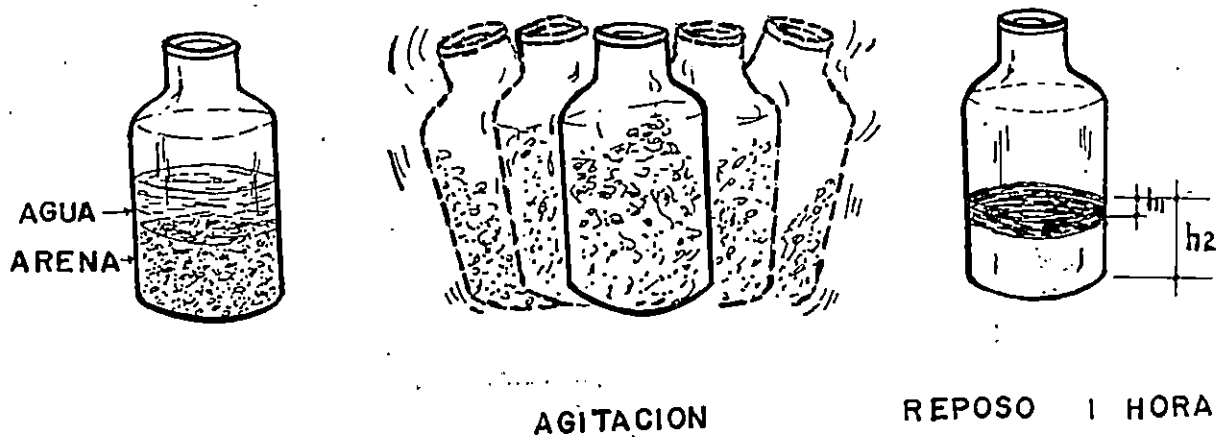


FIGURA 2-4 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE ARCILLA Y LIMO,
DE ACUERDO AL METODO CECAT

2.3.2.2 ENSAYE PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE ORGANICO

Si existen impurezas orgánicas en la arena puede provocar retraso en el tiempo de fraguado y endurecimiento del mortero, ocasionando una baja en la resistencia y en otros casos pueden causar algunos deterioros.

La determinación del contenido de orgánico en la arena se designa a través de la norma ASTM C 40 (ver anexo A).

Una de las formas para poder detectar que la arena contenga materia orgánica es agarrar una pequeña cantidad del material y sentir su olor; si este presenta un olor a descomposición o a podrido, entonces la arena puede estar contaminada con materia orgánica.

Otra forma empírica para la determinación de la materia orgánica en la arena es tomar un recipiente de capacidad aproximada a los 5 litros, se le agrega una cantidad de arena cercana a la mitad del volumen del recipiente luego se le agrega agua hasta unos 5 cm por arriba del nivel de arena, posteriormente se agita vigorosamente durante un lapso de más o menos un minuto; si al dejar reposar se obtiene espuma abundante en la parte exterior del líquido se dice que se está en presencia de un agregado contaminado con material orgánico.

2.3.2.3 ENSAYE DE ABUNDAMIENTO POR HUMEDAD (ENTUMECIMIENTO)

En base al CECAT, el ensayo consiste en determinar la alteración que sufre la arena al contacto con el agua. El procedimiento establecido para la determinación de esta alteración es el siguiente:

En un recipiente cilíndrico y transparente colocado en una superficie horizontal, se llena de arena hasta una altura aproximadamente de 10 centímetros (h_1) evitando que se compacte y aplanando la superficie con una regla. Se añade agua lentamente procurando que deslice por las paredes del recipiente hasta obtener una lámina de 2 centímetros de espesor por encima de la superficie de la arena, se mide nuevamente el espesor de la capa de arena (h_2), (ver figura 2-5). El entumecimiento de la arena se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de entumecimiento} = (h_1 - h_2) / h_2$$

$$\text{Factor de corrección por entumecimiento} = h_1 / h_2$$

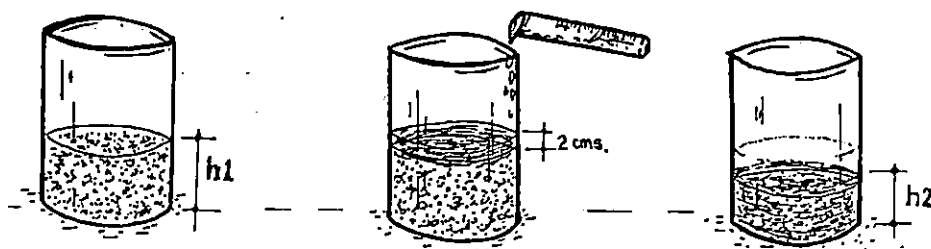


FIGURA 2-5, ENSAYO PARA DETERMINAR EL ENTUMECIMIENTO.

Para lograr la precisión requerida, la altura del recipiente debe ser, por lo menos igual al doble de su diámetro.

Este ensayo debe realizarse cuando exista variación en el contenido de humedad de la arena y antes de comenzar a realizar la primera mezcla del día.

Cuando los materiales son dosificados por volumen, el entumecimiento hace que los valores de arena utilizada cambien para una misma dosificación, por lo que varían las propiedades de la teja y se aumenta el consumo de cemento; entonces la dosificación debe ajustarse con el factor de corrección, modificando únicamente la proporción de arena.

2.3.2.4 ENSAYE DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Se utiliza para determinar con mayor precisión el volumen de agua que se añade a la mezcla, ya que si no se toma en cuenta esta variable podría alterar la relación A/C, restando o restando agua. Un excesivo contenido de agua producirá un producto poroso, de baja resistencia e insuficiente impermeabilidad.

El contenido de humedad de la arena se determina con la norma ASTM 566 (Ver anexo A).

2.3.2.5 ENSAYE DE GRANULOMETRIA

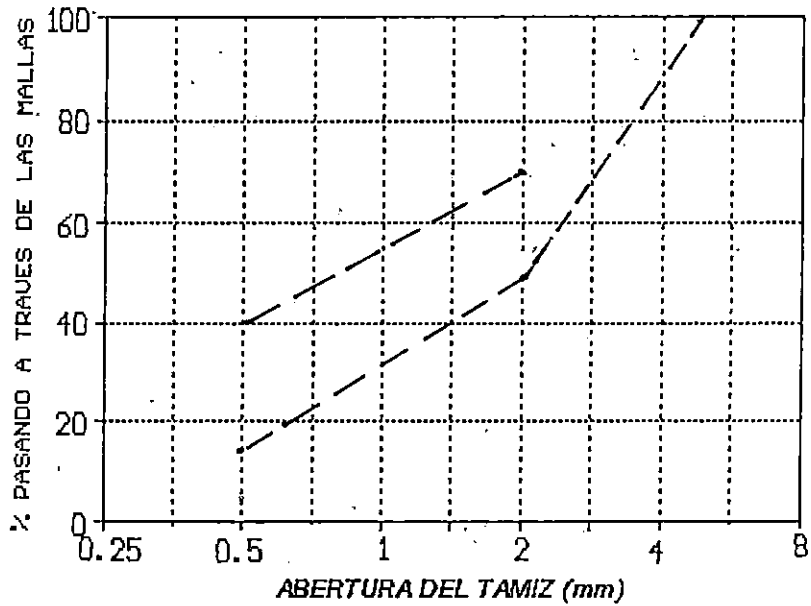
Según el manual para el control de calidad de tejas de microconcreto de CECAT, los valores de granulometría adecuados para la elaboración de TMC deben ser:

Espesor de la teja	8.0 mm
tamaño máximo del grano	5.5 mm
componentes mayores de 2 mm	30-50 %
componentes de 0.5-2 mm	10-55 %
componentes menores de 0.5 mm	15-40 %

TABLA 2-1

No deben existir partículas mayores que el espesor del producto menos un milímetro. Si la cantidad de finos es mayor, producirá una mezcla con buena laboralidad pero con un alto contenido de cemento y elevada contracción.

En la gráfica 2-1, se muestran los límites de granulometría que el CECAT utiliza para determinar si una arena es adecuada para la elaboración de TMC.



GRAFICA 2-1 LIMITES PROPUESTOS POR CECAT PARA LA GRANULOMETRIA

2.3.3 AGUA

Se debe mantener control y que esta cumpla con las condiciones establecidas en el capítulo I, apartado 1.10.1.3.

2.4 PROCESO DE PRODUCCION

Para la elaboración de la TMC se desarrollan las etapas siguientes:

- Preparación del mortero
- Moldeo y vibrado
- Curado en los moldes
- Desmolde
- Curado después de las 24 horas
- Curado al aire y almacenamiento
- Transporte

El proceso de producción consiste en la elaboración de una lámina plana de mortero que se vibra, para lograr un grado de compactación necesario, y después se coloca en un molde para su conformación definitiva.

A continuación se describe de manera breve cada una de las etapas que comprende el proceso de elaboración del producto:

2.4.1. PREPARACION DEL MORTERO

En la preparación del mortero se deben tomar en cuenta las proporciones de cemento, arena y agua de la mezcla. Estas deben ser basadas en las propiedades de los materiales existentes y pueden variar de un lugar a otro. La dosificación del mortero debe definirse realizando producciones preliminares de prueba, posteriormente corregirse si las propiedades de los materiales cambian.

Todo mortero se debe mezclar completamente, hasta que sea uniforme en apariencia, con todos los ingredientes distribuidos equitativamente.

Según el CECAT, uno de los factores más importantes para lograr tejas de buena calidad es la relación agua-cemento. La relación $A/C = 0.5$ permite un endurecimiento de la mezcla en el tiempo requerido y el curado en agua es de 5 a 7 días lo que permite que la venta del producto se realice más rápidamente. Se puede realizar mezclas con valores hasta de $A/C = 0.65$ manteniendo resistencia y permeabilidad, pero al trabajar con estos valores se aumenta el riesgo de que se desarrolle alguna fisura en el momento de desmoldar. No deben elaborarse tejas con relaciones mayores de 0.65, porque resultan ser de baja calidad. Si la cantidad de cemento es poca o insuficiente las tejas resultan porosas.

Además debe tenerse en cuenta que el exceso de cemento puede contribuir a que se desarrollen fisuras, y, un aumento considerable en los costos de producción.

Para la preparación del mortero es muy importante tomar en cuenta la facilidad del manejo de este; para poder controlarla se realiza el ensaye de trabajabilidad, el cual según el CECAT consiste en colocar una lámina de plástico sobre la superficie de la mesa vibratoria. Sobre esta mesa colocar un molde estandar cuyas dimensiones son de 47 mm de altura y 67 mm de diámetro, llenando el molde de mortero y apasionándolo durante 20 veces con una varilla de diámetro de 1/4 o con la punta gorda de un lápiz. Enrasar y luego quitar el molde haciendo funcionar el vibrador durante 10 segundos, (ver figura 2-6, pág. 62).

Si la trabajabilidad es muy alta, el mortero puede resultar sobrevibrado en la producción, pudiéndose separar la arena y el cemento. Este parámetro puede ser obtenido también con la norma ASTM C 230 (Ver Anexo A) la que utiliza el método de la mesa de fluidez para poder determinar la trabajabilidad del mortero.

Dicha trabajabilidad depende de los datos obtenidos a través de la experiencia; ambos métodos pueden desarrollarse en el lugar de producción. En la práctica se determina cual es la mejor trabajabilidad del mortero.

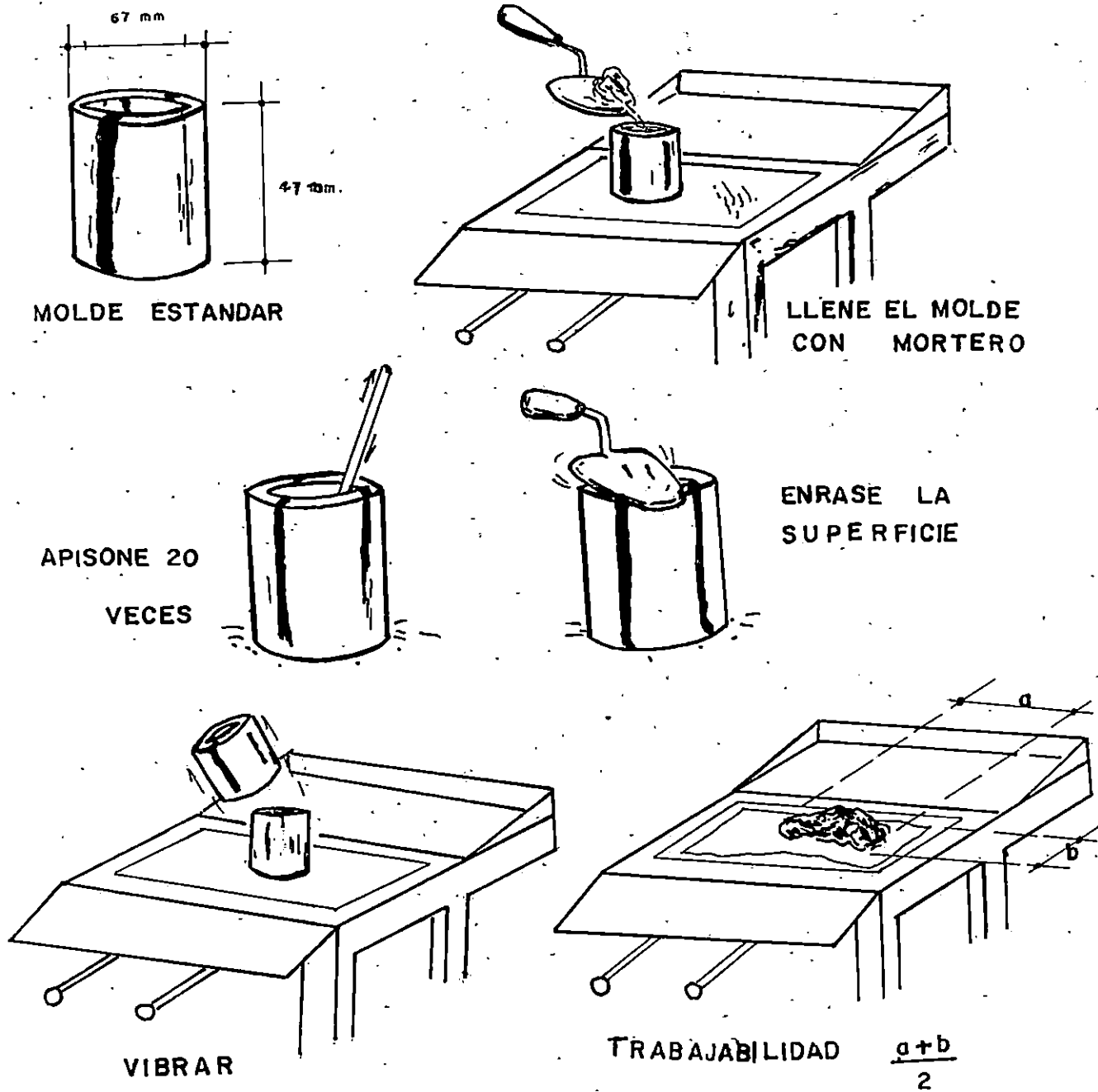


FIGURA 2-6, ENSAYO DE TRABAJABILIDAD (CECAT)

2.4.2 MOLDEO Y VIBRADO

Para moldear la teja se debe utilizar una mezcla fresca, teniendo cuidado de que esta no tenga más de una hora de haber sido realizada.

El procedimiento que se desarrolla para el moldeo de la teja es el siguiente:

1- Sobre la mesa vibratoria se coloca una lámina de plástico, cerrando el marco metálico que sirve para dar forma al perímetro de la teja. (ver figura 2-7 a, pág 64)

2- Colocar el mortero sobre la mesa con la ayuda de la cuchara medidora, observando que se coloque la cantidad exacta para elaboración de la teja (ver figura 2-7 b). Para obtener tejas de espesor uniforme se debe chequear que la mesa se encuentre completamente nivelada. Esto se hace con la ayuda de un nivel de burbuja.

3- Luego se efectúa el proceso de vibrado con el objeto de consolidar la mezcla. Al vibrar el mortero se comporta como un líquido. El tiempo de vibrado depende del equipo que se utilice para efectuarlo y de la trabajabilidad del mortero, generalmente oscila entre 20 a 50 segundos considerándose que la vibración ha sido suficiente

cuando comienza a aparecer el agua en la superficie del elemento. Se debe evitar vibración excesiva ya que esto puede provocar segregación, obteniendo tejas de baja calidad. Al finalizar el vibrado, la lámina moldeada se traslada al molde (figura 2-7 c) donde debe colocarse en la posición correcta, ya que de lo contrario pueden aparecer filtraciones.

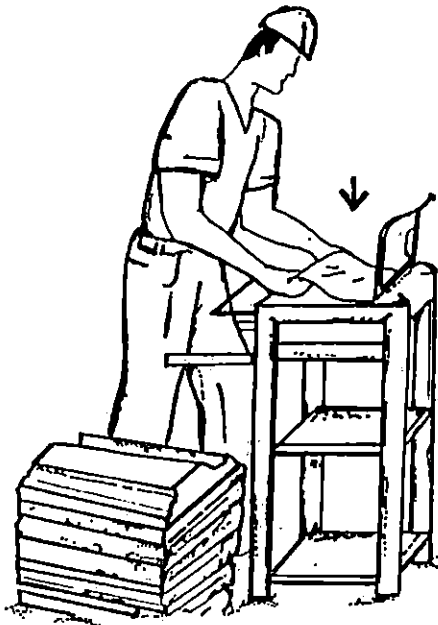


FIGURA 2-7 a



FIGURA 2-7 b

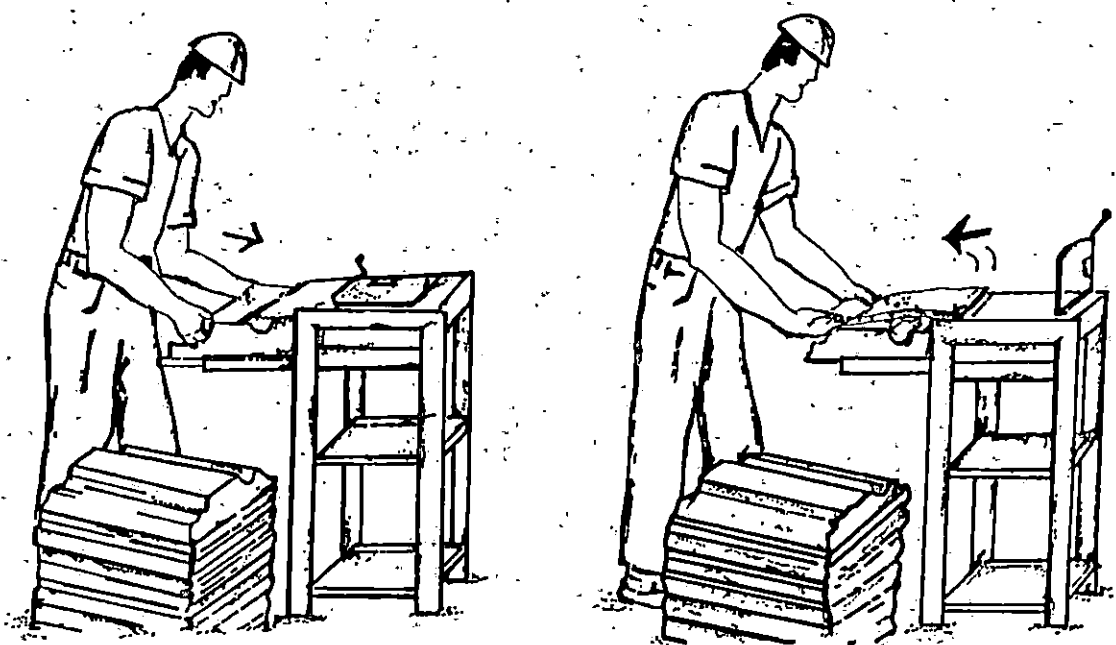


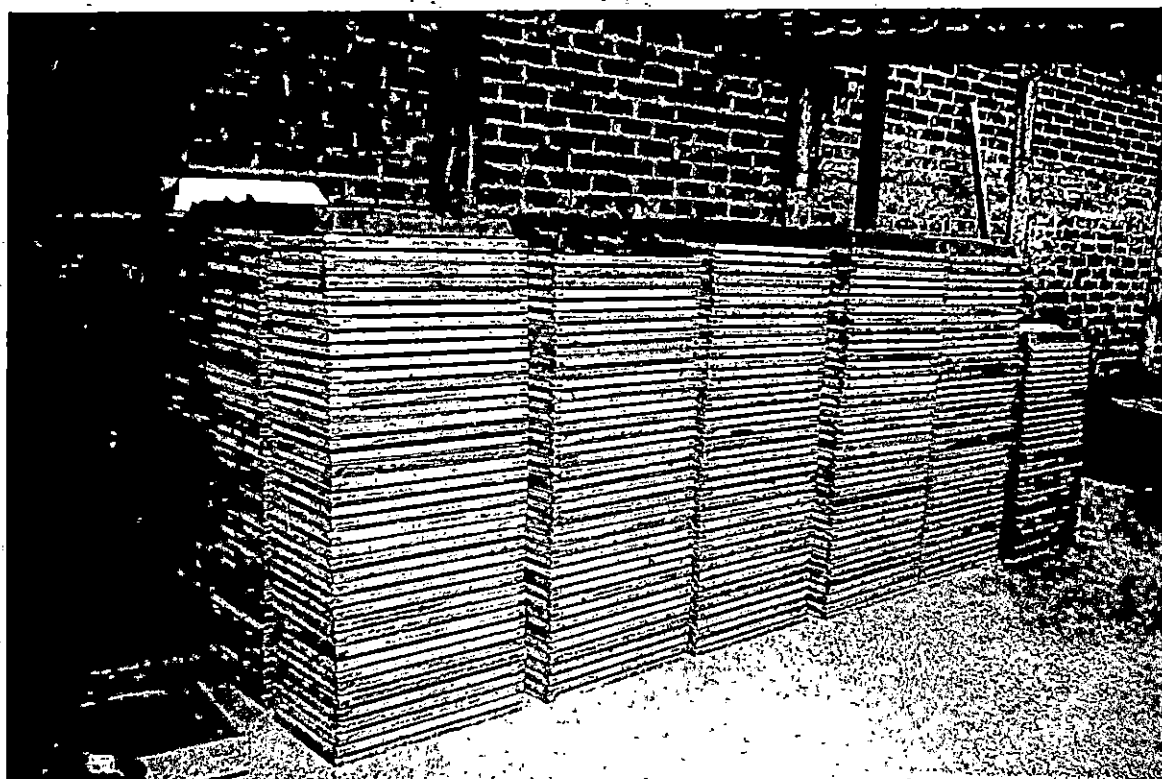
FIGURA 2-7 c.

2.4.3 CURADO EN LOS MOLDES

Para obtener un adecuado endurecimiento del mortero, se debe realizar un correcto curado primario del mismo, este debe comenzar inmediatamente después de que la teja ha sido moldeada. El período de moldeado más importante es durante las primeras veinticuatro horas.

El método utilizado para el curado durante este período, es apilarlas en forma que se impida la circulación de aire

sobre la teja recién fabricada (ver fotografía 2-2), o cubrir las con plástico después de los primeros 5 minutos de su fabricación. Durante éste proceso las tejas son curadas en posición horizontal colocando un molde sobre otro con las tejas dentro, el molde tiene una forma tal, que impide la evaporación del agua de la mezcla, garantizando un ambiente adecuado para el endurecimiento durante las primeras 24 horas.



FOTOGRAFIA 2-2, CURADO DURANTE LAS PRIMERAS 24 HORAS

2.4.4 DESMOLDE

Después de las 24 horas de curado, las tejas pueden ser

desmoldadas, pero nunca antes de las 20 horas. El molde y la lámina de plástico deben limpiarse después de cada uso, eliminando los restos de mortero que puedan tener.

2.4.5 CURADO DESPUES DE LAS 24 HORAS

El curado secundario del mortero consiste en el mantenimiento de contenidos de humedad y de temperaturas satisfactorias, durante un período definido inmediatamente después de el curado primario hecho en los moldes, con el propósito que se desarrollen las propiedades deseadas en el mortero endurecido como lo son durabilidad, resistencia, hermeticidad, etc.

Los métodos que pueden ser utilizados en esta industria son:

- 1- Mantener constante el agua de mezclado en la teja durante el tiempo del fraguado. Entre estos se incluyen los métodos de inmersión, al rociado y de las cubiertas húmedas saturadas, ayudando a obtener un cierto enfriamiento a través de la evaporación, lo cual es beneficioso en climas cálidos.

2- Colocar las tejas paradas y ordenadas secuencialmente evitando la pérdida del agua del mortero sellando la superficie, esto se logra cubriendo las tejas con papel impermeable o con hojas de plástico.

El método o la combinación de estos elegido, dependerá de factores como la disponibilidad de los materiales de curado, cantidad de tejas, las instalaciones de producción, la apariencia estética y la economía.

En nuestro país uno de los métodos más utilizados para el curado de la TMC es a vapor, el cual resulta ventajoso, ya que con este se obtiene mayor resistencia a edad temprana. Consiste en colocar solamente una poca cantidad de agua en el piso del cuarto de curado, el cual debe tener una base de mortero de manera que evite la permeabilidad en el suelo, sobre ella se puede colocar una capa de escoria volcánica u otro material que posea la propiedad de ser absorbente; las tejas se colocan encima sobre el nivel de agua.

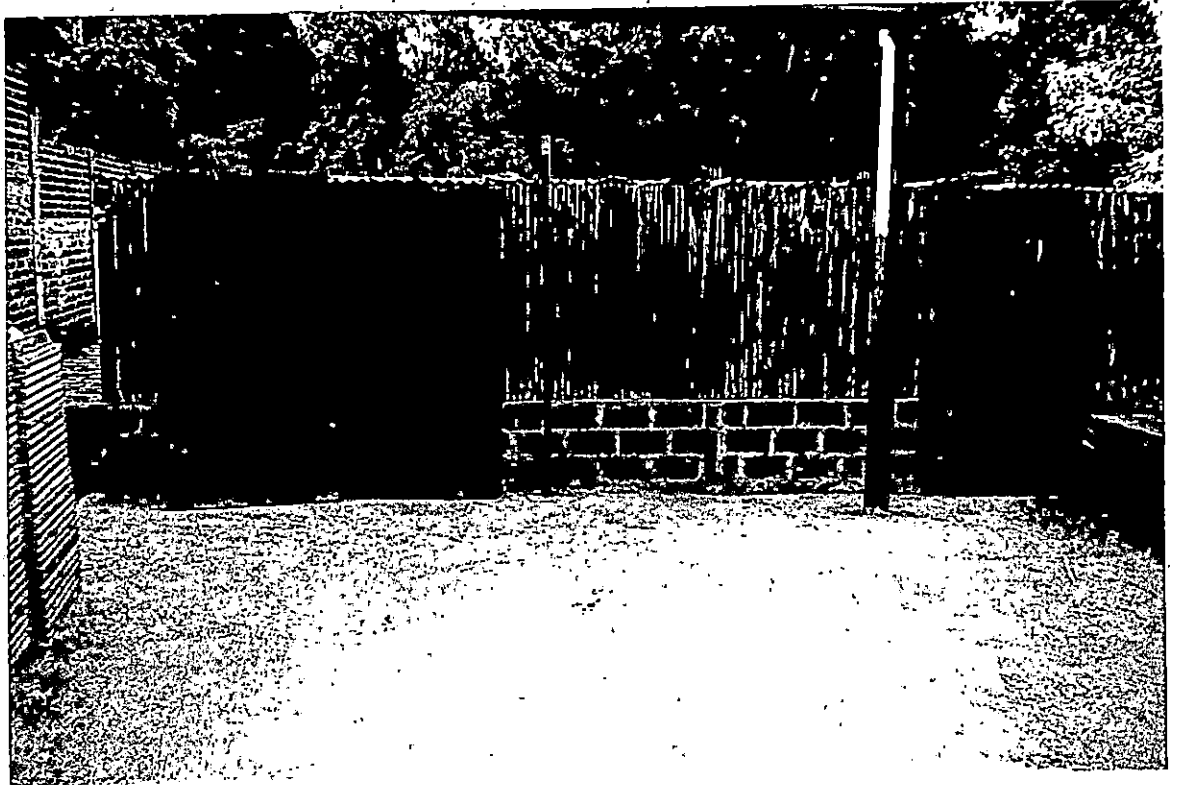
El cuarto de curado a vapor se cubre con una lámina pintada de color negro para exista menor refracción de los rayos solares (ver fotografía 2-3). Al ser expuesto el cuarto a la acción de los rayos solares, el aire contenido en el mismo se satura de humedad y se eleva la temperatura, con lo cual se acelera el proceso de endurecimiento de las tejas,

permitiendo obtener productos con superficies lisas y limpias en la producción de tejas coloreadas, resultando colores firmes y evitando la aparición de manchas blancas.

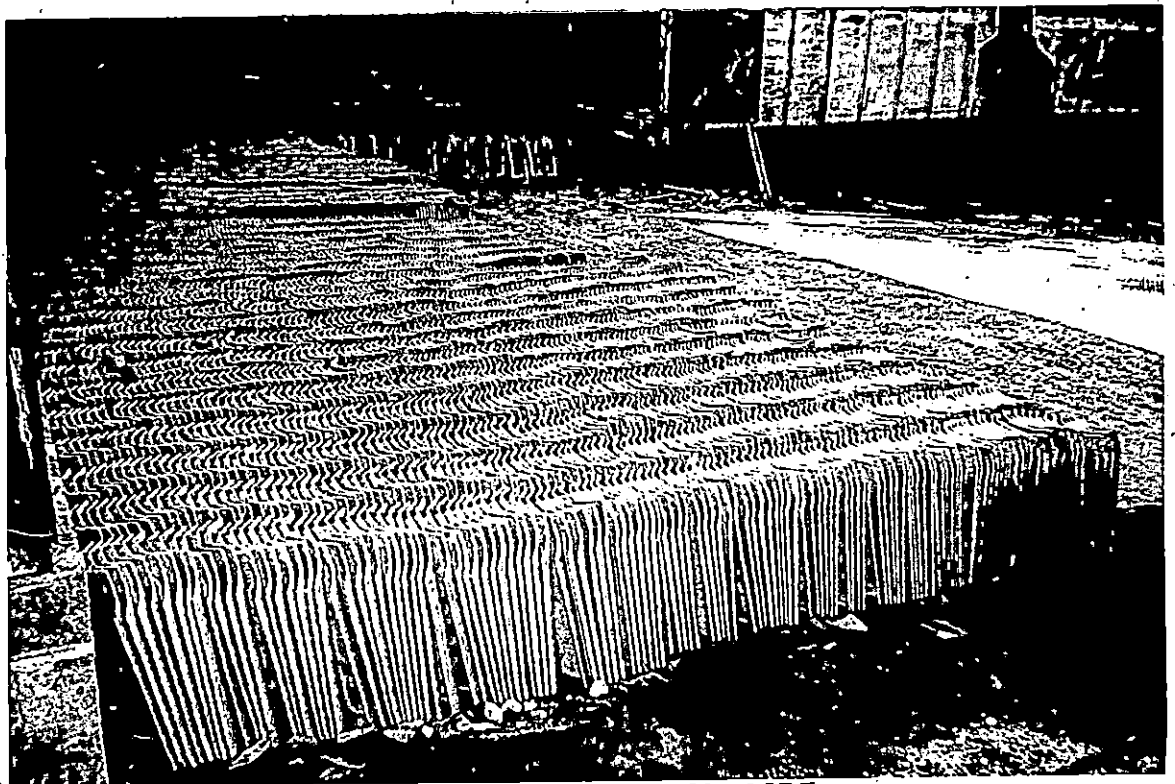
2.4.6 CURADO AL AIRE Y ALMACENAMIENTO

Después de haber realizado cualquiera de los curados antes mencionados, se realiza el curado al aire con su posterior almacenamiento. Este se realiza debido a que el cemento alcanza aproximadamente el 80 % de su resistencia final hasta los 28 días, entonces es necesario el curado al aire para completar la resistencia. Las tejas deben ser curadas al aire durante los 20 días posteriores al curado, pero debe tenerse cuidado de que éstas estén protegidas de la acción directa de los rayos solares y de la circulación de aire, ya que esto provoca una evaporación demasiado rápida de la humedad (ver fotografía 2-4).

Cuando el clima es demasiado seco, como el caso de nuestro medio, las tejas deben ser rociadas con agua dos veces al día para evitar la completa evaporación de la humedad.



FOTOGRAFIA 2-3, CUARTO PARA EL CURADO A VAPOR.



FOTOGRAFIA 2-4, CURADO AL AIRE.

2.4.7 TRANSPORTE

Debe tenerse cuidado al momento de transportar las tejas al lugar donde van a ser montadas, evitar movimientos bruscos para no causar roturas durante la trayectoria, requiriéndose una manipulación cuidadosa de las tejas.

Para el transporte de estos elementos, hay formas que deben utilizarse como lo son:

- 1.- Ocupar formas de equilibrio, adaptadas a los diferentes medios de transporte requiriéndose una manipulación cuidadosa.
- 2.- Deben colocarse las tejas en forma vertical, preferiblemente en grupos de tres piezas, colocandolas apretadas para que no se golpeen unas con otras.
- 3.- Utilizar materiales como aserrín, arena o sobras de fibras sobre la cama del vehículo, para la colocación de las tejas y así protegerlas de algún golpe.

2.5 CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO

El control de calidad es parte esencial para obtener un buen producto, podrían tenerse disponibles las mejores materias primas para su elaboración, pero si no se cuenta con un proceso de producción adecuado y con un control de calidad que lo rijan, puede tenerse consecuencias inesperadas.

Para el proceso de producción de la TMC, es indispensable contar con un sistema de control de calidad que garantice permanentemente las condiciones de diseño de la teja, este debe efectuarse de una manera práctica de modo que no requiera alta tecnología, pero que sea confiable.

Lo anterior es indispensable tanto porque el techo es parte importante en toda edificación, ya que si este presenta deficiencias puede causar problemas posteriores a las demás partes de la estructura, como también por que el sector de bajos recursos no esta en condiciones de afrontar pérdidas de las inversiones realizadas. En lo referente que este control debe efectuarse de una manera práctica, es por que en las fábricas de TMC no se puede usar equipo sofisticado para la realización de pruebas por lo costoso de este.

A continuación se mencionan algunas pruebas que se deben seguir para obtener un buen control de calidad según el

manual para el control de calidad de tejas de microconcreto del CECAT.

Con la constancia en la realización de estos ensayos, llegando a formar parte de la rutina del proceso de producción, puede incrementarse las posibilidades de mejoramiento del producto, sobre la base de los conocimientos tecnológicos.

2.5.1 PRUEBA DEL SONIDO

Las tejas pueden tener fisuras u otros puntos débiles no visibles que pueden reducir considerablemente su resistencia y durabilidad.

El ensayo se realiza golpeando la teja con una moneda o con una piedra, para esto la teja debe estar totalmente seca. El sonido producido por este efecto debe ser claro. Si el sonido es opaco hay posibilidades que la teja tenga fisuras por lo que debe ser rechazada.

Este ensayo debe realizarse por el obrero a cada teja antes de ponerla a la venta.

2.5.2 ENSAYOS DE POROSIDAD Y FISURACION

La existencia de una excesiva cantidad de poros de gran tamaño demuestra una insuficiencia en el proceso de compactación, debida a deficiencias durante el mezclado o el vibrado.

Debe tenerse cuidado con la porosidad y las fisuras, pueden ser además de puntos de infiltración, puntos de resistencia reducida.

El chequeo de la porosidad y fisuramiento deberá realizarse por el obrero a cada teja antes de ponerla a la venta.

Se deberán descartar las tejas que presenten las siguientes características:

- Poros excesivamente profundos.
- Poros con diámetro superior a 5 mm.
- Más de 6 poros con diámetro superior a 2 mm.
- Tejas con fisuras visibles de más de 5 mm de longitud.
- Para llevar un registro del control debe anotarse la cantidad y causa de las tejas que han sido rechazadas.

2.5.3 ENSAYO DE FLEXION

El ensayo de flexión constituye el principal ensayo que debe realizarse en las fábricas de TMC ya que además de determinar la resistencia mecánica, indirectamente se obtiene un control de la dosificación de la mezcla.

El muestreo se realiza una vez por mes, debiéndose tomar una muestra compuesta por 6 tejas fabricadas en días diferentes, que se ensayarán a flexión hasta la ruptura en el equipo diseñado por el CECAT. (Ver figura 2-3, página 49).

El ensayo se realiza cuando los especímenes tienen 28 días de haber sido fabricadas, y sirve para garantizar una calidad uniforme y adecuada de las tejas.

El valor de las cargas de ruptura obtenido debe ser superior a:

- 50 kg para tejas de 8 mm de espesor.

La muestra será satisfactoria, si a lo sumo un espécimen presenta una carga de ruptura inferior a 50 kg.

Si no se cumplen estas condiciones la producción del taller no es adecuada. Se deben determinar las causas que han

provocado esta situación y tomar las medidas necesarias para eliminarlas.

Si los resultado del ensayo de todas las tejas se encuentran por encima de la carga de rotura señalada y el promedio de la carga de rotura es superior a un 25 % de la especificada, debe revisarse la dosificación utilizada, dado que contiene un exceso de cemento.

Si no se cuenta con el equipo diseñado por el CECAT, la prueba de flexión se debe realizar de la siguiente manera:

- Se ensaya el 1 % de las tejas fabricadas en el día.

La teja se apoyara sobre dos tablas separadas una distancia de 35 cm. En el centro, entre los soportes, se coloca una tabla de 5 cm de ancho sobre la que se aplicará el peso, (ver figura 2-8, página 78).

Normalmente el ensayo se realiza con tejas secadas al ambiente. El ensayo es más preciso cuando se utilizan tejas húmedas, que previamente se han sumergido en agua durante 24 horas. El peso a aplicar se debe disminuir en un 15 %.

Este ensayo debe realizarse por el encargado de control de calidad de la fábrica antes de poner a la venta las tejas. Si hay cambio en la materia prima se debe realizar un ensayo

adicional a las 24 horas.

La teja seca al ambiente ensayada a los 28 días no debe romperse con el peso siguiente:

- Teja de 8 mm de espesor: 50 kg.

La teja ensayada después de sacada del molde, a las 24 horas, no debe romperse con el peso siguiente:

- Teja de 8 mm de espesor: 15 kg.

Si la teja ensayada se rompe, deben ensayarse dos tejas más y si una de ellas se rompe, el resto de las tejas del lote se deben mantener en un local cubierto durante 14 días y repetir el ensayo con 3 tejas. Si una o más se rompen, las tejas producidas ese día no deben venderse y debe realizarse una investigación para determinar la falla en el proceso y/o la mala calidad de la materia prima, y/o ajustar la dosificación antes de continuar la producción.

Este ensayo se realiza para garantizar una calidad uniforme y adecuada de las tejas.

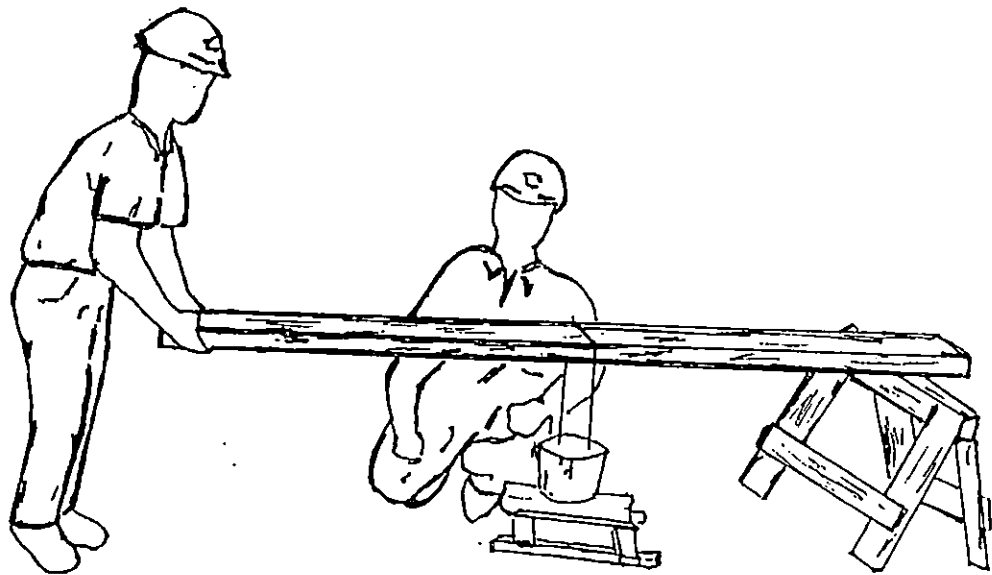
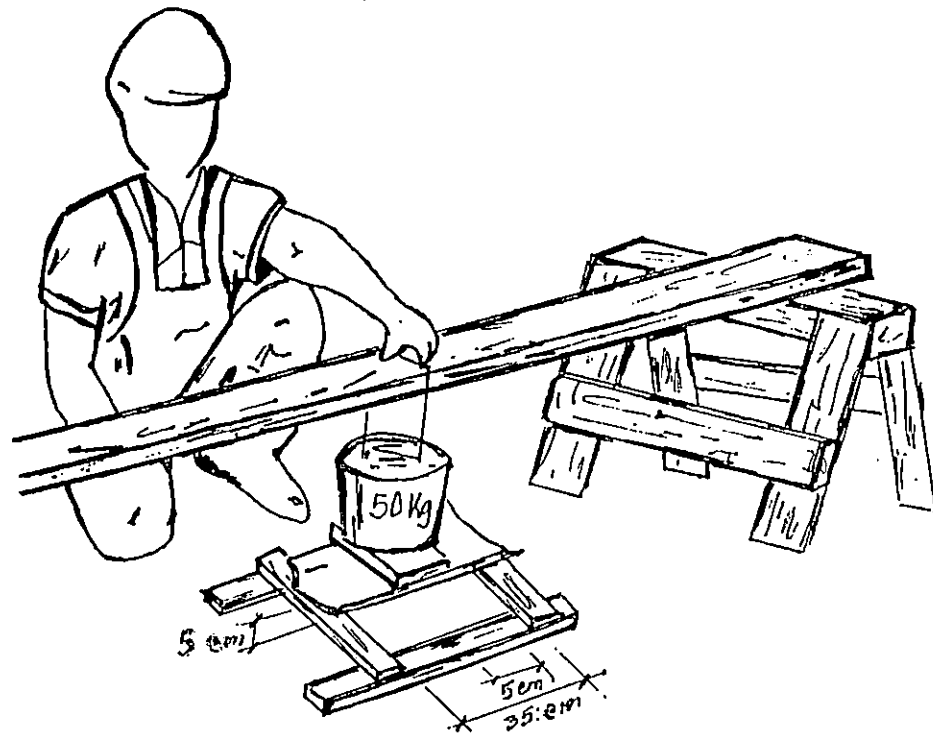


FIGURA 2-8, ENSAYO DE FLEXION, USADO AL NO TENER UNA MAQUINA DE FLEXION DEL CECAT

2.5.4 ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Se realiza este ensayo por que las tejas pueden ser excesivamente porosas y gotear en el caso de lluvia excesiva o muy prolongada.

- Se debe ensayar el 1% de las tejas producidas.

Para realizar esta prueba, se colocan dos topes de mortero o arcilla en el canal central de la teja sobre dos soportes colocados en sus extremos, llenándose de agua cuidadosamente, (ver figura 2-9).

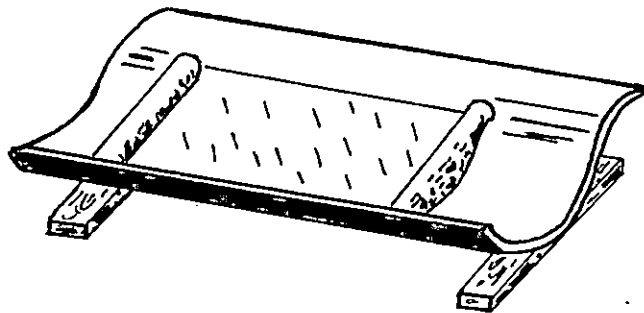


FIGURA 2-9 PRUEBA DE PERMEABILIDAD.

Observación:

El ensayo debe realizarse solamente si hay suficiente humedad en la atmósfera (70 % de humedad relativa como mínimo), ya que en ambientes cálidos y secos las eventuales filtraciones se secan inmediatamente y no pueden ser observadas.

En estos casos el ensayo debe realizarse en un local con una elevada humedad o cubriendo la teja con una lámina de plástico.

Esta prueba se debe realizar por el encargado del control de calidad antes de enviar las tejas al cliente.

La impermeabilidad de la teja se considera aceptable si después de 24 horas de ensayo no aparecen gotas en la cara inferior de la misma.

Pueden haber signos de humedad, pero el área humedecida no puede ser mayor del 50% del área total de la teja.

Si una o varias de las tejas ensayadas no presentan la impermeabilidad requerida, se debe revisar todo el proceso de producción, especialmente la dosificación de la mezcla (relación A/C) y la operación de curado.

CAPITULO III

* El valor del peso retenido por la malla N° 325 con el método de lavado, y el área especificada utilizando el aparato de permeabilidad de aire deberá ser reportado en cm²; y certificado con este control se realiza durante la producción o la transferencia del lote de cemento producido.

PORTLAND TIPO I PM.
TABLA 3.1 REQUERIMIENTOS FISICOS DEL CEMENTO

TIPO DE CEMENTO	
I (PM)	
* n	Finura
0.50	% máx. de expansión en autoclave
0.20	% máx. de contracción en autoclave
45	Tiempo de asentamiento en la prueba de Vicat* Inicial, no menor de (min.) Final, no mayor de (horas)
7	Contenido de aire en mortero (método C 185), en % del volumen
12 % máx	Resistencia mínima a la compresión, kg/cm ² (Mpa)
124 (12.4)	a 3 días
193 (19.3)	a 7 días
241 (24.1)	a 28 días
70	Calor máximo de hidratación (cal/gr)
80	a 7 días
	a 28 días
	% máx. de expansión de mortero
0.020	a 14 días
0.060	a 8 días

** El espécimen deberá permanecer firme y duro, sin mostrar signos de distorsión, ruptura, agujeros, marcas o desintegración cuando es sujeto a la prueba de expansión en el autoclave.

3.2.2 ARENA

Las arenas más utilizadas en la industria de la teja de microconcreto son de dos procedencias, el primer banco ubicado en el río Las Cañas y el segundo en las minas de Aramuaca, por lo que son estas las que se sometieron a los ensayos, (ver planos de ubicación en pág. 86 y 87).

Las pruebas se efectuaron simultáneamente, la toma de muestras fue en la época seca, en el mes de febrero, esto es necesario aclararlo ya que el material puede presentar variación dependiendo del tiempo; sobre todo si el banco es de origen fluvial ya que la arena es arrastrada captada y acopiada en el fondo, siendo el caso del río Las Cañas.

Al escoger el agregado para la realización de las pruebas de control de calidad, se hizo al azar y posteriormente se efectuó una reducción de muestra por el método de cuarteo (ASTM C 702, ver anexo A), hasta llegar a un tamaño adecuado para llevar a cabo cada prueba.

3.1 INTRODUCCION

En este capítulo se presenta el control de calidad tanto de los insumos utilizados como del producto hecho por la fábricas de TMC; este fue realizado del 13 de febrero al 31 de marzo del presente año, con esto se trata de obtener la calificación del producto desde el punto de vista técnico, funcional y económico; para lograrlo se ha utilizado normas recomendadas por CECAT y ASTM.

La calificación del producto se efectuó con el objeto de obtener parámetros de comparación que nos servirán posteriormente en la investigación para la dosificación óptima. Se ha realizado además un análisis de costos de la TMC, en él se consideran los costos directos e indirectos, estos últimos partiendo del supuesto que la producción se lleva a cabo por medio de una planta mínima de TMC.

3.2 CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

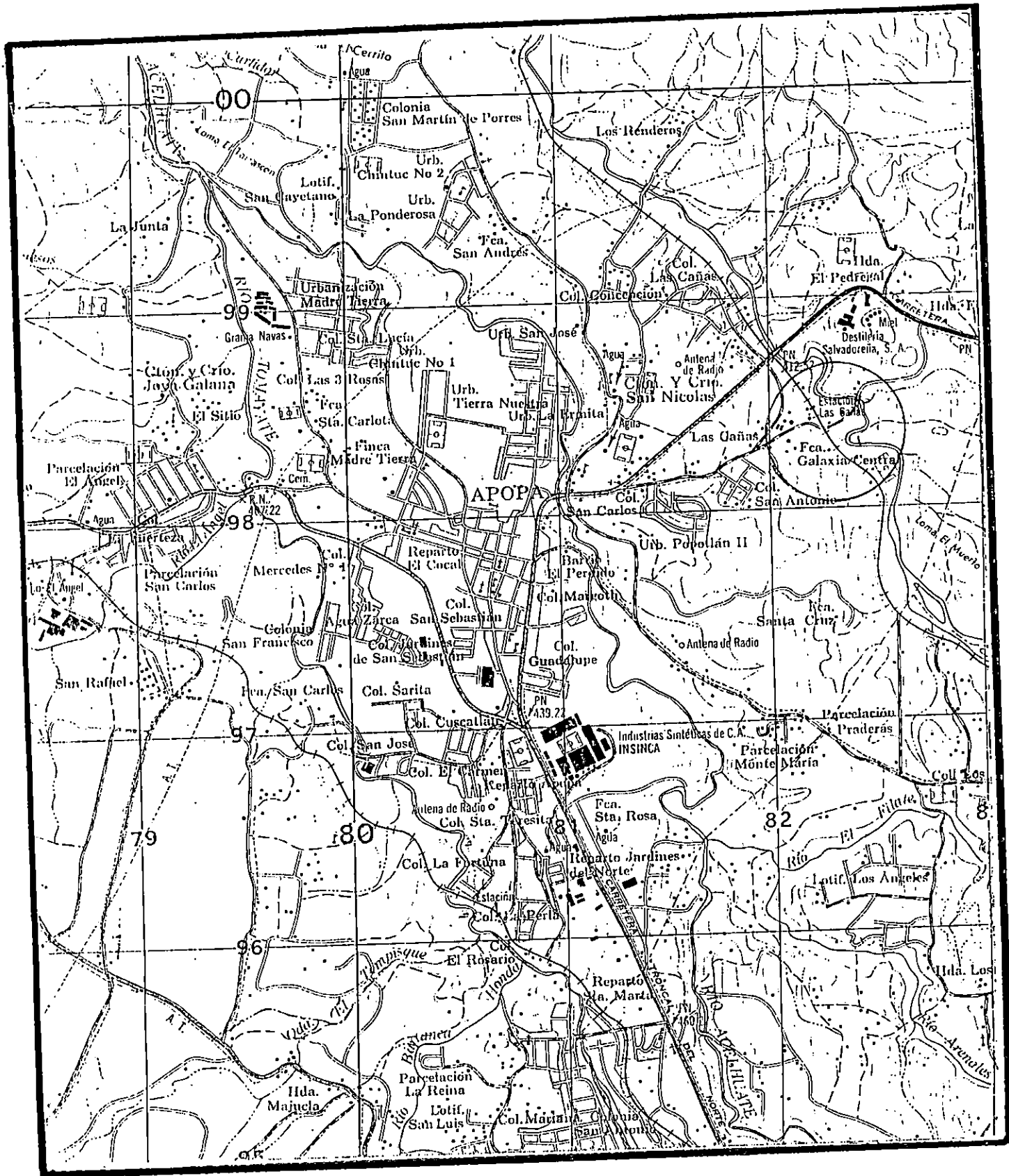
En nuestro país los materiales para la elaboración de la teja de microconcreto, pueden ser adquiridos en el mercado nacional. Este apartado trata de investigar las características de los diferentes insumos usados en esta industria como son: cemento, arena, agua, colorantes.

3.2.1 CEMENTO

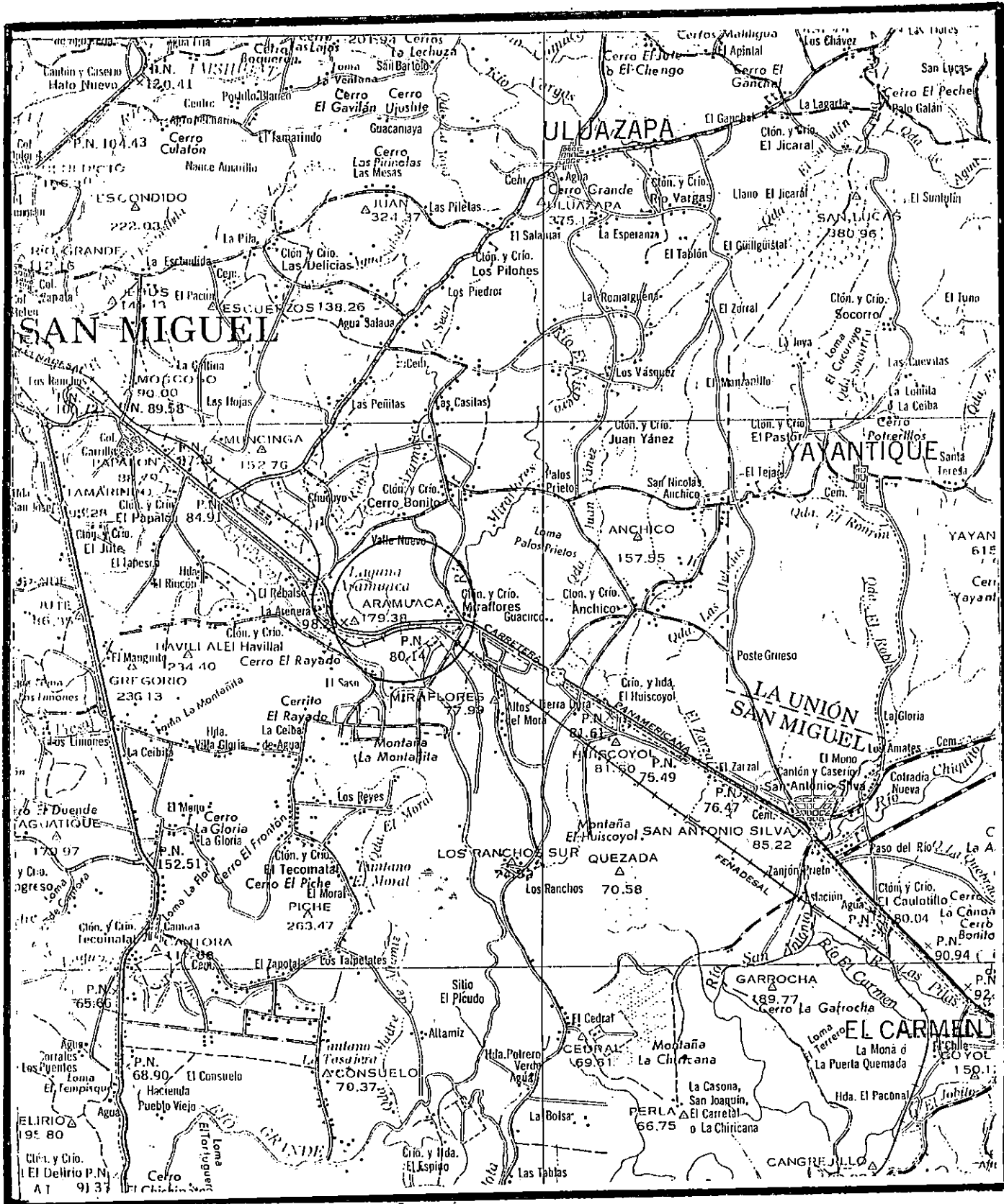
El cemento utilizado en el proceso de fabricación de TMC es cemento Portland Tipo I PM de la marca CESSA.

A este material no se le efectuó ningún tipo de prueba para determinar los requerimientos químicos o físicos, solamente inspección visual antes de su uso, se verificó que el cemento a usar estuviera seco y no existieran grumos o terrones.

Sin embargo con la tabla 3.1¹ se hace referencia a los requerimientos físicos que debe cumplir el cemento Portland tipo I PM de acuerdo a la norma ASTM C 595 86.



PLANO DE UBICACIÓN. BANCO DE ARENA DEL RÍO LAS CAÑAS



PLANO DE UBICACIÓN, BANCO DE LAS MINAS DE ARAMUACA

Los resultados de las pruebas efectuadas se muestran a continuación:

3.2.2.1 IMPUREZAS ORGANICAS EN ARENAS PARA CONCRETO (ASTM C 40).

Se hicieron tres ensayos a cada banco de arena, para lo cual se preparó una solución al 3% de soda cáustica, posteriormente se colocó la muestra en inmersión en esta solución, dejándola reposar por un período de 24 horas, luego se comparó el color de la solución de las muestras con la tabla de colores de la placa orgánica.

Los resultados obtenidos para los tres ensayos de cada banco fue un color igual que el N° 1 de la placa orgánica; como la norma permite que se acepten hasta el N° 3; entonces se dice que las arenas no contienen partículas orgánicas en cantidad significativa.

3.2.2.2 CONTENIDO DE ARCILLA Y LIMO.

Cuando la arena contiene demasiadas partículas finas

(arcilla y limo) demandan mucha agua de amasado provocando por ello un descenso en la resistencia mecánica. Además, la presencia de estas partículas no permite una buena adherencia, lo que produce debilitamiento en la resistencia a la tracción, la arcilla puede retardar el fraguado del mortero. Lo anterior indica que debe tenerse un control de la cantidad de partículas finas.

Este control se realizó de dos maneras: la primera por medio del ensayo de campo descrito en el capítulo II, y la segunda mediante el ensayo de laboratorio en base a la norma ASTM C 117 (ver anexo A), se efectuaron tres pruebas de cada una con la arena de los bancos en estudio, los resultados se presentan a continuación:

PROCEDENCIA	No ENSAYO	h1 (cm)	h2 (cm)	% DE FINOS
RIO LAS CAÑAS	1	0.3	4.5	6.66
	2	0.3	4.5	6.66
	3	0.4	5.5	7.27
MINA DE ARAMUACA	1	0.2	4.3	4.65
	2	0.3	5.1	5.88
	3	0.2	4.0	5.00

TABLA 3-2. CONTENIDO DE ARCILLA Y LIMO, ENSAYO DE CAMPO

PROCEDENCIA	Nº ENSAYO	PESO DE ARENA SECADA AL HORNO (GR)	PESO DE ARENA SECA AL HORNO DESPUES DE LAVADO (GR)	% DE FINOS
RIO LAS CAÑAS	1	644.8	603.7	6.37
	2	669.9	626.3	6.51
	3	725.1	672.0	7.32
MINAS DE ARAMJACA	1	530.0	505.3	4.66
	2	515.0	492.6	4.32
	3	635.4	601.2	5.38

TABLA 3-3 METODO ESTANDAR DE PRUEBA PARA MATERIAL MAS FINO QUE La MALLA 200 EN AGREGADO MINERAL POR LAVADO (ASTM C 117).

El ensayo de campo presenta la dificultad en la precisión de la toma de lecturas de las alturas de las capas, mientras que el método de la ASTM es más preciso. De los resultados se puede notar que ambas arenas presentan más del 4 % de material fino, es decir, contienen mayor cantidad de material fino que lo permitido por el CECAT.

3.2.2.3 ANALISIS GRANULOMETRICO

Para realizar estas pruebas se siguió el procedimiento de la norma ASTM C 144 (ver anexo A), con la diferencia que las

mallas se escogieron con el criterio de obtener una aproximación a los requerimientos establecidos por el CECAT (ver tabla 2-1, pág. 57).

Previo al análisis granulométrico la arena fue tamizada por la malla de 1/4" (6.3 mm), constituyó una limitante no tener en el laboratorio una malla que dejara pasar únicamente partículas menores de 5.5 mm, como lo propone el CECAT, esto por que partículas mayores de este tamaño no pueden ser usados para la fabricación de la teja, posteriormente se hizo el ensaye usando las mallas N^o 4 (4.75 mm), 10 (2 mm), 40 (0.425 mm) y 200 (0.075 mm).

Puede notarse que con las mallas usadas, se llega a tener similitud con las propuestas por la norma AASTHO T 88 (ver anexo A).

Se efectuaron tres pruebas para la determinación de la granulometría de la arena del río Las Cañas así como para arena de las minas de Aramuaca, los resultados obtenidos se presentan en las tablas 3-4 a 3-6 y 3-7 a 3-9 (de las páginas 92 a la 97) respectivamente.

TABLA 3-4

GRANULOMETRIA DE ARENA

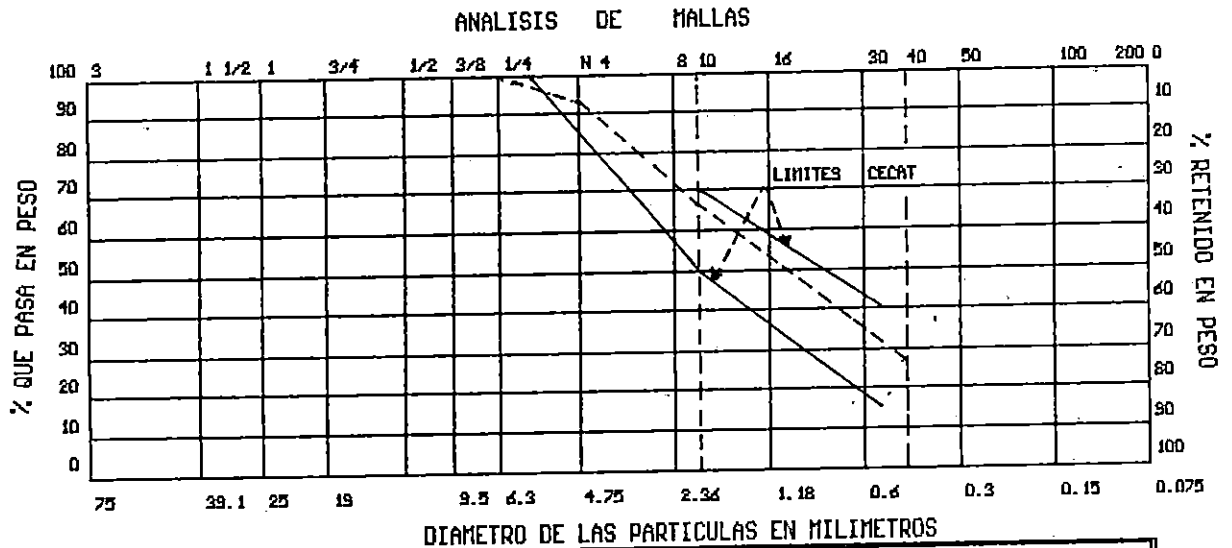
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FECHA DE PRUEBA: 15/2/95
 LABORATORISTA: IAJC
 ARENA DE: Río Las Cañas

PESO DE MUESTRA: 1070.4 gr.
 REVISO: IAJC
 ARENA DE: muestra Na 1

MALLAS U.S. ESTANDAR	DIAMETRO DE LAS PARTICULAS (mm)	PESO RETENIDO (gf)	% PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
N 4	4.750	75.2	7.03	7.03	92.97
N 10	2.000	268.6	25.09	32.12	67.88
N 40	0.425	423.1	39.53	71.65	28.35
N 200	0.075	272.7	25.48	97.13	2.87
PASA N 200		30.8	2.88	100.00	0.00
SUMAS		1070.4	100		

e = 0.0 %



GRAVA		ARENA		
GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ. ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	ENSAYO: ANALISIS GRANULOMETRICO	COORDINADOR: ING. PORFIRIO LAGOS ASESOR: ING. PATRICIO HANNEY	DESARROLLADO POR: MORALES PEREZ, PATINA I JACOBO CENTENO, ISRAEL A FIGUEROA ALAÑES, JOSE L.
--	------------------------------------	--	--

TABLA 3-5

GRANULOMETRIA DE ARENA

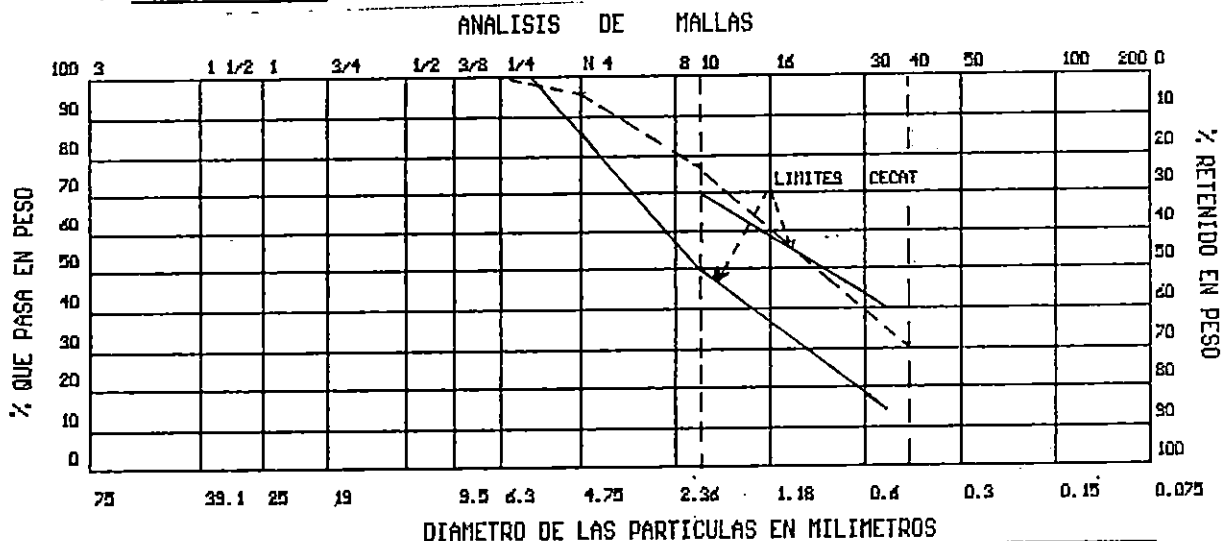
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FECHA DE PRUEBA: 15/2/95
 LABORATORISTA: IAJC
 ARENA DE: Río Las Cañas

PESO DE MUESTRA: 1020.6 gr.
 REVISO: IAJC
 ARENA DE: muestra N° 2

MALLAS U.S. ESTANDARDO	DIAMETRO DE LAS PARTICULAS (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
N 4	4.750	37.8	3.73	3.73	96.27
N 10	2.000	176.9	17.44	21.17	78.83
N 40	0.425	491.5	48.46	69.63	30.37
N 200	0.075	286.8	28.28	97.61	2.02
PASA N 200		21.3	2.10	100.00	0.00
SUMAS		1014.3	100.00		

$e = 0.65 \quad \&$



GRAVA		ARENA		
GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ. ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	ENSAYO: ANALISIS GRANULOMETRICO	COORDINADOR: ING. PORFIRIO IAGOS ASESOR: ING. PATRICIO HANKEY	DESARROLLADO POR: MORALES PEREZ, FATIMA I JACOBO CENTENO, ISRAEL A FIGUEROA ALBAÑES, JOSE L
--	------------------------------------	--	--

TABLA 3-6

GRANULOMETRIA DE ARENA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FECHA DE PRUEBA: 15/2/95

PESO DE MUESTRA: 1327.2 GR

LABORATORISTA: IAJC

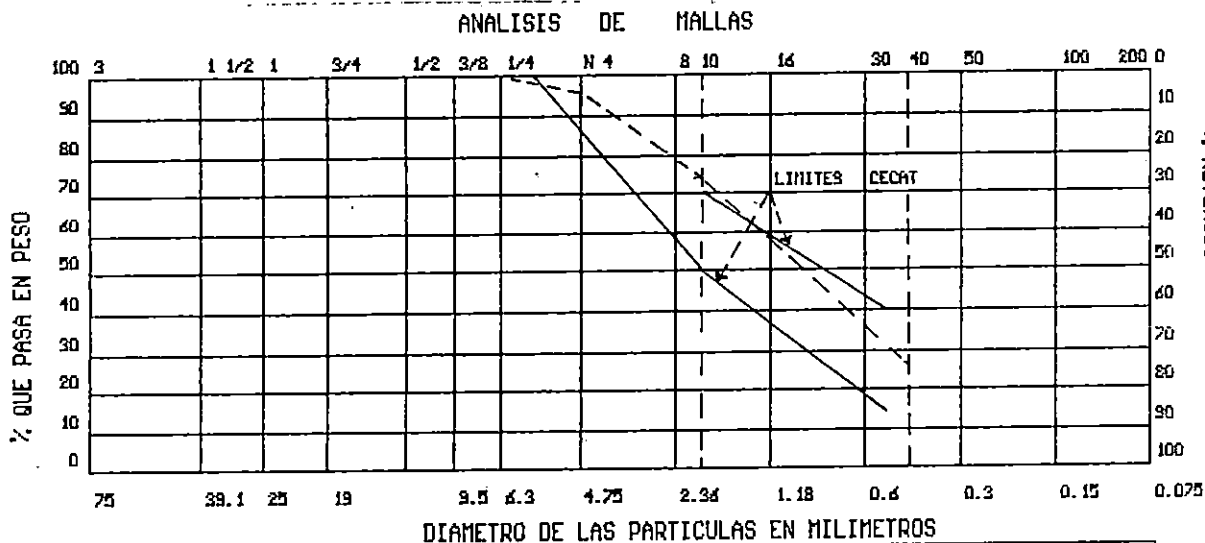
REVISO: IAJC

ARENA DE: Río Las Cañas

ARENA DE: muestra Na 3

MALLAS U.S. ESTANDAR	DIAMETRO DE LAS PARTICULAS (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
N 4	4.750	48.1	3.63	3.63	96.37
N 10	2.000	303.7	22.93	26.56	73.44
N 40	0.425	594.9	44.92	71.48	28.52
N 200	0.075	339.7	25.65	97.13	2.87
PASA No. 200		38.1	2.88	100.00	0.00
SUMAS		1324.5	100.00		

$e = 0.20$



GRAVA		ARENA		
GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ. ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	ENSAYO: ANALISIS GRANULOMETRICO	COORDINADOR: ING. PORFIRIO LAGOS ASESOR; ING. PATRICIO HAWKEY	DESARROLLADO POR: MORALES PEREZ, FATIMA I JACOBO CENTENO, ISRAEL A FIGUEROA ALBAÑES, JOSE L
--	---------------------------------	--	--

TABLA 3-7

GRANULOMETRIA DE ARENA

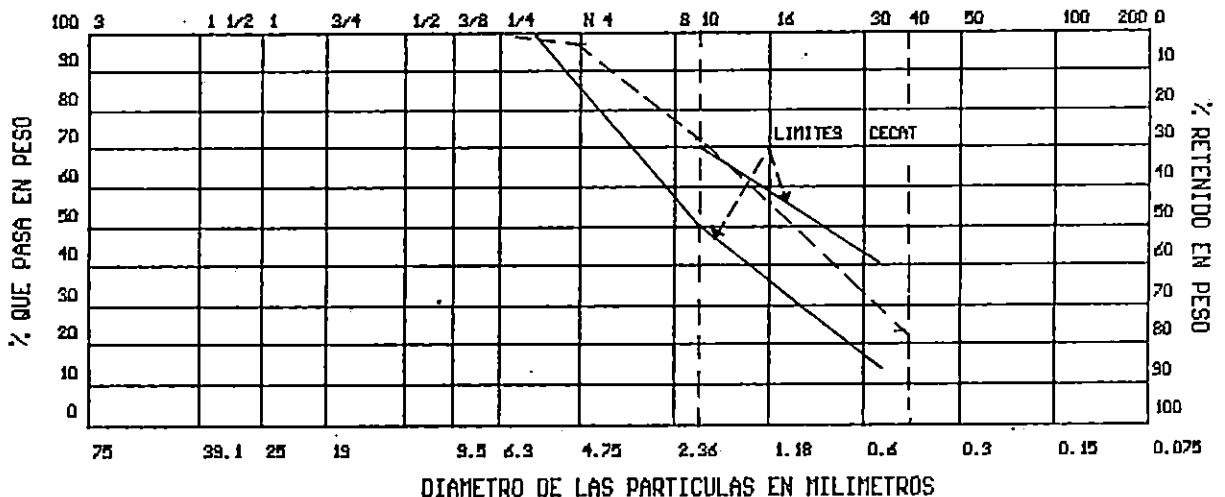
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FECHA DE PRUEBA: 15/2/95 PESO DE MUESTRA: 1186.8
 LABORATORISTA: IAJC REVISO: IAJC
 ARENA DE: Minas de Aramuaca ARENA DE: muestra N° 1

MALLAS U.S. ESTANDAR	DIAMETRO DE LAS PARTICULAS (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
N 4	4.750	27.4	2.31	2.31	97.69
N 10	2.000	318.6	26.88	29.19	70.81
N 40	0.425	573.9	48.42	77.61	22.39
N 200	0.075	242.8	20.48	98.09	1.91
PASA No. 200		22.6	1.91	100.00	0.00
SUMAS		1185.3	100.00		

$e = 0.13 \%$

ANALISIS DE MALLAS



GRAVA		ARENA		
GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ. ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	ENSAYO: ANALISIS GRANULOMETRICO	COORDINADOR: ING. FORFIRIO IAGOS ASESOR; ING. PATRICIO HANKEY	DESARROLLADO POR: MORALES PEREZ, FAYINA I JACOBO CENTENO, ISRAEL A FIGUEROA ALBAÑES, JOSE L.
--	---------------------------------	--	---

TABLA 3-8

GRANULOMETRIA DE ARENA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

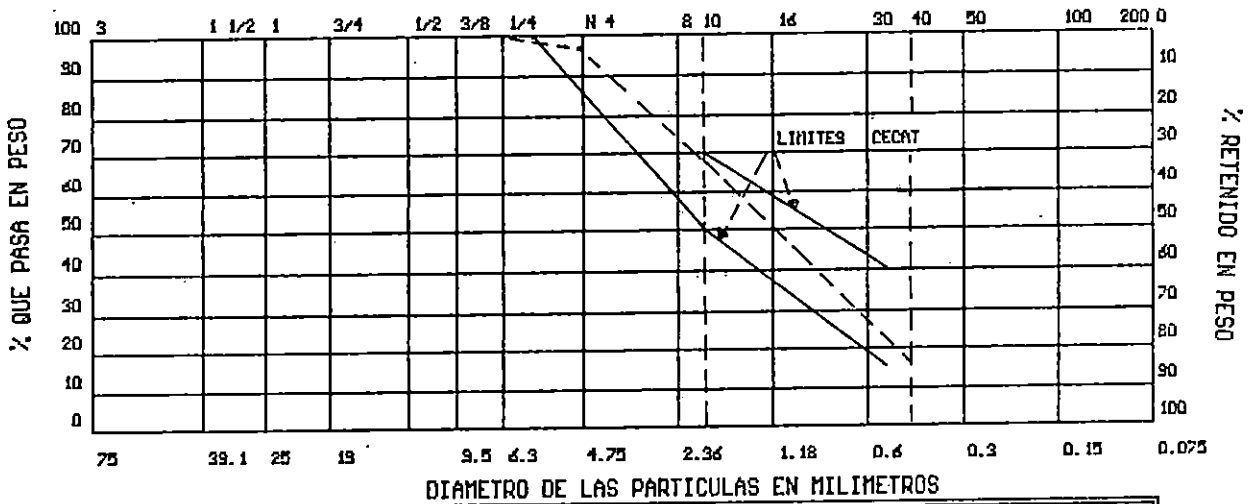
FECHA DE PRUEBA: 15/2/95
 LABORATORISTA: IAJC
 ARENA DE: Minas de Aramuaca

PESO DE MUESTRA: 822.8 gr
 REVISO: IAJC
 ARENA DE: muestra N° 2

MALLAS U.S. ESTANDARD	DIAMETRO DE LAS PARTICULAS (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA YA MALLA
N 4	4.750	16.9	2.06	2.06	97.94
N 10	2.000	235.0	28.59	30.65	69.35
N 40	0.425	426.3	51.87	82.52	17.48
N 200	0.075	129.7	15.78	98.30	1.70
PASA No. 200		13.9	1.69	100.00	0.00
SUMAS		821.9	100.00		

e= 0.11 %

ANALISIS DE MALLAS



GRAVA		ARENA		
GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ. ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	ENSAYO: ANALISIS GRANULOMETRICO	COORDINADOR: ING. PORFIRIO IAGOS ASESOR; ING. PATRICIO HAWKEY	DESARROLLADO POR: MORALES PEREZ, FATIMA I JACOBO CENZERO, ISRAEL A FIGUEROA ALBARRAN, JOSE L
--	------------------------------------	--	---

TABLA 3-9

GRANULOMETRIA DE ARENA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

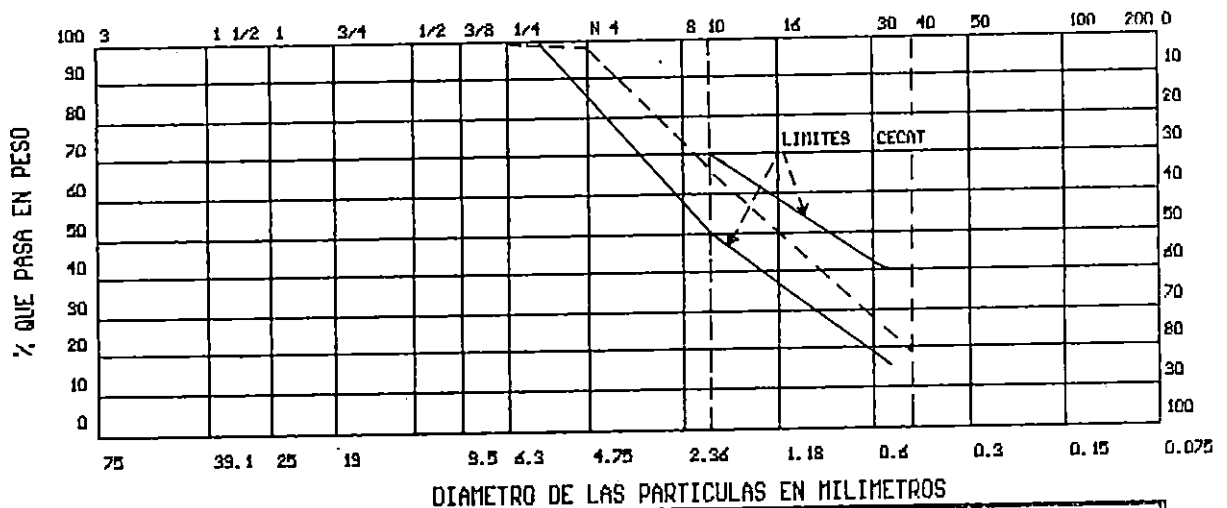
FECHA DE PRUEBA: 15/2/95
 LABORATORISTA: IAJC
 ARENA DE: Minas de Aramuaca

PESO DE MUESTRA: 1040.5 GR
 REVISO: IAJC
 ARENA DE: muestra N° 3

MALLAS U.S. ESTANDAR	DIAMETRO DE LAS PARTICULAS (mm)	PESO RETENIDO (gf)	% PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
N 4	4.750	15.5	1.49	1.49	98.5
N 10	2.000	319.5	30.76	32.25	67.75
N 40	0.425	496.4	47.79	80.04	19.96
N 200	0.075	188.1	18.11	98.15	1.85
PASA No. 200		19.2	1.85	100.00	0.00
SUMAS		1038.7	100.00		

$e = 0.17 \%$

ANALISIS DE MALLAS



BRAVA		ARENA		
GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA

UNIVERSIDAD DE SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ. ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	ENSAYO: ANALISIS GRANULOMETRICO	COORDINADOR: ING. PORFIRIO LAGOS ASESOR: ING. PATRICIO HANNEY	DESARROLLADO POR: MORALES PEREZ, FATIMA I JACOBO CENTENO, ISRAEL A FIGUEROA ALEMANES, JOSE L
---	---------------------------------	--	---

3.2.2.4 ABSORCION (ASTM C 128)

La determinación de la absorción se efectuó de acuerdo a la norma ASTM C 128 (ver anexo A). Para cada una de las arenas en estudio se efectuaron dos pruebas, de cada una de estas pruebas se obtuvo un promedio para fines prácticos.

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

Donde:

A: Es el peso de la muestra seca

B: Peso de arena en condición saturada superficialmente seca

PROCEDENCIA: Río Las Cañas

Prueba 1:

Peso arena saturada superficialmente seca = 500 grs.

Peso de material seco = 482.9 grs.

$$\% \text{ de absorción} = \frac{500-482.9}{482.9} \times 100 = 3.54$$

Prueba 2:

Peso arena saturada superficialmente seca = 500 grs.

Peso de material seco = 486.3 grs.

$$\% \text{ de absorción} = \frac{500-486.3}{486.3} \times 100 = 2.82$$

% promedio de absorción = 3.18

PROCEDENCIA: Minas de Aramuaca

Prueba 1:

Peso arena saturada superficialmente seca = 500 grs.

Peso de material seco = 491.6 grs.

$$\% \text{ de absorción} = \frac{500-491.6}{491.6} \times 100 = 1.71$$

Prueba 2:

Peso arena saturada superficialmente seca = 500 grs.

Peso de material seco = 489.1 grs.

$$\% \text{ de absorción} = \frac{500-489.1}{489.1} \times 100 = 2.22$$

- % promedio de absorción = 1.97 %.

3.2.3 AGUA

Con relación a este material, para su control únicamente se observó que no presentara turbiedad, que fuera limpia, sin color ni olor.

3.2.4 PIGMENTOS

El colorante utilizado actualmente para la fabricación de tejas rojas es de óxido de hierro rojo, marca OXIFER pigmentos S.A.-Girardota, se verificó que la proporción en peso utilizada no sobrepasara el 10% con relación al cemento.

3.3 CALIDAD DE LA MEZCLA

La mezcla utilizada para la manufacturación de tejas de microconcreto, que se ocupa en todas las fábricas existentes en el país, se compone de los siguientes elementos: cemento Portland, arena, agua y pigmentos..

La mezcla se prepara manualmente tendiendo la arena en el piso o en una plancha de concreto que este limpio, se le riega

el cemento encima y se mezcla manualmente ambos materiales hasta conseguir una combinación homogénea; luego se hace una especie de volcán agregando el agua, cuidadosamente se continúa la revoltura para evitar la pérdida de agua hasta conseguir la pasta.

Los parámetros a evaluar para determinar la calidad de la mezcla fueron: dosificaciones utilizadas, relación agua/cemento, la trabajabilidad y la resistencia a la compresión.

La toma de muestras se realizó al azar de las "bachadas" de mezcla elaboradas en las fábricas siguientes: para la fabricada con arena del río Las Cañas en la fábrica CETACES, ubicada en el km. 9 de la Troncal del Norte, departamento de San Salvador ; y para la fabricada con arena de las minas de Aramuaca en la fábrica COSDECSAM, ubicada en la ciudad de San Miguel, departamento de San Miguel; que son dos de las nueve fábricas que producen la TMC en nuestro país.

3.3.1 DOSIFICACION

La dosificación para la elaboración de la mezcla para la TMC esta en relación al volumen de los agregados, por ser una

manera práctica en la aplicación de esta tecnología, sin embargo debe tenerse cuidado para mantener la homogeneidad de la mezcla, de una "bachada" a otra. La proporción de arena puede sufrir alteración de volumen de acuerdo a la cantidad de agua que esta posea, como se explicó en el capítulo II apartado 2.3.2.3 de la página 55; siendo este el fenómeno conocido como abundamiento por humedad. También el peso volumétrico de la arena presenta variación dependiendo del abundamiento por humedad; el peso volumétrico de la arena suelta fue utilizado para determinar la cantidad de agua contenida en la arena.

3.3.1.1 ABUNDAMIENTO POR HUMEDAD (ENTUMECIMIENTO)

$$\% \text{ Abundamiento} = \frac{h_1 - h_2}{h_2} \times 100$$

$$\text{Factor de corrección} = h_1/h_2$$

PROCEDENCIA	Río Las Cañas:	Minas Aramuaca:
% ABUNDAMIENTO	$((10-8)/8) \times 100 = 25$	$(10-8.8)/8.8 \times 100 = 13.64$
FACTOR DE CORRECCION	$(10/8) = 1.25$	$(10/8.8) = 1.136$

3.3.1.2 PESO VOLUMETRICO DE LA ARENA SUELTA

El peso volumétrico húmedo de la arena fue encontrada en condiciones normales, es decir manteniendo la arena en estado suelto tal como la utilizan los trabajadores para dosificar.

$$\gamma_{ah} = \frac{P_{ah}}{V_{ah}}$$

Donde:

γ_{ah} : Peso volumétrico húmedo de la arena suelta
(grs/cm³)

P_{ah} : Peso de la arena húmeda suelta (grs)

V_{ah} : volumen de la arena húmeda suelta (cm³)

PROCEDENCIA:	Ensayo	P_{ah} (grs)	V_{ah} (cm ³)	γ_{ah} (grs/cm ³)
Río Las Cañas	1	545.0	500.0	1.09
	2	525.0	500.0	1.05
Promedio				1.07
Minas de Aramuaca	1	785.0	500.0	1.57
	2	795.0	500.0	1.59
Promedio				1.58

3.3.1.3 CALCULOS DE DOSIFICACIONES UTILIZADAS EN OBRA

1) Para las arenas del río Las Cañas:

- 14 baldes de arena (volumen del balde = 0.00663 m³).
- 1 bolsa de cemento.

Entonces:

$$14 \text{ balde} \times \frac{0.00663 \text{ m}^3}{1 \text{ balde}} = 0.09282 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ bolsa de cemento} = 0.0283 \text{ m}^3$$

Por lo tanto:

$$0.0283 \text{ m}^3 : 0.09282 \text{ m}^3$$

1 : 3.3

Dosificación real, ocupando el factor abundamiento:

$$1 \text{ Cto.} : 3.3/1.25 \text{ arena}$$

1 : 2.64

2) Para las arenas de las minas de Aramuaca:

- 14 baldes de arena (volumen del balde = 0.006 m^3).
- 1 bolsa de cemento.

Entonces:

$$0.0283 \text{ m}^3 : 0.084 \text{ m}^3$$

1 : 3.0

Dosificación real, ocupando el factor abundamiento:

$$1 \text{ Cto.} : 3.0/1.136 \text{ arena}$$

1 : 2.64

PROCEDENCIA :	DOSIFICACION REAL	% DE PIGMENTOS *
Río las Cañas	1 : 2.64	1.33
Minas de Aramuaca	1 : 2.64	1.33

TABLA No. 3-10

* El porcentaje de pigmento, esta basado aproximadamente en relación al peso del cemento que se incluye a la mezcla. Para el caso, se utiliza por cada bolsa de cemento una

$$\text{Fluidez} = \frac{a + b}{2}$$

Donde:

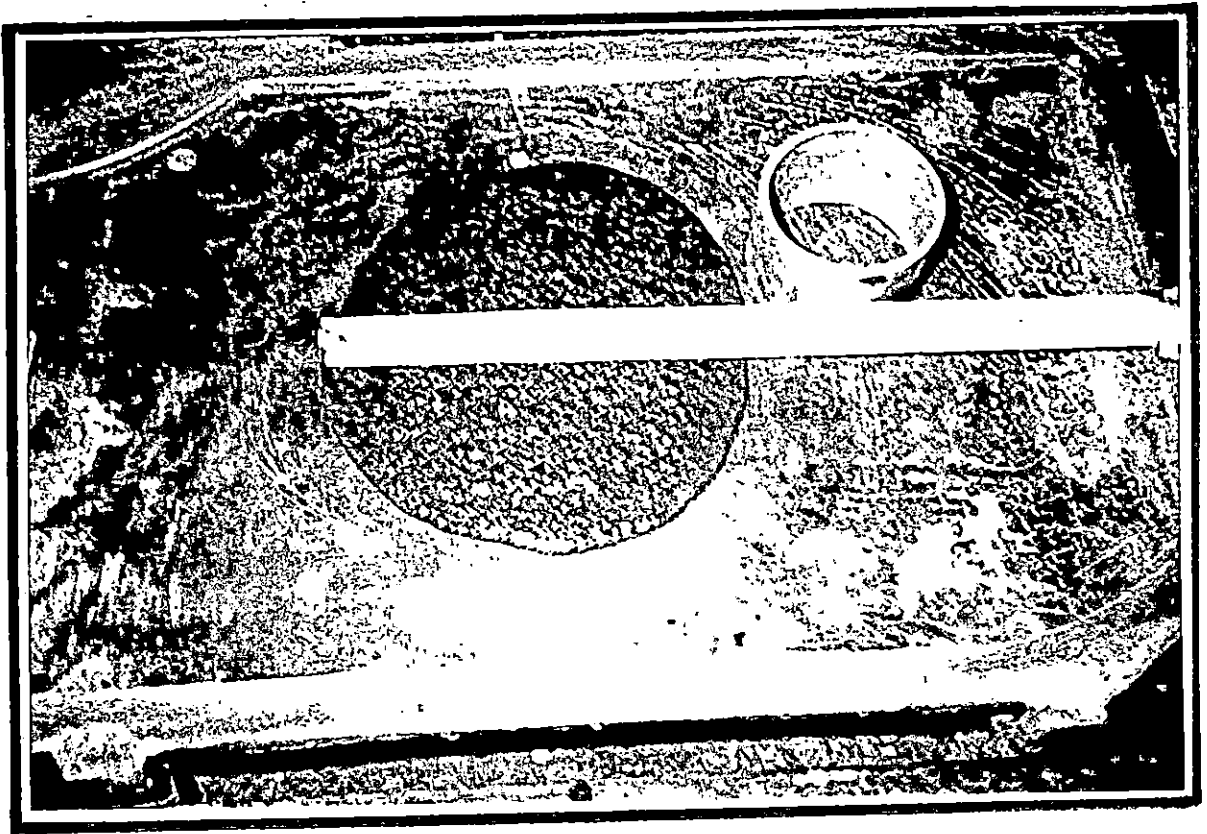
a y b son medidas transversales de la pasta vibrada.

Los promedios de la fluidez tomados de la mezcla se presenta en la tabla siguiente:

MEZCLA ELABORADA CON ARENA DE:	% FLUIDEZ ASTM	φ FINAL DE FLUIDEZ CECAT
Río las Cañas	75.06	17.9 cm
Minas de Aramuaca	69.30	16.2 cm

TABLA 3-11 TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA

Cualquier método es aplicable para la determinación de la fluidez, sin embargo para la industria de TMC resulta menos complicado el ensaye establecido por el CECAT ya que no necesita de un equipo sofisticado extra para su elaboración, pues se hace uso de la mesa vibratoria con la que se elaboran las tejas y un molde estandar, en este estudio se utilizó un trozo de PVC. (ver fotografía No. 3-1)



FOTOGRAFIA 3-1

3.3.3 RELACION AGUA/CEMENTO

La cantidad de agua se relaciona con la trabajabilidad necesaria para la elaboración del producto.

Para el cálculo del volumen total de agua que se utiliza para la mezcla hecha con una bolsa de cemento, se tomaron en cuenta el contenido de humedad y la absorción de la arena.

proporción de 20 onzas de pigmentos, y su porcentaje se encuentra así:

$$\frac{20 \text{ onzas de colorante}}{42.5 \text{ Kg (1 bls cemento)}} \times \frac{1 \text{ kg}}{35.274 \text{ onzas}} \times 100 = 1.33\% \text{ pigmentos}$$

3.3.2 TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA

Una de las cualidades más importante para la mezcla es la trabajabilidad por su influencia en otras propiedades importantes, tanto en el estado fresco como endurecido, ya que dominando esta cualidad se espera un buen producto terminado de TMC.

Para analizar la trabajabilidad de las dosificaciones antes mencionadas, se le midió a la mezcla fresca mediante dos pruebas: la prueba de la mesa de fluidez, según lo establece la norma ASTM C-230 (ver anexo A) y por el ensayo de trabajabilidad del Manual para el control de calidad de la TMC del CECAT, como lo indica el apartado 2.4.1. de la página 61 y 62. Estas pruebas indican la consistencia del microconcreto y su tendencia a segregarse.

- La prueba de fluidez por el método de la ASTM C 230,

consiste en medir la dispersión de un pequeño volumen de mortero sujeto a movimientos en una mesa circular de 10 pulgadas de diámetro, montada sobre una masa excéntrica con una caída de 13 milímetros, moldeando previamente el mortero en un cono truncado, sobre un plato de 10 pulgadas de diámetro. Su porcentaje de fluidez se encuentra con la formula:

$$\% \text{ Fluidez} = \frac{(df - di)}{di} \times 100$$

Donde:

df = diámetro final

di = diámetro inicial (4 pulgadas)

(Debe sacarse el promedio de cuatro diámetros transversales).

- La prueba de fluidez por el método del manual CECAT, consiste también en medir la dispersión de una porción de mezcla, sujeto a vibraciones en una mesa vibratoria, en la cual se coloca un molde estandar de 67 mm. de diámetro y 47 mm de altura, en el centro de la mesa a fin de moldear la mezcla; se vibra durante 10 segundos para luego medir los diámetros transversales de la pasta extendida.

FECHA: 6 / MARZO /95							
CUBOS DE MORTERO ELABORADO CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS							
MUESTRA No.	AREA CONTACTO cm ²	PESO GRS	VOLUMEN cm ³	PESO VOL GRS/CM ³	EDAD (DIAS)	CARGA Kgrs	ESFUERZO COMPRESIVO (KG/CM ²)
1	25.0	257.0	125.0	2.06	7	3200	128.0
2	25.0	252.6	127.5	1.98	7	3100	124.0
3	25.0	253.2	125.0	2.03	7	3450	138.0
PROMEDIO							130.0

TABLA 3-12

FECHA: 27 / MARZO /95							
CUBOS DE MORTERO ELABORADO CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS							
MUESTRA No.	AREA CONTACTO cm ²	PESO GRS	VOLUMEN cm ³	PESO VOL GRS/CM ³	EDAD (DIAS)	CARGA Kgrs	ESFUERZO COMPRESIVO (KG/CM ²)
1-2	25.3	257.6	126.5	2.04	28	4750	188.1
1-3	25.0	256.6	125.0	2.05	28	4800	192.0
2-2	25.0	256.4	125.0	2.05	28	4850	192.1
2-3	25.0	253.7	127.5	1.99	28	4000	160.0
3-2	25.0	255.6	125.0	2.04	28	4500	180.0
3-3	25.0	254.1	125.0	2.03	28	4500	180.0
PROMEDIO							155.4

TABLA 3-13

FECHA: 7 / MARZO /95							
CUBOS DE MORTERO ELABORADO CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS							
MUESTRA No.	AREA DE CONTACTO cm ²	DE PESO VOLUN EN GRs	DE PESO UN EN GRs	DE PESO UN EN GRs / CM ³ (DIAS)	EDAD DIAS	CARGA Kg	ESTUEROZO COMPRESIVO (Kg / CM ²)
4	25.2	263.1	126.0	2.09	7	3740	148.1
5	25.0	267.0	125.0	2.14	7	3570	142.8
6	25.0	261.6	125.0	2.09	7	3300	132.0
PROMEDIO							141.0

TABLA 3-14

FECHA: 28 / MARZO /95							
CUBOS DE MORTERO ELABORADO CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS							
MUESTRA No.	AREA DE CONTACTO cm ²	DE PESO VOLUN EN GRs	DE PESO UN EN GRs	DE PESO UN EN GRs / CM ³ (DIAS)	EDAD DIAS	CARGA Kg	ESTUEROZO COMPRESIVO (Kg / CM ²)
4-2	25.0	265.5	125.0	2.12	28	5700	228.0
4-3	25.2	267.6	126.0	2.12	28	5600	221.8
5-2	25.0	267.3	125.0	2.14	28	5400	216.0
5-3	25.0	268.1	125.0	2.14	28	5250	210.0
6-2	25.0	265.9	122.5	2.17	28	5250	210.0
6-3	25.0	263.2	125.0	2.11	28	5000	200.0
PROMEDIO							214.3

TABLA 3-15

FECHA: 9 / MARZO /95							
CUBOS DE MORTERO ELABORADO CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA							
MUESTRA No.	AREA DE CONTACTO cm ²	DE PESO grs	VOLUMEN cm ³	PESO VOL. grs/cm ³ (COIAS)	EDAD DIAS	CARGA Kgrs	ESFUERZO COMPRESIVO (Kg/cm ²)
7	25	261.9	125.0	2.10	7	3150	126.0
8	25	266.0	122.5	2.17	7	3035	121.4
9	25	262.7	125.0	2.10	7	3290	131.6
PRMEDIO							126.33

TABLA 3-16

FECHA: 30 / MARZO /95							
CUBOS DE MORTERO ELABORADO CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA							
MUESTRA No.	AREA DE CONTACTO cm ²	DE PESO grs	VOLUMEN cm ³	PESO VOL. grs/cm ³ (COIAS)	EDAD DIAS	CARGA Kgrs	ESFUERZO COMPRESIVO (Kg/cm ²)
7-2	25.0	263.5	125.0	2.11	28	4500	180.0
7-3	25.0	261.6	125.0	2.09	28	4555	182.2
8-2	25.0	270.8	127.5	2.12	28	6200	248.0
8-3	25.0	268.9	125.0	2.15	28	6200	248.0
9-2	25.0	269.3	125.0	2.15	28	6150	246.0
9-3	25.0	266.1	127.5	2.09	28	5500	220.0
PRMEDIO							220.7

TABLA 3-17

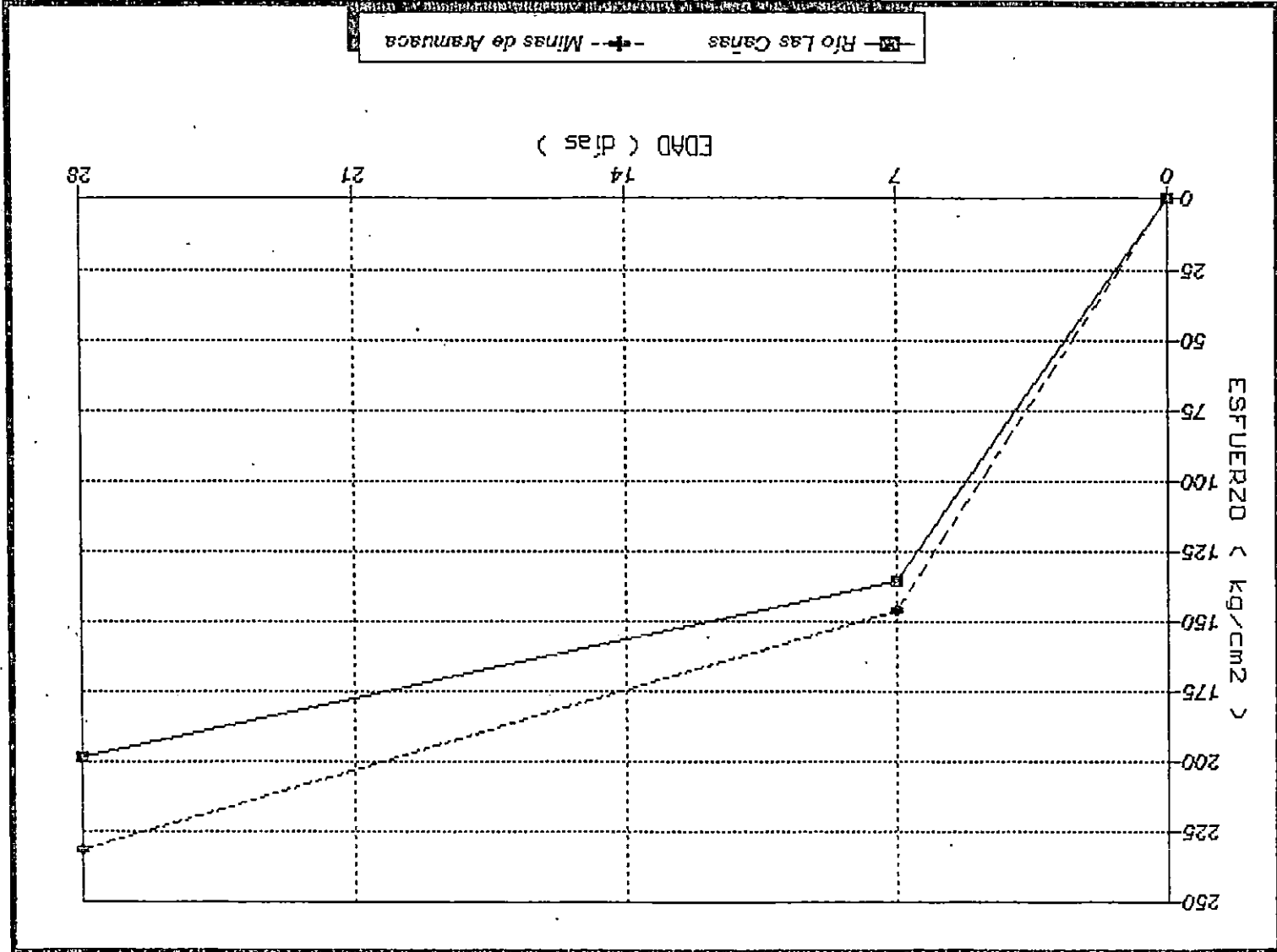
FECHA: 10 / MARZO /95							
CUBOS DE MORTERO ELABORADO CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA							
NUESTRO No.	AREA DE CONTACTO cm ²	DE PESO gms	VOLUMEN cm ³	PESO VOL g/cm ³	EDAD (DIAS)	CARGA Kgs	ESTRIBAZA COMPRESIB (Kg/cm ²)
10	25	267.6	122.5	2.18	7	4300	172.0
11	25	263.1	125.0	2.10	7	3250	130.0
12	25	263.1	122.5	2.15	7	3960	158.4
PRD							153.5

TABLA 3-18

FECHA: 31 / MARZO /95							
CUBOS DE MORTERO ELABORADO CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA							
NUESTRO No.	AREA DE CONTACTO cm ²	DE PESO gms	VOLUMEN cm ³	PESO VOL g/cm ³	EDAD (DIAS)	CARGA Kgs	ESTRIBAZA COMPRESIB (Kg/cm ²)
10-2	25.0	274.3	125.0	2.19	28	5250	210.0
10-3	25.0	273.9	125.0	2.19	28	6200	248.0
11-2	25.0	271.0	127.5	2.13	28	5500	220.0
11-3	25.0	272.2	125.0	2.18	28	5750	230.0
12-2	25.0	273.7	122.5	2.23	28	5700	228.0
12-3	25.0	267.8	125.0	2.14	28	5600	224.0
PROMEDIO							266.7

TABLA 3-19

GRAFICO 3-1 GRAFICO DE ESFUERZO DE COMPRESION DE CUBOS DE MORTERO
 ENSAYADOS A 7 Y 28 DIAS.



3.3.3.1 CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM C 566):

$$w \% = \frac{(Pah+Pt) - (Pas+Pt)}{(Pas-Pt)} \times 100$$

Donde:

Pah: Peso de arena húmeda (grs)

Pas: peso de arena seca (grs)

Pt: peso de la tara (grs)

PROCEDENCIA	ENSAYO	Pt (gr)	Pah (gr)	Pas (gr)	w %
	1	99.5	328.3	305.0	11.33
Río Las Cañas	2	99.5	282.8	263.8	11.56
	3	99.5	307.2	286.0	11.37
Promedio					11.42
	1	99.5	354.0	342.2	4.86
Minas de Aramuaca	2	99.5	308.3	298.5	4.90
	3	99.5	327.5	316.6	5.02
Promedio					4.93

Entonces para encontrar la relación A/C que se utiliza para la elaboración de las mezclas, se necesitó saber el volumen de agua que se utiliza en cada "bachada" (ocupando una bolsa de cemento); para ello es necesario considerar el

volumen de agua libre en la arena, es decir:

$$Al = Pas \times (w \% - abs \%) / 1000$$

$$= Vas \times \gamma_{as} (w \% - abs \%) / 1000$$

$$= \frac{Vah \times \gamma_{ah} (w \% - abs \%)}{Fc (w \% + 1)}$$

Sabiendo que:

$$\gamma_{as} = \gamma_{ah} / (w \% + 1)$$

$$Vas = Vah / Fc$$

Donde:

Al: Agua libre en la arena (lts.).

Pas: Peso de la arena seca. (grs)

Vas: Volumen de la arena seca (cm³).

γ_{as} : Peso volumétrico de la arena seca. (grs/cm³)

Fc : Factor de corrección por abundamiento.

Procedencia	Vas(cm ³)	Fc	γas(gr/cm ³)	w%	abs%	Al(lts)	Aa(lts)*
R Las Cañas	92820	1.25	1.07	11.42	3.18	5.88	23.80
M de Aramuaca	84000	1.136	1.58	4.93	1.97	3.30	20.00

* Aa: Agua agregada por el obrero para la elaboración de la mezcla; el volumen fue determinado de acuerdo cantidad de baldadas utilizadas.

Por lo tanto, el agua necesaria para la dosificación de las mezclas sería el agua libre contenida en la arena más el agua agregada por el obrero.

1- Mezcla elaborada con arena del río Las Cañas 32 lts.

2- Mezcla elaborada con arena de las Minas de Aramuaca 24 lts.

Esto nos lleva a las siguientes relaciones de agua/cemento, respectivamente:

$$1- A/C = 29.68 \text{ Kg} / 42.5 \text{ Kg} = 0.69$$

$$2- A/C = 23.30 \text{ Kg} / 42.5 \text{ Kg} = 0.55$$

3.3.4 ELABORACION DE CUBOS PARA LA PRUEBA DE COMPRESION

La prueba física hecha a la mezcla de microconcreto endurecida, fue la que se realiza a cubos de mortero de muestra de 2 x 2 pulgadas, según lo establese la norma ASTM C-109 (ver anexo A).

El muestreo de microconcreto para la elaboración de especímenes para la prueba de compresión se realizó de la siguiente manera:

- De las dos fábricas de TMC nombradas anteriormente, al finalizar la elaboración de la mezcla normalmente utilizada para la fabricación de tejas, se extrajo al azar y a diferentes horas del día porciones de mezcla midiendo la fluidez y luego se hicieron tres cubos de cada "bachada", de tal manera que las pruebas fueran representativas.

Inmediatamente concluida la elaboración de los cubos se colocaron en un cuarto húmedo durante 24 horas, transcurrido ese tiempo se desmoldaron, para luego sumergirlos en tanques con agua hasta que cumplieron 7 y 28 días de curado, para efectuarles el ensaye de compresión correspondiente.

3.3.4.1 ENSAYE A LA COMPRESION DE CUBOS

La resistencia a la compresión de cubos de mortero, que se realiza con la norma ASTM C-109, es un índice de la calidad de la mezcla de mortero, que se utilizará para analizar el comportamiento de la pasta, teniendo en cuenta que esta resistencia no corresponde directamente a la teja.

Los resultados de este ensaye se muestran en las tablas siguientes:

3.4 REALIZACION DE PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO

La realización de pruebas de control de calidad es un aspecto muy importante ya que de estos depende si el producto cumplirá con los requisitos mínimos de funcionalidad a la que están destinados. Para obtener parámetros de evaluación de la calidad se seleccionaron especímenes de prueba de las fábricas, con el fin de tener muestras de las tejas elaboradas.

La selección de los especímenes fue de la misma producción a la que se le realizó ensayos de fluidez y resistencia a la compresión de cubos de mortero.

Las pruebas a las que se sometieron los especímenes son flexión y permeabilidad; los resultados se detallan a continuación:

3.4.1 FLEXION

La resistencia a la flexión es la capacidad del elemento de resistir fuerzas transversales a su eje axial.

Lo que se pretende al realizar esta prueba es obtener un índice de la calidad del producto terminado, para lograrlo se realizaron dos tipos de prueba de resistencia a la flexión.

El primer método utilizado es de acuerdo al manual para el control de calidad del CECAT y el segundo es una combinación de procedimientos de acuerdo a dos normas de la ASTM C-746-74 y C-221-74 (ver anexo A), ambas pruebas se efectuaron con los especímenes saturados superficialmente secos, logrando esta condición al sumergir en agua los especímenes por 24 horas, se efectuaron bajo esta condición por las siguientes razones:

- Según se establece en el manual de control de calidad del CECAT los valores obtenidos de esta forma son más precisos, pero teniendo que bajarle 15 % al valor con el que se compara la carga, es decir para la teja de 8 mm el valor de carga que se espera con especímenes secos es 50 kg; al realizarlo saturado superficialmente seco sería de 42.5 kg.

- La norma ASTM C 746-74 también establece la condición saturado superficialmente seco para la realización del ensaye.

- La uniformidad con tejas saturadas superficialmente

secas es más factible obtenerla en las fábricas. La norma C 221-74 menciona que el ensaye puede realizarse con especímenes en condición seca siempre y cuando ésta sea obtenida mediante el secado al horno, lo que se consideró que en el campo es una condición difícil de obtener.

3.4.1.1 RESISTENCIA A LA FLEXION SEGUN CECAT

Esta prueba se menciona en el Capítulo II apartado 2.5.3 página 75, y es la que CECAT propone, en él se describe el procedimiento ocupado para desarrollar el ensaye utilizando una máquina diseñada para ello.

Se deben establecer primero las condiciones bajo las cuales la máquina trabaja, haciendo un análisis estático para determinar el valor de la carga aplicada sobre cada uno de los especímenes de prueba. La fig. 3-1 muestra el diagrama de cuerpo libre de la palanca del que se obtienen los valores de carga cuando no se le ha aplicado agua al balde graduado; además se determina la relación de brazo para obtener los valores de carga aplicados a la teja cuando se deposita agua en el recipiente.

Del diagrama de cuerpo libre haciendo sumatoria de momento en el punto A.

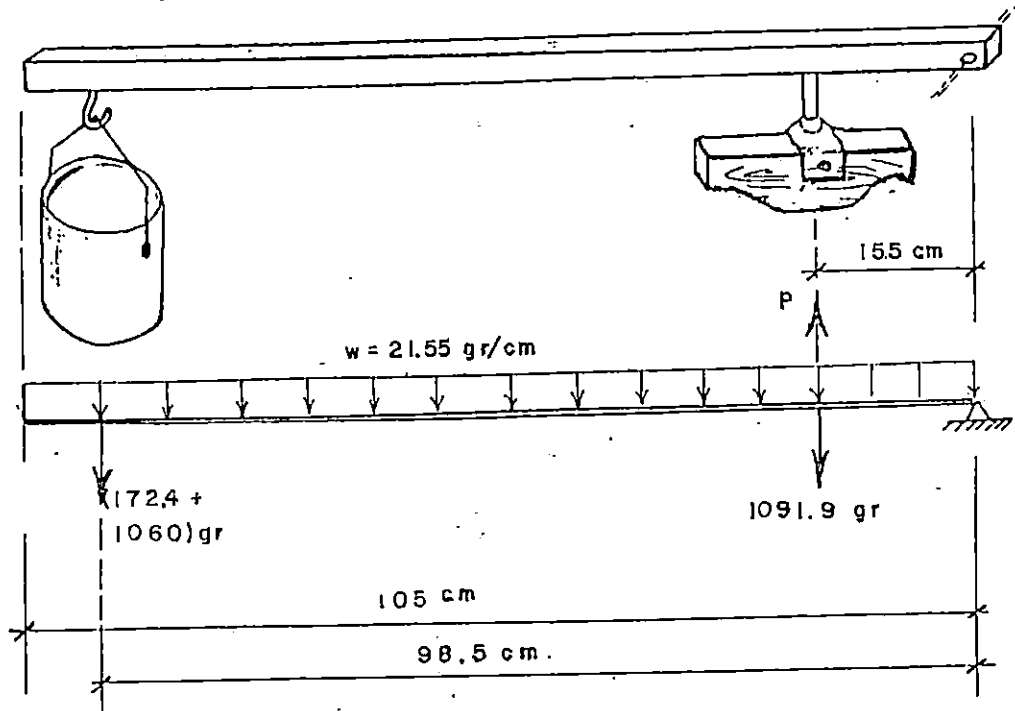


FIG 3-1 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL BRAZO DE LA MAQUINA DE FLEXION PROPUESTA POR CECAT.

$$\text{SUM } M_a = 0$$

$$21.55(\text{gr/cm}) * (105\text{cm}^2) / 2 + (172.4\text{gr} + 1060.0\text{gr}) * 98.5\text{cm} +$$

$$1091.9\text{gr} * 15.5\text{cm} - P * 15.5\text{cm} = 0$$

$$P = 16600 \text{ gr}$$

Donde:

$P =$ la carga aplicada a la teja con el recipiente vacío

Luego, para encontrar la relación de brazo existente se realiza sumatoria de momentos en el punto A, imaginando que se agrega un Kg en el punto f.

$$\text{SUM } M_a = 0$$

$$1 * 98.5 \text{cm} - R * 15.5 \text{cm} = 0$$

$$R = 6.35$$

Donde:

R = es la relación de brazo

Entonces:

1 Kg de agua en el recipiente = 6.35 Kg. de carga sobre la teja

$$1 : 6.35$$

Las tablas 3-20 y 3-21 de las páginas 125 y 126, muestran los valores de carga y momento flexionante obtenidos con especímenes probados en condición saturada superficialmente seca, para la prueba de resistencia a la flexión propuesta por CECAT.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO ESTABLECIDO POR CECAT PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS							
CODIGO	CARGO	ANCHO	ESPESOR	PESO	CARGA	TIPO DE FLEXION	MOENTO FLECTOR * MEIO (KG-M/M)
	kg	cm	mm	kg	kg		
PC-C-1	49.80	24.90	8.50	2,288.0	53.4	LONG	
PC-C-2	49.50	25.20	8.50	2,446.0	95.3	TRANS	33.09
PC-C-3	49.50	24.70	8.50	2,526.0	53.4	TRANS	18.92
PC-C-4	49.30	24.80	8.83	2,408.0	53.4	TRANS	18.84
PC-C-5	49.70	24.80	8.17	2,204.0	89.3	TRANS	24.45
PC-C-6	49.40	25.00	8.87	2,333.0	84.9	TRANS	22.72
PC-C-7	49.80	25.10	8.17	2,425.0	48.4	LONG	
PC-C-8	49.30	25.00	8.00	2,140.0	45.8	TRANS	18.03
PC-C-9	49.40	24.50	8.67	2,135.0	45.8	TRANS	16.36
PC-C-10	49.70	25.30	7.87	2,176.0	42.8	LONG	
PC-C-11	49.80	24.80	8.33	2,230.0	48.9	TRANS	17.25
PC-C-12	49.70	24.50	8.00	2,415.0	49.0	TRANS	17.50
PC-C-13	49.80	24.50	8.17	2,390.0	55.3	TRANS	19.75
PC-C-14	49.80	24.70	8.87	2,245.0	45.8	LONG	
PC-C-15	49.80	25.00	7.87	2,167.0	45.2	TRANS	15.82
PC-C-16	49.50	24.70	8.17	2,345.0	42.6	TRANS	15.09
PC-C-17	49.50	24.70	8.33	2,290.0	53.4	TRANS	18.92
PC-C-18	49.80	24.80	8.00	2,236.0	62.3	TRANS	21.98
PC-C-19	49.70	24.60	7.67	2,197.0	62.3	LONG	
PC-C-20	49.80	24.90	8.17	2,248.0	59.8	TRANS	21.01
PROMEDIO	49.61	24.83	8.24	2,292.2	56.3		19.85

TABLA 3-20

PC-C: PRUEBA CECAT CAÑAS

Total de tejas defectuosas 5, equivalente al 25%

* El valor de la carga de la ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de carga ni para el cálculo de momento.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO ESTABLECIDO POR CECAT PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA							
CODIGO	LARGO	ANCHO	ESPESOR	PESO	CARGA	TIPO DE RUPTURA	MOMENTO FLECTOR
	cm	cm	mm	gms	kg		METRO (KG-M/M)
PC-A-1	49.00	24.70	7.87	2,234.0	52.2 /	TRANS	18.49
PC-A-2	49.00	25.00	8.33	2,258.0	74.4 /	TRANS	28.04
PC-A-3	49.20	24.80	7.83	2,198.0	98.0 /	TRANS	33.87
PC-A-4	49.80	24.90	8.33	2,348.0	95.3 /	TRANS	33.49
PC-A-5	48.90	24.70	7.87	2,287.0	88.1 /	TRANS	23.42
PC-A-6	48.50	24.80	8.17	2,259.0	45.8 /	TRANS	16.18
PC-A-7	49.80	24.50	8.33	2,245.0	45.8 /	TRANS	16.38
PC-A-8	49.00	24.90	7.83	2,109.0	49.0 /	TRANS	17.22
PC-A-9	49.50	24.70	7.87	2,280.0	42.8 /	TRANS	15.09
PC-A-10	49.70	24.80	8.00	2,221.0	51.5 /	LONG	18.17
PC-A-11	49.80	24.70	8.87	2,312.0	53.3 /	TRANS	
PC-A-12	49.70	24.50	8.17	2,215.0	49.0 /	TRANS	17.50
PC-A-13	49.30	24.60	8.00	2,284.0	45.2 /	TRANS	16.08
PC-A-14	49.90	24.80	7.83	2,225.0	53.4 /	TRANS	18.99
PC-A-15	49.80	24.80	7.87	2,204.0	51.5 /	LONG	
PC-A-16	49.80	24.70	8.17	2,198.0	57.9 /	TRANS	20.51
PC-A-17	49.70	24.50	8.00	2,238.0	45.8 /	TRANS	18.38
PC-A-18	49.60	24.80	8.67	2,243.0	49.0 /	TRANS	17.29
PC-A-19	49.50	25.00	7.67	2,130.0	59.8 /	TRANS	20.93
PC-A-20	49.40	24.90	8.00	2,256.0	52.2 /	TRANS	18.34
PROMEDIO	49.44	24.75	8.03	2,234.0	57.2		20.24

TABLA 3-21

PC-A: PRUEBA CECAT ARAMUACA

Total de tejas defectuosas 2, equivalente al 10%

* El valor de la carga de la ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de carga ni para el cálculo de momento.

3.4.1.2 PRUEBA DE FLEXION PROPUESTA EN BASE A NORMAS ASTM

Con el propósito de lograr una norma cuyo procedimiento sea el adecuado para probar la flexión de las tejas utilizando la máquina Universal Tinius Olsen de la Escuela de Ingeniería Civil, se han tomado como base las normas ASTM C 221-74 y ASTM C-746-74, aplicando lo siguiente:

Preparación del espécimen

ASTM C 746-74:

8.1 Sumerja todos los especímenes a ser muestreados en un tanque conteniendo agua limpia de 60 a 80 grados farenheit (15.6 a 26.7 C). Cubriendo más alto que la cresta por lo menos una pulgada (25 mm) de agua. Remueva después de 24 horas y proceda con la prueba.

8.2 Cualquier espécimen que muestre algún defecto visual obvio no será incluido en la prueba y se reemplazará por otro.

ASTM C 221-74:

11.3.1 La máquina de carga, puede consistir de cualquier mecanismo conducido mecánicamente (automático) o manopotenciado (manual) que cumpla con los siguientes requerimientos: Este debe ser sólidamente estructural y lo bastante rígido en todas sus partes; así que la distribución de carga hacia la pieza no debe ser afectada apreciablemente por deformación de cualquier parte. Este

debe proveer continuas aplicaciones de carga, a una uniforme proporción para que suceda la ruptura entre uno y dos minutos. La aplicación de la carga se realizará como una viga simplemente apoyada.

El claro existente entre los apoyos laterales será de 35 cm. y estos serán diseñados como se describe en la norma ASTM C 221-74, apartado 11.3, "los soportes serán de manera tal que no pueden ejercer fuerza longitudinalmente (por ejemplo orillas soportando movimientos tipo mecedora, rodantes, etc.), con un radio de 1/8 de pulgada (3 mm) mínimo y 1/2 de pulgada (13 mm) máximo y aplicando la carga en el tramo medio. La línea de carga de los soportes debe ser paralelos". reportar la fuerza de la carga flectora como el promedio de la carga en Kilogramos-fuerza para todas las piezas probadas, calculadas para el ancho del espécimen de prueba.

Para el diseño del apoyo central se tomó en cuenta el numeral 9.4.4.2 de la norma ASTM C 721 y el tipo de apoyo utilizado por el CECAT para la máquina de flexión. En la aplicación de la carga se utiliza un apoyo en el centro del claro de la teja cuyas dimensiones son de 5 cm de ancho por 25 cm de largo y de forma tal que se ajuste a la superficie de la teja; en el caso que dicho apoyo no se ajuste a la conformación de la teja podrá utilizarse una esponja de 2 cm de espesor en la parte de contacto, el desajuste que se permite entre la teja y el apoyo es de 1 mm. Este apoyo puede ser fabricado de cualquier

material en el que su peso no sobrepase de 1.5 kg. y capaz de no deformarse considerablemente al realizar el ensaye. la forma del elemento que aplicará la carga sobre el apoyo central debe permitir movimientos tipo mecedora ajustándose transversalmente al tramo largo del apoyo (ver figura 3-2 en página 130). El peso del apoyo central debe incrementarse a la carga ejercida por la máquina. Para la realización de las pruebas de esta investigación se utilizó un apoyo de madera.

ASTM C 221-74 apartado 11.3.2

El punto de rompimiento de la pieza debe de ocurrir dentro de dos pulgadas (50.8 mm) del punto medio de la pieza donde la carga es aplicada. Cualquier rompimiento fuera de estos límites indica una pieza defectuosa y no debe de tomarse en cuenta para calcular la capacidad de momento.

ASTM C 221-74 apartado 11.4

Capacidad de momento. Calcular la resistencia o capacidad de momento de curvatura de la pieza, utilizando la fuerza flectora por el ancho de la pieza, como sigue:

$$M = PL/4$$

Donde:

M= momento de curvatura o dobles en Kilogramo fuerza - metro/ancho de la teja en metros

P= Fuerza flectora o de flexión, kilogramo fuerza - metro/ancho en metros.

L= claro de separación entre apoyos laterales, en metros.

Las tablas 3-22 y 3-23 de las páginas 131 y 132, muestran los resultados obtenidos de las pruebas efectuadas con la máquina universal; en donde se ha descartado la determinación del momento flector de las tejas cuya ruptura fue longitudinal.

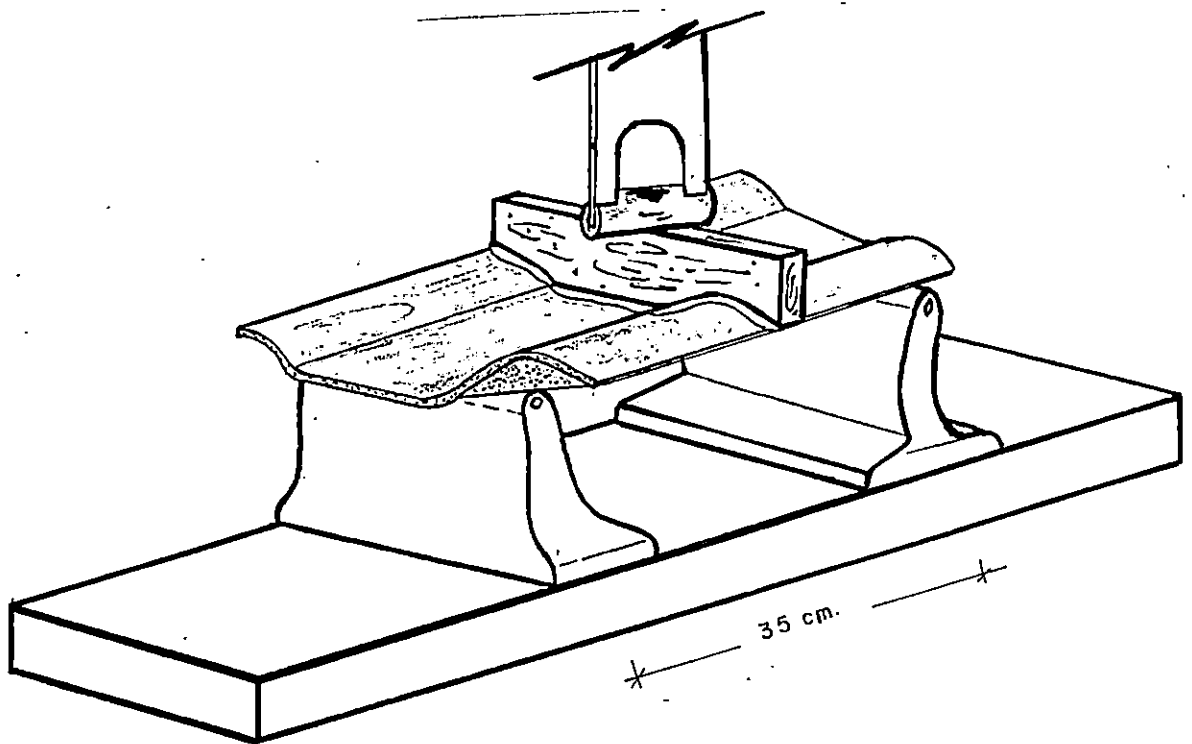


FIG. 3-2 PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO PROPUESTO EN BASE A NORMAS ASTM PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS							
CODIGO	LARGO	ANCHO	ESPEZOR	PESO	CARGA	TIPO DE DEFORMACION	MOMENTO FLECTOR METODO (KG-M/M)
	cm	cm	mm	grs	kg		
PA-C-1	50.00	25.00	8.42	2,478.0	40.0	TRANS	14.00
PA-C-2	49.50	25.00	8.12	2,344.0	35.0	TRANS	12.25
PA-C-3	49.80	24.50	8.00	2,207.0	50.0	TRANS	17.88
PA-C-4	49.50	25.30	8.75	2,501.0	50.0	TRANS	17.29
PA-C-5	49.50	25.20	8.75	2,394.0	45.0	LONG	
PA-C-6	49.70	25.50	8.25	2,440.0	55.0	TRANS	18.87
PA-C-7	49.70	25.00	8.17	2,203.0	40.0	TRANS	14.00
PA-C-8	49.50	25.00	8.08	2,317.0	30.0	TRANS	10.50
PA-C-9	49.80	24.50	8.08	2,211.0	45.0	TRANS	16.07
PA-C-10	49.50	25.00	8.58	2,482.0	25.0	TRANS	8.75
PA-C-11	49.80	24.80	8.87	2,885.0	15.0	LONG	
PA-C-12	49.50	24.40	8.00	2,088.0	30.0	LONG	
PA-C-13	49.40	25.00	8.00	2,497.0	25.0	TRANS	8.75
PA-C-14	49.50	25.20	8.25	2,225.0	35.0	TRANS	12.15
PA-C-15	49.80	25.00	8.85	2,359.0	20.0	LONG	
PA-C-16	49.90	25.00	8.00	2,364.0	70.0	TRANS	24.50
PA-C-17	50.00	25.30	8.75	2,128.0	30.0	TRANS	10.38
PA-C-18	49.50	25.00	8.08	2,303.0	50.0	TRANS	17.50
PA-C-19	49.60	25.20	8.00	2,288.0	10.0	LONG	
PA-C-20	49.80	24.90	8.25	2,259.0	35.0	LONG	
PROMEDIO	49.65	24.99	8.29	2,337.5	41.43		14.49

TABLA 3-22

PA-C: PRUEBA ASTM CAÑAS

Total de tejas defectuosas 6, equivalente al 30%

* El valor de la carga de la ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de carga ni para el cálculo de momento.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO PROPUESTO EN BASE A NORMAS ASTM PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA							
C.O.D. / C.O.D.	LARGO	ANCHO	E.S.P.E.D.E.	PESO	CARGA	T.P.O.D.E.	MOMENTO FLECTOR
	mm	mm	mm	kg	kg	R.U.P.T.U.R.A	kg-m / N-m
PA-A-1	49.20	24.80	8.33	2,188.0	45.0	TRANS	15.88
PA-A-2	49.30	24.70	8.42	2,380.0	50.0	TRANS	17.71
PA-A-3	49.30	24.90	8.42	2,484.0	50.0	TRANS	17.57
PA-A-4	49.00	24.70	8.25	2,302.0	25.0	TRANS	8.86
PA-A-5	49.30	24.80	7.87	2,331.0	45.0	TRANS	15.88
PA-A-6	49.60	25.30	8.58	2,382.0	20.0	LONG	
PA-A-7	49.20	24.50	8.17	2,223.0	50.0	TRANS	17.86
PA-A-8	49.50	25.00	7.83	2,111.0	15.0	LONG	
PA-A-9	49.50	24.80	8.00	2,533.0	45.0	TRANS	15.88
PA-A-10	50.00	25.00	7.92	2,393.0	35.0	LONG	
PA-A-11	49.50	25.00	8.83	2,577.0	35.0	TRANS	12.25
PA-A-12	49.50	25.00	8.17	2,219.0	50.0	TRANS	17.50
PA-A-13	49.30	25.00	7.87	2,337.0	50.0	TRANS	17.50
PA-A-14	49.50	25.00	7.92	2,538.0	55.0	TRANS	19.25
PA-A-15	49.20	24.90	8.25	2,552.0	50.0	TRANS	17.57
PA-A-16	49.10	25.00	8.08	2,410.0	55.0	TRANS	19.25
PA-A-17	49.30	24.70	7.92	2,337.0	25.0	TRANS	8.86
PA-A-18	49.30	24.80	8.17	2,494.0	40.0	LONG	
PA-A-19	49.10	24.60	8.42	2,186.0	35.0	TRANS	12.45
PA-A-20	50.00	25.00	8.42	2,476.0	45.0	LONG	
PROMEDIO	49.39	24.88	8.17	2,370.6	41.43		15.82

TABLA 3-23

PA-A: PRUEBA ASTM ARAMUACA

Total de tejas defectuosas 5, equivalente al 25%

* El valor de la carga de la ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de carga ni para el cálculo de momento.

3.4.1.3 COMPORTAMIENTO ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS DE CARGA A FLEXION

Para realizar un análisis estadísticos de una cantidad n de los resultados de una misma propiedad en estudio, se utiliza el valor de la media muestral de los resultados y su desviación estandar.

- La media muestral \bar{x} , de cada grupo n datos, donde el i -ésimo dato es x_i se define así:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- La desviación estandar muestral S de cada grupo muestral n datos cuya media muestral es \bar{x} , y donde x_i es el i -ésimo dato, se obtiene la siguiente expresión:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

- La relación que existe entre la desviación típica y la media aritmética la da el coeficiente de variación y este esta dado por:

$$V = S^2$$

- El límite para el error de estimación de acuerdo al valor de la muestra \bar{x} , con un intervalo de confianza para la media poblacional de aproximadamente 95 %, está dado por:

$$B = 2 \sqrt{\frac{S^2}{n} \left(\frac{N-n}{N} \right)}$$

Los intervalos de confianza varían de longitud y posición conforme se pasa de una muestra a otra, recordando también que los intervalos son aleatorios. En el muestreo repetido, aproximadamente el 95 % de los intervalos incluye a la media poblacional, pero cualquier intervalo puede o no incluir a esta media poblacional.

La interpretación y significado de la desviación típica, se encuentra al referirla a la distribución normal. Una distribución normal, se define completamente por su media aritmética y su desviación típica.

El uso de la teoría para la distribución normal de la media, requiere que se conozca la desviación típica poblacional σ . Si n es grande se puede usar también esta teoría cuando σ no se conoce sustituyéndola por la desviación típica muestral S .

La curva normal tiene su propia ecuación, lo cual significa que es posible analíticamente obtener valores para dos variables los que llevados a un gráfico nos reproducirán el trazo de la curva dada. Las variables que se usan son X,Y. La X nos representará la variable estadística de que se trate. La Y nos representará la frecuencia. La formula que nos permite realizar este trabajo es:

$$Y = \frac{N}{s \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-X^2/(2s^2)}$$

Donde:

Y: Ordenada correspondiente al valor de X

N: Total de observaciones

S: Desviación típica de la distribución

π : Una constante

e: Constante, base del sistema de logaritmo natural

X: es la variable independiente, la cual será dada en unidades de desviación típica.

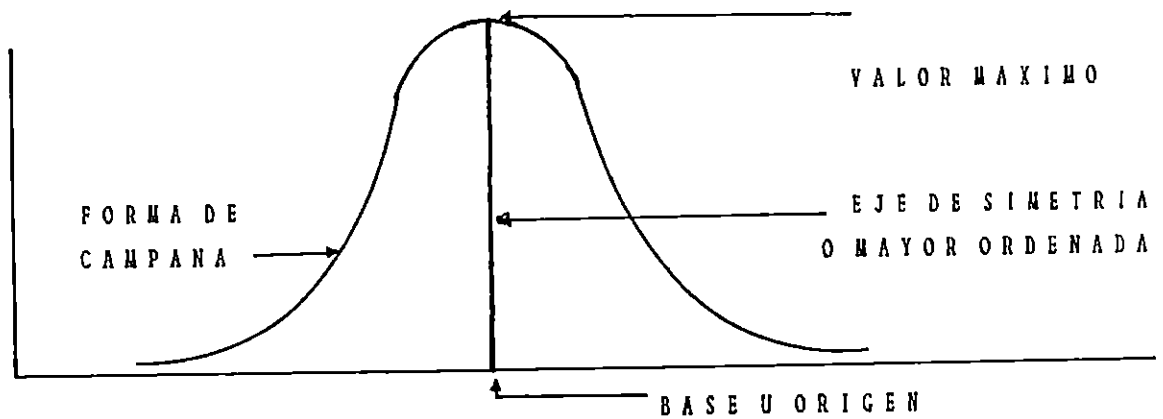


FIGURA 3-3 GRAFICA DE LA CURVA NORMAL

Los datos que se muestran a continuación, representan el comportamiento estadístico de los resultados de la carga de flexión:

MEZCLA CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS								
PROPORCION	ASTM				ACI 308			
	\bar{X}	S	U	$\pm B$	\bar{X}	S	U	$\pm B$
1:2.64	41.43	12.77	163.19	6.58	56.29	13.30	176.99	6.61

MEZCLA CON ARENA DE LAS MINAS DE ABANICABA								
PROPORCION	ASTM				ACI 308			
	\bar{X}	S	U	$\pm B$	\bar{X}	S	U	$\pm B$
1:2.64	44.33	9.80	95.95	4.86	57.38	16.03	256.89	7.21

TABLAS 3-24 Y 3-25

COMPORTAMIENTO ESTADISTICO DE LA CARGA DE FLEXION

Para lograr una mejor interpretación de los resultados

estadísticos, se realiza el gráfico 3-2 al 3-5 de la página 138 de curva normal o de Gauss para cada una de los resultados de las tablas 3-26 al 3-29.

CLASES	f	P _n	P _n f	P _n 2	P _n 2f
10-25	1	17.5	17.5	306.25	306.25
25-40	7	32.5	227.5	1056.25	7393.75
40-55	5	47.5	237.5	2256.25	11281.25
55-70	1	62.5	62.5	3906.25	3906.25
70-85	1	77.5	77.5	6006.25	6006.25
SUNATORIA	15		622.5		28893.75

TABLA 3-26 RESULTADOS CAÑAS-ASTM

CLASES	f	P _n	P _n f	P _n 2	P _n 2f
40-55	9	47.5	427.5	2256.25	20306.25
55-70	5	62.5	312.5	3906.25	19531.25
70-85	0	77.5	0	6006.25	0
85-100	1	92.5	92.5	8556.25	8556.25
SUNATORIA	15		832.5		48393.75

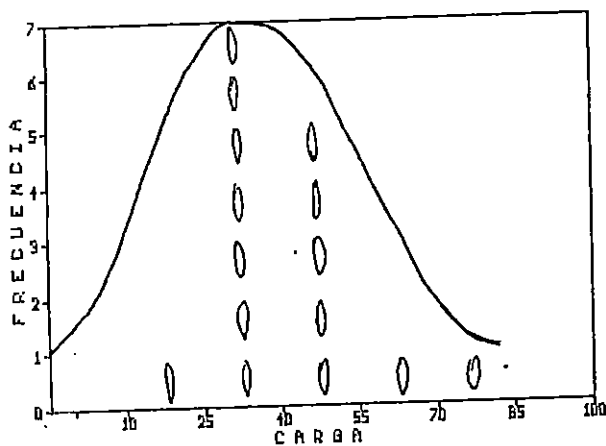
TABLA 3-27 RESULTADOS CAÑAS-CECAT

CLASES	f	P _n	P _n f	P _n 2	P _n 2f
25-40	6	32.5	195	1056.25	6337.5
40-55	6	47.5	285	2256.25	13537.5
55-70	1	62.5	62.5	3906.25	3906.25
70-85	1	77.5	77.5	6006.25	6006.25
SUNATORIA	14		620		29787.5

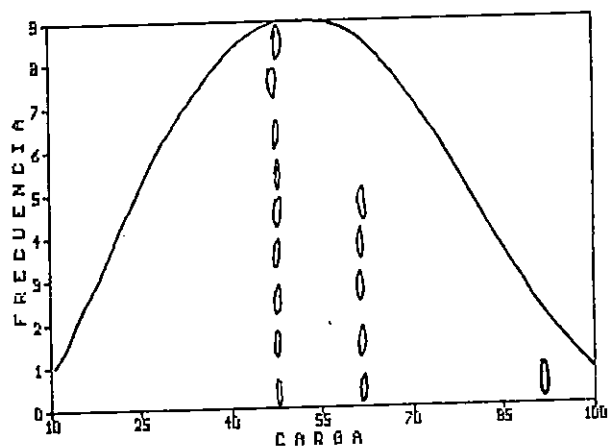
TABLA 3-28 RESULTADOS ARAMUACA-ASTM

CLASES	f	P _n	P _n f	P _n 2	P _n 2f
40-55	12	47.5	570	2256.25	27075
55-70	3	62.5	187.5	3906.25	11718.75
70-85	1	77.5	77.5	6006.25	6006.25
85-100	2	92.5	185	8556.25	17112.5
SUNATORIA	18		1020		61912.5

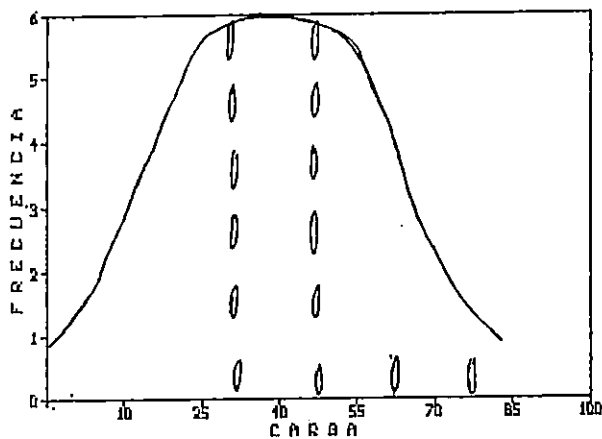
TABLA 3-29 RESULTADOS ARAMUACA CECAT



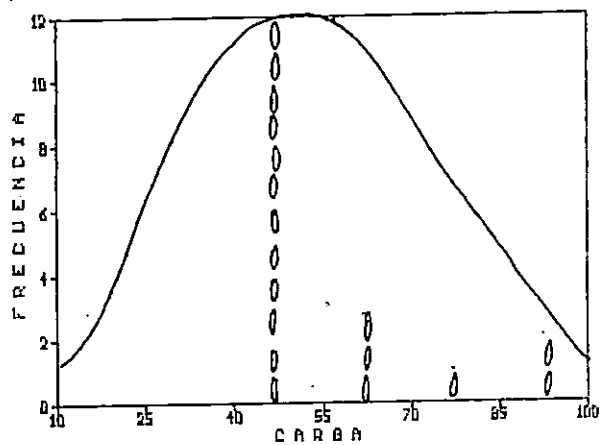
GRAFICA 3-2 CAÑAS-ASTM



GRAFICA 3-3 CAÑAS-CECAT



GRAFICA 3-4 ARAMUACA-ASTM



GRAFICA 3-5 ARAMUACA-CECAT

3.4.2 PERMEABILIDAD

La permeabilidad es un fenómeno producido por el exceso de agua que se utiliza en las mezclas, ya que no es posible trabajar el mortero con poca agua porque dificulta su trabajabilidad y vibrado.

Existen muchos factores que contribuyen a la permeabilidad, pero la relación agua/cemento y el curado tienen una alta influencia.

Para determinar la calidad de la TMC en cuanto a permeabilidad, se realizó el procedimiento que se describe en el capítulo II apartado 2.5.3 página 79, el ensayo se realizó en el cuarto húmedo de la escuela de ingeniería civil.

La edad de los especímenes ensayados fue de 28 días; siendo los resultados obtenidos los siguientes:

TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS				
ESPECIMEN	PERMEABILIDAD			
	GOTEO		HUMEDECIMIENTO	
	SI	NO	SI	NO
1		x		x
2		x		x
3		x		x
4		x		x
5		x		x

* No presento humedad durante el tiempo de prueba

TABLA 3-30 RESULTADOS DE PRUEBA DE PERMEABILIDAD, PARA TEJAS ELABORADA CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS.

TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA				
ESPECIMEN	PERMEABILIDAD			
	GOTEO		HUMEDECIMIENTO	
	SI	NO	SI	NO
1		x	x	
2		x	x	
3		x	x	
4		x	x	
5		x	x	

* El Humedecimiento presentado es mayor del 50% a un día, pero la prueba fue realizada durante 15 días en los cuales no presento goteo.

TABLA 3-31 RESULTADOS DE PRUEBA DE PERMEABILIDAD, PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA.

3.5 ANALISIS DE COSTOS

a) COSTOS INDIRECTOS

COSTOS DE MAQUINARIA Y EQUIPO POR UNIDAD.

EQUIPO	CANTIDAD	VIDA UTIL	TOTAL ¢
- Máquina vibratoria	1	5 años	10,000.00
- Molde	1	10 años	150.00
- Plástico	1	2 meses	0.42
- Cuchara medidora	1	4 meses	12.00
- Cuchara de albañil	1	6 meses	15.00
- Carretilla	1	2 años	250.00
- Pala	1	6 meses	250.00
- Balde	1	3 meses	20.00
- Zaranda No 5	1	1 mes	20.00
- Barriles	1	2 años	200.00
- Equipo para flexión	1	15 años	500.00

GASTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO A CONSIDERARSE EN UN AÑO

- Máquina ¢ 10000.00/5 años	¢	2000.00
- Molde ¢ 150/10 años	¢	15.00
- Plástico ¢ 0.42 x 6 períodos	¢	2.52
- Cuchara medidora ¢ 12.00 x 3 períodos	¢	36.00
- Cuchara de albañil ¢ 15.00 x 2 períodos	¢	30.00
- Carretilla ¢ 250.00/2 años	¢	125.00
- Pala ¢ 50.00 x 2 períodos	¢	100.00
- Zaranda ¢ 20.00 x 12 períodos	¢	240.00
- Barril ¢ 200.00/2 años	¢	100.00
- Equipo para prueba de flexión	¢	33.40

Gastos de operación por día= ¢ 2681.92/240 días
= ¢ 11.17/día

MANO DE OBRA

- Un operador de máquina ¢90.00/día

Costo diario de operación= ¢ 101.17/día

Mano de obra + maquinaria= ¢ 101.17/200 unidades/día

¢ 0.51/unidad

CUARTO DE CURADO DE AREA MINIMA DE CONSTRUCCION DE 16 m2

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	PREC. UNIT. ¢	TOTAL ¢
- Lámina	30	c.u	65.00	1950.00
- Cuarton de 4 m	12	c.u	32.00	384.00
- Pintura	2	galón	110.00	220.00
- Mortero	0.5	m3	130.00	65.00
- Clavos	3	libras	4.00	12.00
SUB TOTAL ¢				2631.00

Depreciación/día ¢ $2631.00/240$ días = ¢ 2.19/día

Depreciación/unidad ¢ $2.19/200$ unidades = ¢ 0.01

OTROS

- Energía eléctrica ¢ 0.03/unidad
- Material de desperdicio ¢ 0.02/unidad

Total de costos indirectos/unidad ¢ 0.57

b) COSTOS DIRECTOS

TEJA ELABORADA CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS

MATERIALES	CANT/TEJA	UNIDAD	PREC.UNIT. ¢	TOTAL ¢
- Cemento Portland	0.0145	bolsa	36.00	0.52
- Arena	0.001083	m3	100.67	0.11
- Agua	0.414	lts	0.08	0.03
- pigmento	0.00032	bolsa	500.00	0.16
- alambre de fijación	0.005	lbs	5.50	0.03
Sub total ¢				0.87

TEJA ELABORADA CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA

MATERIALES	CANT/TEJA	UNIDAD	PREC INIT ¢	TOTAL ¢
- Cemento Portland	0.0145	bolsa	36.00	0.52
- Arena	0.001083	m3	66.67	0.07
- Agua	0.359	lts	0.08	0.03
- Pigmento	0.00032	bolsa	500.00	0.16
- Alambre de fijación	0.0050	lbs	5.50	0.03
Sub total ¢				0.81

COSTO NETO

Teja elaborada con arena del rio Las Cañas ¢ 1.44

Teja elaborada con arena de las minas de Aramuaca ¢ 1.38

CAPITULO IV

4.1 DOSIFICACIONES

Para poder hacer el diseño de la mezcla, se tuvo control sobre las variables que intervienen en el proporcionamiento de un mortero, estas variables son: relación cemento-arena, relación agua-cemento (a/c), granulometría y fluidez de la mezcla. Esta última variable es muy importante, ya que controla a la relación a/c y esta a su vez a la resistencia a la compresión, además es la que el obrero necesita para obtener un mejor rendimiento.

En el capítulo anterior se pudo observar que la trabajabilidad de la mezcla se mantenía en un rango de fluidez de $75\% \pm 5\%$ medida en base a la norma ASTM C 230; lo que es equivalente a un diámetro final de 17.8 ± 0.5 cm en base al método del manual de CECAT, entonces se puede decir que esta es la condicionante que se debe mantener constante para el diseño de mezcla.

4.1.1 RELACIONES CEMENTO-ARENA

Es de notar que en el capítulo anterior los resultados promedios de carga se aproximan al valor requerido, por lo que se decidió que los puntos de dosificaciones a realizar debían

estar cerca de estas proporciones, con lo que se realizó una relación de variables que conducen a obtener un diseño según la relación cemento-arena.

La dosificación se hizo por volumen, utilizando como unidad de medida un balde de 0.00663 m³. La arena se tomo en condiciones naturales por lo que se tuvo que tomar en cuenta el factor de abundamiento por humedad.

DETERMINACION DE ABUNDAMIENTO POR HUMEDAD

Procedencia	Ensayo	h1	h2	%ABUND.	F.C.
Río Las Cañas	1	10	8.9	12.62	1.12
	2	10	8.1	23.46	1.23
				Promedio	1.18
Minas de Aramuaca	1	10	9.6	4.17	1.04
	2	10	9.0	11.11	1.11
				Promedio	1.075

RELACION APARENTE (1:N)

Procedencia	Cant. Baldes/bolsa cemento	N
Río Las Cañas	13.0	3.05
	14.0	3.28
	15.0	3.51
	16.0	3.75
Minas de Aramuaca	11.0	2.60
	12.5	2.90
	13.5	3.10
	14.0	3.30

Se eligieron cuatro dosificaciones, las cuales se presentan a continuación:

RELACION REAL 1:n

PROCEDENCIA	DOSIF.APARENTE(1:N)	ABUND	DOSIF.REAL(1:n)
Río Las Cañas	1 : 3.05	1.180	1 : 2.58
	1 : 3.28	1.180	1 : 2.78
	1 : 3.51	1.180	1 : 2.97
	1 : 3.18	1.180	1 : 3.75

Minas de Aramuaca	1 : 2.60	1.075	1 : 2.42
	1 : 2.90	1.075	1 : 2.70
	1 : 3.10	1.075	1 : 2.90
	1 : 3.30	1.075	1 : 3.07

4.1.2 RELACION AGUA/CEMENTO

Si mantenemos constante la cantidad de cemento, la granulometría de la arena, la fluidez necesaria y al variar la dosificación volumétrica de la arena, se tendrá una relación agua/cemento también variable que dependerá del agua demandada para mantener la fluidez. Por lo anterior, para cada una de las dosificaciones se obtuvo la relación agua/cemento utilizando el criterio del capítulo III numeral 3.3.3 página 111, mostrándose los resultados en la tabla 4-1 de la página 151.

4.2 CONTROL DEL MORTERO ENDURECIDO

Para el control del mortero endurecido se efectuaron pruebas de compresión de cubos de mortero a la edad de 7 y 28 días. Los resultados se muestran en las tablas 4-2 a 4-5, de las páginas 152 a 155. Las gráficas respectivas se muestran en las páginas 156 y 157.

ARENA DE:	DOSIF. (1:n)	Vah(cm3)	Fc	yah(gr/cm3)	w%	Abs%	Al(lts)	Aa(lts)	At(lts)	A/C
Río	2.58	86190	1.18	1.09	11.84	3.18	6.2	22.3	28.5	0.67
Las	2.78	92820	1.18	1.09	11.84	3.18	6.7	28.2	34.9	0.82
Cañas	2.97	99050	1.18	1.09	11.84	3.18	7.1	31.6	38.7	0.91
	3.18	104710	1.18	1.09	11.84	3.18	7.5	33.3	40.8	0.96
Minas	2.42	72930	1.075	1.578	4.46	1.97	2.6	20.8	23.4	0.55
de	2.70	82875	1.075	1.578	4.46	1.97	2.9	22.6	25.5	0.60
Aramuaca	2.98	89505	1.075	1.578	4.46	1.97	3.1	24.1	27.2	0.64
	3.07	92820	1.075	1.578	4.46	1.97	3.2	25.6	28.8	0.68

TABLA 4-1 DETERMINACION DE LA RELACION A/C.

* El contenido de humedad, el abudamiento y el peso volumétrico suelto de la arena son constantes debido a que la elaboración de las mezclas se efectuaron en las mismas condiciones.

** Cada dosificación es por bolsa de cemento.

CIELOS DE MORTERO ELABORADOS CON ARENA DEL RIO LAS CHINAS									
RESISTENCIA	DOSIS DE	ARENA DE	PESO	UNIFORMIDAD	PESO UNIFORMIDAD	EDAD	CANTIDAD	ESFUERZO	PROPORCIÓN
kg/cm ²	kg/m ³	carate	kg	cm ³	kg	meses	kg	kg/cm ²	kg/cm ²
1	2.58	25.25	253.2	130.1	1.95	7	3720	147.3	148.9
2		25.00	255.2	125.0	2.04	7	3760	150.4	
1	2.78	25.00	250.4	125.0	2.00	7	3300	132.0	137.2
2		25.00	249.6	125.0	1.99	7	3560	142.4	
1	2.97	25.00	245.1	125.0	1.96	7	2850	114.0	115.0
2		25.00	252.7	125.0	2.02	7	2900	116.0	
1	3.18	25.25	272.0	130.1	2.09	7	2080	82.4	93.0
2		25.00	271.0	125.0	2.17	7	2590	103.6	

TABLA 4-2

DIOS DE TIEMPO LABORIOS CON FORMA DEL PDD LAS CMMS

1	24.90	259.2	124.5	2.07	28	5800	236.9	
2	2.58	256.2	125.0	2.04	28	5500	220.0	
3		250.7	130.1	1.97	28	5940	235.2	
4		257.8	125.0	2.06	28	5670	226.8	229.7
1	2.78	250.4	127.5	1.96	28	5880	232.0	
2		249.6	125.0	2.00	28	4500	180.0	
3		247.7	125.0	1.97	28	5540	221.6	
4		255.7	124.5	2.05	28	5700	228.9	215.6
1	2.97	245.1	125.0	1.98	28	4500	180.0	
2		252.7	125.0	1.95	28	4660	186.4	
3		262.0	126.3	2.08	28	4720	186.9	
4		248.3	125.0	1.99	28	4700	188.0	185.3
1	3.18	272.0	130.1	2.10	28	4370	173.1	
2		268.3	130.1	2.11	28	4330	170.7	
3		271.0	125.0	2.17	28	4700	188.0	
4		270.0	125.0	2.16	28	3980	159.2	172.7

TABLA 4-3

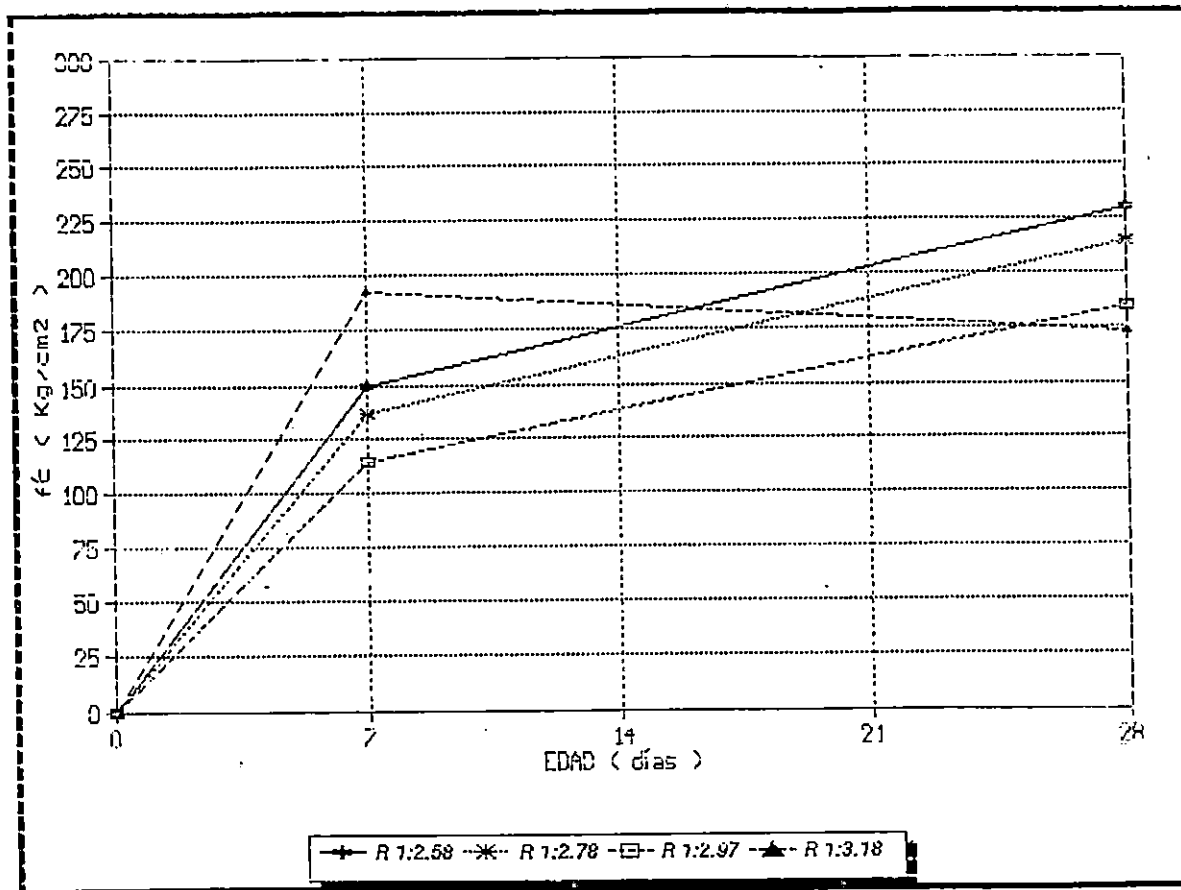
CUECOS DE MORTERO ELABORADOS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARMUDA									
NUMERO DE MUESTRA	INDICE	AREA DE CONTACTO CM ²	PESO KGS	VOLUMEN CM ³	DENSIDAD G/CM ³	EDAD DIAS	CARGA KGF	ESFUERZO COMPRISION KGF/CM ²	DENSIDAD COMPRIM G/CM ³
1	2.42	25.0	245.0	125.0	1.96	7	4000	160.0	159.8
2		25.0	263.3	127.5	2.07	7	3990	159.6	
1	2.70	25.0	274.0	125.0	2.19	7	3700	148.0	150.5
2		25.0	251.3	125.0	2.01	7	3825	153.0	
1	2.98	25.0	281.5	125.0	2.25	7	3410	136.4	133.2
2		25.0	268.5	126.3	2.12	7	3250	130.0	
1	3.07	25.0	258.0	125.0	2.07	7	3010	130.0	125.2
2		25.0	251.0	125.0	2.01	7		120.4	

TABLA 4-4

CUBOS DE MORTERO ELABORADOS CON ARENÁ DE LAS MINAS DE ARANIACA

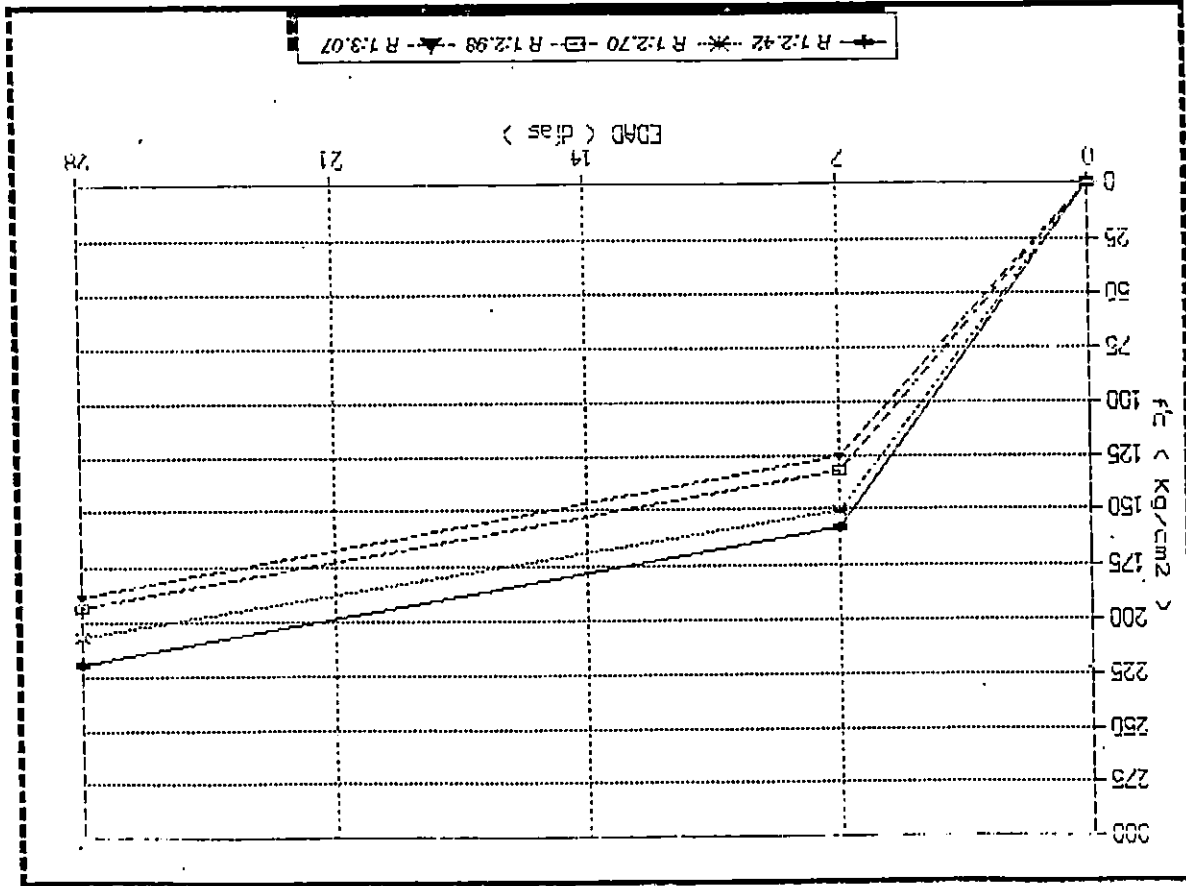
1	25.0	260.5	125.0	2.08	38	5200	208.0
2	25.0	258.3	125.0	2.07	28	5510	220.4
3	25.0	270.0	127.5	2.12	28	5650	226.0
4	25.0	265.2	127.5	2.08	28	5780	231.2
1	25.3	263.1	126.3	2.08	28	5800	217.4
2	25.0	261.5	125.0	2.09	28	5100	204.0
3	25.0	261.5	128.8	2.03	28	5020	200.8
4	25.0	263.6	125.0	2.11	28	5300	212.0
1	25.0	264.0	125.0	2.11	28	4710	188.4
2	25.0	263.0	125.0	2.10	28	4800	184.0
3	25.0	267.0	125.0	2.14	28	4900	196.0
4	25.3	258.9	126.3	2.05	28	5030	191.8
1	25.0	260.3	125.0	2.08	28	4700	188.0
2	25.3	255.0	126.3	2.02	28	4760	188.1
3	25.0	256.4	125.0	2.05	28	4670	186.8
4	25.0	263.9	127.5	2.07	28	4810	196.4
							208.5
							188.4
							196.0
							191.8
							188.0
							188.1
							186.8
							196.4
							188.8

TABLA 4-5



GRAFICA 4-1 COMPORTAMIENTO COMPARATIVO DEL ESFUERZO
 SEGUN LA EDAD, PARA DIFERENTES DOSIFICACIONES CON ARENA
 DEL RIO LAS CAÑAS.

DE LAS MINAS DE ARAMUACA.
SEGUN LA EDAD, PARA DIFERENTES DOSIFICACIONES CON ARENA
GRAFICA 4-2 COMPORTAMIENTO COMPARATIVO DEL ESFUERZO



4.3 CONTROL DEL PRODUCTO TERMINADO

Con las tejas elaboradas, se curaron cinco días a vapor y se completaron los veintiocho días con curado en sombra, las tejas de las diferentes dosificaciones se sometieron a los ensayos de flexión.

4.3.1 RESISTENCIA A FLEXION SEGUN EL CECAT

Los resultados se muestran en las tablas 4-7 a la 4-10 de las páginas 160 a 163 para las tejas elaboradas con arena del río Las Cañas; y de la 4-11 a la 4-14 de las páginas 164 a la 167 para las tejas elaboradas con arena de las minas de Aramuaca.

Conocida la relación A/C para cada proporción se graficó contra la media de carga de ruptura a flexión correspondiente, además se graficó la relación A/C contra la correspondiente relación cemento-arena. Posteriormente en cada gráfico se trazo una línea que cumpliera con la correlación lineal entre los puntos existentes. (Ver gráficos 4-3 al 4-6 de las páginas 168 a 171).

Como el manual de CECAT requiere de una carga esperada de flexión de 42.5 kg., para encontrar el diseño de mezcla en cuanto a la carga de flexión, se determinó la carga de diseño

así:

$$\text{Carga de diseño} = \text{carga esperada} \times F_s$$

Donde F_s es el factor de seguridad del 20%.¹

$$\text{Carga de diseño} = 42.5 \text{ kg} \times 1.20$$

$$\text{Carga de diseño} = 51 \text{ Kg.}$$

Con este valor de carga de diseño, se entra en el gráfico A/C vrs carga, determinándose la relación A/C correspondiente, y con esta relación puede determinarse en el gráfico A/C vrs proporción cemento arena la dosificación volumétrica a utilizar; como se muestra en los gráficos 4-3 y 4-4, en pág. 168 y 169.

Las relaciones volumétricas encontradas, se muestran en la tabla 4-6, puede notarse que no existe diferencia significativa con las usadas en las fabricas, las cuales se investigaron en el capítulo III.

DISEÑO DE MEZCLA	
ARENA DE:	RELACION VOL 1:n ENCONTRADA
Río las Cañas	1:2.66
Minas de Aramuaca	1:2.68

TABLA 4-6

PROPORCION 1:2.58

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO ESTABLECIDO POR CECAT PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS							
C O D I F I C A C I O N	L A R G O	A N C H O	E S P E S O R	P E S O	C A R G A	T I P O D E T E J A	M O M E N T O F L E C T A D O
	C M	C M	C M	K G	K G		M E T R O (K g . m e t r o)
PC-C-1	49.50	24.80	8.30	2,336.2	63.6	TRANS	22.44
PC-C-2	49.60	24.60	8.00	2,245.7	55.3	TRANS	19.67
PC-C-3	49.80	25.00	8.20	2,295.0	48.4	LONG	
PC-C-4	49.80	25.00	8.40	2,427.9	45.2	TRANS	15.82
PC-C-5	50.00	24.60	7.80	2,231.1	65.5	TRANS	23.30
PC-C-6	50.00	25.00	8.10	2,284.3	48.4	TRANS	16.94
PC-C-7	49.80	25.00	8.60	2,362.8	61.7	TRANS	21.60
PC-C-8	50.00	24.70	8.50	2,340.0	49.0	TRANS	17.36
PC-C-9	49.90	24.60	8.00	2,260.6	38.2	TRANS	13.59
PC-C-10	49.70	25.00	8.40	2,361.3	50.2	LONG	
PC-C-11	50.00	25.00	8.10	2,226.4	49.6	TRANS	17.36
PC-C-12	50.10	24.90	8.40	2,344.2	68.7	TRANS	24.14
PC-C-13	49.60	24.70	8.00	2,315.6	43.3	LONG	
PC-C-14	49.80	24.80	8.00	2,267.1	45.8	TRANS	16.16
PC-C-15	50.00	24.70	8.10	2,247.4	69.9	TRANS	24.76
PROMEDIO	49.84	24.83	8.19	2,303.0	55.08		19.43

TABLA 4-7

PC-C: Prueba CECAT-Cañas

Tejas defectuosas 3 equivalente al 20 %

*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.

PROPORCION 1:2.70

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO ESTABLECIDO POR CECAT PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS							
CODIGO	CARGA Kg	ANCHO cm	ESPESOR mm	PESO kg	CARGA kg	TIPO DE RUPTURA	MOMENTO FLECTOR * METODO DE BE-III
PC-C-1	49.70	24.70	8.40	2,311.3	35.0	LONG	
PC-C-2	50.00	25.00	8.30	2,309.5	48.4	TRANS	16.94
PC-C-3	49.60	24.90	8.00	2,265.3	42.0	LONG	
PC-C-4	49.80	25.10	7.90	2,244.0	52.8	TRANS	18.41
PC-C-5	50.00	25.00	8.30	2,267.8	54.1	TRANS	10.94
PC-C-6	50.00	24.80	8.00	2,379.3	39.5	TRANS	13.94
PC-C-7	49.80	24.70	7.90	2,147.9	35.7	TRANS	12.65
PC-C-8	49.70	25.00	8.30	2,341.0	37.6	TRANS	13.16
PC-C-9	50.00	25.20	8.20	2,234.9	50.9	TRANS	17.67
PC-C-10	49.80	24.70	8.10	2,263.4	48.4	LONG	
PC-C-11	49.90	24.90	8.00	2,271.4	45.8	TRANS	16.09
PC-C-12	49.80	24.80	8.30	2,232.7	39.5	TRANS	13.94
PC-C-13	50.00	25.00	8.00	2,245.2	45.8	TRANS	16.03
PC-C-14	50.00	25.10	7.80	2,198.0	50.1	LONG	
PC-C-15	49.80	25.00	8.30	2,271.8	59.8	TRANS	20.93
PROMEDIO	49.86	24.93	8.12	2,265.6	46.35		16.25

TABLA 4-8

PC-C: Prueba CECAT-Cañas

Tejas defectuosas 4 equivalente al 26.67 %

*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.



PROPORCION 1:2.97

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO ESTABLECIDO POR CECAT PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS							
CODIGO	LONGITUD	ANCHO	ESPESOR	PESO	CARGA	TIPO DE CARGA	MOMENTO FLECTOR * METODO ESTABLECIDO
PC-C-1	49.60	24.80	8.20	2,316.7	45.2	TRANS	15.95
PC-C-2	49.80	24.70	8.10	2,261.5	23.0	TRANS	9.15
PC-C-3	49.80	25.00	8.00	2,253.2	58.5	TRANS	20.48
PC-C-4	50.00	25.00	8.10	2,279.1	39.5	TRANS	13.83
PC-C-5	49.80	24.80	8.00	2,309.0	52.2	LONG	
PC-C-6	49.80	25.00	8.40	2,318.7	47.1	TRANS	16.49
PC-C-7	49.90	25.00	8.50	2,342.4	23.6	TRANS	8.26
PC-C-8	50.00	25.20	8.10	2,271.1	61.0	TRANS	21.18
PC-C-9	50.00	25.00	8.10	2,246.5	31.8	TRANS	11.13
PC-C-10	49.60	25.00	8.00	2,251.7	58.5	TRANS	20.48
PC-C-11	49.70	25.10	7.80	2,241.8	47.7	LONG	
PC-C-12	50.20	24.90	8.20	2,339.3	51.5	TRANS	18.10
PC-C-13	50.00	24.80	8.40	2,432.1	46.4	LONG	
PC-C-14	50.00	24.60	8.00	2,283.9	30.6	LONG	
PC-C-15	50.10	25.00	8.00	2,274.3	42.0	TRANS	14.70
PROMEDIO	49.89	24.93	8.13	2,294.75	43.91		15.24

TABLA 4-9

PC-C: Prueba CECAT-Cañas

Tejas defectuosas 4 equivalente al 26.67 %

*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.

PROPORCION 1:3.18

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO ESTABLECIDO POR CECAT PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS							
CODIGO	ARREDA	ANCHO	ESPESOR	PESO	CARGA	TIPO DE DIRECCION	MOMENTO FLECTOR * METODO DE HALL
PC-C-1	50.00	24.80	8.30	2,251.3	40.1	TRANS	14.15
PC-C-2	49.70	24.70	8.30	2,246.0	48.4	TRANS	17.15
PC-C-3	49.90	25.00	8.40	2,215.5	40.1	LONG	
PC-C-4	49.70	24.80	8.10	2,263.7	38.8	TRANS	13.69
PC-C-5	49.60	24.80	8.20	2,241.2	36.3	TRANS	12.81
PC-C-6	50.00	24.90	8.30	2,319.0	47.7	TRANS	16.76
PC-C-7	50.20	25.00	8.00	2,321.7	39.5	TRANS	13.83
PC-C-8	49.70	25.20	8.00	2,246.9	46.4	TRANS	16.11
PC-C-9	49.80	25.00	8.40	2,258.3	35.0	LONG	
PC-C-10	50.00	24.90	8.10	2,278.0	40.7	TRANS	14.30
PC-C-11	50.00	24.80	8.20	2,249.0	27.4	TRANS	9.67
PC-C-12	50.10	25.00	8.20	2,237.6	28.0	TRANS	9.80
PC-C-13	49.90	25.00	8.40	2,279.2	45.8	LONG	
PC-C-14	49.70	24.80	8.30	2,265.3	42.0	TRANS	14.82
PC-C-15	50.00	24.70	8.50	2,321.4	43.2	TRANS	15.34
PROMEDIO	49.89	24.89	8.25	2,266.3	33.2		14.03

TABLA 4-10

PC-C: Prueba CECAT-Cañas

Tejas defectuosas 3 equivalente al 20%

*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.

PROPORCION 1:2.42

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO ESTABLECIDO POR CECAT PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA							
C.O.D. I.S.O.	L.A.R.G.O	A.N.C.H.O	E.S.P.E.S.O.R.	P.E.S.O	C.A.R.G.A	T.I.P.O. D.E.	MOMENTO FLECTOR
	C.M.	C.M.	M.M.	K.G.	K.G.	C.U.C.T.U.O.A	* METOD. CECAT
PC-A-1	49.90	24.90	7.90	2,197.5	54.7	TRANS	19.22
PC-A-2	49.80	24.90	8.00	2,258.1	57.9	TRANS	20.35
PC-A-3	50.10	24.80	8.20	2,284.6	61.1	TRANS	21.56
PC-A-4	50.00	25.00	8.00	2,254.1	64.2	TRANS	22.47
PC-A-5	50.00	25.00	7.90	2,249.0	73.8	TRANS	25.83
PC-A-6	49.90	24.80	8.50	2,358.3	54.1	TRANS	19.09
PC-A-7	50.20	25.10	8.30	2,315.5	57.9	TRANS	20.18
PC-A-8	49.80	25.20	8.40	2,340.1	54.7	TRANS	18.99
PC-A-9	49.90	24.90	8.10	2,274.0	45.2	TRANS	15.88
PC-A-10	50.10	24.70	8.40	2,289.3	63.0	TRANS	22.32
PC-A-11	50.00	25.20	8.20	2,235.2	57.9	LONG	
PC-A-12	49.80	25.00	7.80	2,185.8	48.4	TRANS	16.94
PC-A-13	49.70	24.80	8.60	2,395.0	53.4	TRANS	18.84
PC-A-14	49.90	24.90	7.80	2,198.5	64.2	TRANS	22.56
PC-A-15	50.00	25.00	8.00	2,251.9	76.9	TRANS	26.92
PROMEDIO	49.94	24.95	8.13	2,272.5	59.9		20.80

TABLA 4-11

PC-A Prueba CECAT-Aramuaca

Tejas defectuosas 1 equivalente al 6.67%

*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.

PROPORCION 1:2.70

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO ESTABLECIDO POR CECAT PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA							
CODIGO	CARGA	ANCHO	ESPESOR	PESO	CARGA	TIPO DE	MOMENTO FLECTOR
	KG	CM	CM	KG	KG	METODO	CM-KG
PC-A-1	49.90	25.00	8.10	2,239.8	42.0	TRANS	14.70
PC-A-2	50.00	25.00	7.90	2,197.6	48.4	TRANS	16.94
PC-A-3	50.10	24.90	8.30	2,296.4	49.6	TRANS	17.43
PC-A-4	49.80	25.20	8.40	2,310.5	50.9	TRANS	17.67
PC-A-5	49.90	24.90	8.10	2,278.0	47.1	TRANS	16.55
PC-A-6	50.00	24.80	8.00	2,256.1	45.2	TRANS	15.95
PC-A-7	50.00	24.90	8.00	2,249.4	48.4	TRANS	17.01
PC-A-8	49.90	24.70	7.90	2,214.2	61.1	TRANS	21.64
PC-A-9	49.70	25.00	8.10	2,243.1	40.7	TRANS	14.25
PC-A-10	49.80	25.10	8.40	2,345.8	43.9	LONG	
PC-A-11	49.90	25.00	8.30	2,284.3	47.1	TRANS	16.49
PC-A-12	50.00	25.20	8.10	2,259.1	38.8	TRANS	13.47
PC-A-13	50.00	24.90	8.50	2,325.7	50.3	TRANS	17.68
PC-A-14	49.90	24.70	8.10	2,261.5	38.8	TRANS	13.74
PC-A-15	49.90	24.80	8.20	2,278.2	51.5	TRANS	18.17
PROMEDIO	49.92	24.94	8.16	2,269.3	47.1		16.55

TABLA 4-12

PC-A Prueba CECAT-Aramuaca

Tejas defectuosas 1 equivale al 6.67%

*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.

PROPORCIÓN 1:2.98

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO ESTABLECIDO POR CECAT PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA							
CODIGO	ESPESOR	ANCHO	ESPESOR	AREA	CARGA	TIPO DE	MOMENTO FLECTOR
	cm	cm	cm	cm ²	kg	ARQUETURA	por METODO CECAT
PC-A-1	50.00	25.30	8.50	2,262.6	38.8	TRANS	13.42
PC-A-2	49.80	25.10	8.10	2,075.1	34.4	LONG	
PC-A-3	50.00	25.00	8.30	2,268.0	42.0	TRANS	14.70
PC-A-4	50.00	25.00	7.90	2,117.5	42.6	TRANS	14.91
PC-A-5	49.80	25.10	8.20	2,271.3	38.8	TRANS	13.53
PC-A-6	49.60	25.30	8.00	2,079.1	35.7	LONG	
PC-A-7	49.50	24.90	8.10	2,301.8	45.2	TRANS	15.88
PC-A-8	49.80	24.90	8.30	2,253.6	41.4	TRANS	14.55
PC-A-9	50.00	25.00	8.50	2,304.7	36.9	TRANS	12.92
PC-A-10	50.00	25.10	8.10	2,283.4	38.8	TRANS	13.53
PC-A-11	49.80	24.80	8.50	2,286.9	32.5	TRANS	11.47
PC-A-12	50.30	25.10	8.20	2,243.8	36.9	TRANS	12.86
PC-A-13	49.70	25.00	8.30	2,195.0	32.5	TRANS	11.38
PC-A-14	49.90	24.90	8.00	2,005.1	34.4	TRANS	12.09
PC-A-15	50.10	25.20	8.40	2,211.7	35.7	TRANS	12.40
PROMEDIO	49.89	25.05	8.23	2,210.6	38.2		13.26

TABLA 4-13

PC-A Prueba CECAT-Aramuaca

Tejas defectuosas 2 equivalente al 13.33%

*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.

PROPORCION 1:3.07

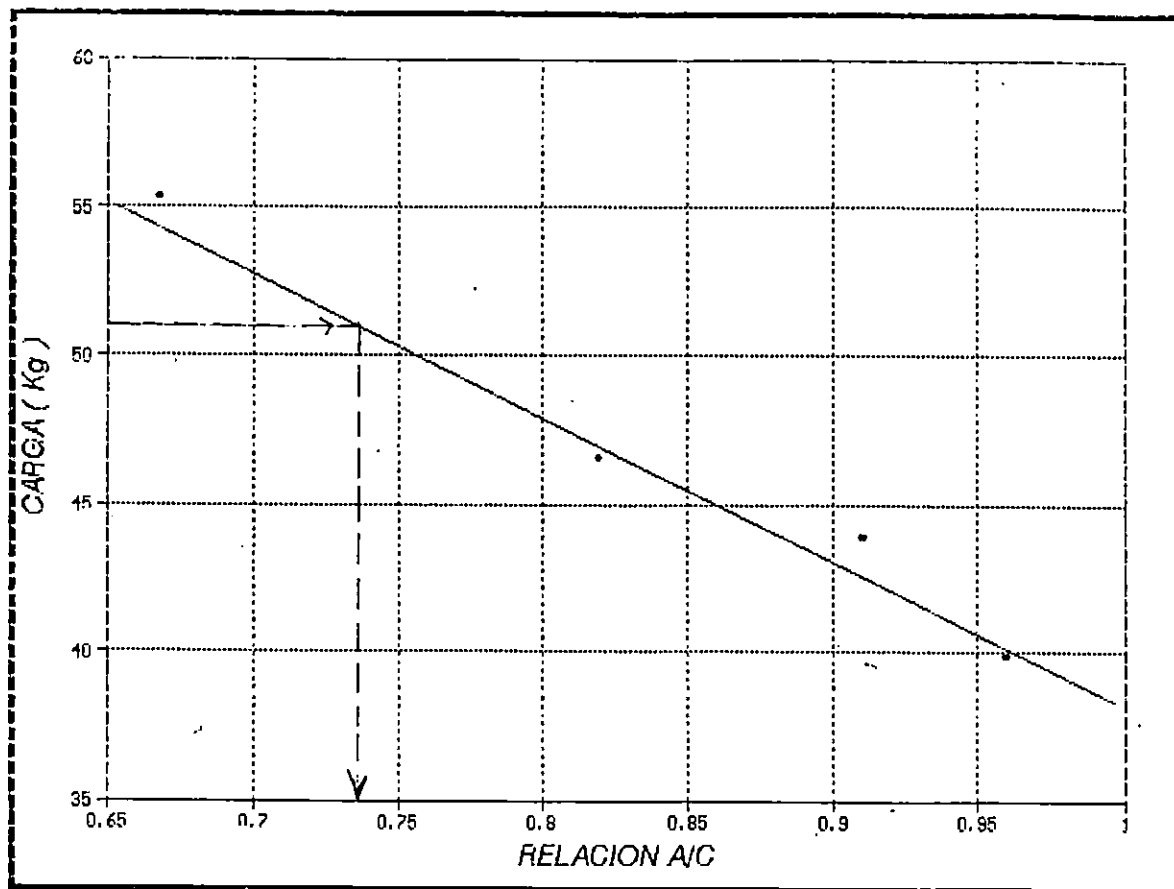
PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO ESTABLECIDO POR CECAT PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA							
CODIGO	TRABAJO	CARGA	DESPLAZAMIENTO	PESO	CARGA	TIPO DE RUPTURA	MOMENTO FLECTOR METODO ESTABLECIDO
PC-A-1	50.00	25.00	8.00	2,236.5	32.5	TRANS	11.38
PC-A-2	49.90	25.10	8.10	2,368.4	35.7	TRANS	12.45
PC-A-3	49.90	24.90	8.00	2,240.0	29.3	TRANS	10.30
PC-A-4	49.70	24.80	7.80	2,214.6	42.0	TRANS	14.92
PC-A-5	50.00	24.90	8.00	2,221.8	34.4	TRANS	12.09
PC-A-6	49.80	25.00	7.90	2,198.7	29.9	TRANS	10.47
PC-A-7	50.10	25.00	8.20	2,327.1	36.3	LONG	
PC-A-8	50.00	24.80	8.30	2,358.9	34.4	TRANS	12.14
PC-A-9	49.70	24.90	8.50	2,386.3	67.4	TRANS	23.68
PC-A-10	49.90	24.80	8.00	2,238.4	30.6	TRANS	10.80
PC-A-11	50.00	24.90	7.90	2,228.6	34.4	TRANS	12.09
PC-A-12	49.80	25.00	8.40	2,364.8	29.3	TRANS	10.26
PC-A-13	49.90	25.10	8.10	2,252.3	31.2	TRANS	10.88
PC-A-14	50.10	25.00	7.90	2,196.0	42.0	LONG	
PC-A-15	50.00	24.70	7.80	2,214.4	32.5	TRANS	11.51
PROMEDIO	49.92	24.93	8.06	2,269.8	35.66		12.53

TABLA 4-14

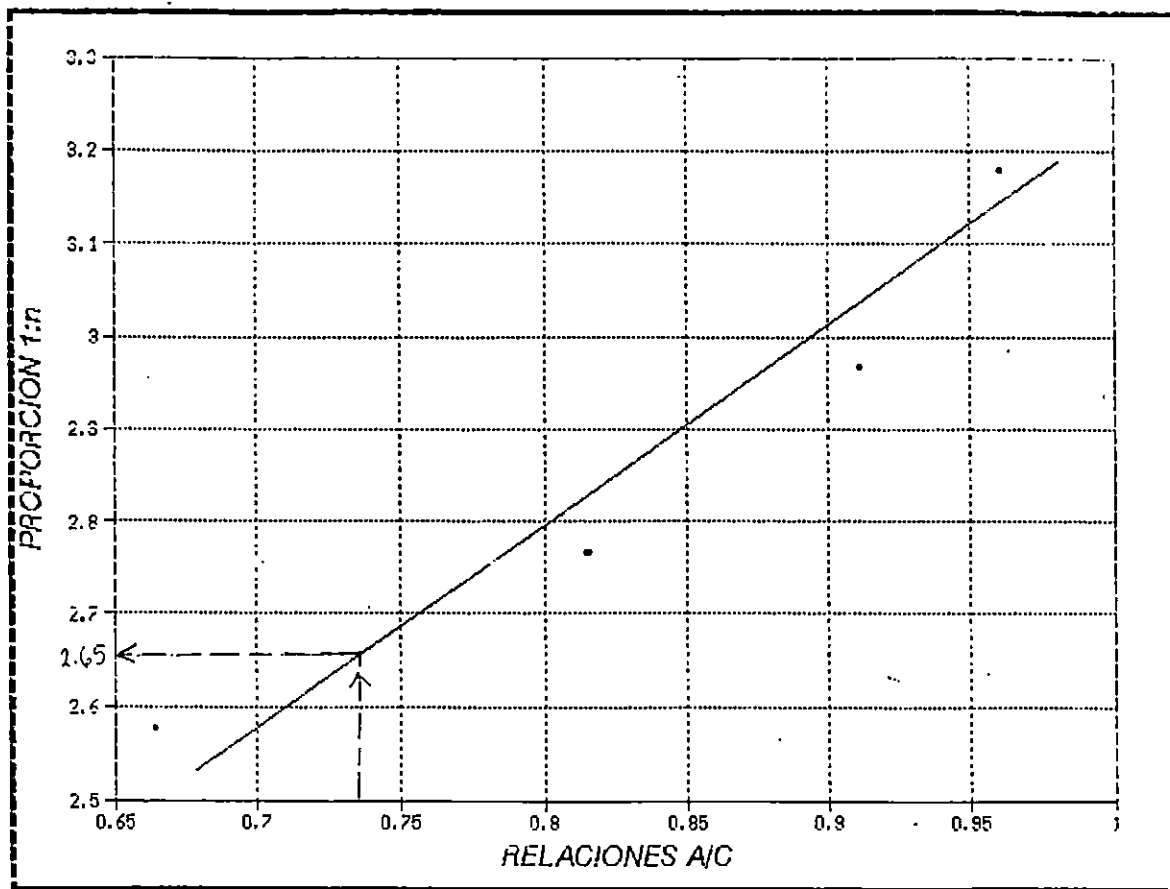
PC-A Prueba CECAT-Aramuaca

Tejas defectuosas 2 equivalente al 13.33%

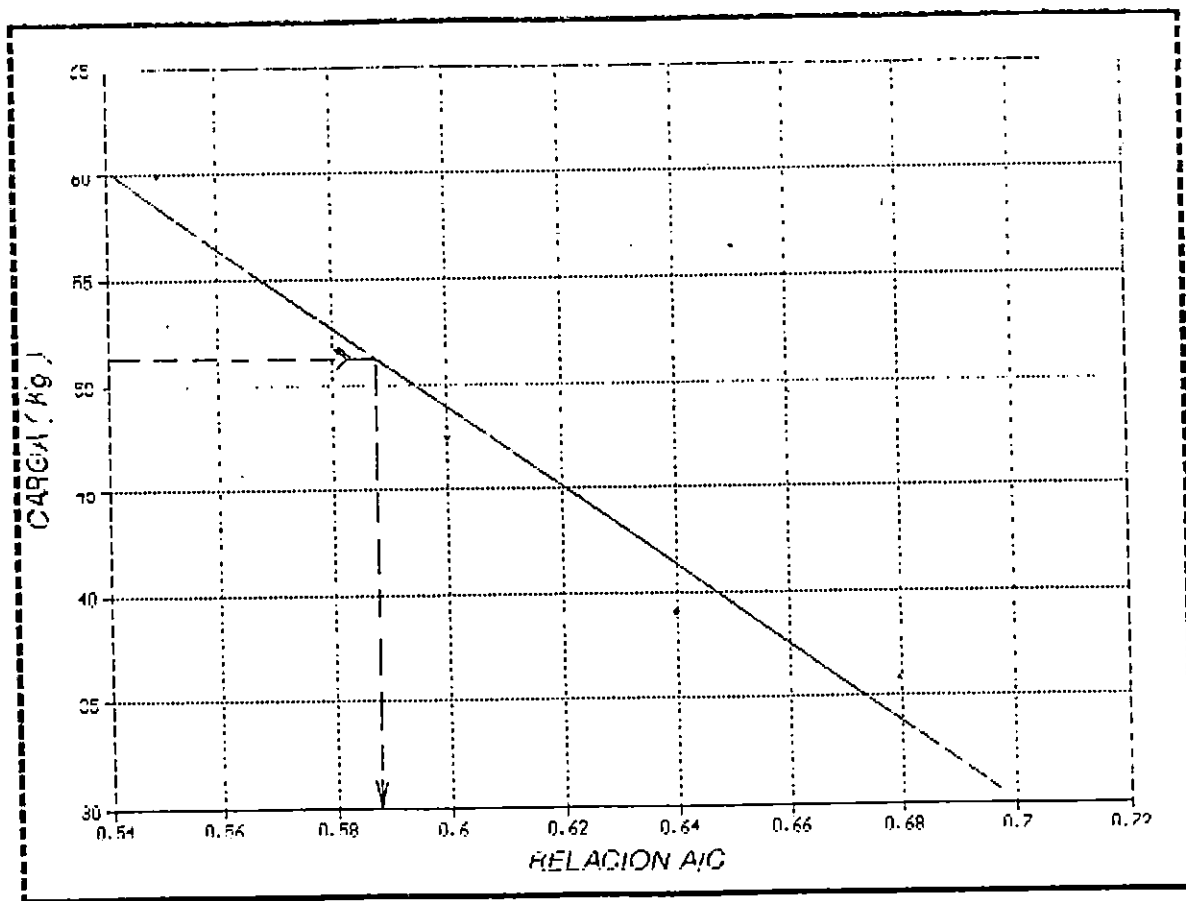
*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.



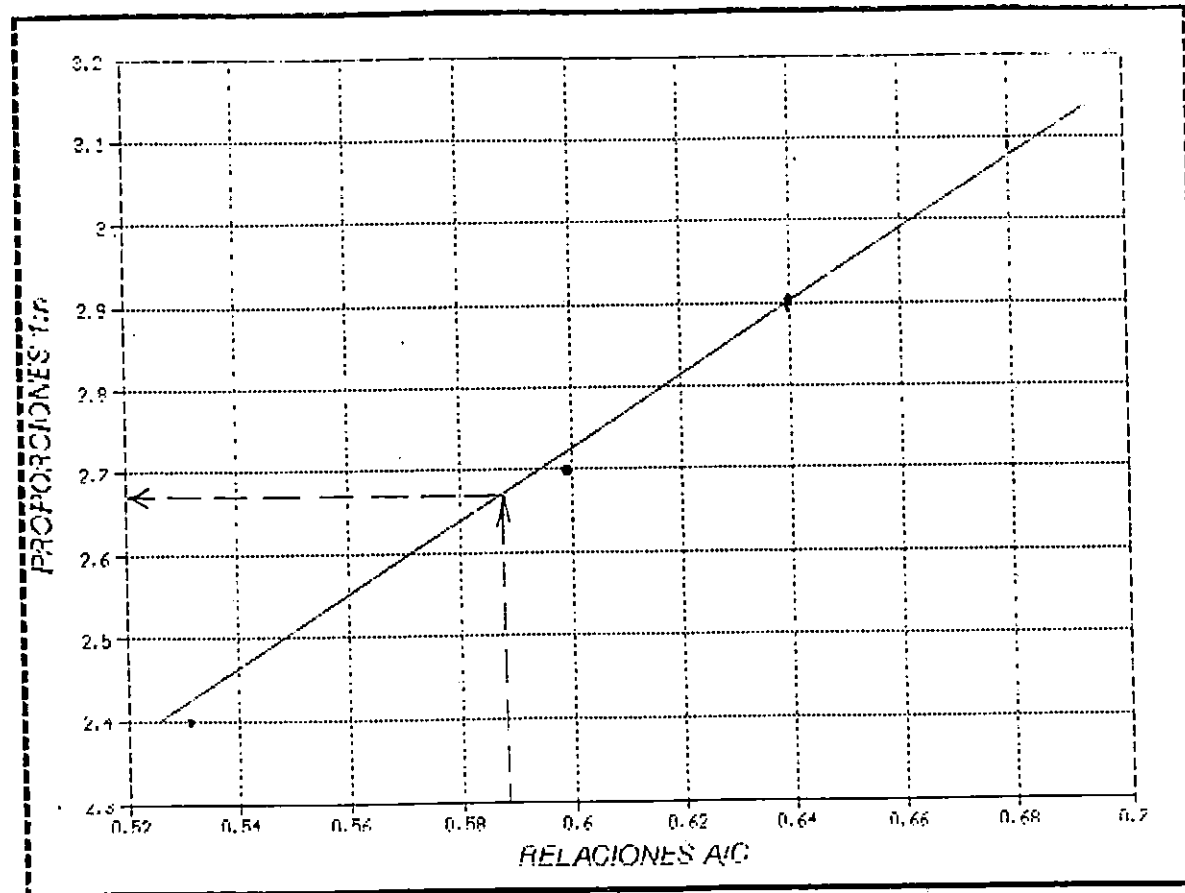
GRAFICA 4-3 COMPORTAMIENTO DE CARGA DE FLEXION DE LAS TEJAS,
 OBTENIDA CON LA MAQUINA CECAT CONTRA RELACION A/C
 PARA MEZCLA CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS



GRAFICA 4-4 COMPORTAMIENTO DE LA RELACION A/C CONTRA
 DOSIFICACIONES, PARA MEZCLA CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS,
 MANTENIENDO LA FLUIDEZ CONSTANTE.



GRAFICA 4-5 COMPORTAMIENTO DE CARGA DE FLEXION DE LAS TEJAS,
 OBTENIDA CON LA MAQUINA CECAT CONTRA RELACION A/C
 PARA MEZCLA CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA.



GRAFICA 4-6 COMPORTAMIENTO DE LA RELACION A/C CONTRA
 DOSIFICACIONES, PARA MEZCLA CON ARENA DE LAS MINAS DE
 ARAMUACA, MANTENIENDO LA FLUIDEZ CONSTANTE.

**4.3.2 RESISTENCIA A FLEXION SEGUN EL METODO PROPUESTO
EN BASE A NORMAS ASTM.**

Los valores de carga obtenidos por este método se presentan en las tablas 4-15 a la 4-18 de las páginas 174 a 177 para las tejas elaboradas con arena del río Las Cañas; y de la tabla número 4-19 a la 4-22 de las páginas 178 a la 181 para las elaboradas con arenas de las Minas de Aramuaca.

Puede notarse que los valores de carga de flexión son diferentes entre los métodos CECAT y ASTM, por lo que la carga de diseño anterior (51 kg) debe modificarse, para encontrar la carga de diseño en base a este método se consideró la diferencia en los promedios de carga encontrados.

PROCEDENCIA	DOSIF.(1:n)	CARGA-CECAT	CARGA-ASTM	e%
Río de Las Cañas	2.58	55.1	45.4	17.6
	2.78	46.4	37.3	19.6
	2.97	43.8	33.2	24.2
	3.18	39.9	32.7	18.0
Minas de Aramuaca	2.42	59.9	51.2	17.1
	2.70	47.1	37.9	19.5
	2.98	38.2	32.3	15.2
	3.07	35.7	33.3	6.5
		PROMEDIO		17.2 %

Por lo tanto la carga de diseño de mezcla del método ASTM sería:

$$\text{Carga de diseño} = 51 \text{ Kg} \times 82.8 \%$$

$$\text{Carga de diseño} = 42.2 \text{ kg.}$$

Con esta carga de diseño se puede corroborar en los gráficos 4-7 y 4-10 de las páginas 182 a la 185, que las proporciones volumétricas son similares.

Una vez encontrada la relación volumétrica cemento arena, será solamente necesario tener control de la fluidez de la mezcla.

La Gráfica 4-11 de la página 186, muestra la relación entre la resistencia a la compresión de cubos de mortero y la carga de flexión obtenida con la máquina CECAT. En la gráfica 4-12 de la página 187, se observa la relación entre la resistencia a la compresión y la dosificación volumétrica de materiales.

PROPORCION 1:2.58

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO PROPUESTO EN BASE A NORMAS ASTM PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS							
C.O.D. T.C.D.	L.A.D. C.O.	A.N.C.N.O.	E.S.P.E.S.O.R.	P.E.S.O.	C.A.R.G.A.	T.I.P.O. D.E.	ROBERTO FLECTOR (MÉTOD. I. KJ-020)
	P.A.S.	C.O.S.	U.A.	G.F.A.	K.G.	C.U.D.T.U.R.A.	
PA-C-1	49.50	25.00	8.40	2,342.2	55.0	TRANS	19.25
PA-C-2	49.70	25.10	8.30	2,236.9	35.0	TRANS	12.20
PA-C-3	49.50	25.00	8.10	2,304.5	50.0	TRANS	17.50
PA-C-4	49.50	24.90	8.30	2,198.3	20.0	LONG	
PA-C-5	49.80	25.00	8.00	2,303.6	50.0	TRANS	17.50
PA-C-6	50.00	24.90	8.20	2,241.0	35.0	TRANS	12.30
PA-C-7	50.00	25.00	8.10	2,298.2	40.0	TRANS	14.00
PA-C-8	49.70	25.10	8.10	2,362.5	65.0	TRANS	22.66
PA-C-9	49.50	25.00	8.30	2,295.0	45.0	TRANS	15.75
PA-C-10	49.50	25.00	8.00	2,269.3	15.0	LONG	
PA-C-11	49.60	25.00	8.40	2,321.7	45.0	TRANS	15.75
PA-C-12	49.80	25.00	8.30	2,315.9	55.0	TRANS	19.25
PA-C-13	50.00	24.80	8.00	2,199.0	35.0	TRANS	12.35
PA-C-14	50.00	24.80	8.50	2,336.2	35.0	TRANS	12.35
PA-C-15	49.70	24.90	8.30	2,321.0	20.0	LONG	
PROMEDIO	49.72	24.97	8.22	2,289.6	45.42		15.90

TABLA 4-15

PC-C: Prueba ASTM-Cañas

Tejas defectuosas 3 equivalente al 20%

*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.

PROPORCION 2.78

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO PROPUESTO EN BASE A NORMAS ASTM PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS							
C.O.B.T.E.D.	L.A.R.B.D.	A.N.C.N.O.	E.S.P.E.S.O.R.	P.E.S.O.	C.A.R.G.A	T.I.P.O.D.E	MOMENTO FLECTOR *(METRO-NEWTON)
	CM	CM	CM	KG	KG	DIRECCION	
PA-C-1	49.70	25.00	8.50	2,326.3	50.0	TRANS	17.50
PA-C-2	49.60	24.90	8.30	2,265.5	20.0	TRANS	7.03
PA-C-3	49.60	24.80	8.20	2,242.9	35.0	TRANS	12.35
PA-C-4	49.50	25.20	8.00	2,346.0	25.0	LONG	
PA-C-5	49.70	25.00	8.10	2,354.0	55.0	TRANS	19.25
PA-C-6	50.00	25.10	7.90	2,340.5	50.0	TRANS	17.43
PA-C-7	50.00	25.00	7.80	2,267.8	35.0	TRANS	12.25
PA-C-8	49.50	24.80	8.50	2,198.3	15.0	TRANS	5.29
PA-C-9	50.00	24.80	7.90	2,344.5	40.0	TRANS	14.11
PA-C-10	49.70	25.00	8.10	2,309.0	45.0	TRANS	15.75
PA-C-11	49.70	25.00	8.00	2,348.9	50.0	TRANS	17.50
PA-C-12	49.70	25.10	8.30	2,315.5	35.0	TRANS	12.20
PA-C-13	50.00	25.20	8.30	2,218.2	30.0	TRANS	10.42
PA-C-14	49.80	25.00	7.90	2,252.0	35.0	LONG	
PA-C-15	50.10	24.80	8.50	2,264.4	25.0	TRANS	8.82
PROMEDIO	49.77	24.98	8.15	2,292.9	37.3		13.07

TABLA 4-16

PC-C: Prueba ASTM-Cañas

Tejas defectuosas 2 equivalente al 13.33%

*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.

PROPORCION 1:3.18

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO PROPUESTO EN BASE A NORMAS ASTM PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS							
C.O.D. O. D.	E. P. B. O.	A. N. C. N. O.	E. P. E. S. O. R.	P. E. S. O. D.	C. A. R. G. A.	T. I. P. O. D. E.	MOMENTO FLECTOR
	C. M. S.	C. M. S.	M. M.	K. G. S.	K. G.	D. I. R. E. C. I. O. N.	* METRO. K.G.S. - M. M.
PA-C-1	49.90	25.00	8.20	2,282.0	45.0	TRANS	15.75
PA-C-2	49.50	25.00	8.50	2,172.3	15.0	TRANS	5.25
PA-C-3	49.90	25.10	8.30	2,388.2	25.0	TRANS	8.72
PA-C-4	49.50	25.20	8.00	2,394.7	40.0	TRANS	13.39
PA-C-5	49.70	24.90	8.20	2,161.4	15.0	TRANS	5.27
PA-C-6	49.50	25.10	8.20	2,214.8	25.0	TRANS	7.00
PA-C-7	50.00	24.90	8.50	2,337.6	35.0	LONG	
PA-C-8	49.90	24.80	8.00	2,271.9	15.0	TRANS	5.29
PA-C-9	49.60	24.70	8.30	2,302.7	20.0	LONG	
PA-C-10	49.50	24.80	8.50	2,365.5	50.0	TRANS	17.64
PA-C-11	50.00	25.00	8.20	2,318.0	40.0	TRANS	14.00
PA-C-12	50.00	25.00	8.30	2,309.5	45.0	TRANS	15.75
PA-C-13	49.70	24.00	8.00	2,255.9	35.0	TRANS	12.76
PA-C-14	50.00	25.00	8.70	2,368.8	50.0	TRANS	17.50
PA-C-15	50.00	25.00	8.30	2,390.0	25.0	TRANS	8.75
PROMEDIO	49.77	24.90	8.28	2,302.2	32.7		11.35

TABLA 4-18

PC-C: Prueba ASTM-Cañas

Tejas defectuosas 2 equivalente al 13.33%

*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.

PROPORCION 2.97

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO PROPUESTO EN BASE A NORMAS ASTM PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS							
CODIGO	LARGO	ANCHO	ESESOR	PESO	CARGA	TIPO DE	MOMENTO FLECTOR
	CM	CM	CM	KG	KG	DIRECCION	CM-KG
PA-C-1	49.70	25.20	8.20	2,288.5	45.0	TRANS	15.63
PA-C-2	49.60	25.00	8.00	2,236.0	20.0	TRANS	7.00
PA-C-3	49.80	25.00	8.30	2,264.5	25.0	TRANS	8.75
PA-C-4	50.00	24.90	7.80	2,245.0	30.0	LONG	
PA-C-5	49.70	24.80	8.20	2,260.3	35.0	TRANS	12.35
PA-C-6	49.90	25.20	8.00	2,254.5	25.0	TRANS	8.68
PA-C-7	50.00	25.00	8.30	2,361.0	35.0	LONG	
PA-C-8	49.50	24.90	8.50	2,319.0	45.0	TRANS	15.81
PA-C-9	49.70	24.80	8.30	2,283.6	15.0	LONG	
PA-C-10	50.00	25.00	8.00	2,273.4	35.0	TRANS	12.25
PA-C-11	50.00	25.00	8.10	2,271.2	35.0	TRANS	12.25
PA-C-12	49.20	25.10	8.40	2,256.8	30.0	TRANS	10.46
PA-C-13	49.70	24.90	8.50	2,351.3	20.0	LONG	
PA-C-14	50.00	24.90	8.10	2,336.2	45.0	TRANS	15.81
PA-C-15	49.80	24.80	8.20	2,246.6	25.0	TRANS	8.82
PROMEDIO	49.81	24.97	8.19	2,283.2	33.2		11.62

TABLA 4-17

PC-C: Prueba ASTM-Cañas

Tejas defectuosas 3 equivalente al 20%

*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.

PROPORCION 1:2.42

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO PROPUESTO EN BASE A NORMAS ASTM PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA							
C.O.D. DE TEJA	E.P.E.D. C.A.V.	D.N.C.N.D. C.A.S.	E.P.E.S.D. E.A.	P.E.S.D. C.V.Z.	C.A.R.E.A. E.V.	T.I.P.O. DE D.D.T.U.D.A.	MOMENTO FLECTOR * METODO PRO-AMM
PA-A-1	50.30	24.80	8.20	2,210.3	55.0	TRANS	19.41
PA-A-2	49.80	25.00	8.10	2,175.2	50.0	TRANS	17.50
PA-A-3	49.90	25.00	8.10	2,097.1	35.0	TRANS	12.25
PA-A-4	50.00	24.90	8.30	2,117.4	45.0	LONG	
PA-A-5	50.20	25.10	8.50	2,354.0	45.0	TRANS	15.69
PA-A-6	50.00	25.00	8.40	2,243.0	55.0	TRANS	19.25
PA-A-7	50.20	25.00	8.50	2,376.1	60.0	TRANS	21.00
PA-A-8	50.10	25.20	8.30	2,174.9	45.0	TRANS	15.63
PA-A-9	49.90	25.00	8.50	2,184.8	65.0	TRANS	22.75
PA-A-10	49.90	25.10	8.10	2,146.0	55.0	TRANS	19.17
PA-A-11	50.00	24.80	8.40	2,371.3	20.0	LONG	
PA-A-12	50.00	24.90	8.60	2,361.5	35.0	TRANS	12.30
PA-A-13	49.80	24.90	8.00	2,187.4	50.0	TRANS	17.57
PA-A-14	50.00	24.80	8.50	2,217.0	60.0	TRANS	21.17
PA-A-15	50.10	25.10	8.10	2,246.5	55.0	TRANS	19.17
PRONEDIO	50.01	24.97	8.31	2,230.8	51.15		17.91

TABLA 4-19

PA-A: Prueba ASTM-Aramuaca

Tejas defectuosas 2 equivalente al 13.33%

*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.

PROPORCION 1:2.70

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO PROPUESTO EN BASE A NORMAS ASTM PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA							
C.O.T.E.O.	L.T.O.O.	A.N.C.H.O.	E.S.P.E.S.O.R.	P.E.S.O.	C.A.R.G.A.	T.I.P.O. DE D.O.C.U.M.	MOMENTO FLECTOR * NETO (20-AR)
PA-A-1	49.90	25.00	7.90	2,187.9	45.0	TRANS	15.75
PA-A-2	49.80	25.10	8.00	2,245.1	30.0	TRANS	10.46
PA-A-3	50.00	25.00	8.40	2,298.3	30.0	LONG	
PA-A-4	50.00	24.90	8.30	2,272.4	45.0	TRANS	15.81
PA-A-5	50.10	24.80	8.10	2,225.7	25.0	TRANS	8.82
PA-A-6	50.20	24.90	8.00	2,245.1	50.0	TRANS	17.57
PA-A-7	49.80	25.00	7.80	2,215.2	55.0	TRANS	19.25
PA-A-8	49.90	25.00	8.40	2,302.5	25.0	LONG	
PA-A-9	50.00	25.10	8.20	2,257.9	30.0	TRANS	10.46
PA-A-10	49.70	24.70	8.10	2,224.7	45.0	TRANS	15.94
PA-A-11	50.20	25.00	8.00	2,236.6	35.0	TRANS	12.25
PA-A-12	50.10	24.90	8.00	2,239.3	35.0	LONG	
PA-A-13	50.00	24.90	8.30	2,276.4	15.0	TRANS	5.29
PA-A-14	50.00	25.00	7.90	2,208.8	30.0	TRANS	10.50
PA-A-15	49.80	25.10	8.20	2,247.3	50.0	TRANS	17.43
PROMEDIO	49.97	24.95	8.11	2,245.5	37.97		13.29

TABLA 4-20

PA-A: Prueba ASTM-Aramuaca

Tejas defectuosas 3 equivalente al 20%

*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.

PROPORCION 1:2.98

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO PROPUESTO EN BASE A NORMAS ASTM PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA							
C.O.D. T.E.S.O.	LARGO C.M.	ANCHO C.M.	ESPESOR M.M.	PESO G.Y.S.	CARGA Kg.	TIPO DE DEFORMACION	MOMENTO FLECTOR * METOD. (Kg.-M ²)
PA-A-1	49.90	25.10	8.10	2,210.2	10.0	LONG	
PA-A-2	49.90	24.90	7.80	2,198.9	25.0	TRANS	8.79
PA-A-3	49.80	24.90	8.10	2,204.7	25.0	TRANS	8.79
PA-A-4	50.10	24.80	8.00	2,215.9	40.0	TRANS	14.11
PA-A-5	50.00	24.70	8.20	2,247.6	30.0	TRANS	10.63
PA-A-6	49.80	25.00	8.40	2,268.6	20.0	TRANS	7.00
PA-A-7	49.90	25.20	8.20	2,251.3	40.0	TRANS	13.89
PA-A-8	50.20	25.10	7.90	2,205.6	50.0	TRANS	17.43
PA-A-9	50.00	25.00	8.00	2,247.3	35.0	LONG	
PA-A-10	49.70	24.80	8.30	2,258.1	25.0	TRANS	8.82
PA-A-11	50.10	24.90	8.20	2,232.4	30.0	TRANS	10.54
PA-A-12	49.90	24.80	8.00	2,229.8	35.0	LONG	
PA-A-13	49.80	25.00	7.90	2,201.6	20.0	LONG	
PA-A-14	50.10	25.10	8.40	2,305.7	40.0	TRANS	13.94
PA-A-15	50.00	25.00	8.00	2,225.2	30.0	TRANS	10.50
PROMEDIO	49.95	24.95	8.11	2,233.5	32.27		11.31

TABLA 4-21

PA-A: Prueba ASTM-Aramuaca

Tejas defectuosas 4 equivalente al 26.67%

*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.

PROPORCION 1:3.07

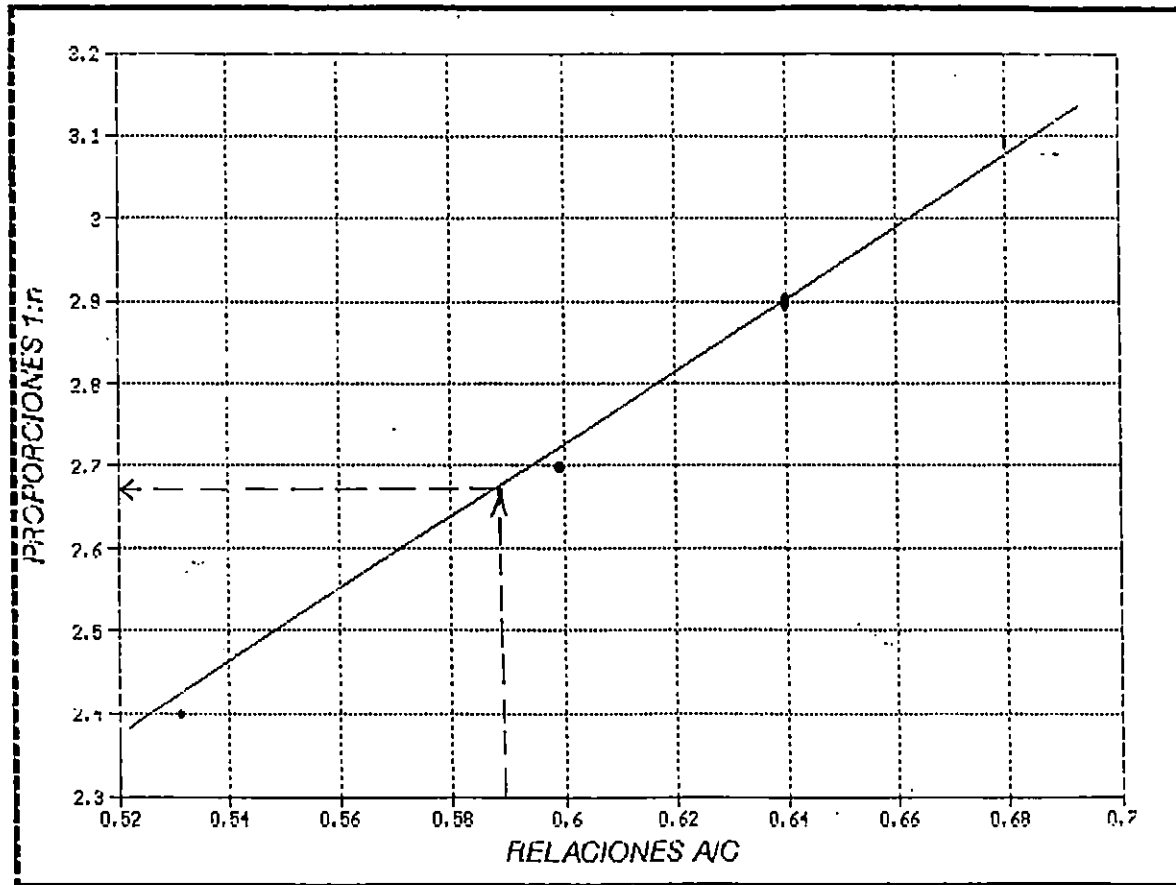
PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO PROPUESTO EN BASE A NORMAS ASTM PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA							
C.O.D. T.E.D.	LARGO C.M.	ANCHO C.M.	ESPESOR C.M.	PESO Kg	CARGA Kg	TIPO DE C.O.T.U.R.A.	MOMENTO FLECTOR METOD. C.E.G.-G.V. 1
PA-A-1	50.10	25.00	8.10	2,125.2	45.0	TRANS	15.75
PA-A-2	49.90	25.10	8.00	2,004.8	50.0	TRANS	17.43
PA-A-3	50.00	25.00	8.20	2,101.1	25.0	TRANS	9.75
PA-A-4	50.00	24.90	7.90	1,995.5	30.0	TRANS	10.54
PA-A-5	49.80	24.80	8.30	2,325.1	50.0	TRANS	17.64
PA-A-6	49.70	24.80	8.30	2,220.0	35.0	TRANS	12.25
PA-A-7	50.10	25.20	8.00	2,165.3	40.0	TRANS	13.89
PA-A-8	49.80	25.00	8.40	2,335.9	15.0	LONG	
PA-A-9	50.30	25.30	8.40	2,295.2	20.0	TRANS	6.92
PA-A-10	50.00	24.90	8.10	2,140.7	15.0	TRANS	5.27
PA-A-11	50.10	25.00	8.30	2,231.4	35.0	LONG	
PA-A-12	49.70	25.10	8.50	2,354.1	20.0	TRANS	6.97
PA-A-13	50.20	24.70	7.90	2,168.1	45.0	TRANS	15.94
PA-A-14	49.80	25.10	8.00	2,190.4	30.0	LONG	
PA-A-15	49.90	24.90	8.40	2,255.6	25.0	TRANS	8.79
PROMEDIO	49.96	24.99	8.19	2,193.2	33.33		11.69

TABLA 4-22

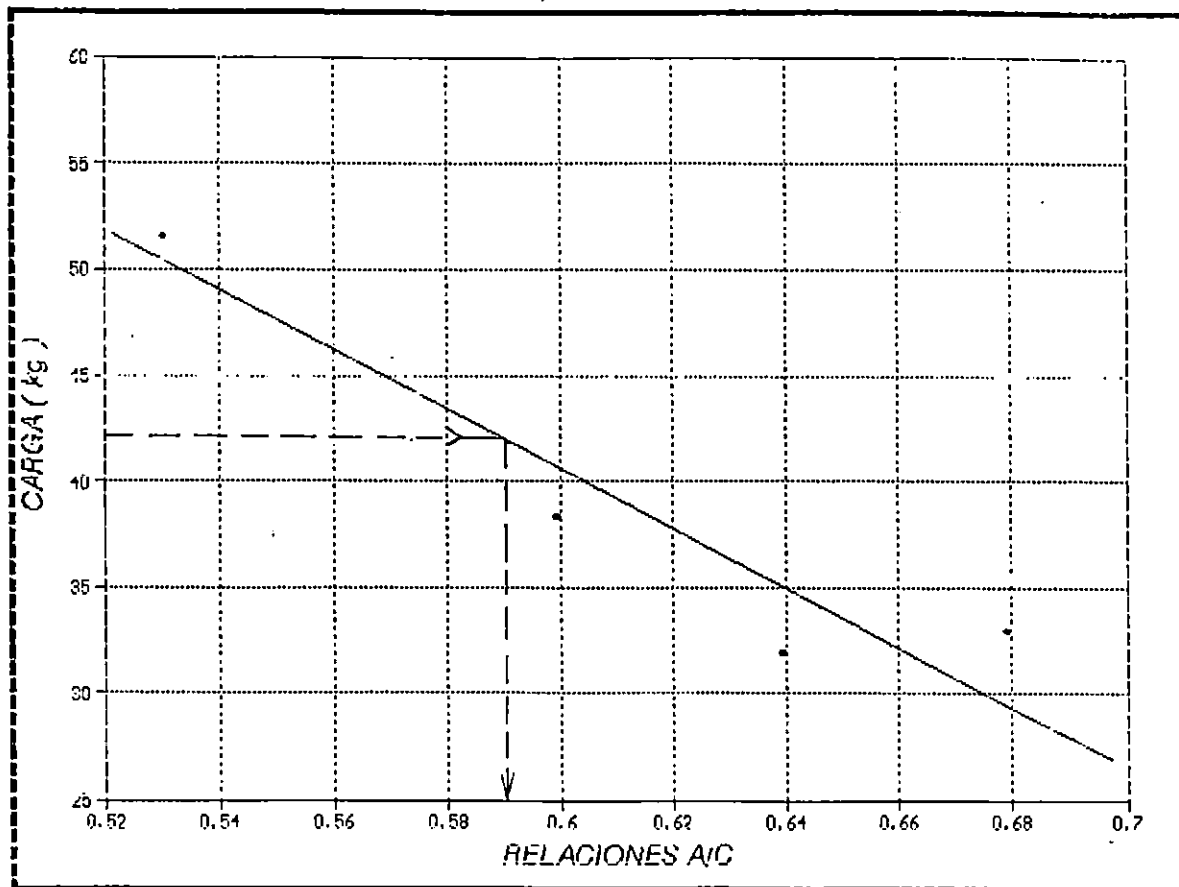
PA-A: Prueba ASTM-Aramuaca

Tejas defectuosas 3 equivalente al 20%

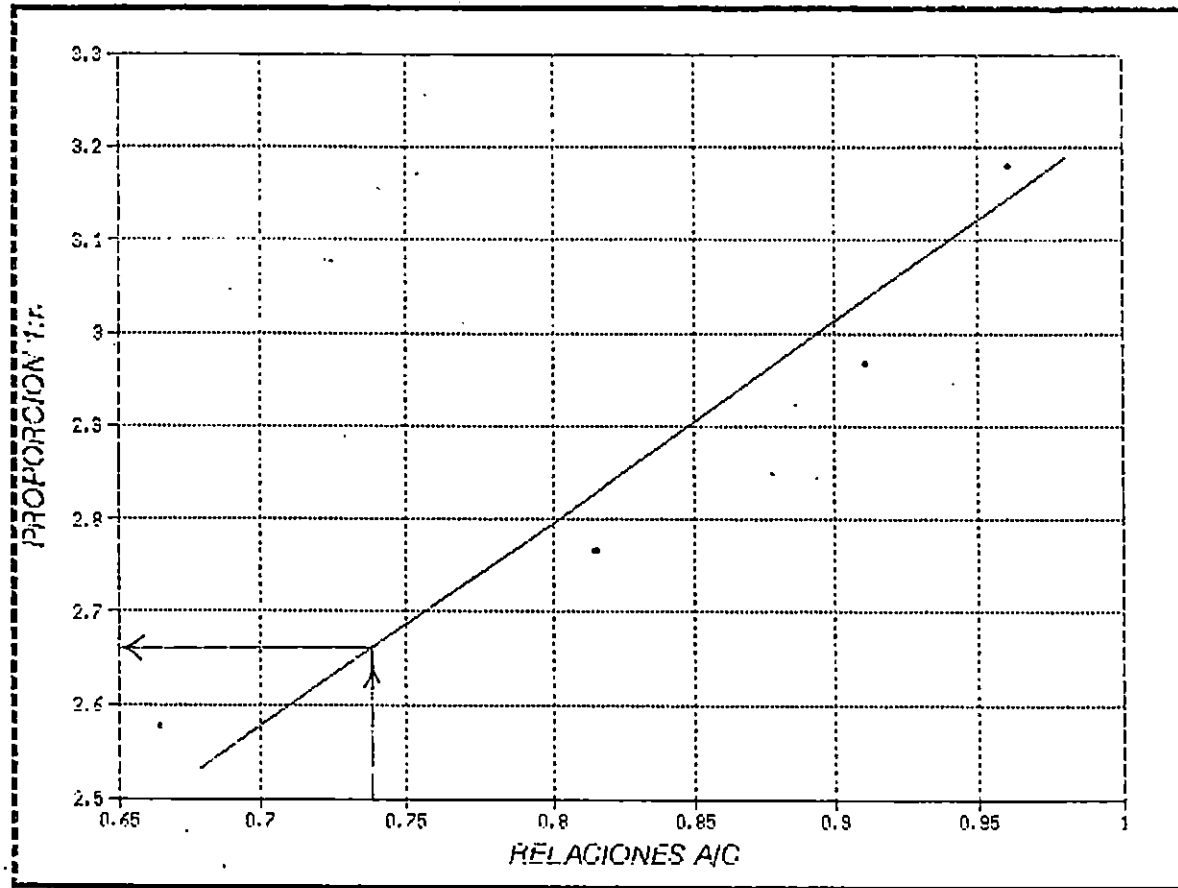
*El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de la carga ni para el calculo de momento.



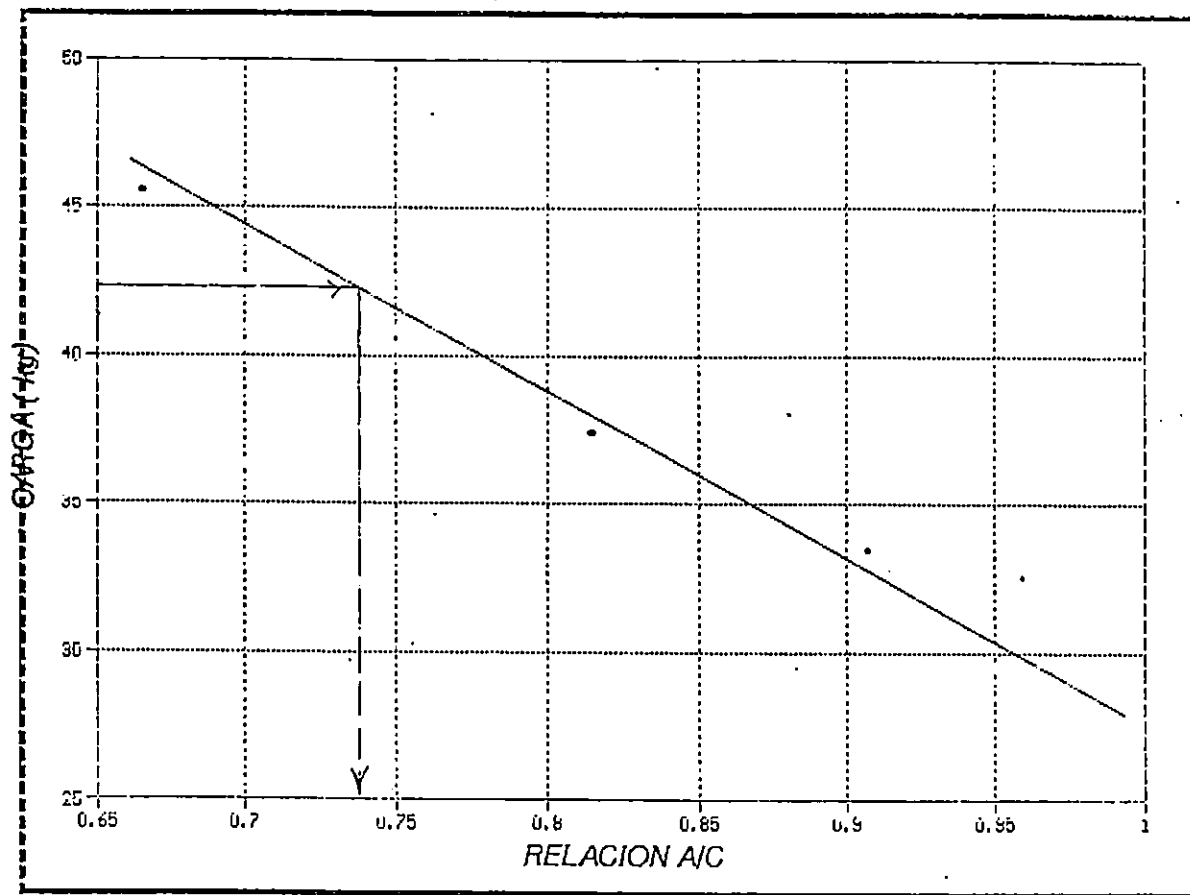
GRAFICA 4-10 COMPORTAMIENTO DE LA RELACION A/C CONTRA DOSIFICACIONES, PARA MEZCLA CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA, MANTENIENDO LA FLUIDEZ CONSTANTE



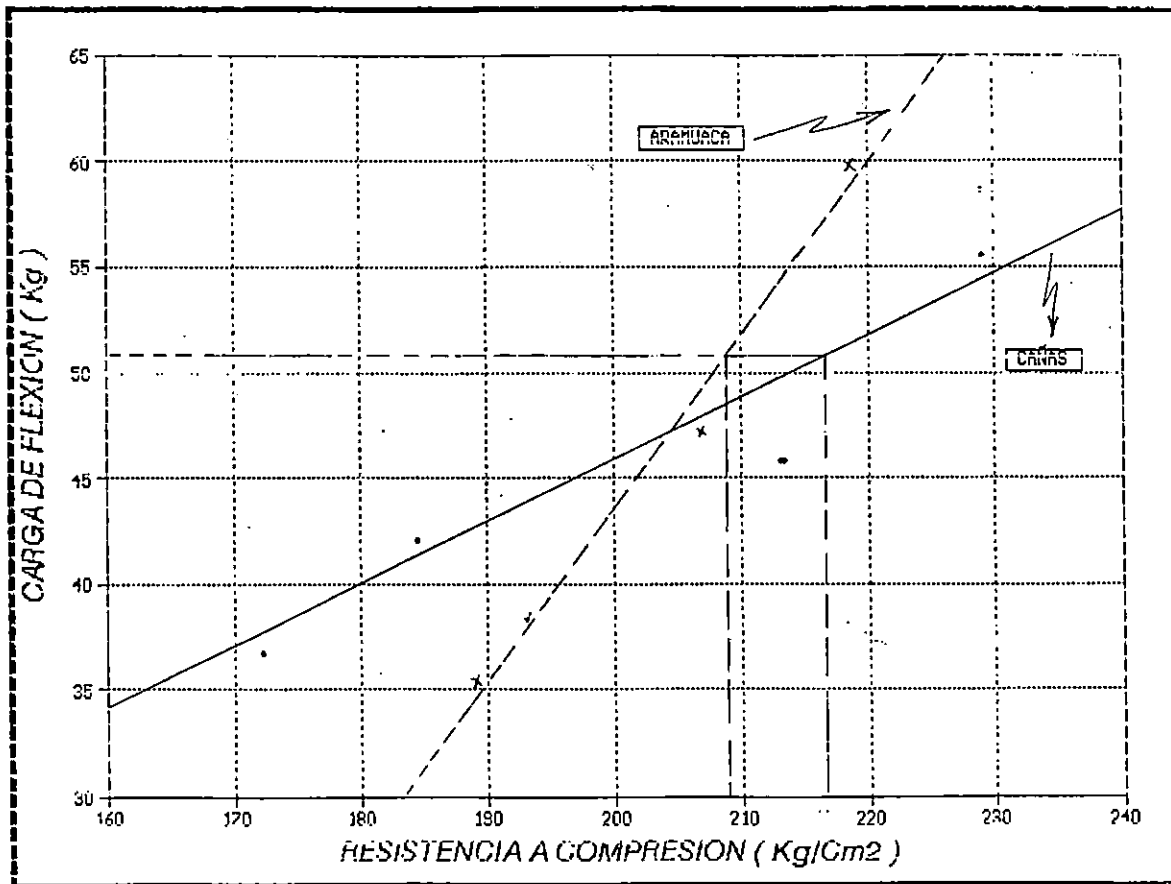
GRAFICA 4-9 COMPORTAMIENTO DE CARGA DE FLEXION DE LAS TEJAS
 OBTENIDA CON LA MAQUINA UNIVERSAL CONTRA RELACION A/C
 PARA MEZCLA CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA



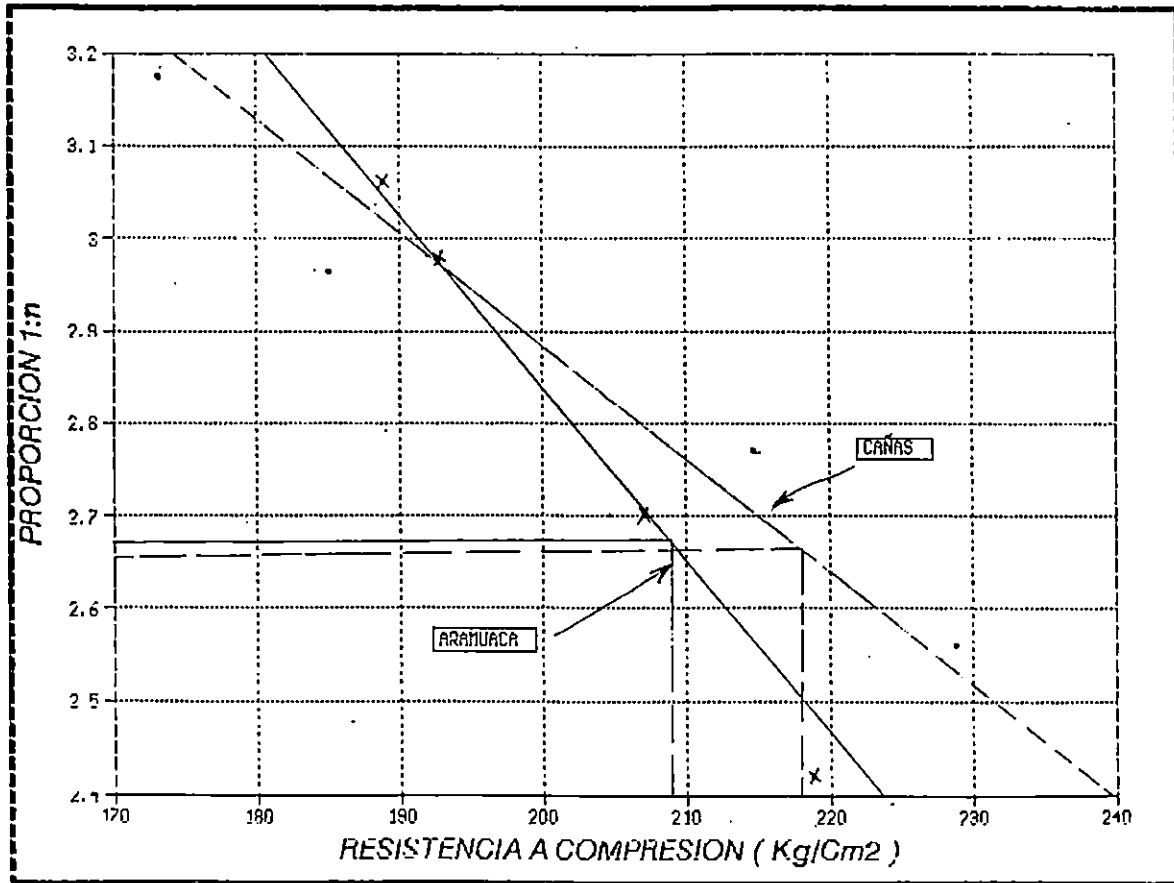
GRAFICA 4-8 COMPORTAMIENTO DE LA RELACION A/C CONTRA
 DOSIFICACIONES, PARA MEZCLA CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS
 MANTENIENDO LA FLUIDEZ CONSTANTE



GRAFICA 4-7 COMPORTAMIENTO DE CARGA DE FLEXION DE LAS TEJAS,
 OBTENIDA CON LA MAQUINA UNIVERSAL CONTRA RELACION A/C
 PARA MEZCLA CON ARENA DEL RIO LA CAÑAS



GRAFICA 4-11 RELACION DEL COMPORTAMIENTO ENTRE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE CUBOS DE MORTERO Y LA CARGA DE FLEXION DE LAS TEJAS OBTENIDA CON LA MAQUINA CECAT



GRAFICA 4-12 RELACION DE COMPORTAMIENTO ENTRE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE CUBOS DE MORTERO VRS DOSIFICACION.

4.3.3 COMPORTAMIENTO ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS

En la tabla 4-23 y 4-40, de las páginas 189 a 192 se muestra el comportamiento estadístico de los resultados de carga obtenidos de acuerdo a ambos métodos de prueba. Los gráficos del 4-13 al 4-28 de las páginas 193 a la 196 muestran la curva normal de los resultados de resistencia a flexión.

MEZCLA CON ARENA DE LOS LINDONES								
PROPORCION	ART. II				C.C.C.T.			
	\bar{X}	S	U	$\pm B$	\bar{X}	S	U	$\pm B$
1:2.58	45.42	9.88	97.54	5.53	55.08	10.49	110.04	5.89
1:2.78	37.31	12.56	97.54	5.53	46.35	7.69	59.19	4.51
1:2.97	33.18	9.02	81.26	5.29	43.79	13.44	180.66	7.99
1:3.18	32.69	13.33	177.56	7.15	39.98	6.77	45.83	3.79

TABLA 4-23

MEZCLA CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUNDA								
PROPORCION	ART. II				C.C.C.T.			
	X	S	U	B	X	S	U	B
1:2.42	51.15	9.16	83.97	4.92	59.25	8.82	77.74	4.54
1:2.70	37.92	12.15	147.54	6.80	47.14	5.94	35.23	3.06
1:2.98	22.27	9.05	81.82	5.30	38.19	3.94	12.56	2.10
1:3.07	33.33	12.49	156.10	6.99	35.66	10.13	102.70	5.43

TABLA 4-24

CLASES	f	D_m	$D_m \times f$	D_m^2	$D_m^2 \times f$
30-40	1	35	35	1225	1225
40-50	5	45	225	2025	10125
50-60	1	55	55	3025	3025
60-70	5	65	325	4225	21125
SUMATORIA	12		640		35500

TABLA 4-25 PROPORCION 1:2.58 CAÑAS-CECAT

CLASES	f	D_m	$D_m \times f$	D_m^2	$D_m^2 \times f$
35-40	4	37.5	150	1406.25	5625
40-45	0	42.5	0	1806.25	0
45-50	3	47.5	142.5	2256.25	6768.75
50-55	3	52.5	157.5	2756.25	8268.75
55-60	1	57.5	57.5	3306.25	3306.25
SUMATORIA	11		507.5		23968.75

TABLA 4-26 PROPORCION 1:2.78 CAÑAS CECAT

CLASES	f	D_m	$D_m \times f$	D_m^2	$D_m^2 \times f$
20-30	2	25	50	625	1250
30-40	2	35	70	1225	2450
40-50	3	45	135	2025	6075
50-60	3	55	165	3025	9075
60-70	1	65	65	4225	4225
SUMATORIA	11		485		23075

TABLA 4-27 PROPORCION 1:2.97 CAÑAS CECAT

CLASES	f	D_m	$D_m \times f$	D_m^2	$D_m^2 \times f$
25-30	2	27.5	55	756.25	1512.5
30-35	0	32.5	0	1058.8516	0
35-40	3	37.5	112.5	1406.25	4218.75
40-45	4	42.5	170	1806.25	7225
45-50	3	47.5	142.5	2256.25	6768.75
SUMATORIA	12		480		19725

TABLA 4-28 PROPORCION 1:3.18 CAÑAS CECAT

CLASES	f	D_m	$D_m \times f$	D_m^2	$D_m^2 \times f$
40-50	2	35	70	1225	2450
50-60	6	45	270	2025	12150
60-70	4	55	220	3025	12100
70-80	2	65	130	4225	8450
SUMATORIA	14		690		35150

TABLA 4-29 PROPORCION 1:2.42 ARAMUACA-CECAT

CLASES	f	D_m	$D_m \times f$	D_m^2	$D_m^2 \times f$
30-40	2	35	70	1225	2450
40-50	8	45	360	2025	16200
50-60	3	55	165	3025	9075
60-70	1	65	65	4225	4225
SUMATORIA	14		660		31950

TABLA 4-30 PROPORCION 1:2.70 ARAMUACA-CECAT

CLASES	f	D_m	$D_m \times f$	D_m^2	$D_m^2 \times f$
30-35	3	32.5	97.5	1056.25	3168.75
35-40	6	37.5	225	1406.25	8437.5
40-45	3	42.5	127.5	1806.25	5418.75
45-50	1	47.5	47.5	2256.25	2256.25
SUMATORIA	13		497.5		19281.25

TABLA 4-31 PROPORCION 1:2.98 ARAMUACA-CECAT

CLASES	f	D_m	$D_m \times f$	D_m^2	$D_m^2 \times f$
20-30	3	25	75	625	1875
30-40	8	35	280	1225	9800
40-50	1	45	45	2025	2025
50-60	0	55	0	3025	0
60-70	1	65	65	4225	4225
SUMATORIA	13		465		17925

TABLA 4-32 PROPORCION 1:3.07 ARAMUACA-CECAT

CLASES	f	D _m	D _m ×f	D _m ²	D _m ² ×f
15-30	0	22.5	0	506.25	0
30-45	5	37.5	187.5	1406.25	7031.25
45-60	6	52.5	315	2756.25	16537.5
60-75	1	67.5	67.5	4556.25	4556.25
SUMATORIA	12		570		28125

TABLA 4-33 PROPORCION 1:2.58 CAÑAS-ASTM

CLASES	f	D _m	D _m ×f	D _m ²	D _m ² ×f
15-30	3	22.5	67.5	506.25	1518.75
30-45	5	37.5	187.5	1406.25	7031.25
45-60	5	52.5	262.5	2756.25	13781.25
60-75	0	67.5	0	4556.25	0
SUMATORIA	13		517.5		22331.25

TABLA 4-34 PROPORCION 1:2.78 CAÑAS-ASTM

CLASES	f	D _m	D _m ×f	D _m ²	D _m ² ×f
15-30	4	22.5	90	506.25	2025
30-45	4	37.5	150	1406.25	5625
45-60	3	52.5	157.5	2756.25	8268.75
60-75	0	67.5	0	4556.25	0
SUMATORIA	11		397.5		15918.75

TABLA 4-35 PROPORCION 1:2.97 CAÑAS-ASTM

CLASES	f	D _m	D _m ×f	D _m ²	D _m ² ×f
15-30	6	22.5	135	506.25	3037.5
30-45	3	37.5	112.5	1406.25	4218.75
45-60	4	52.5	210	2756.25	11025
60-75	0	67.5	0	4556.25	0
SUMATORIA	13		457.5		18281.25

TABLA 4-36 PROPORCION 1:3.18 CAÑAS-ASTM

CLASES	f	D _m	D _m Σf	D _m 2	D _m 2Σf
15-30	1	22.5	22.5	506.25	506.25
30-45	2	37.5	75	1406.25	2812.5
45-60	8	52.5	420	2756.25	22050
60-75	3	67.5	202.5	4556.25	13668.75
SUMATORIA	14		720		39037.5

TABLA 4-37 PROPORCION 1:2.42 ARAMUACA-ASTM

CLASES	f	D _m	D _m Σf	D _m 2	D _m 2Σf
15-30	2	22.5	45	506.25	1012.5
30-45	4	37.5	150	1406.25	5625
45-60	6	52.5	315	2756.25	16537.5
60-75	0	67.5	0	4556.25	0
SUMATORIA	12		510		23175

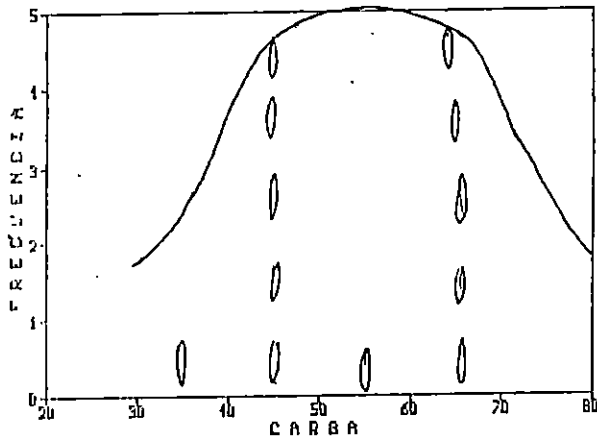
TABLA 4-38 PROPORCION 1:2.70 ARAMUACA-ASTM

CLASES	f	D _m	D _m Σf	D _m 2	D _m 2Σf
15-30	4	22.5	90	506.25	2025
30-45	6	37.5	225	1406.25	8437.5
45-60	1	52.5	52.5	2756.25	2756.25
60-75	0	67.5	0	4556.25	0
SUMATORIA	11		367.5		13218.75

TABLA 4-39 PROPORCION 1:2.98 ARAMUACA-ASTM

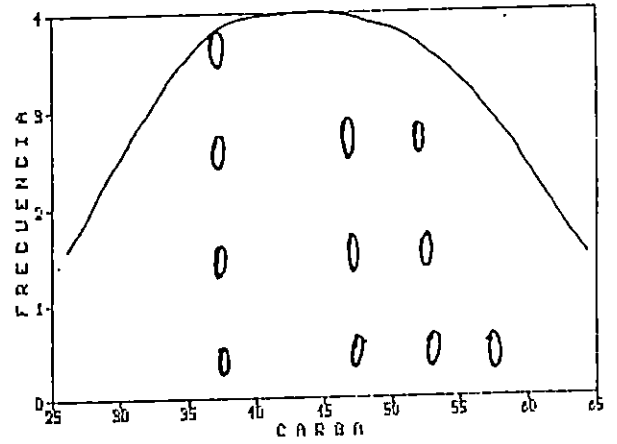
CLASES	f	D _m	D _m Σf	D _m 2	D _m 2Σf
15-30	5	22.5	112.5	506.25	2531.25
30-45	3	37.5	112.5	1406.25	4218.75
45-60	4	52.5	210	2756.25	11025
60-75	0	67.5	0	4556.25	0
SUMATORIA	12		435		17775

TABLA 4-40 PROPORCION 1:3.07 ARAMUACA-ASTM



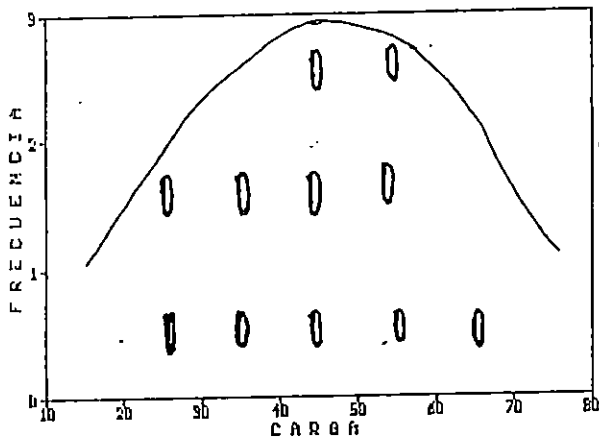
GRAFICA 4-13 CAÑAS-CECAT

PROPORCION 1:2.58



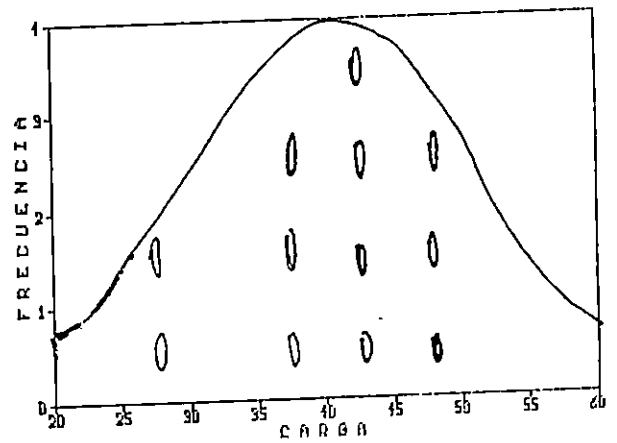
GRAFICA 4-14 CAÑAS CECAT

PROPORCION 1:2.78



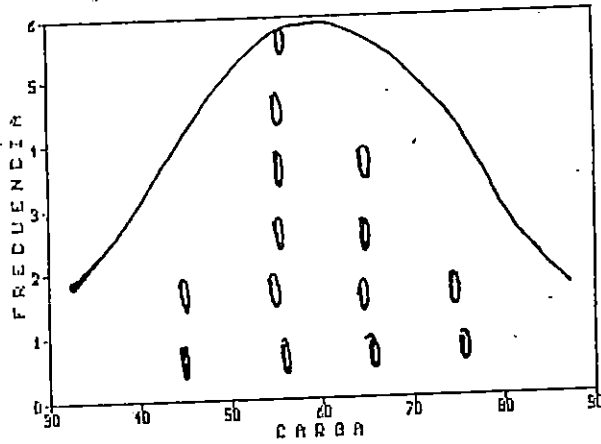
GRAFICA 4-15 CAÑAS-CECAT

PROPORCION 1:2.97

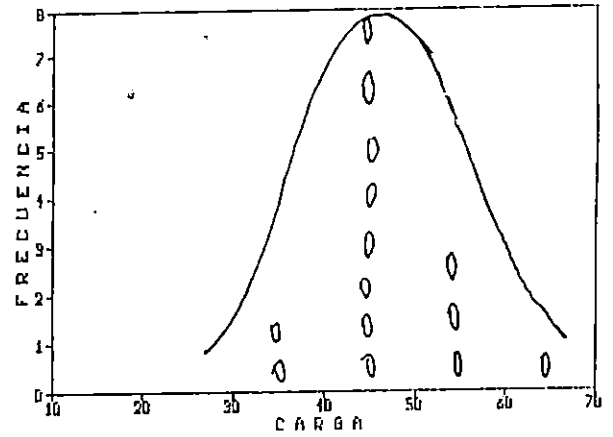


GRAFICA 4-16 CAÑAS CECAT

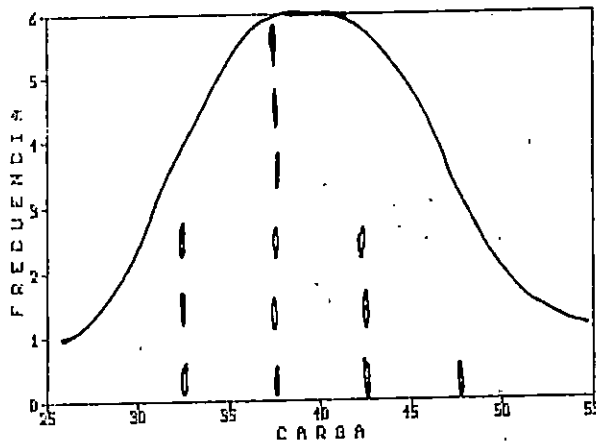
PROPORCION 1:3.18



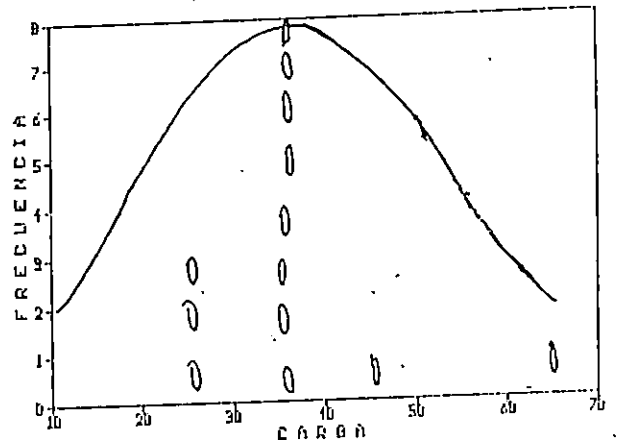
GRAFICA 4-17 ARAMUACA-CECAT
 PROPORCION 1:2.42



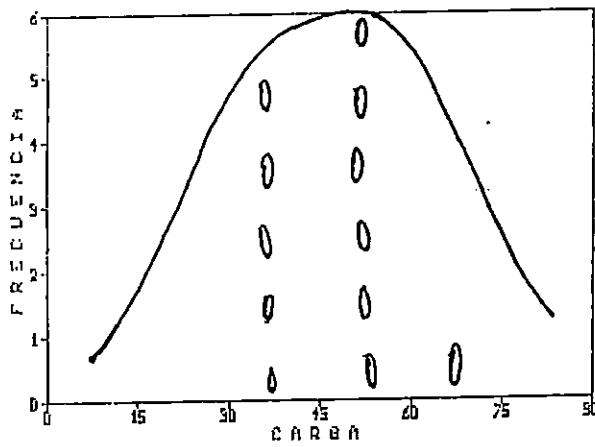
GRAF. 4-18 ARAMUACA-CECAT
 PROPORCION 1:2.70



GRAFICA 4-19 ARAMUACA-CECAT
 PROPORCION 1:2.98

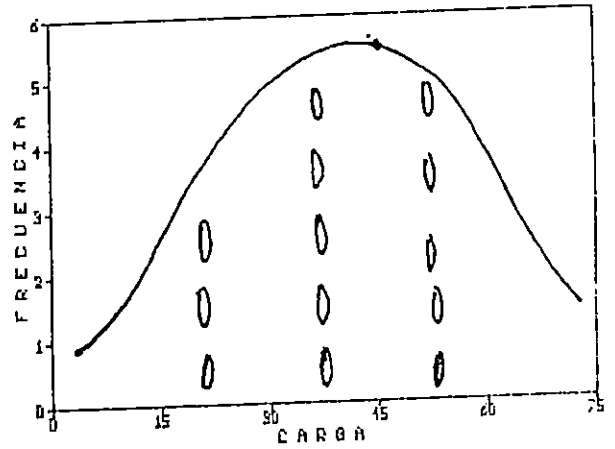


GRAF.4-20 ARAMUACA-CECAT
 PROPORCION 1:3.07



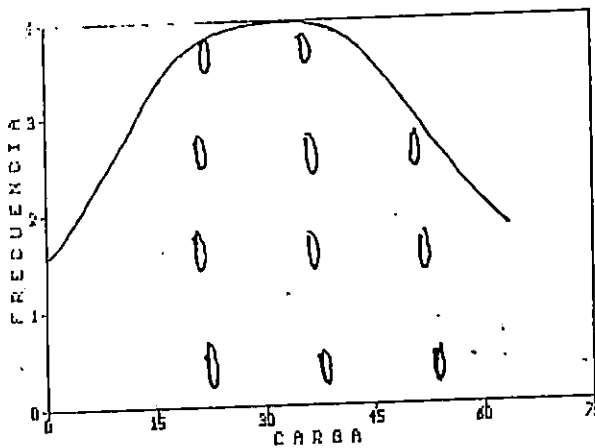
GRAFICA 4-21 CAÑAS-ASTM

PROPORCION 1:2.58



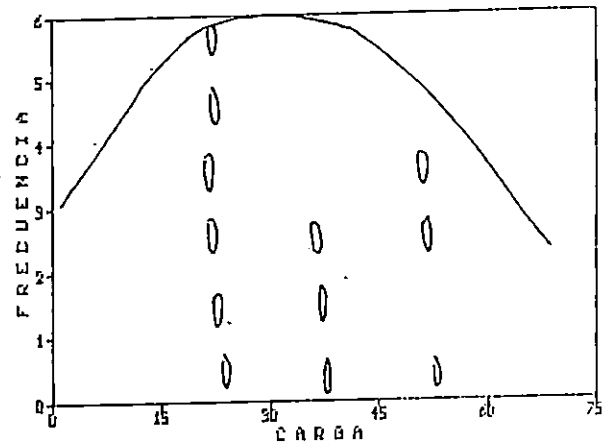
GRAFICA 4-22 CAÑAS-ASTM

PROPORCION 1:2.78



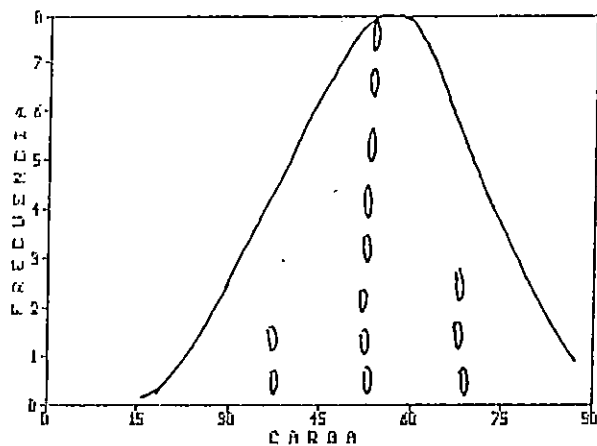
GRAFICA 4-23 CAÑAS-ASTM

PROPORCION 1:2.97

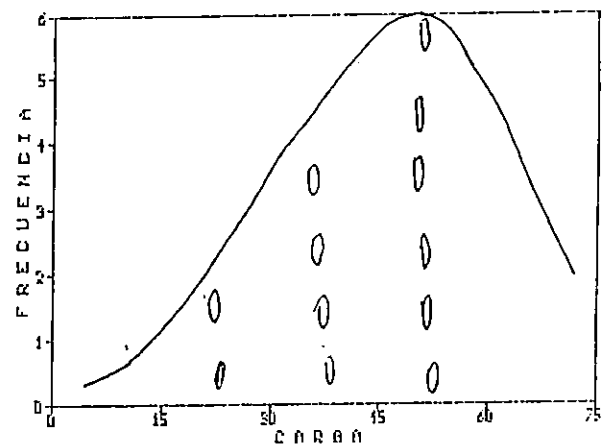


GRAFICA 4-24 CAÑAS-ASTM

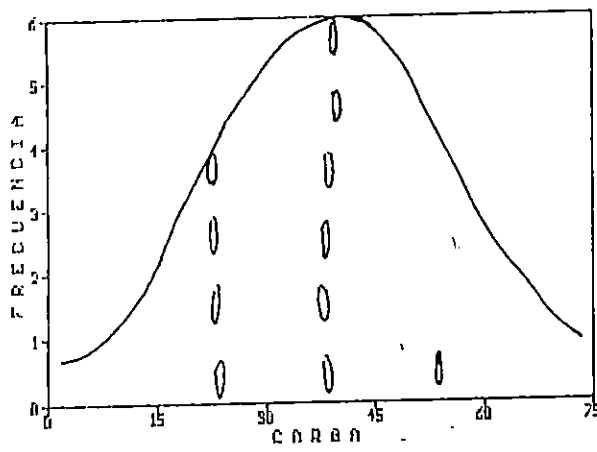
PROPORCION 1:3.18



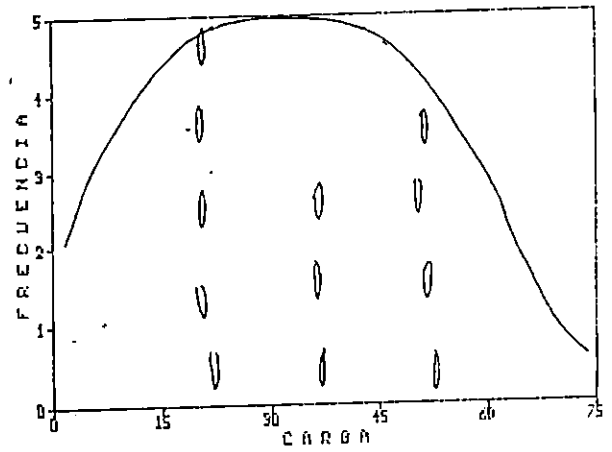
GRAFICA 4-25 ARAMUACA-ASTM
 PROPORCION 1:2.42



GRAF. 4-26 ARAMUACA-CECAT
 PROPORCION 1:2.70



GRAFICA 4-27 ARAMUACA-ASTM
 PROPORCION 1:2.98



GRAF. 4-28 ARAMUACA-ASTM
 PROPORCION 1:3.07

4.3.4 PERMEABILIDAD

En el ensaye de permeabilidad para las diferentes dosificaciones se obtuvieron los resultados siguientes:

La edad de los especímenes ensayados fue de 28 días; siendo los resultados obtenidos los que se muestran en las tablas 4-41 y 4-42 de las páginas 198 y 199. Puede notarse que para las tejas elaboradas con arena del río Las Cañas solo en la dosificación 1:3.18, dos especímenes presentaron goteo; de la dosificación 1:2.58, dos especímenes permanecieron sin presentar humedad; todos los demás especímenes presentaron humedad, pero dosificaciones 1:2.58 y 1:2.78 la humedad es menor del 50 % del área inferior.

Las tejas elaboradas con arena de Aramuaca solo un espécimen de la dosificación 1:2.47 no presentó humedecimiento, dos especímenes de la 1:2.98 y una de la 1:3.07 presentaron goteo, las tejas de las dosificaciones 1:2.42 y 1:2.70 el humedecimiento presentado es menor de 50% del área inferior, los especímenes de las otras dosificaciones presentaron humedecimiento en más del 50 % del área inferior.

Entonces para diseñar debe tomarse en cuenta únicamente las dosificaciones que presentan menos del 50 % de humedecimiento.

TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA					
DOSIFICACION (1:n)	ESPECIMEN	PERMEABILIDAD			
		GOTEO		HUMEDECIMIENTO	
		SI	NO	SI	NO
2.42	1		x	x	
	2		x	x	
	3		x		x
	4		x	x	
	5		x	x	
2.70	1		x	x	
	2		x	x	
	3		x	x	
	4		x	x	
	5		x	x	
2.98	1	x		x	
	2	x		x	
	3		x	x	
	4		x	x	
	5		x	x	
3.07	1		x	x	
	2		x	x	
	3		x	x	
	4	x		x	
	5		x	x	

TABLA 4-41 RESULTADOS DE PRUEBA DE PERMEABILIDAD

TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS					
DOSIFICACION (1:n)	ESPECIMEN	PERMEABILIDAD			
		GOTEO		HUMEDECIMIENTO	
		SI	NO	SI	NO
2.58	1		x		x
	2		x	x	
	3		x	x	
	4		x		x
	5		x	x	
2.78	1		x	x	
	2		x	x	
	3		x	x	
	4		x	x	
	5		x	x	
2.97	1		x	x	
	2		x	x	
	3		x	x	
	4		x	x	
	5		x	x	
3.18	1		x	x	
	2	x			
	3		x	x	
	4		x	x	
	5	x			

TABLA 4-42 RESULTADOS DE PRUEBA DE PERMEABILIDAD

4.4 ANALISIS DE COSTO DE LA TEJA CON EL DISEÑO DE MEZCLA ENCONTRADA

a) COSTO INDIRECTO

El análisis del Costo Indirecto ha utilizar para este diseño es el mismo del anterior capítulo, ya que los costos de maquinaria, equipo, operación y mantenimiento son constantes:

$$\text{Costos Indirecto/Unidad} = \text{¢ } 0.57$$

b) COSTOS DIRECTOS

TEJA ELABORADA CON ARENA DEL RÍO LAS CAÑAS

(DOSIF. 1:2.66 , A/C=0.74)

MATERIALES	CANT/TEJA	UNIDAD	PREC.UNIT.¢	TOTAL¢
-Cemento Portland	0.0144	bolsa	36.00	0.52
-Arena	0.001083	m3	100.67	0.11
-Agua	0.4530	litros	0.08	0.04
-Pigmentos	0.00032	bolsa	500.00	0.16
-Alambre	0.0050	libras	5.50	0.03
			Sub total	¢0.86

TEJA ELABORADA CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA

(DOSIF. 1:2.68 , A/C=0.59)

MATERIALES	CANT/TEJA	UNIDAD	PREC.UNIT.¢	TOTAL¢
-Cemento Portland	0.0143	bolsa	36.00	0.51
-Arena	0.001083	m3	66.67	0.07
-Agua	0.3580	litros	0.08	0.03
-Pigmentos	0.00032	bolsa	500.00	0.16
-Alambre	0.0050	libras	5.50	0.03
			Sub total	¢0.80

4.4.1 COSTOS NETOS

PROCEDENCIA	DOSIF.	COSTO INDIRECTO	COSTO DIRECTO	COSTO NETO
Río de las Cañas	1:2.66	¢ 0.57	¢ 0.86	¢ 1.43
Minas de Aramuaca	1:2.68	¢ 0.57	¢ 0.80	¢ 1.37

CAPITULO V

5.1 INTRODUCCION

La fabricación de tejas de microconcreto es similar a la industria de prefabricados, en que una de las variables que tienen gran incidencia en el proceso de fabricación es el tiempo de desmolde.

Para el caso, el desmolde de las tejas se efectúa a las 24 horas y al no contarse con suficientes moldes la producción diaria se ve limitada; esto ocurre principalmente con fábricas pequeñas las cuales no tienen gran capacidad productiva. Es por esta razón, que se decidió atacar este problema con el empleo de un aditivo acelerante.

Una de las metas que se pretende lograr con la utilización del aditivo, es llegar a obtener un desmoldado que pueda ser efectuado a las 12 horas, con el objetivo de obtener una doble producción diaria.

5.2 PROPORCION OPTIMA DE ADITIVO

El adecuado funcionamiento de un aditivo depende de un método apropiado de preparación y proporcionamiento de este.

Una diferencia en estas áreas puede producir efectos adversos a la mezcla.

El estudio se efectuó utilizando el aditivo acelerante SIKASET L. Para esto se hicieron pruebas con la dosificación de mezcla encontrada en el capítulo anterior y manteniendo siempre la fluidez constante.

Para determinar la dosificación de aditivo a utilizar, se realizaron mezclas de diferentes proporciones dentro de los límites que estipula la carta técnica de este producto.

El control preliminar se efectuó por medio de cubos de mortero, realizándose el ensaye de esfuerzo a la compresión a un día. Conociendo la resistencia se determina si las tejas poseen la capacidad necesaria para poder ser manipulados por el obrero hacia la segunda fase de curado.

El método utilizado para obtener la dosificación adecuada se determinó mediante la variación de la cantidad del aditivo en la elaboración de cubos de mortero, para lo que se realizaron las dosificaciones de 1, 2 y 3 por ciento del aditivo con respecto al peso del cemento, paralelamente a las mezclas con aditivo se efectuó una mezcla monitor o testigo en la que no se incluyo aditivo.

Los resultados del ensayo a la compresión se muestran en las tablas 5-2 a 5-5 de las páginas 206 y 207 para cubos elaborados con mezcla con arena del río Las Cañas. Tablas 5-6 a 5-9 de las páginas 209 a 210 para los cubos de mortero hecho con arena de las minas de Aramuaca.

Los gráficos 5-1 y 5-2 muestran el efecto del aditivo sobre el esfuerzo a la compresión a un día (ver páginas 208 y 211).

Utilizando el esfuerzo de compresión a las 24 horas de la mezcla monitor y con una edad de 12 horas puede plotearse una proyección entre las líneas de resistencias de las mezclas con aditivo; con lo que se determino una proporción adecuada de aditivo. Las proporciones encontradas se muestran en la tabla 5-1.

TIPO DE MEZCLA	PROPORCION	% DE ADITIVO
ARENA DEL RÍO LAS CAÑAS	1:2.66	2.5
ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA	1:2.68	2.1

TABLA 5-1

CUBOS DE MORTERO ELABORADOS CON ARENA DEL RIO LAS CHINAS									
N.º DE BARRA	MEZCLA	AREA DE CONTACTO CM ²	PESO gms	VOLUMEN CM ³	PESO gms	CARGA kg/cm ²	CARGA kg	ESTRIBOS CORRECTORA CM ²	PUNTO DE ROZAMIENTO
1	ROMITOR	25.00	248.2	125.0	1.99	1	870	34.8	35.1
2		25.00	268.0	125.0	2.14	1	875	35.0	
3		25.00	264.8	127.5	2.08	1	885	35.4	

TABLA 5-2

CUBOS DE MORTERO ELABORADOS CON ARENA DEL RIO LAS CHINAS									
N.º DE BARRA	MEZCLA	AREA DE CONTACTO CM ²	PESO gms	VOLUMEN CM ³	PESO gms	CARGA kg/cm ²	CARGA kg	ESTRIBOS CORRECTORA CM ²	PUNTO DE ROZAMIENTO
1	ADITIVO	25.25	254.3	124.5	2.04	1	1350	53.5	53.0
2	AL	25.00	265.1	125.0	2.12	1	1345	53.8	
3	1/2	25.25	260.8	128.7	2.03	1	1305	51.7	

TABLA 5-3

CLASES DE MORTERO ELABORADOS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS									
NÚMERO DE MUESTRA	MEZCLA	ARENA DE CEMENTO	CEMENTO	VOLUMEN DE SUELO	CEMENTO	CEMENTO	CEMENTO	CEMENTO	CEMENTO
No.		C.M.2	g/g	C.M.2	g/g	(D.1.5)	g/g	CEMENTO	g/g
1	ADITIVO	25.00	248.0	125.0	1.98	1	1510	60.4	62.9
2	AL	24.90	256.2	124.5	2.06	1	1585	63.7	
1	2 %	25.00	261.8	125.0	2.12	1	1615	64.6	

TABLA 5-4

CLASES DE MORTERO ELABORADOS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS									
NÚMERO DE MUESTRA	MEZCLA	ARENA DE CEMENTO	CEMENTO	VOLUMEN DE SUELO	CEMENTO	CEMENTO	CEMENTO	CEMENTO	CEMENTO
No.		C.M.2	g/g	C.M.2	g/g	(D.1.5)	g/g	CEMENTO	g/g
1	ADITIVO	25.00	255.5	125.0	2.04	1	1970	78.8	79.5
2	AL	25.00	267.2	125.0	2.14	1	1955	78.2	
3	3 %	25.00	249.9	122.5	2.04	1	2040	81.6	

TABLA 5-5

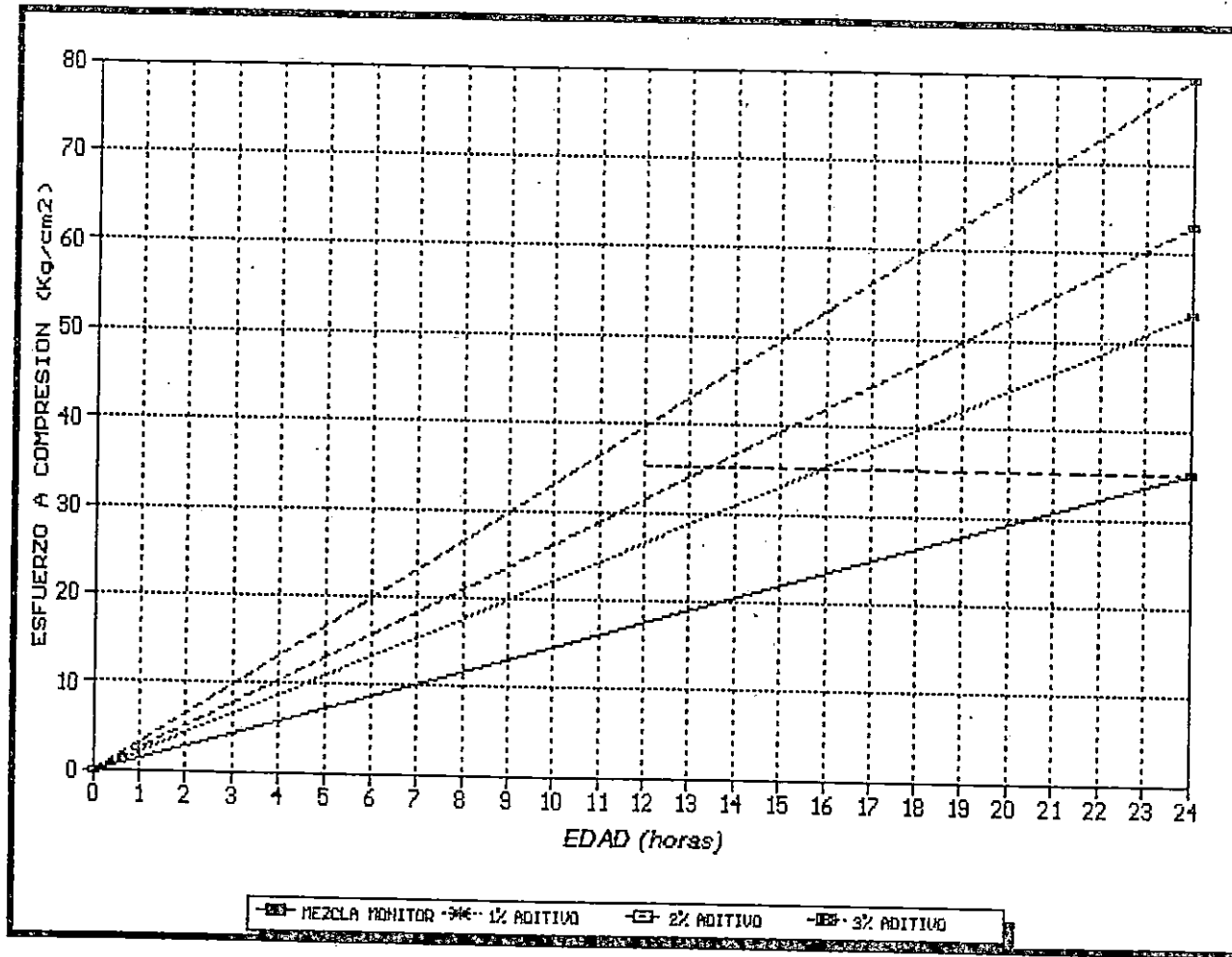


GRAFICO 5-1 COMPORTAMIENTO DEL ESFUERZO A COMPRESION A UN DIA PARA DIFERENTES DOSIFICACIONES CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS-ADITIVO

CLASOS DE MORTERO ELABORADOS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAPUACA									
MUESTRA No.	MEZCLA	AREA DE COMPACTO C.M.2	RESE grs	VOLUMEN C.M.3	REBO grs	ESPA Kilogramos	ESPA Kilogramos	ESTRUCURA CORRESPOND Kilogramos	PROMEDIO Kilogramos
1	MONITOR	25.0	248.8	125.0	1.99	1	850	34.0	34.4
2		25.0	259.3	125.0	2.07	1	825	33.0	
3		24.9	265.1	124.5	2.13	1	905	36.3	

TABLA 5-6

CLASOS DE MORTERO ELABORADOS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAPUACA									
MUESTRA No.	MEZCLA	AREA DE COMPACTO C.M.2	RESE grs	VOLUMEN C.M.3	REBO grs	ESPA Kilogramos	ESPA Kilogramos	ESTRUCURA CORRESPOND Kilogramos	PROMEDIO Kilogramos
1	ADITIVO	25.0	248.8	125.0	1.99	1	1430	57.2	58.8
2	AL	25.0	259.3	125.0	2.07	1	1465	58.6	
3	1 ½	24.9	265.1	124.5	2.13	1	1510	60.6	

TABLA 5-7

CUBOS DE MORTERO ELABORADOS CON ARENA DE LAS MINAS DE APAYUCA

NÚMERO DE MUESTRA	MEZCLA	CANTIDAD DE MORTERO (LITROS)		CANTIDAD DE ARENA (LITROS)	CANTIDAD DE AGUA (LITROS)	CANTIDAD DE CEMENTO (KGS)	CANTIDAD DE ARENA (LITROS)	CANTIDAD DE AGUA (LITROS)	CANTIDAD DE CEMENTO (KGS)	CANTIDAD DE ARENA (LITROS)	CANTIDAD DE AGUA (LITROS)	CANTIDAD DE CEMENTO (KGS)
		DE CEMENTO	DE ARENA									
1	ROTIJUDO	25.0	254.8	125.0	2.04	1	1670		64.4			
2	AL	25.0	268.3	123.5	2.20	1	1715		68.6			67.3
3	3/2	24.5	263.4	122.5	2.15	1	1685		68.8			

TABLA 5-8

CUBOS DE MORTERO ELABORADOS CON ARENA DE LAS MINAS DE APAYUCA

NÚMERO DE MUESTRA	MEZCLA	CANTIDAD DE MORTERO (LITROS)		CANTIDAD DE ARENA (LITROS)	CANTIDAD DE AGUA (LITROS)	CANTIDAD DE CEMENTO (KGS)	CANTIDAD DE ARENA (LITROS)	CANTIDAD DE AGUA (LITROS)	CANTIDAD DE CEMENTO (KGS)	CANTIDAD DE ARENA (LITROS)	CANTIDAD DE AGUA (LITROS)	CANTIDAD DE CEMENTO (KGS)
		DE CEMENTO	DE ARENA									
1	ROTIJUDO	25.0	250.2	125.0	2.00	1	2245		89.8			
2	AL	25.0	264.0	122.5	2.16	1	2305		92.2			89.9
3	3/2	25.0	257.8	127.5	2.02	1	2150		87.6			

TABLA 5-9

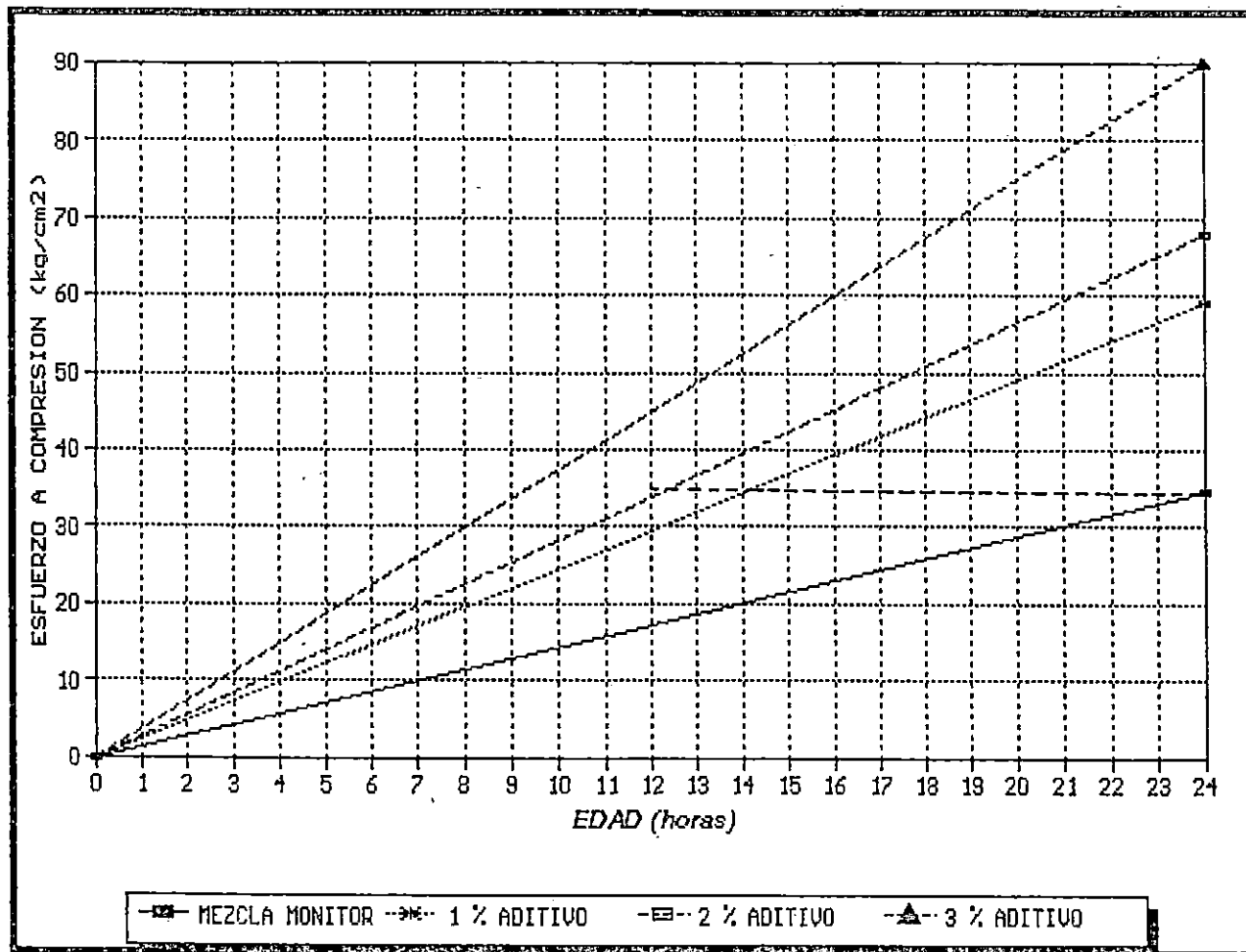


GRAFICO 5-2 COMPORTAMIENTO DEL ESFUERZO A COMPRESION A UN DIA PARA DIFERENTES DOSIFICACIONES CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA-ADITIVO

5.3 ELABORACION DE TMC Y CONTROL DE CALIDAD

Usando la dosificación obtenida en el apartado 5.2, se procedió a la elaboración de tejas de la mezcla con aditivo. Se elaboraron en las mismas condiciones tejas monitores para tener una comparación.

Para lograr una mayor homogeneidad se utilizó una mezcladora mecánica. El agua agregada fue la necesaria para alcanzar la fluidez requerida y en ella se incluyó el aditivo.

El curado inicial en los moldes para las tejas elaboradas con aditivo fue de 12 horas, y para las tejas monitores de 24 horas; el proceso de curado secundario se desarrolló en los cuartos al vapor durante 5 días y luego se completaron los 28 días con el curado en sombra. Aunque las recomendaciones para el uso de aditivos acelerantes sugieren que debe tenerse cuidado con el curado a vapor, se hizo de esta forma por que es el método común usado en el país para la fabricación de TMC.

Para el control de las mezclas se elaboraron cubos de mortero. La edad de prueba a compresión fue a 1, 3, 7 y 28 días, los resultados para la mezcla con arena del río Las Cañas se muestran en las tablas 5-10 y 5-11 para mezcla monitor y con aditivo respectivamente, de la página 213; en las tablas 5-12 y 5-13 de la página 214 los resultados de las mezclas con arena de las minas de Aramuaca. Los gráficos 5-3 y 5-4 de páginas 215 y 216 hacen una comparación entre los resultados promedio de la prueba de compresión de cubos.

CUBOS DE MORTERO ELABORADOS CON ARENA DEL RIO LAS CHINAS								
REGISTRO	MEZCLA	AREA DE CONCRETO	PESO AREA	RELACION C/S	PESO UNO CONCRETO	CUBO VOLUMEN	CARGA Kg.	ESTRUCTURA CORRESPONDIENTE
1	HOMITON	25.00	262.5	125.0	2.10	1	890	35.6
2		25.00	270.2	125.0	2.16	1	910	36.4
3		24.50	260.0	122.5	2.12	3	3050	124.5
4		25.00	265.0	125.0	2.12	7	3750	150.0
5		24.50	259.8	122.5	2.12	28	5900	240.8
6		25.00	267.4	125.0	2.14	28	5350	214.0

TABLA 5-10

CUBOS DE MORTERO ELABORADOS CON ARENA DEL RIO LAS CHINAS								
REGISTRO	MEZCLA	AREA DE CONCRETO	PESO AREA	RELACION C/S	PESO UNO CONCRETO	CUBO VOLUMEN	CARGA Kg.	ESTRUCTURA CORRESPONDIENTE
1	ADITIVO AL 2.5 %	25.00	255.8	122.5	2.09	1	1715	68.6
2		25.00	260.8	125.0	2.09	1	1690	67.6
3		25.00	269.1	125.0	2.15	3	3890	155.6
4		24.50	266.3	122.5	2.17	7	3960	161.6
5		25.00	264.7	125.0	2.12	28	5850	234.0
6		25.00	264.8	125.0	2.12	28	5450	218.0

TABLA 5-11

CUBOS DE MORTERO ELABORADOS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARMUDA								
REGISTRO N.º	MEZCLA	ARENA DE CONTRACCIÓN C.M.²	PESO DE ARENA	CEMENTO C.M.³	PESO VOLUM. GRAMOS	ESBOS LITROS	CANONES KG.	ESTRUCUTURA CORRESPONDIENTE K.G./C.M.²
1	MONITOR	25.00	253.7	125.0	2.03	1	930	37.2
2		25.00	263.0	122.5	2.15	1	865	34.6
3		25.00	267.1	125.0	2.14	3	3270	130.8
4		25.00	271.2	125.0	2.17	7	3800	152.0
5		25.00	259.7	125.0	2.08	28	6050	242.0
6		25.00	257.8	125.0	2.06	28	6350	254.0

TABLA 5-12

CUBOS DE MORTERO ELABORADOS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARMUDA								
REGISTRO N.º	MEZCLA	ARENA DE CONTRACCIÓN C.M.²	PESO DE ARENA	CEMENTO C.M.³	PESO VOLUM. GRAMOS	ESBOS LITROS	CANONES KG.	ESTRUCUTURA CORRESPONDIENTE K.G./C.M.²
1	ADITIVO	25.00	269.8	125.0	2.16	1	1850	74.0
2		25.00	270.1	125.0	2.16	1	1910	76.4
3	AL	25.00	265.9	125.0	2.13	3	4250	170.0
4		25.00	273.2	125.0	2.19	7	4300	172.0
5		25.00	268.0	125.0	2.14	28	5850	234.0
6		2.1 ½	24.50	268.2	122.5	2.19	28	6100	248.0

TABLA 5-13

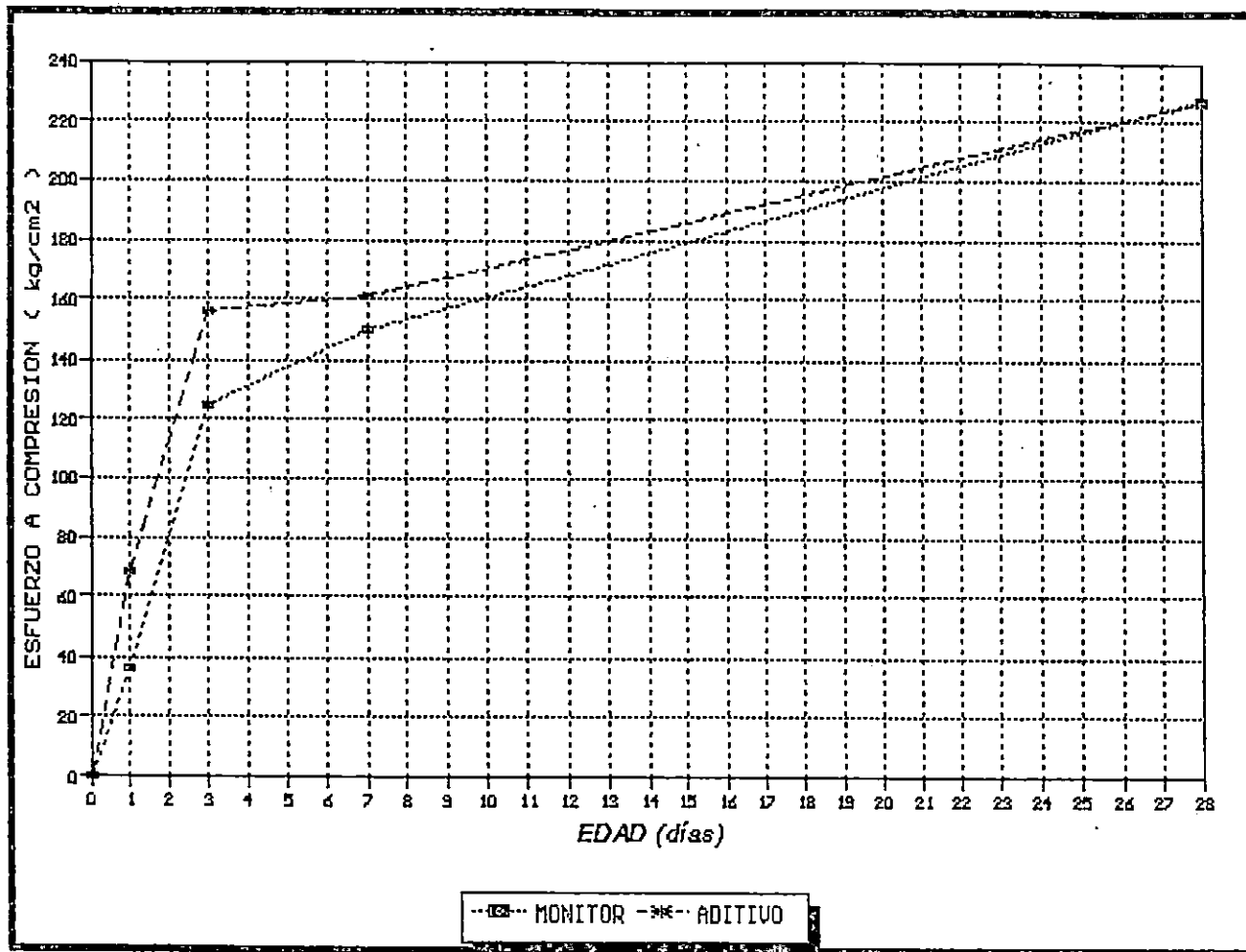


GRAFICO 5-3 COMPARACION DEL ESFUERZO A COMPRESION SEGUN LA EDAD ENTRE CUBOS MONITOR Y ADITIVO, PARA MEZCLA CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS

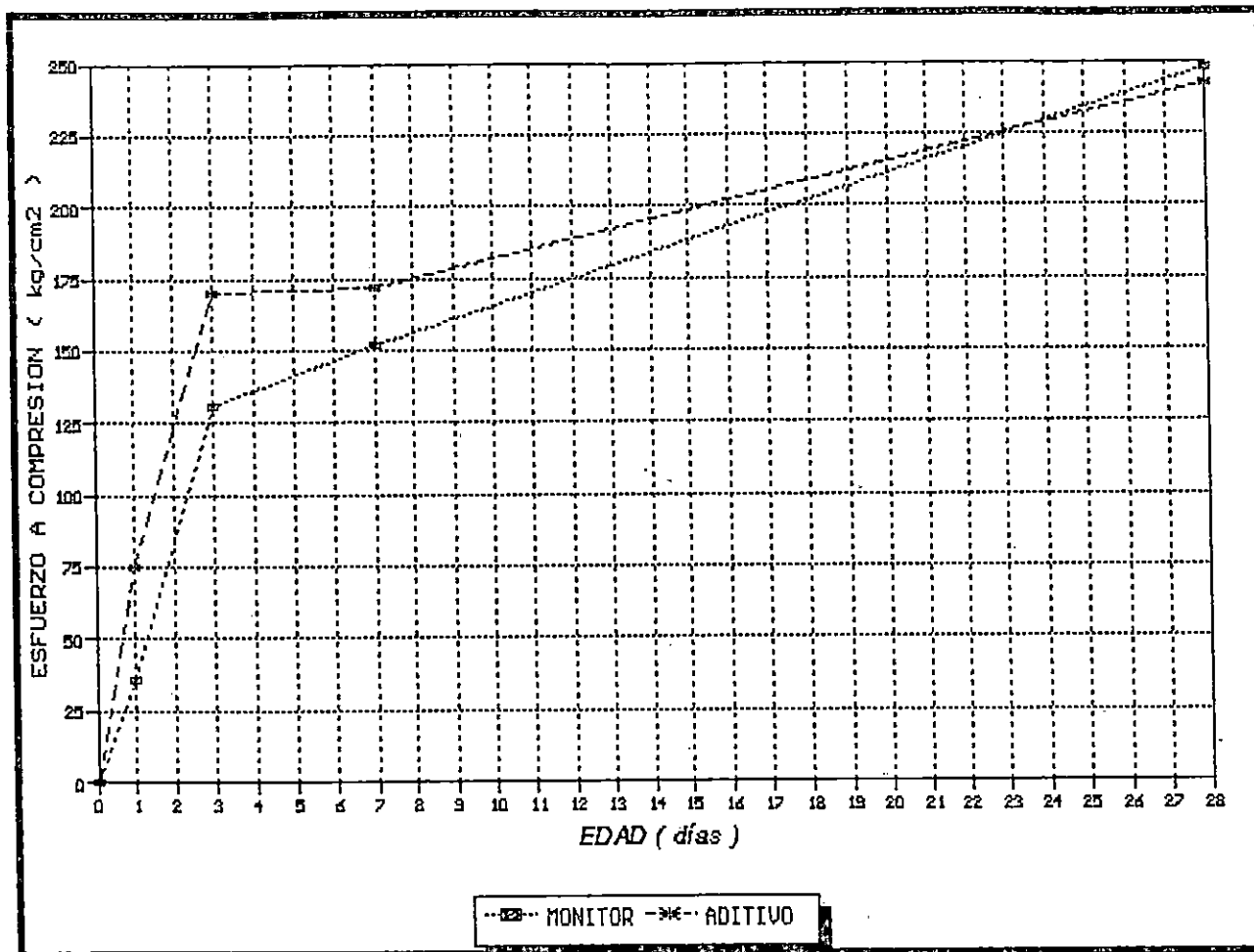


GRÁFICO 5-4 COMPARACION DEL ESFUERZO A COMPRESION SEGUN LA EDAD ENTRE CUBOS MONITOR Y ADITIVO, PARA MEZCLA CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA

5.3.1 CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO

Las pruebas a que se sometieron las TMC fabricadas fueron de flexión, permeabilidad y envejecimiento acelerado.

5.3.1.1 FLEXIÓN SEGÚN EL MÉTODO CECAT

En las tablas 5-14 y 5-15 de las páginas 218 y 219, se presentan los resultados de flexión para tejas elaboradas con arena del río Las Cañas, en las 5-16 y 5-17 de las páginas 220 y 221 para las tejas con arena de las minas de Aramuaca.

5.3.1.2 FLEXIÓN POR EL MÉTODO PROPUESTO EN BASE A NORMAS ASTM.

Los resultados se muestran en las tablas 5-18, 5-19 de las páginas 222, 223 y tablas 5-20, 5-21 de páginas 224, 225 para tejas elaboradas con arena del río Las Cañas y minas de Aramuaca respectivamente.

Puede notarse en los resultados de flexión, que no afecto considerablemente en cuanto a la resistencia de las tejas con aditivo el curado en los cuartos a vapor.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO ESTABLECIDO POR CECAT PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS-MONITOR							
C.O.D. T.E.D.	L.A.T.S.O.	A.N.C.N.O.	E.S.P.E.S.O.R.	P.A.Z.O.	C.A.R.G.A.	T.I.P.O. D.E.	MOMENTO-FLECTOR
	C.M.F.	C.M.F.	M.M.	M.M.	K.G.	R.U.P.T.U.R.A.	M.METRA (Kg/cm ²)
PC-CM-1	50.00	25.20	8.50	2,710.0	42.0	TRANS	14.58
PC-CM-2	50.00	25.00	8.17	2,214.0	38.8	TRANS	13.58
PC-CM-3	50.00	25.00	7.92	2,456.0	67.4	TRANS	23.59
PC-CM-4	50.00	25.00	8.42	2,733.0	35.6	TRANS	12.46
PC-CM-5	50.00	25.00	8.33	2,513.0	42.0	TRANS	14.70
PC-CM-6	50.00	25.00	8.00	2,356.0	61.1	TRANS	21.37
PC-CM-7	50.00	25.00	8.33	2,356.0	45.2	TRANS	15.82
PC-CM-8	49.80	25.00	8.00	2,529.0	54.7	TRANS	19.15
PC-CM-9	49.80	25.00	8.33	2,000.0	61.1	TRANS	21.37
PC-CM-10	49.90	25.00	8.00	2,180.0	32.5	LONG	
PC-CM-11	49.50	25.00	8.50	2,625.0	51.5	TRANS	18.03
PC-CM-12	50.10	25.40	8.53	2,487.0	50.2	TRANS	17.29
PC-CM-13	50.00	25.30	8.50	2,369.0	67.4	TRANS	23.31
PC-CM-14	49.80	24.90	8.58	2,565.0	40.7	TRANS	14.30
PC-CM-15	50.00	25.50	8.50	2,540.0	64.2	TRANS	22.04
PC-CM-16	50.00	25.10	7.83	2,342.0	41.4	TRANS	14.43
PC-CM-17	50.00	25.50	8.33	2,601.0	48.3	TRANS	16.57
PC-CM-18	49.90	25.00	8.25	2,354.0	47.1	TRANS	16.49
PC-CM-19	49.70	24.90	8.17	2,289.0	36.9	TRANS	12.97
PC-CM-20	50.00	24.80	8.50	2,345.0	42.0	TRANS	14.82
PROMEDIO	49.93	25.08	8.29	2,428.2	49.4		17.20

TABLA 5-14

PC-CM: PRUEBA CECAT CAÑAS MONITOR

Total de tejas defectuosas 1, equivalente al 5 %

* El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de carga ni para el cálculo de momento.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO ESTABLECIDO POR CECAT PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA LAS CAÑAS-ADITIVO							
CODIGO	ESPESOR	ANCHO	ALTO	PESO	CARGA	TIPO DE RUPTURA	MOMENTO FLECTOR
	CM	CM	CM	KG	KG		KG-METROS (Fm ² /cm ²)
PC-CA-1	49.70	25.00	8.50	2,537.0	51.5	TRANS	18.03
PC-CA-2	49.90	25.00	7.83	2,290.0	42.0	TRANS	14.70
PC-CA-3	50.00	25.00	8.17	2,266.0	45.2	TRANS	15.82
PC-CA-4	50.00	25.00	8.33	2,275.0	61.1	TRANS	21.39
PC-CA-5	50.00	25.20	0.00	2,370.0	38.2	TRANS	13.47
PC-CA-6	50.00	25.00	8.00	2,361.0	49.7	TRANS	17.40
PC-CA-7	49.70	25.20	8.75	2,302.0	61.1	LONG	
PC-CA-8	50.00	25.00	8.17	2,240.0	49.7	TRANS	17.40
PC-CA-9	50.00	25.00	7.92	2,165.0	45.2	TRANS	15.82
PC-CA-10	49.90	25.30	8.17	2,225.0	42.0	TRANS	14.53
PC-CA-11	49.50	25.00	8.67	2,455.0	45.2	TRANS	15.82
PC-CA-12	50.00	25.00	8.00	2,342.0	50.9	TRANS	17.82
PC-CA-13	49.80	24.70	8.67	2,310.0	48.4	TRANS	17.15
PC-CA-14	49.80	25.40	8.33	2,358.0	57.9	LONG	
PC-CA-15	49.80	25.00	7.83	2,211.0	45.2	TRANS	15.82
PC-CA-16	50.00	25.00	8.50	2,312.0	42.0	TRANS	14.70
PC-CA-17	49.50	25.20	8.00	2,173.0	51.5	TRANS	17.88
PC-CA-18	49.70	25.00	8.67	2,328.0	48.4	TRANS	16.94
PC-CA-19	49.90	25.00	8.00	2,234.0	57.9	TRANS	20.27
PC-CA-20	50.00	25.00	8.08	2,296.0	54.7	TRANS	19.15
PROMEDIO	49.86	25.05	7.83	2,302.00	48.30		16.89

TABLA 5-15

PC-CA: PRUEBA CECAT CAÑAS ADITIVO

Total de tejas defectuosas 2, equivalente al 10 %

* El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de carga ni para el cálculo de momento.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO ESTABLECIDO POR CECAT PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA-MONITOR							
C.O.D.F.O.	L.A.D.G.O.	A.N.C.N.O.	R.S.P.E.S.O.R.	P.E.S.O.	C.A.R.G.A.	T.I.P.O.D.E.	MOMENTO FLECTOR
	C.M.F.	C.M.F.	T.M.	P.C.S.	K.G.	R.U.P.T.U.R.A.	* METRO (Kcm/20)
PC-AM-1	50.00	25.50	8.42	2,240.0	42.6	TRANS	14.62
PC-AM-2	50.30	25.40	8.00	2,485.0	48.4	TRANS	16.67
PC-AM-3	50.30	25.30	7.83	2,325.0	40.7	TRANS	14.08
PC-AM-4	50.00	25.00	8.30	2,282.0	42.0	TRANS	14.70
PC-AM-5	50.00	25.50	7.67	2,502.0	48.4	TRANS	16.53
PC-AM-6	50.10	25.50	8.33	2,400.0	57.9	TRANS	19.86
PC-AM-7	50.00	25.50	8.50	2,236.0	64.2	TRANS	22.03
PC-AM-8	50.10	25.30	8.00	2,315.0	43.9	TRANS	15.18
PC-AM-9	50.00	25.50	8.10	2,420.0	61.1	TRANS	20.95
PC-AM-10	50.00	25.30	7.90	2,191.0	38.8	LONG	
PC-AM-11	50.00	25.30	7.80	2,359.0	40.7	TRANS	14.08
PC-AM-12	50.00	25.00	8.17	2,255.0	47.1	TRANS	16.49
PC-AM-13	50.00	25.20	7.67	2,180.0	54.7	LONG	
PC-AM-14	50.00	25.20	8.42	2,260.0	48.4	TRANS	16.81
PC-AM-15	49.70	25.30	7.83	2,227.0	51.5	TRANS	17.81
PC-AM-16	50.00	25.20	8.20	2,221.6	54.7	LONG	
PC-AM-17	50.00	25.00	8.00	2,297.0	42.0	TRANS	14.70
PC-AM-18	49.90	24.90	8.00	2,231.4	67.4	TRANS	23.68
PC-AM-19	49.80	24.70	8.10	2,271.3	45.2	TRANS	16.01
PC-AM-20	50.00	25.00	7.90	2,238.0	48.4	LONG	
PROMEDIO	50.01	25.23	8.06	2,296.8	49.5		17.14

TABLA 5-16

PC-AM: PRUEBA CECAT ARAMUACA MONITOR

Total de tejas defectuosas 3, equivalente al 15 %

* El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de carga ni para el cálculo de momento.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO ESTABLECIDO POR CECAT PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA-ADITIVO							
C.O.D.E.S.O.	L.A.R.G.O	A.N.C.H.O	E.S.P.E.S.O.R.	P.E.S.O	C.A.R.G.A	T.I.P.O.D.E.	MOMENTO FLECTOR
	C.M.	C.M.	C.M.	K.G.	K.G.	R.U.P.T.U.R.A.	K.METRA (Kilometros)
PC-AA-1	50.00	25.00	8.50	2,316.0	47.1	TRANS	16.49
PC-AA-2	50.00	25.00	8.33	2,372.0	67.4	LONG	
PC-AA-3	50.00	25.20	8.50	2,322.0	42.0	TRANS	14.58
PC-AA-4	50.00	25.00	8.00	2,297.0	45.2	TRANS	15.32
PC-AA-5	50.00	25.00	8.50	2,267.0	50.3	TRANS	17.61
PC-AA-6	50.00	25.00	8.17	2,281.0	47.1	LONG	
PC-AA-7	50.00	25.00	8.50	2,303.0	51.5	TRANS	18.03
PC-AA-8	50.20	25.40	8.33	2,260.0	61.1	TRANS	21.05
PC-AA-9	50.30	25.10	8.67	2,327.0	48.4	TRANS	16.87
PC-AA-10	50.00	25.00	8.17	2,336.0	50.3	TRANS	17.61
PC-AA-11	50.00	25.00	8.50	2,250.0	51.5	TRANS	18.03
PC-AA-12	50.00	24.90	8.33	2,180.0	42.0	TRANS	14.76
PC-AA-13	49.80	24.90	8.50	2,230.2	50.3	TRANS	17.68
PC-AA-14	49.80	25.00	8.30	2,356.4	42.6	TRANS	14.91
PC-AA-15	50.00	25.00	8.00	2,289.7	47.1	TRANS	16.49
PC-AA-16	49.90	25.10	8.10	2365.9	32.5	TRANS	11.33
PC-AA-17	50.10	25.00	7.90	2145.7	48.4	TRANS	16.94
PC-AA-18	50.10	24.80	8.00	2211	36.9	LONG	
PC-AA-19	50.00	25.00	8.50	2501	51.5	TRANS	18.03
PC-AA-20	49.10	24.90	8.20	2254.5	47.1	TRANS	16.55
PROMEDIO	49.97	25.02	8.30	2,293.3	47.6		16.6

TABLA 5-17

PC-AA: PRUEBA CECAT ARAMUACA ADITIVO

Total de tejas defectuosas 3, equivalente al 15 %

* El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de carga ni para el cálculo de momento.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO PROPUESTO EN BASE A NORMAS ASTM PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS-MONITOR							
C.O.D. T.E.J.A.	L.A.R.G.O	A.N.C.H.	E.P.E.S.O.R.	P.E.S.O.	C.A.R.G.A	T.I.P.O. D.E.	MOMENTO FLECTOR
	C.M.	C.M.	C.M.	C.M.	Kg.	R.U.P.T.U.R.A	METRO (Kg/cm ²)
PA-CM-1	50.00	25.00	8.00	2,251.5	60.0	TRANS	21.00
PA-CM-2	50.00	24.90	8.00	2,228.4	40.0	TRANS	14.06
PA-CM-3	50.10	25.00	8.00	2,229.0	50.0	TRANS	17.50
PA-CM-4	50.20	25.00	8.00	2,324.6	30.0	TRANS	10.50
PA-CM-5	49.80	25.00	8.10	2,253.6	55.0	LONG	
PA-CM-6	49.90	25.00	8.40	2,334.3	20.0	TRANS	10.50
PA-CM-7	50.00	25.10	8.20	2,338.0	30.0	TRANS	10.46
PA-CM-8	50.00	25.40	8.30	2,313.3	35.0	TRANS	12.06
PA-CM-9	50.20	25.50	8.20	2,232.0	20.0	LONG	
PA-CM-10	50.00	24.90	8.10	2,227.4	50.0	TRANS	17.57
PA-CM-11	50.10	24.80	8.10	2,279.5	30.0	TRANS	10.58
PA-CM-12	49.80	25.00	8.00	2,221.1	35.0	TRANS	12.25
PA-CM-13	49.90	25.00	7.90	2,292.5	60.0	TRANS	21.00
PA-CM-14	50.00	25.30	8.00	2,236.0	20.0	TRANS	6.92
PA-CM-15	50.00	25.10	8.50	2,273.0	45.0	TRANS	15.69
PA-CM-16	50.20	25.00	8.00	2,245.2	55.0	TRANS	19.25
PA-CM-17	50.30	25.10	8.30	2,327.2	45.0	LONG	
PA-CM-18	50.00	25.00	8.10	2,258.0	55.0	TRANS	19.25
PA-CM-19	50.40	25.30	8.00	2,241.0	40.0	TRANS	13.83
PA-CM-20	50.00	25.40	8.20	2,278.2	45.0	TRANS	15.50
PROMEDIO	50.05	25.09	8.12	2,269.22	41.76		13.30

TABLA 5-18

PA-CM: PRUEBA ASTM CAÑAS MONITOR

Total de tejas defectuosas 3, equivalente al 15 %

* El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de carga ni para el cálculo de momento.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO PROPUESTO EN BASE A NORMAS ASTM PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS-ADITIVO							
C.O.D. T.E.D.	T.A.R.B.A. C.A.F.	A.N.C.N.O. C.A.F.	E.P.P.S.O.R. C.A.	P.E.F.D. P.T.F.	C.A.R.G.A. K.G.	T.I.P.O. D.E. R.U.P.T.U.R.A.	MOMENTO FLECTOR K.G.M.T.R.A. (K.m ² /s ²)
PA-CA-1	49.50	25.00	8.10	2,258.0	40.0	TRANS	14.00
PA-CA-2	49.80	25.10	8.40	2,321.5	45.0	TRANS	15.69
PA-CA-3	50.00	24.90	8.10	2,265.4	35.0	TRANS	12.30
PA-CA-4	50.00	25.00	7.90	2,215.9	45.0	TRANS	15.75
PA-CA-5	50.10	25.00	8.10	2,254.8	40.0	TRANS	14.00
PA-CA-6	50.00	24.90	8.00	2,236.0	50.0	TRANS	17.57
PA-CA-7	49.80	24.80	8.00	2,248.0	40.0	TRANS	14.11
PA-CA-8	49.70	25.00	8.00	2,261.0	35.0	TRANS	12.25
PA-CA-9	50.20	25.20	8.00	2,249.7	10.0	LONG	
PA-CA-10	50.00	25.50	8.10	2,280.4	45.0	TRANS	15.44
PA-CA-11	50.10	25.10	8.17	2,275.1	50.0	TRANS	17.43
PA-CA-12	50.00	25.00	8.40	2,324.0	45.0	TRANS	15.75
PA-CA-13	50.00	25.00	8.30	2,301.0	60.0	LONG	
PA-CA-14	50.00	25.30	8.10	2,287.1	35.0	TRANS	12.10
PA-CA-15	49.80	24.90	8.00	2,256.0	50.0	TRANS	17.57
PA-CA-16	49.80	24.80	8.00	2,248.9	40.0	TRANS	14.11
PA-CA-17	49.90	25.00	8.00	2,263.2	45.0	TRANS	15.75
PA-CA-18	50.10	25.00	8.10	2,278.0	20.0	TRANS	7.00
PA-CA-19	50.30	25.40	8.10	2,254.0	35.0	TRANS	12.06
PA-CA-20	50.00	25.00	8.50	2,289.7	50.0	TRANS	17.50
PROMEDIO	50.0	25.0	8.1	2,268.4	41.4		14.5

TABLA 5-19

PA-CA: PRUEBA ASTM CAÑAS ADITIVO

Total de tejas defectuosas 2, equivalente al 10 %

* El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de carga ni para el cálculo de momento.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN POR EL METODO PROPUESTO EN BASE A NORMAS ASTM PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL MINAS DE ARAMUACA-MONITOR							
C.O.D. T.E.J.A.	L.A.R.G.O	A.N.C.H.O	E.S.P.E.S.O.R	P.E.S.O	C.A.R.G.A	T.I.P.O. D.E.	MOMENTO FLECTOR
	C.M.	C.M.	M.M.	K.G.	K.G.	R.U.P.T.U.R.A	* METRO (Kilogramo)
PA-AM-1	50.10	25.50	8.00	2,251.6	30.0	TRANS	10.29
PA-AM-2	50.00	25.20	8.10	2,250.0	45.0	TRANS	15.63
PA-AM-3	49.90	25.30	8.00	2,238.0	60.0	TRANS	20.75
PA-AM-4	50.00	25.50	8.00	2,224.0	40.0	TRANS	13.73
PA-AM-5	50.00	25.30	8.20	2,269.0	40.0	TRANS	13.83
PA-AM-6	49.90	24.80	8.30	2,238.0	25.0	TRANS	12.35
PA-AM-7	50.00	25.10	7.90	2,191.0	25.0	TRANS	8.72
PA-AM-8	50.00	25.00	7.80	2,245.0	30.0	TRANS	10.50
PA-AM-9	50.00	25.20	7.90	2,200.0	40.0	TRANS	13.89
PA-AM-10	50.00	24.80	8.00	2,210.0	70.0	TRANS	24.70
PA-AM-11	49.80	25.20	8.00	2,223.0	35.0	TRANS	12.15
PA-AM-12	50.00	25.10	8.00	2,235.8	45.0	TRANS	15.69
PA-AM-13	50.00	25.00	8.20	2,258.9	60.0	TRANS	21.00
PA-AM-14	49.80	25.00	8.10	2,225.4	30.0	TRANS	10.50
PA-AM-15	49.60	24.80	8.40	2,269.3	20.0	TRANS	7.06
PA-AM-16	49.90	25.00	8.00	2,245.0	50.0	TRANS	17.50
PA-AM-17	49.90	25.30	8.30	2,298.0	40.0	TRANS	13.83
PA-AM-18	49.90	25.00	8.00	2,245.0	40.0	TRANS	14.00
PA-AM-19	49.80	25.30	8.00	2,356.0	20.0	TRANS	6.92
PA-AM-20	49.90	25.00	7.90	2,210.0	45.0	TRANS	15.75
PROMEDIO	49.93	25.12	8.06	2,244.15	40.00		13.94

TABLA 5-20

PA-AM: PRUEBA ASTM ARAMUACA MONITOR

Total de tejas defectuosas 0, equivalente al 0 %

* El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de carga ni para el cálculo de momento.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION POR EL METODO PROPUESTO EN BASE A ASTM, PARA TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA-ADITIVO							
C.O.D.	LARGO	ANCHO	ESPESOR	PESO	CARGA	TIP. DE R.	MOMENTO FLECTOR
	C.M.	C.M.	C.M.	K.G.	K.G.	R.O.P.T.O.R.A.	Kg-m/da.
PA-AA-1	50.00	25.30	8.10	2,292.5	45.0	TRANS	15.56
PA-AA-2	50.10	25.50	8.50	2,307.6	40.0	TRANS	13.73
PA-AA-3	49.80	25.50	8.30	2,287.6	40.0	TRANS	13.73
PA-AA-4	50.10	25.50	8.00	2,232.0	45.0	LONG	
PA-AA-5	50.1	25.5	8.1	2,213.0	45.0	TRANS	15.44
PA-AA-6	49.7	25.3	8.2	2,258.0	40.0	TRANS	13.83
PA-AA-7	49.80	25.30	8.50	2,323.0	40.0	TRANS	13.83
PA-AA-8	49.70	25.50	8.10	2,240.0	75.0	LONG	
PA-AA-9	49.80	25.30	8.00	2,270.0	50.0	TRANS	17.29
PA-AA-10	50.00	25.40	8.30	2,308.0	45.0	TRANS	15.50
PA-AA-11	50.00	25.50	8.00	2,245.0	25.0	LONG	
PA-AA-12	49.60	25.00	8.10	2,272.0	35.0	TRANS	12.25
PA-AA-13	50.10	25.30	8.00	2,225.0	50.0	TRANS	17.29
PA-AA-14	50.00	25.40	8.20	2,260.0	40.0	TRANS	13.78
PA-AA-15	50.10	25.00	8.30	2,287.0	45.0	TRANS	15.75
PA-AA-16	49.80	25.10	8.00	2,246.0	35.0	TRANS	12.20
PA-AA-17	49.90	24.90	8.00	2,258.0	40.0	TRANS	14.06
PA-AA-18	49.80	24.90	8.10	2,267.0	20.0	TRANS	7.03
PA-AA-19	50.10	24.90	7.90	2,215.0	45.0	TRANS	15.81
PA-AA-20	50.20	25.00	8.00	2,243.0	35.0	TRANS	12.25
PROMEDIO	49.9	25.3	8.1	2,262.5	40.6		14.1

TABLA 5-21

PA-AA: PRUEBA ASTM ARAMUACA ADITIVO

Total de tejas defectuosas 2, equivalente al 10 %

* El valor de la carga de ruptura longitudinal no es tomado para el promedio de carga ni para el cálculo de momento.

5.3.2 COMPORTAMIENTO ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS

A continuación las tablas 5-22 y 5-23 presentan los resultados estadísticos de las pruebas de flexión correspondiente al presente capítulo, las tablas 5-24 a 5-31 de las páginas 227 y 228 muestran la agrupación de los datos; la representación de la curva normas se presentan en los gráficos 5-5 al 5-12 de las páginas 229 y 230.

MEZCLA CON ARENA DEL PISO LAS CANAS								
MEZCLA	ASTM				CECAI			
	\bar{X}	S	U	$\pm B$	\bar{X}	S	U	$\pm B$
MONITOR	41.76	11.98	143.57	5.56	49.35	10.44	108.95	4.56
ADITIVO	41.39	7.63	58.25	3.43	48.30	5.92	33.88	2.62

TABLA 5-22

MEZCLA CON ARENA DE LAS PISAS DE GRADUADO								
MEZCLA	ASTM				CECAI			
	\bar{X}	S	U	$\pm B$	\bar{X}	S	U	$\pm B$
MONITOR	40.00	13.08	171.05	5.55	49.47	8.64	74.66	4.14
ADITIVO	40.59	7.05	49.63	3.27	47.58	5.99	35.83	2.78

TABLA 5-23

CLASES	f	Dm	Dmxf	Dm2	Dm2xf
30-40	3	35	105	1225	3675
40-50	8	45	360	2025	16200
50-60	3	55	165	3025	9075
60-70	5	65	325	4225	21125
SUMATORIA	19		955		50075

TABLA 5-24 MONITOR CAÑAS-CECAT

CLASES	f	Dm	Dmxf	Dm2	Dm2xf
30-40	1	35	35	1225	1225
40-50	11	45	495	2025	22275
50-60	5	55	275	3025	15125
60-70	1	65	65	4225	4225
SUMATORIA	18		870		42850

TABLA 5-25 ADITIVO CAÑAS-CECAT

CLASES	f	Dm	Dmxf	Dm2	Dm2xf
30-40	0	35	0	1225	0
40-50	11	45	495	2025	22275
50-60	2	55	110	3025	6050
60-70	3	65	195	4225	12675
SUMATORIA	16		800		41000

TABLA 5-26 MONITOR ARAMUACA-CECAT

CLASES	f	Dm	Dmxf	Dm2	Dm2xf
30-40	1	35	35	1225	1225
40-50	9	45	405	2025	18225
50-60	6	55	330	3025	18150
60-70	1	65	65	4225	4225
SUMATORIA	17		835		41825

TABLA 5-27 ADITIVO ARAMUACA-CECAT

CLASES	f	D _m	D _m × f	D _m ²	D _m ² × f
20-30	1	25	25	625	625
30-40	6	35	210	1225	7350
40-50	4	45	180	2025	8100
50-60	4	55	220	3025	12100
60-70	2	65	130	4225	8450
SUMATORIA	17		765		36625

TABLA 5-28 MONITOR CAÑAS-ASTM

CLASES	f	D _m	D _m × f	D _m ²	D _m ² × f
20-30	1	25	25	625	625
30-40	4	35	140	1225	4900
40-50	9	45	405	2025	18225
50-60	4	55	220	3025	12100
60-70	0	65	0	4225	0
SUMATORIA	18		790		35850

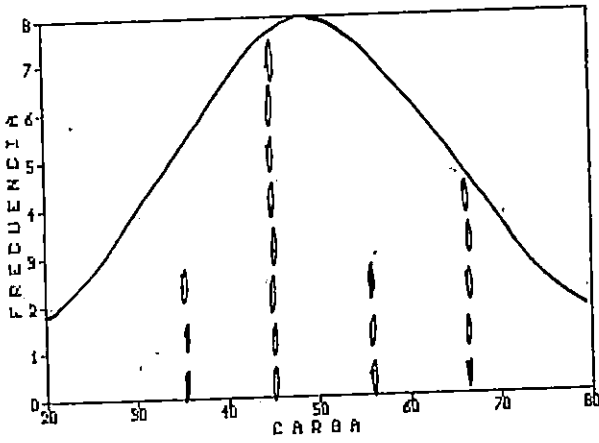
TABLA 5-29 ADITIVO CAÑAS-ASTM

CLASES	f	D _m	D _m × f	D _m ²	D _m ² × f
20-30	3	25	75	625	1875
30-40	5	35	175	1225	6125
40-50	8	45	360	2025	16200
50-60	1	55	55	3025	3025
60-70	3	65	195	4225	12675
SUMATORIA	20		860		39900

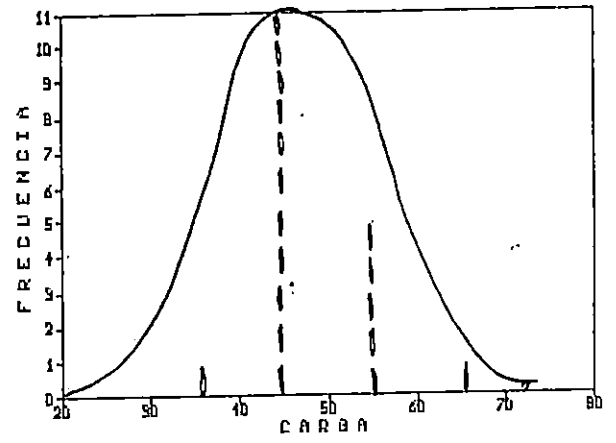
TABLA 5-30 MONITOR ARAMUCA-ASTM

CLASES	f	D _m	D _m × f	D _m ²	D _m ² × f
20-30	1	25	25	625	625
30-40	3	35	105	1225	3675
40-50	11	45	495	2025	22275
50-60	2	55	110	3025	6050
SUMATORIA	17		735		32625

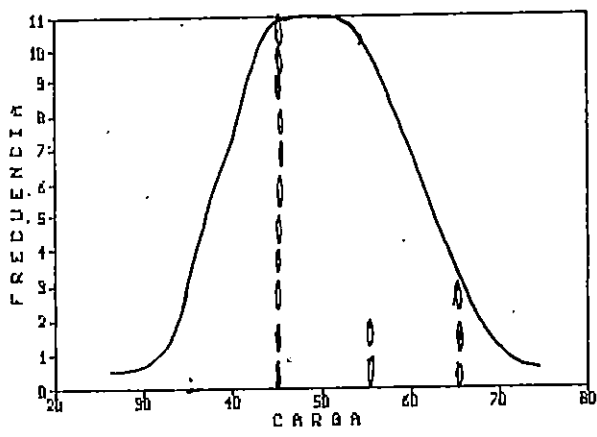
TABLA 5-31 ADITIVO ARAMUCA-ASTM



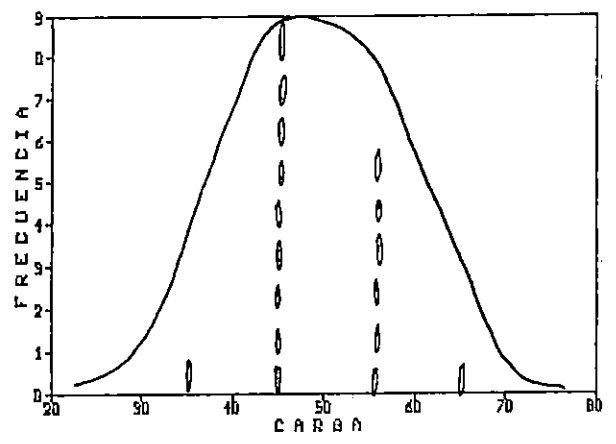
GRAFICA 5-5 MONITOR
CAÑAS-CECAT



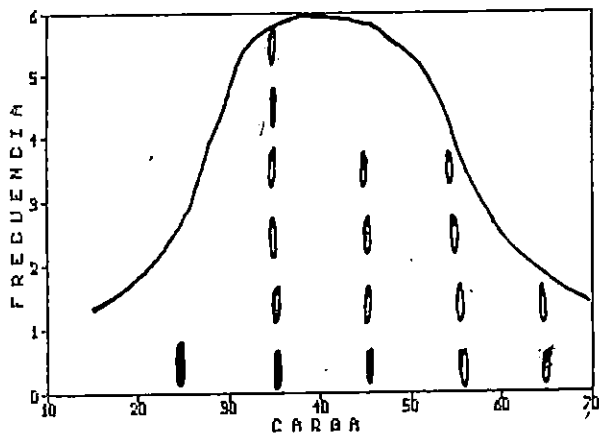
GRAFICA 5-6 ADITIVO
CAÑAS-CECAT



GRAFICA 5-7 MONITOR
ARAMUACA-CECAT



GRAFICA 5-8 ADITIVO
ARAMUACA-CECAT



GRAFICA 5-9 MONITOR
CAÑAS-ASTM.

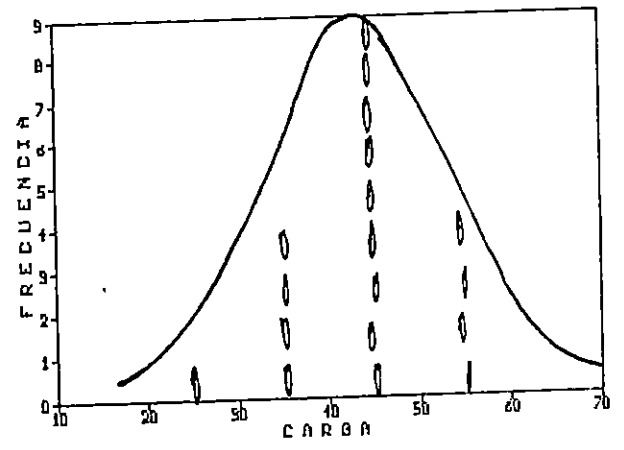
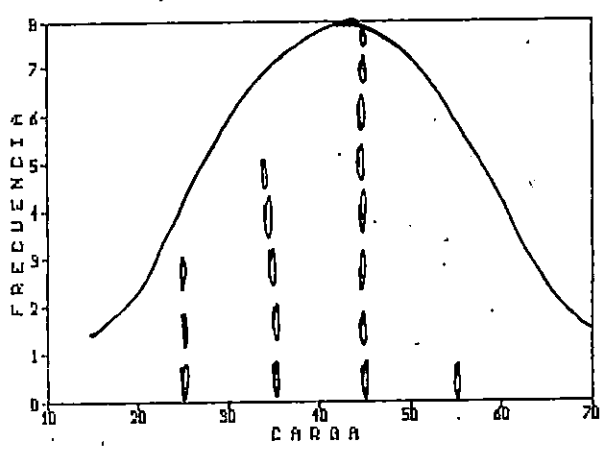


GRAFICO 5-10 ADITIVO
CAÑAS-ASTM



GRAFICA 5-11 MONITOR
ARAMUACA-ASTM

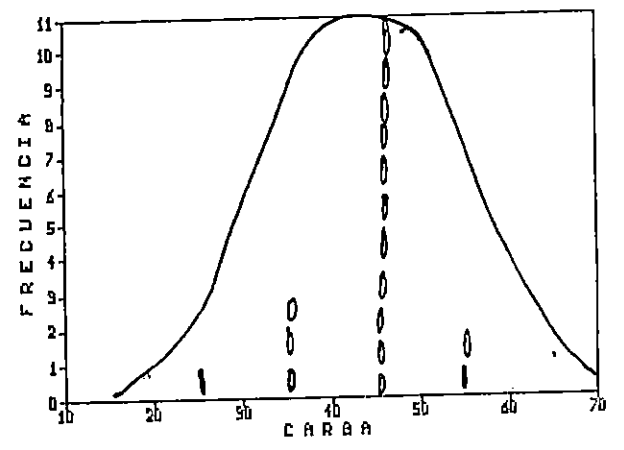


GRAFICO 5-12 ADITIVO
ARAMUACA-ASTM

5.3.3 PERMEABILIDAD

La edad de las tejas probadas también fue de 28 días, la prueba se efectuó en el cuarto húmedo de la escuela de ingeniería civil. Los resultados obtenidos se detallan en las tablas 5-32 y 5-33.

TEJAS ELABORADAS CON ARENA DEL RIO LAS CAÑAS				
ESPECIMEN	PERMEABILIDAD			
	GOTEO		HUMEDECIMIENTO	
	SI	NO	SI	NO
TC-M-1		x		x
TC-M-2		x	x	
TC-M-3		x	x	
TC-M-4		x	x	
TC-M-5		x	x	
TC-A-1		x	x	
TC-A-2		x	x	
TC-A-3		x		x
TC-A-4		x	x	
TC-A-5		x		x

TABLA 5-32

TC-M: TEJA CAÑAS MONITOR

TC-A: TEJA CAÑAS ADITIVO

* El humedecimiento fue menor del 50 % a un día y se mantuvo durante 15 días de prueba, en ninguno de los casos se presentó goteo.

TEJAS ELABORADAS CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA				
ESPECIMEN	PERMEABILIDAD			
	GOTEO		HUMEDECIMIENTO	
	SI	NO	SI	NO
TA-M-1		x		x
TA-M-2		x		x
TA-M-3		x	x	
TA-M-4		x	x	
TA-M-5		x	x	
TA-A-1		x		x
TA-A-2		x	x	
TA-A-3		x	x	
TA-A-4		x		x
TA-A-5		x		x

TABLA 5-33

TA-M: TEJA ARAMUACA MONITOR

TA-A: TEJA ARAMUACA ADITIVO

* El humedecimiento fue menor del 50 % a un día y se mantuvo durante 15 días de prueba, en ninguno de los casos se presentó goteo.

5.3.4 PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

El cloruro de calcio que es el material comunmente usado en aditivos acelerantes como en el presente estudio, puede provocar efectos de corrosión en el alambre de fijación de la teja, además podría tener algún efecto secundario en la reacción con el óxido de hierro del colorante usado. Para investigar a cerca de estos efectos se adopto la prueba de envejecimiento acelerado, adaptandose el procedimiento usado para envejecer vigas de concreto con fibras orgánicas

Por carecer de datos históricos acerca del comportamiento de la teja envejecida de manera natural en el ambiente, con relación a la prueba de flexión, se simuló también tejas fabricadas con mezcla monitor para comparar los resultados con los de las tejas de mezcla con aditivo.

La prueba se efectuó con tejas curadas hasta los 28 días, el proceso de envejecimiento fue aplicado a 2 tejas monitor y a 2 con aditivo para cada tipo de arena; para observar el efecto sobre el alambre de fijación se hizo una placa de mortero monitor y una con aditivo en las que se incrustó varios pedazos de alambre de los que se utiliza normalmente (ver fotografía 5-1, página 234).

Se simularon 4 años de envejecimiento, es decir 32 ciclos

mes y medio real (Ver anexo B).

Terminado los períodos de ciclos se procedió a observar algunas características de la teja, pudiendo notarse que en cuanto al color, descaramiento, eflorcencia, corrosión del alambre y comportamiento a flexión, no presentan alteración alguna.



FOTOGRAFIA 5-1

Los resultados de la prueba de flexión se muestran en la tabla siguiente:

PRUEBA DE FLEXION A TEJAS SOMETIDAS A ENVEJECIMIENTO ACELERADO							
C.A.D.T.E.D.	A.P.B.A.	A.N.C.D.B.	A.P.E.S.D.R.	A.F.S.D.	C.A.D.G.A.	T.I.P.O.D.E.	MANEJO FLECTAR
	G.R.F.	G.P.F.	T.M.	A.P.F.	K.G.	R.U.P.T.U.R.A.	*.P.E.T.A.R. (K.G./M ²)
PA-CM-1	50.00	24.90	8.10	2,345.6	55.0	TRANS	19.33
PA-CM-2	50.10	25.00	8.10	2,290.0	45.0	TRANS	15.75
PA-CA-1	50.00	25.00	8.00	2,410.4	50.0	TRANS	17.50
PA-CA-2	49.90	24.90	8.10	2,490.1	40.0	TRANS	14.06
PA-AM-1	50.00	25.00	7.90	2,150.6	40.0	TRANS	14.00
PA-AM-2	50.00	25.10	8.00	2,195.3	55.0	TRANS	19.17
PA-AA-1	50.00	25.00	8.20	2,387.4	45.0	TRANS	15.75
PA-AA-2	49.90	24.80	8.30	2,352.7	50.0	TRANS	17.64

PA-CM ó A: PRUEBA ASTM-CAÑAS MONITOR ó ADITIVO

PA-AM ó A: PRUEBA ASTM-ARAMUACA MONITOR ó ADITIVO

TABLA 5-34 RESULTADOS DE COMPORTAMIENTO A FLEXION
PARA TEJAS SOMETIDAS A ENVEJECIMIENTO ACELERADO.

5.4 ANÁLISIS DE COSTO DE LA TEJA CON ADITIVO

a) COSTO INDIRECTO

Para este caso los costos indirectos se ven incrementados al doble, sin embargo esto se compensa por una doble producción. El costo que se vería afectado es el de la energía eléctrica, estimado en un incremento de ¢ 0.02/teja, debido a que una producción en horas nocturnas necesita de iluminación artificial.

$$\text{Costos Indirecto/Unidad} = \text{¢ } 0.59$$

b) COSTOS DIRECTOS

TEJA ELABORADA CON ARENA DEL RÍO LAS CAÑAS
(DOSIF. 1:2.66 , A/C=0.74, 2.5 % DE ADITIVO)

MATERIALES	CANT/TEJA	UNIDAD	PREC.UNIT.¢	TOTAL ¢
-Cemento Portland	0.0144	bolsa	36.00	0.52
-Arena	0.001083	m3	100.67	0.11
-Agua	0.4530	litros	0.08	0.04
-Pigmentos	0.00032	bolsa	500.00	0.16
-Alambre	0.0050	libras	5.50	0.03
-Aditivo	0.398	fl onz	0.44	0.18
			Sub total	¢ 1.04

TEJA ELABORADA CON ARENA DE LAS MINAS DE ARAMUACA

(DOSIF. 1:2.68 , A/C=0.59, 2.1 % DE ADITIVO)

MATERIALES	CANT/TEJA	UNIDAD	PREC.UNIT.¢	TOTAL¢
-Cemento Portland	0.0143	bolsa	36.00	0.51
-Arena	0.001083	m3	66.67	0.07
-Agua	0.3580	litros	0.08	0.03
-Pigmentos	0.00032	bolsa	500.00	0.16
-Alambre	0.0050	libras	5.50	0.03
-Aditivo	0.332	fl onz	0.44	0.15
			Sub total	¢ 0.95

5.4.1 COSTOS NETOS

PROCEDENCIA	DOSIF.	COSTO INDIRECTO	COSTO DIRECTO	COSTO NETO
Río de las Cañas	1:2.66	¢ 0.59	¢ 1.04	¢ 1.63
Minas de Aramuaca	1:2.68	¢ 0.59	¢ 0.95	¢ 1.54

CAPITULO VI

6.1 CONCLUSIONES

Como resultado del estudio realizado sobre la TMC se obtienen las siguientes conclusiones:

- En el presente estudio, para la realización de ensayos de laboratorio se adoptaron procedimientos propuestos en el manual para el control de calidad de tejas de microconcreto del CECAT, sin embargo, debido a que algunos de los procedimientos establecidos en él son desconocidos en nuestro medio o imprecisos, para lograr una comparación de resultados se desarrollaron procedimientos con el auxilio de las normas ASTM C 746-54 y ASTM C 221-74 para el ensaye de flexión, la norma ASTM C-136 y C-144 en el ensaye de la granulometría, ASTM C 117 para el ensaye de arcilla y limo, ASTM C 230 en la prueba de fluidez. Además se incluyó el ensaye de contenido de orgánico (ASTM C 40) y porcentaje de absorción (ASTM C 128).

- Para cada una de las mezclas ensayadas a la flexión se dejó en este estudio un registro de por lo menos quince resultados de prueba, para una edad de veintiocho días con el objeto de tener una base de datos iniciales, los

cuales en un futuro se adopten como datos históricos.

- Entre los resultados de flexión obtenidos, existe un porcentaje de diferencia de 21.9 % entre los resultados obtenidos para el método de CECAT y el propuesto en base a normas ASTM. Esto se le puede atribuir fundamentalmente a que la velocidad de aplicación de la carga son diferentes; pues con la máquina de flexión de CECAT no se lleva un control minucioso, mientras que con la máquina Tinius Olsen la velocidad de carga es constante y precisa.

- Para la determinación de la dosificación volumétrica óptima (cemento:arena) se tomó en cuenta los resultados de laboratorio obtenidos en el capítulo III, partiendo de esta en el capítulo IV se analizaron 4 dosificaciones cercanas para cada tipo de arena, por medio de una interpolación se llegó a las dosificaciones reales siguientes:

1:2.66 para arena del río de Las Cañas.

1:2.68 para arena de las minas de Aramuaca.

Los resultados del capítulo tres muestran que la

dosificación real utilizada por el obrero durante la investigación era 1:2.64 para ambas arenas, puede notarse que no existe una variación muy apreciable en estas, con lo que queda demostrado que las dosificaciones ocupadas son adecuadas.

- La condición reológica de las mezclas investigadas presentaron similares características ya que se mantuvo la fluidez requerida, el tipo de vibrado y la forma de acomodamiento manual al momento de elaborar las tejas.

- Para garantizar una calidad adecuada de las tejas, es necesario alcanzar el valor de carga de rotura a flexión de 42.5 Kg, para condición saturada en agua durante 24 horas. Los promedios de carga en la prueba a flexión desarrolladas en el capítulo V con las mezclas óptimas sin aditivo, se muestran a continuación:

Mezcla con:	CECAT	ASTM
Arena del río Las Cañas:	49.4 kg	41.8 kg
Arena de las minas de Aramuaca:	49.5 kg	40.0 kg

Lo que indica que estos valores están por arriba de lo requerido por el CECAT, sin embargo la varianza estadística demuestra que los valores de carga tiene una dispersión considerable con respecto a la media muestral, por ello es conveniente mantener sobrediseñada la mezcla, para que sirva como un margen de seguridad en el producto.

- Se presentan en el capítulo IV, algunos gráficos que relacionan la carga de compresión de cubos de microconcreto vrs. la carga de flexión de la teja, y vrs. dosificación respectiva; con ellos se presenta la relación que existe entre estas variables.

- Las tejas elaboradas con mezcla e inclusión de aditivo acelerante SIKASET L no presentó ninguna variación en las características de la teja, como permeabilidad, color y textura, etc., pero si puede notarse una pequeña disminución de 0.99 kg de carga a la flexión a los 28 días.

- El uso de aditivo acelerante es factible cuando la demanda de la TMC lo exija, si se toma en cuenta que los costos adicionales que implica su utilización y la producción nocturna se compensan.

El incremento debido por la inclusión de aditivo es:

Mezcla con arena	% de Aditivo/bls	lts./bls	costo ¢/teja
Río Las Cañas	2.5	0.82	0.18
Minas de Aramuaca	2.1	0.70	0.15

El incremento por el consumo adicional de energía eléctrica se estimó en ¢ 0.02 / teja.

- La prueba de permeabilidad arroja resultados positivos para la dosificación óptima encontrada así como para la dosificación con aditivo, ya que no se evidenció infiltraciones (goteo) de agua a través de la teja, ni excesiva humedad en la cara inferior de esta.

- Después de haber simulado el envejecimiento natural, por medio de la prueba de envejecimiento acelerado en condiciones de laboratorio, se observó que la teja no

presentó alteración alguna en las características siguientes: color, descascaramiento, eflorescencia, corrosión del alambre y comportamiento a flexión.

- La tecnología permite utilizar material de origen nacional para la fabricación de TMC, esto contribuye a nacionalizar la fabricación de cubiertas, evitando así la fuga de divisas.

- De acuerdo al costo neto de la TMC, el precio de esta en el mercado nacional puede fijarse menor a los precios de cubiertas comerciales existentes, por lo que tiene amplia posibilidades de competir en el mercado, pudiendo favorecer a gran parte de la población de bajos recursos.

6.2 RECOMENDACIONES

- Para obtener un producto de TMC con buena calidad, es necesario estandarizar los controles y normas en el proceso de producción contemplado en este trabajo.

- Debido a que para el proceso de acomodamiento del mortero las fuerzas que contribuyen a consolidarlo son: la ejercida por el obrero al manipular la cuchara y la transmitida por la mesa vibratoria; a mayor trabajabilidad y relación A/C de la mezcla menor energía de compactación necesaria y viceversa. Es necesario concientizar al obrero de no alterar tal relación.

Como las relaciones A/C encontradas en este estudio son altas si se comparan con lo establecido por el CECAT, para disminuirla es recomendable se estudie un equilibrio entre la trabajabilidad y la compactación de la mesa vibratoria de manera que no afecte el rendimiento del obrero.

- Para mantener uniformidad en la dosificación volumétrica, es conveniente que se abandone el tipo de dosificación por balde, ya que estos puedan variar en volumen por su procedencia o por deterioro. De acuerdo a la dosificación óptima encontrada, se recomienda usar "perihuelas" que deben tener las dimensiones siguientes para cada una de las arenas en condición seca: 2 x (33 x 33 x 34) cm. por una bolsa de cemento. tomado un promedio del abudamiento por humedad, las dimensiones a usar para las perihuelas serían:

Arena del Río Las Cañas:	2 x (35 x 35 x 37)cm
Arena de las Minas de Aramuaca:	2 x (35 x 35 x 35) cm

- En lo posible, se recomienda para la fabricación de la mezcla de microconcreto, sobre todo cuando se haga inclusión de aditivo, se debe utilizar mezcladora mecánica ya que con este sistema hay una mejor homogeneización de la mezcla y no existe pérdida de agua ni de aditivo.

- En el caso de uso de aditivo, se recomienda mantener orden al momento del desmolde, de tal manera que las tejas elaboradas primero sean las primeras en ser desmoldadas, y se siga consecutivamente a lo largo de la jornada de trabajo. Es decir, se debe mantener al menos 12 horas cada teja en el curado inicial en los moldes.

- Es necesario tomar en cuenta que en una producción de tejas usando mezcla con aditivo acelerante se podrá tener una doble producción, teniendo que utilizar un área mayor para el curado en sombra, debido a que la teja no debe ser transportado antes de los 28 días ya que puede ocasionar el deterioro de las unidades.

- Se recomienda que en futuras investigaciones se estudien materiales similares que sirvan como sustitutos o se puedan combinar con los utilizados en la actualidad para la fabricación de la TMC, además utilizar aditivos naturales.

- Fomentar la expansión de fábricas de TMC, ya que resulta un producto con adecuadas características técnicas, es un proyecto factible económicamente, además ayuda a cuidar el ecosistema pues este tipo de teja no se necesita leña para la elaboración, evitando la deforestación y la contaminación del medio ambiente.

- Se ha conocido que existe problemas en el funcionamiento de los capotes y terminaciones, por lo que es conveniente se estudie el mejoramiento del diseño de estos, así como se investigue una técnica para la elaboración del respectivo molde.

REFERENCIAS CAPITULO III

1. Murray R. Spiegel, Probabilidad y estadística, Serie Shaun, Mc Graw Hill, México, 1991.
2. Bonilla, Gildaberto, Estadística "Elementos de estadística descriptiva y probabilidad", U.C.A. Editores, El Salvador, 1986.
3. Mata y Castaneda, Estadística general, Vol. 1, El Salvador, 1981.
4. Salmeron Gutiérrez, Juan, "Estudio de la prefactibilidad de láminas de cemento-henequén (Parte I)", Tesis para optar al título de ingeniero civil, UES, 1986.
5. Calderón Novellino, Fernando. "Tecnología del concreto: Mortero : cemento-arena-cal, Tomo II", Tesis para optar al título de ingeniero civil, UES, 1970.
6. Barrera Méndez, Walter. "Evaluación del deterioro de la lámina de fibra cemento-henequén", Trabajo de Graduación para optar al título de ingeniero Químico, UES, 1989.
7. Ponce H., Francisco A. "Tecnología del concreto: Cemento-arena-trass-puzzolana, Tomo IX", Trabajo de Graduación para optar al título de ingeniero civil, UES, 1970.
8. Molina Escalante, Cesar, "Tecnología del concreto: Morteros-arena-cemento-cal, Tomo V", Trabajo de Graduación para optar al título de ingeniero Civil, UES, 1970.
9. Villatoro, Luis René, "Tecnología del concreto: Mortero-arena-cemento-trass, Tomo XI", Trabajo de Graduación para optar al título de ingeniero civil, UES, 1970.

REFERENCIAS CAPITULO IV

1. Diseño de un hormigón hidráulico para tejas de TMC, RED LA TMC grupo sofonías, Prof. Jorge Acevedo Cata, CECAT.
2. Cuadernos de investigación, "Diseño de mezclas de concreto y mortero para la ciudad de Manizales", Universidad Nacional de Colombia, CINDEC N° 13.
3. Esculante Marta Eleonora; Maceda Alejandro, "Estudio sobre el concreto reforzado con fibra de henequén". Tesis para optar al grado de ingeniero civil. U.C.A. El Salvador sep. 1994.
4. Ponce Francisco A; Duarte Hugo, "Cemento Arena Trass Puzzolana Morteros", Tecnología del concreto Tomo IX. Tesis para optar al título de ingeniero civil, UES, El Salvador nov. 1970.
5. Kosmatka, Steven H y Panarese, William C., "Diseño y Control de Mezclas de Concreto", IMCYC, México 1992.
6. "Morteros para obras de mampostería", Revista CESSA DC 5, El Salvador.
7. Hans-Erick Gram, Paul Gut y Jorge Acevedo, grupo sofonías "manual para el control de calidad de teja de microconcreto", Cuba, 1993

REFERENCIAS CAPITULO V

1. Escalante Chinchilla, Marta Eleonora. "Estudio sobre el concreto reforzado con fibras de henequen". Tesis para optar al título de ingeniero civil, UCA, 1994.
2. Michel Venuat, "Aditivos y tratamiento de morteros y hormigones", Editores Tecnicos Asociados Barcelona, España, 1972.
3. "Cemento Hormigon", Revista Tecnica Barcelona, España, Julio 1987.
4. "Biblioteca Atrium de la Construccion", Tomo 1 Materiales para la construccion, OCEANO/CENTRUM, España, Pag.63
5. "Aditivos para Concreto", Instituto Mexicano del Cemento Y del Concreto, A.C., Editorial Limusa, Primera impresión, Mexico 1990.
6. Kosmatka, Steven H. Y Panarese, Willian C., "Diseño Y Control de Mezclas de Concreto", Instituto Mexicano del Cemento Y del Concreto, A.C., Primera impresión, México 1992.
7. Mcmillan, F. R. Y Tuthill, Lewis H., "Cartilla del Concreto", Instituto Mexicano del Cemento Y del Concreto, A.C., Editorial Limusa, Primera edición, México 1989.
8. Cemento de El Salvador SA de CV. "Morteros para Obras de Mamposteria", Folleto.

GLOSARIO

Se definen a continuación los términos más importantes utilizados para el desarrollo de este estudio, ayudando al lector para que tenga una mayor comprensión del contenido del mismo.

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials.

ABSORCION: Habilidad de un material sólido poroso para mantener dentro de su cuerpo una cantidad relativamente grande de líquido.

ABUNDAMIENTO O ENTUMECIMIENTO POR HUMEDAD: Es el aumento del volumen total de agregado fino húmedo respecto al mismo peso seco.

ADITIVO: Material deferente del agua de los agregados y del cemento hidráulico que se emplea como componente del concreto o mortero, y que se agrega a la mezcla, antes o durante el mezclado a fin de modificar sus propiedades.

ARENA: Arido suelto principalmente de origen silícico que tiene un tamaño que va de 5 mm. hasta de 0.15 mm. Es una de las materias primas necesarias para fabricar la TMC.

ASTM: American Society for Testing Materials.

CECAT: Centro de Estudio de Construcción y Arquitectura Tropical, de Cuba.

CÉTACES: Centro de Tecnología Apropriada de la Construcción de El Salvador.

CEMENTO: Producto artificial que resulta de calcinar (casi hasta punto de fusión) mezclas homogéneas de calizas y arcilla (clinker) y ésta pulverizada con yeso en proporciones menores a un 3%. Este producto es una de las materias primas de la TMC.

CONTENIDO DE HUMEDAD: Es la cantidad de agua que contiene un agregado o el mortero mismo. Para la TMC mantener el contenido de humedad constante durante los diferentes curados significa tener una teja de mayor calidad.

COSTOS DIRECTOS: Es la suma de material, mano de obra y equipo necesario para la realización de un proceso productivo. Representan las inversiones que aparecen en realizaciones físicas de ejecución.

COSTOS INDIRECTOS: Son los gastos generales de una empresa aplicados por sus oficinas centrales, que se prorratarán entre diversas actividades que realiza y se determinan para cada actividad considerada solo en ella.

CUBIERTA: Sinónimo de techo. Viene de "que cubren la vivienda y a las personas que la habitan".

CURADO PRIMARIO: Curado que recibe la TMC en los moldes durante las primeras 24 horas desde su elaboración, y donde se produce el fraguado del mortero. También se llama curado en molde.

CURADO SECUNDARIO: Curado que recibe las tejas de microconcreto pasado las primeras 24 horas, dentro de un tanque con agua o vapor. Este curado dura de 7 a 10 días.

CURADO A VAPOR: Es un curado secundario, se realiza en sitios cerrados con muy poca agua y sin que esta toque las tejas. Es necesario mucho calor para que siempre haya humedad bien caliente.

DISEÑO DE MEZCLA: Es el estudio que se realiza para determinar la cantidad de cemento, arena y agua que necesita un mortero para producir una buena TMC.

DODIFICACION: Proporción específica de cada materia prima (cemento-arena-agua) para producir el mortero con que se fabrica la TMC.

ELEMENTO DE FIJACION: Es el alambre galvanizado, acero, cobre u otro metal que se coloca en el tacón de ola teja al momento de fabricar la misma y que sirve de fijación, debe ser flexible

para que permita ser torcido sin que éste se rompa.

ENSAYO A FLEXION: Es la prueba de calidad a la que se somete una teja de micro-concreto que nos permite saber que peso soporta antes de fallar en condiciones de trabajo. La TMC debe soportar un mínimo de 50 kg/cm² en las tejas de 8 mm. de espesor.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD: Prueba de calidad que nos permite saber si la TMC filtra agua al tener un volumen determinado de la misma en el canal central. La teja jamás debe dejar pasar el agua de una cara a la otra.

FISURA: Fractura longitudinal que se produce en la teja. Esta puede ser externa o interna y ser visible o no.

FMLN: Frente Farabundo Martí para la Liberación Nacional.

GEL DE CEMENTO: Es la composición de las partículas coloidales producto de la hidratación del cemento. Es decir la unión del agua y el cemento.

GRANULOMETRIA: Son las proporciones de los granos de diferentes tamaños que contiene un árido.

GOES: Gobierno de El Salvador.

IMPERMEABLE: Se dice de los cuerpos o de el tratamiento que se

le da para que no se dejen atravesar por el agua o cualquier otro líquido.

MANO DE OBRA: Es lo que se paga a los obreros por realizar su labor.

MATERIA ORGANICA: Restos de origen animal o vegetal muy dañino al mortero. Viene por lo general acompañando las arenas.

PIGMENTO: Material colorante que sirve para dar color a las tejas de microconcreto.

POROSIDAD: Agujeros que separan un elemento de otro.

PROCESO DE PRODUCCION: Son todos los pasos necesarios desde el mezclado de la materia prima hasta la colocación de la lámina moldeada en el molde para producir una teja de microconcreto.

RELACION AGUA-CEMENTO (A/C): Es el cociente resultante de dividir el peso del agua utilizada en una mezcla entre el peso del cemento utilizado en la misma mezcla.

RESISTENCIA: Es la oposición natural de un elemento para soportar las cargas a la que es sometido.

TACON: Es la parte de la teja de microconcreto que se une con la estructura de techo.

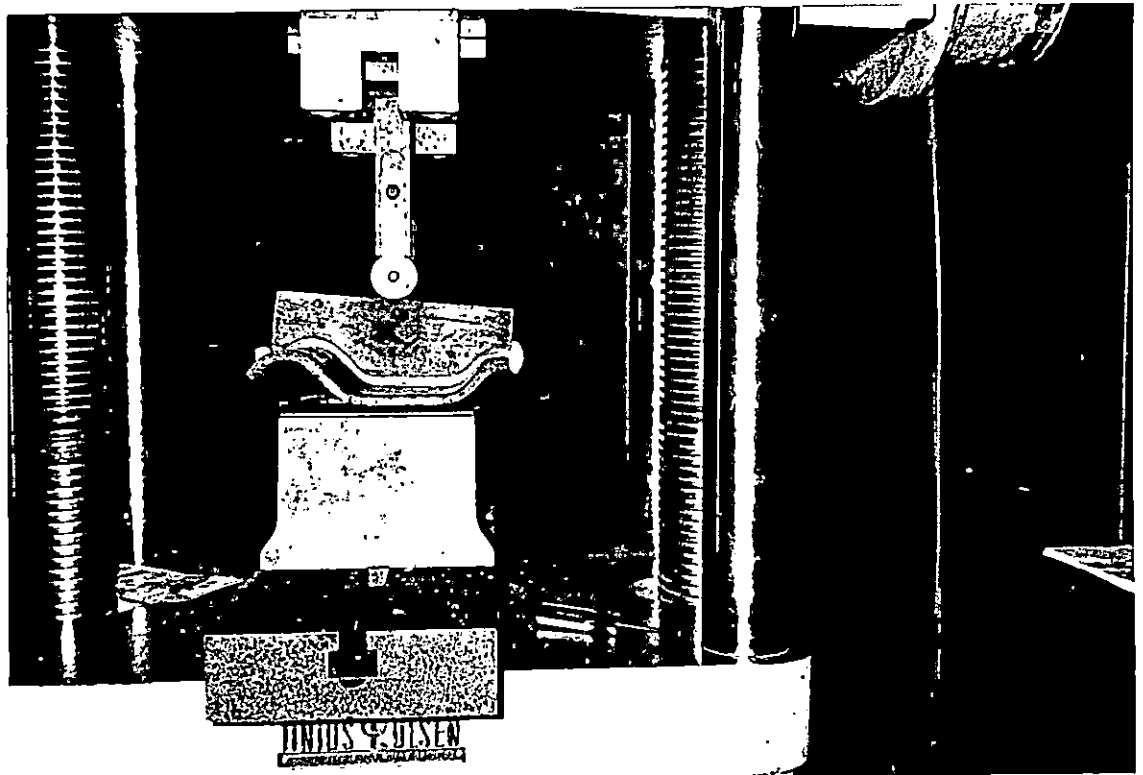
TRABAJABILIDAD: Es la facilidad con lo cual el concreto puede ser mezclado, transportado y colocado hasta su posición final con una pérdida mínima de homogeneidad (sin segregación).

TMC: Teja de Microconcreto. Tipo de teja que utiliza como materia prima arena y cemento. Actualmente existen dos formas: romana o pantile.

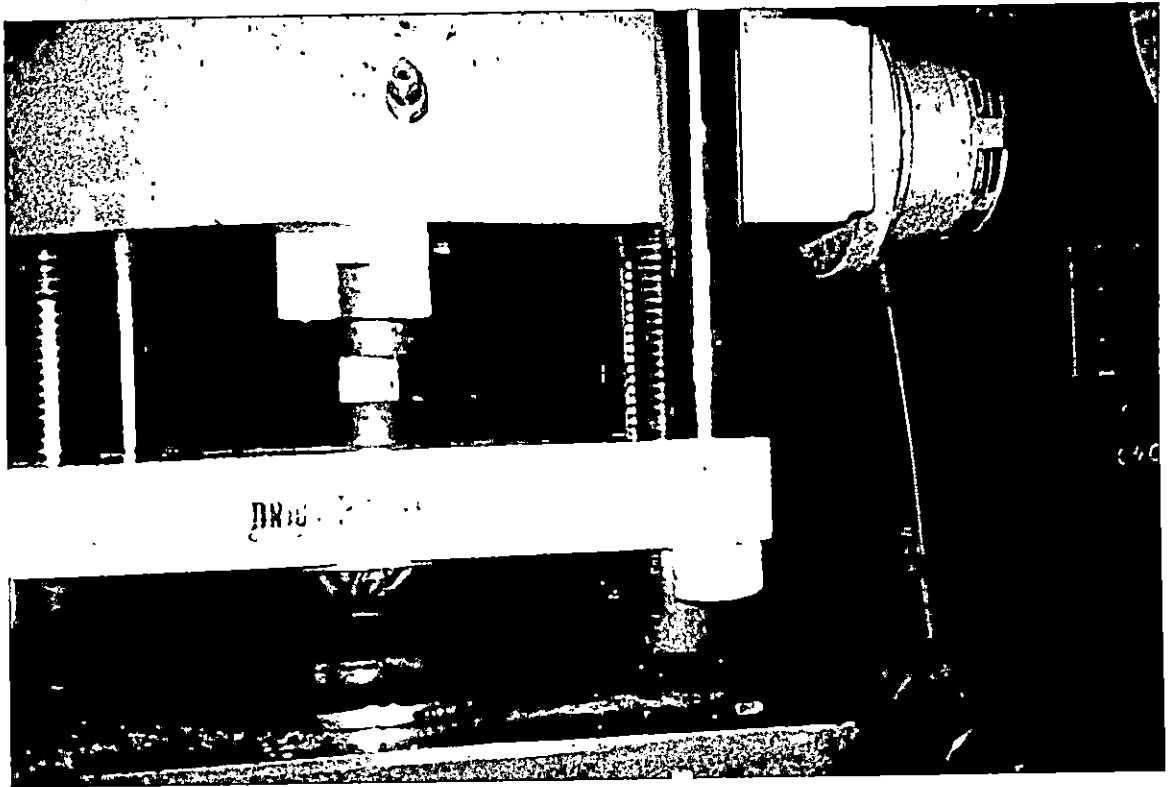
UCA: Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

UES: Universidad de EL Salvador.

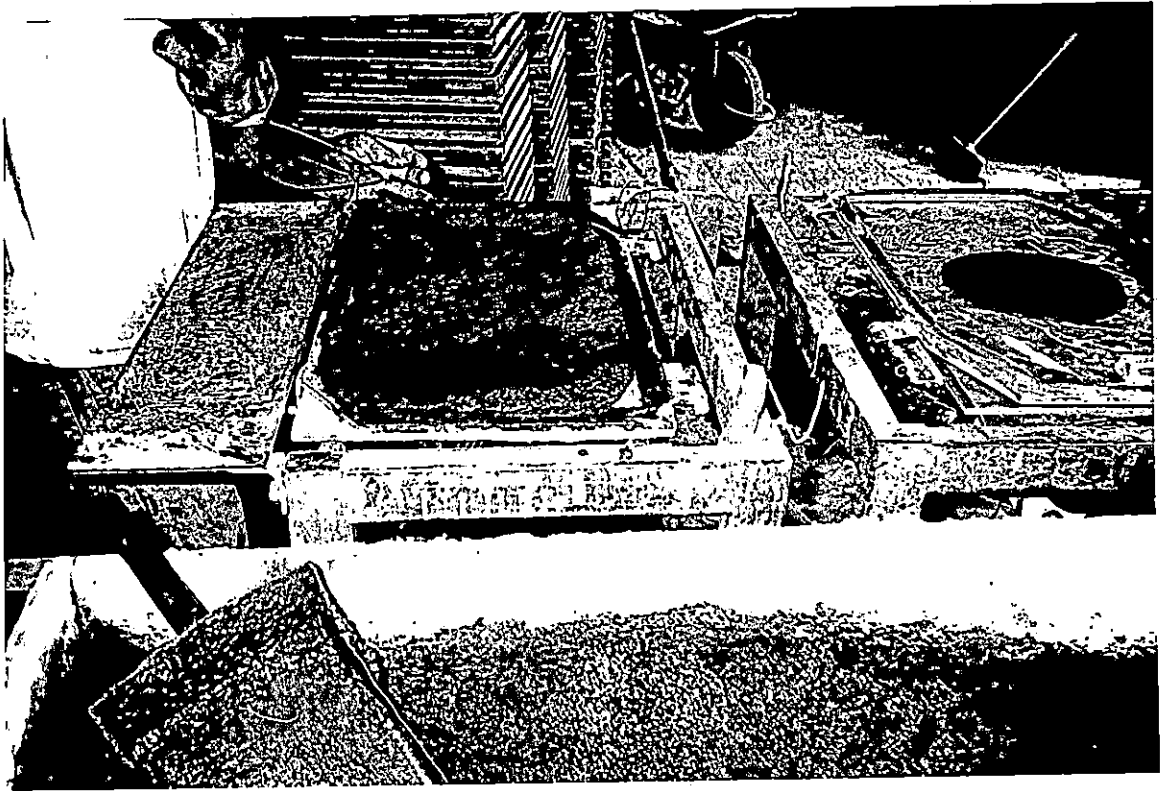
VIBRADO: Movimiento oscilatorio a que se somete el mortero para obtener una mayor homogeneidad.



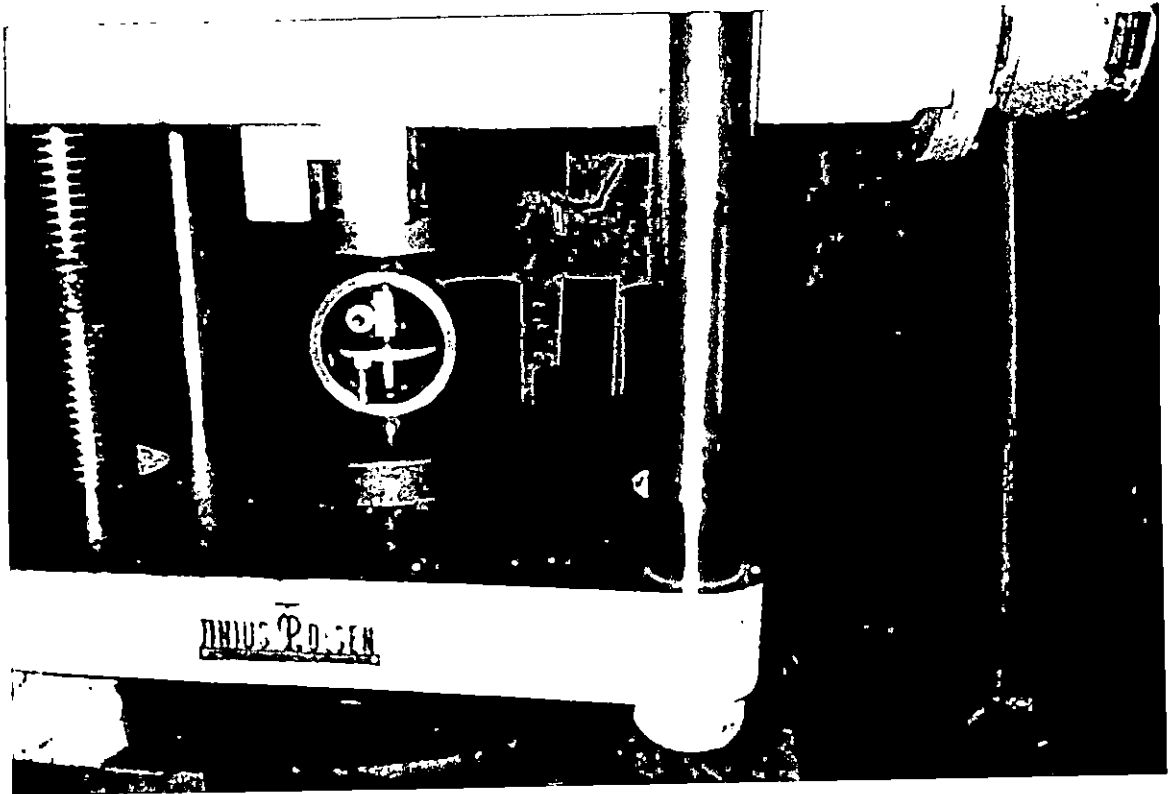
PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION



ELABORACION DE TEJA



CALIBRACION DE LA MAQUINA TINIUS OLSEN



PRUEBA DE PERMEABILIDAD

ANEXO A

PUBLICACION DE NORMAS ASTM

Con el único objeto de familiarizar a los profesionales de Ingeniería Civil y Arquitectos, así como estudiantes de ambas especialidades, técnicos y personas interesadas en el conocimiento de normas de uso frecuente y actualizadas relativas al concreto y agregados para concreto, iniciamos en este número la traducción de las normas ASTM (American Society for Testing and Materials).

Comprenderá las especificaciones y los procedimientos de ensayo para agregados así como los procedimientos de ensayo en el concreto fresco y el concreto endurecido.

Esta sección está a cargo del Ing. Ricardo Burgos Oviedo con la colaboración del Cuerpo Asesor y personal de CESICC (Centro Salvadoreño de Información del Cemento y Concreto).

✓ METODO ESTANDAR DE ENSAYO IMPUREZAS ORGANICAS EN AGREGADO FINO PARA CONCRETO

ASTM DESIGNATION: C 40-84 (AASHTO T 21)

1. ALCANCE

1.1. Este Método de Ensayo cubre el procedimiento para una determinación aproximada de la presencia de compuestos orgánicos perjudiciales en agregados finos que serán usados en Mortero de Cemento o Concreto.

1.2. Esta norma puede involucrar materiales, operaciones y equipo peligroso. Esta norma no propone todas las direcciones de los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma, consultar y establecer la seguridad apropiada, prácticas contra la salud y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias prioritarias para su uso.

2. DOCUMENTOS REFERENCIADOS

2.1. Normas ASTM:

C 33 Especificaciones para agregados del concreto.

C 87 Método de Ensayo para efectos de las impurezas orgánicas del agregado fino en la resistencia del Mortero. C 702 Métodos para reducir muestras de campo a tamaños de ensayo en agregados C 75 Práctica para Muestreo de Agregados.

D 1544 Método de Ensayo para color de líquidos transparentes (Escala de colores Gardner).

3. SIGNIFICADO Y USO

3.1. Este método de Ensayo es de significado en hacer una determinación preliminar de la aceptabilidad del Agregado Fino con respecto a los requerimientos de la especificación C 33.

3.2. El principal valor de este Método de Ensayo es suministrar un aviso sobre las impurezas inorgánicas que pueden estar presentes. Cuando una muestra sujeta a este ensayo produce un color más oscuro que el color de la solución estandar (ver 5.2.). Es prudente ejecutar el ensayo para el efecto de las impurezas orgánicas en la resistencia del Mortero de acuerdo con el Método de Ensayo C 87.

4. APARATOS.

4.1. Botellas de Vidrio-Botellas de Vidrio Incoloro, Graduadas, con una capacidad nominal de 12 ó 16 onzas (aproximadamente 350 ó 470 ml.), sección transversal aproximadamente ovalada, equipada con tapadera hermética o tope no soluble con el reactivo especificado. En ningún caso el espesor máximo de las botellas medido a lo largo de la Línea de Observación y usado para comparar el color, será mayor de 2 1/2 pulg. (60 mm) o menor de 1 1/2 pulg. (40 mm). La graduación de las botellas estará en onzas, o mililitros, excepto que las botellas sin marcar puedan ser calibradas y marcadas con graduación por el usuario. En este caso, la marca de graduación será requerida en los tres puntos siguientes:

- 4.1.1 Nivel de Referencia del color de la solución - 2 1/2 onzas (75 ml)
- 4.1.2. Nivel de Agregado Fino - 4 1/2 onzas (130 ml) y 4.1.3. Nivel de Solución NaOH - 7 onzas (200 ml)

5. REACTIVOS Y REFERENCIAS ESTANDAR DEL COLOR DE LA SOLUCION

5.1. Reactivo, Solución de Hidróxido de Sodio (3%) - Disuelva 3 partes por peso de Hidróxido de Sodio (NaOH) en 97 partes de agua.

5.2. Referencia Estándar del color de la solución - Disuelva reactivo de Potasio Dicromado ($K_2Cr_2O_7$) en Acido Sulfúrico Concentrado (sp gr. 1.84) en la relación de 0.250 g/100 ml. de ácido. La solución hecha para la comparación del color debe ser fresca, usando un color suave si es necesario, para una solución más efectiva.

6. MUESTRA

6.1. La muestra será seleccionada en completa concordancia con la práctica D 75

7. MUESTRA DE ENSAYO

7.1. Obtener una muestra de ensayo del Agregado Fino pesando alrededor de 1 libra (aproximadamente 450 gr.) en concordancia con el Método C 702.

8. PROCEDIMIENTO

8.1. Llenar una botella de vidrio hasta el nivel de 4 1/2 onzas fluidas (aproximadamente 130 ml) con la muestra del Agregado Fino a ser ensayado.

8.2. Agregar la solución de NaOH al 3% en agua, sobre el volumen de Agregado Fino, agitando el líquido indicado, hasta 7 onzas fluidas (aproximadamente 200 ml)

8.3. Tapar la botella y agita vigorosamente y luego dejar en reposo por 24 horas.

9. DETERMINACION DEL COLOR

9.1. Procedimiento Estándar - Al final del período de reposo de 24 horas, llenar una botella de vidrio hasta el nivel de 2 1/2 onzas fluidas (aproximadamente 75 ml) con la solución fresca de la referencia estándar del color, previamente preparada con tiempo no mayor de 2 horas, como se describe en 5.2. compare el color del líquido arriba de la muestra de ensayo con el color de la solución de referencia y anote si es más clara, oscura o igual al color de la referencia. Haga la comparación del color sosteniendo las dos botellas juntas y cerradas observando a través de ellas.

9.2 Procedimiento Alternativo - Para definir con más precisión el color del líquido de la muestra de ensayo, 5 soluciones de color pueden usarse como se describe en la Tabla 1 del método de Ensayo D 1544, usando los siguientes colores:

Color Estándar Gardner No.	Placa Orgánica No.
5	1
8	2
11	3 (Estándar)
14	4
16	5

El procedimiento de comparación descrito en 9.1 deberá usarse, excepto que el número de la placa orgánica próxima al color del líquido sobre el espécimen deberá ser informado. Cuando se use este procedimiento alternativo no será necesario preparar la solución para la referencia estándar del color.

Nota. Un instrumento apropiado consiste de los colores de vidrio estándar montado en un marco plástico. El instrumento está provisto de las cinco placas correspondientes a los números de los colores orgánicos.

10. INTERPRETACION DE RESULTADOS

10.1. Si el color del líquido superficial es más oscuro que el de la solución de referencia normal, el Agregado Fino ensayado deberá ser considerado como que posiblemente contiene compuestos orgánicos perjudiciales y nuevos ensayos deberán ser hechos antes de aprobar la arena para su uso en el Concreto.

11. PRECISION Y ERROR

11.1. Sinceramente este procedimiento de ensayo no requiere valores numéricos, la determinación de la precisión y error no es necesaria.

normas ASTM para cemento y concreto

Se tradujo y se reproduce con permiso de la American Society for Testing and Materials, 1916 Race Street, Philadelphia 3, Pa. EE. UU.

Método Estándar de Ensaye

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRAULICO (USANDO ESPECIMENES CUBICOS DE 5 CENTIMETROS [2"])

Norma ASTM C 109-63

ADOPTADA, 1956; REVISADA, 1958, 1963.

Campo de aplicación

1. Este método de ensaye tiene por objeto la determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico, usando especímenes cúbicos de 5 cm (2") (Nota 1).

Nota 1.—Se presenta un procedimiento alternativo para esta determinación en el Método de Ensaye Para Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Usando Porciones de Prismas Rotos en Flexión) (ASTM C 349).

Equipo

2. (a) *Balanzas*.—Las balanzas empleadas para pesar los materiales con los cuales se preparan las mezclas de mortero cumplirán con los siguientes requisitos: La variación permisible para balanzas en uso constante correspondiente a una carga de 2 000 g será ± 2.0 g. La variación permisible para balanzas nuevas será la mitad de este valor. El recíproco de la sensibilidad* no será mayor del doble de la variación permisible.

(b) *Pesas*.—La variación permisible para pesas en uso constante empleadas para pesar los materiales usados en las mezclas de mortero cumplirán con lo prescrito en la Tabla I. Las variaciones permisibles para

pesas nuevas serán la mitad de los valores de la Tabla I.

(c) *Mallas*.—Se usarán cribas de agujeros cuadrados, de malla de alambre del No. 100 (149 micras), No. 50 (297 micras), No. 30 (595 micras), y No. 16 (1.19 mm) que cumplan con las Especificaciones Estándar para Mallas Empleadas en Ensayes (ASTM E-11).

(d) *Recipientes de vidrio*.—Se usarán recipientes de vidrio graduados de capacidades adecuadas (de preferencia lo suficientemente grandes para medir el agua de mezclado en una sola operación) para medir el agua a una temperatura de 20° C (68° F). La variación permisible será ± 2 ml. Estas líneas de graduación se subdividirán en graduaciones de por lo menos 5 ml, excepto que las líneas de graduación pueden omitirse para los primeros 10 ml en probetas de 250 ml y para los primeros 25 ml en probetas de 500 ml. Las líneas principales de graduación serán circunferencias cerradas y estarán numeradas. Las graduaciones menores medirán por lo menos un séptimo de la longitud de la circunferencia, y las graduaciones intermedias medirán al menos un quinto de la longitud de la circunferencia.

* Definido en forma general, el recíproco de la "sensibilidad es el cambio de carga necesario para alterar la posición de descanso del elemento o elementos indicadores de una balanza indicadora no automática en una cantidad definida u una intensidad de carga dada. Para una definición más completa véase "Especificaciones, Tolerancias, y Regulaciones de Aparatos Comerciales para Pesar y Medir", Manual II, 41, National Bureau of Standards, septiembre, 1949. págs. 92 y 93.

TABLA I.—VARIACIONES PERMISIBLES EN LOS PESOS

Pesos, g	Variaciones permisibles para pesas en uso constante, más o menos, g.
1 000	0.50
900	0.45
750	0.40
500	0.35
300	0.30
250	0.25
200	0.20
100	0.15
50	0.10
20	0.05
10	0.04
5	0.03
2	0.02
1	0.01

(e) *Moldes para los especímenes.*—Los moldes para los especímenes cúbicos de ensaye de 5 cm (2") estarán bien ajustados. Los moldes no tendrán más de 3 compartimentos cúbicos y podrán separarse en no más de dos partes. Cuando se ensamblen entre sí las partes en que se dividen los moldes, la unión será rígida. Los moldes se fabricarán de un metal duro que no sea atacado por el mortero de cemento. Para moldes nuevos la dureza del metal no será menor que B 55 de la escala Rockwell. Las caras laterales de los moldes serán lo suficientemente rígidas para evitar que se abran o se alabeen. Las caras interiores de los moldes serán superficies planas con una variación permisible de 0.0025 cm (0.001") para moldes nuevos, y 0.0050 cm (0.002") para moldes en uso. Las distancias entre las caras opuestas será 5 ± 0.013 cm (2 ± 0.005 ") para moldes nuevos, y 5 ± 0.05 cm (2 ± 0.02 ") para moldes en uso. La altura de los moldes, medida separadamente para cada compartimento cúbico, será de 5 cm (2") con variaciones permisibles de $+ 0.025$ cm ($+ 0.01$ ") y $- 0.0125$ cm ($- 0.005$ ") para moldes nuevos, y $+ 0.025$ cm ($+ 0.01$ ") y $- 0.038$ cm ($- 0.015$ ") para moldes usados. El ángulo entre caras interiores adyacentes, y entre caras interiores y los planos superior e inferior de los moldes, será

$90 \pm 0.5^\circ$ medidos en puntos ligeramente alejados de la intersección de las caras.

(f) *Revolvedora, Recipiente y Paleta.*—Se usará una revolvedora mecánica accionada por un motor eléctrico y equipada con una paleta y un recipiente para la mezcla según se especifica en la Sección 2 (a), (b), y (c) del Método para Mezclado Mecánico de Morteros de Cemento Hidráulico de Consistencia Plástica (ASTM C 305).

(g) *Mesa de Flujo y Molde de Flujo.*—La mesa de flujo y el molde de flujo cumplirán con los requisitos de las Especificaciones para Mesa de Flujo Usada en Ensayes de Cemento Hidráulico (ASTM C 230).

(h) *Apisonador.*—El apisonador se fabricará de un material no absorbente, no abrasivo y no frágil tal como un compuesto de hule que tenga una dureza de 80 ± 10 según el medidor de dureza "Shore A", o de madera de roble desecada que se haya convertido en no absorbente por medio de inmersión durante 15 minutos en parafina a una temperatura de aproximadamente 200° C (392° F). Tendrá una sección transversal de 1.27 por 2.54 cm ($1/2$ " por 1") y una longitud conveniente, 13 ó 15 cm (5 ó 6"). La cara del apisonador será plana y formará ángulo recto con el eje longitudinal del mismo.

(i) *Llana.*—La llana tendrá una hoja metálica de 10 a 15 cm (4 a 6") de longitud, con bordes rectos.

(j) *Máquina de ensaye.*—La máquina de ensaye será de tipo hidráulico o de tipo de tornillo, con una abertura suficiente entre las superficies de apoyo superior e inferior de tal manera que se pueda usar un aparato verificador. La carga aplicada al espécimen de ensaye se indicará con una precisión de ± 1.0 por ciento. El apoyo superior tendrá asiento esférico, y estará formado por un bloque de metal endurecido unido firmemente al centro de la cabeza superior de la máquina. El centro de la esfera coincidirá con el centro de la superficie del bloque que queda en contacto con el espécimen. El bloque estará sujeto firmemente a su asiento esférico, pero tendrá libertad para girar en cualquier dirección. La diagonal o diá-

metro (Nota 2) de la superficie de apoyo será solamente ligeramente mayor que la diagonal de la cara del cubo de 5 cm (2"), con objeto de facilitar el centrado exacto del espécimen. Se usará un bloque de metal endurecido debajo del espécimen para reducir a un mínimo la deformación de la placa inferior de la máquina. Las superficies de los bloques de apoyo que vayan a quedar en contacto con el espécimen tendrán una dureza Rockwell no menor de C 60. Estas superficies no diferirán de un plano en más de 0.0013 cm (0.0005") cuando los bloques sean nuevos y se conservarán dentro de una variación permisible de 0.025 cm (0.001").

Nota 2.—Es satisfactorio un diámetro de 8 cm (3 1/8"), que resulta lo suficientemente grande para ensayar cilindros de 7.5 por 15.0 cm (3 por 6"), siempre que el bloque de apoyo inferior tenga un diámetro ligeramente mayor que la diagonal de la cara del cubo de 5 cm (2"), pero sin que la diferencia exceda de 7.4 cm (2.9"), y de que sea centrado con respecto al bloque de apoyo superior y sujeto en su posición por medios adecuados.

Temperatura y humedad

3. (a) La temperatura ambiente en la losa de mezclado, los materiales secos, moldes, placas de base, y recipiente de mezclado, se conservará entre 20 y 27.5° C (68 y 81.5° F). La temperatura del agua de mezclado, cuarto o gabinete húmedo, y del agua del tanque de almacenamiento no variará de 23° C (73.4° F) en más de ± 1.7° C (3° F).

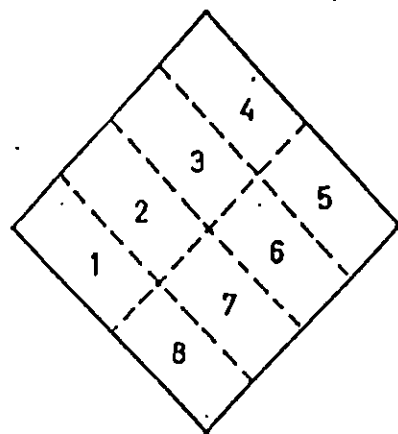
(b) La humedad relativa del laboratorio no será menor de 50 por ciento. El cuarto o gabinete húmedo se construirá de tal manera que se tengan todas las facilidades de almacenamiento para los especímenes de ensaye a una humedad relativa no menor del 90 por ciento.

Arena graduada estándar

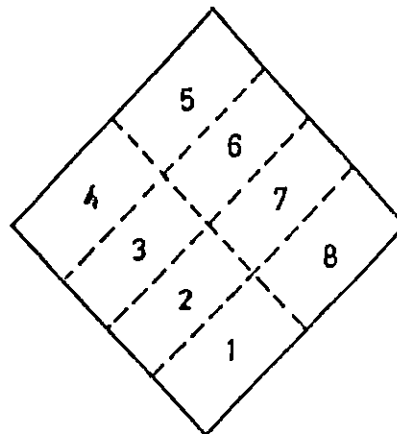
4. La arena (Nota 3) usada para fabricar los especímenes de ensaye será arena natural de sílice de Ottawa, Ill., graduada de la siguiente manera:

Malla	Porcentaje retenido
No. 100 (149 micras)	98 ± 2
No. 50 (297 micras)	72 ± 5
No. 30 (595 micras)	2 ± 2
No. 16 (1.19 mm)	cero

Nota 3.—Segregación de la arena graduada.—La arena graduada estándar se manipulará en tal forma que se prevenga la segregación, ya que las variaciones de graduación de la arena causan variaciones en la consistencia del mortero. Al vaciar los sacos de arena en depósitos, o al sacar la arena de los sacos o depósitos por medio de cucharones, se debe tener cuidado para prevenir la formación de montones de arena o cráteres en la arena, ya que las partículas mayores pueden rodar sobre las pendientes. Los depósitos serán de tamaño suficiente para permitir estas precauciones. No se deberán usar aparatos para extraer la arena de los silos por medio de la gravedad.



Etapas 1 y 3.



Etapas 2 y 4.

Fig. 1. Orden de apisonado al moldear los especímenes.

Análisis granulométrico de la arena

5. (a) Para comprobar la graduación de la arena, hágase un ensaye granulométrico de la arena en cada una de las cuatro mallas especificadas en la Sección 2 (c). Obténganse muestras de la arena para ensayes granulométricos, a partir de una muestra de aproximadamente 700 g obtenida por el método de cuarteo del contenido total de un saco (45 kg [100 lb]) la cual deberá mezclarse totalmente. El montón de arena deberá extenderse para reducir a un mínimo la segregación durante la operación de cuarteo.

(b) Hágase el ensaye en cada malla con aproximadamente 100 g de arena. No se deberá intentar seleccionar un peso exacto determinado. Realícense las operaciones de cribado de acuerdo con la manera especificada para cribado de cemento en el Método para Ensaye de Finura de Cemento Hidráulico por Medio de la Malla No. 200 (ASTM C 184), excepto que se deberá continuar el cribado hasta que no pasen más de 0.5 g durante un minuto de cribado continuo. Exprésese el peso del material retenido en la malla como porcentaje del peso de la muestra original. Se podrán usar aparatos de cribado mecánico, pero no se rechazará la arena si cumple los requisitos cuando el cribado se realice a mano de acuerdo con el Método C 184.

Número de especímenes

6. Se harán tres o más especímenes para cada período de ensayes especificado.

Preparación de los moldes de los especímenes

7. Cúbranse ligeramente las caras interiores de los moldes de los especímenes con aceite mineral o grasa lubricante ligera. Cúbranse ligeramente las superficies de contacto de las mitades de cada molde con aceite mineral pesado o con grasa lubricante ligera, tal como petrolato. Después de ensamblar los moldes, remuévase el exceso de aceite o grasa de las caras interiores y de las superficies superior e inferior de cada molde. Colóquense los moldes en placas

de base planas y no absorbentes que se hayan cubierto ligeramente con aceite mineral, petrolato o grasa lubricante ligera. Aplíquese a las aristas exteriores de contacto de los moldes y placas de base una mezcla de 3 partes de parafina y 5 partes de resina, por peso, calentada hasta una temperatura comprendida entre 110 y 120° C (230 y 248° F), de tal manera que las juntas entre los moldes y las placas de base queden impermeables (Nota 4).

Nota 4.—Moldes Impermeables.—La mezcla especificada de parafina y resina para sellar las juntas entre los moldes y las placas de base puede resultar difícil de remover cuando se limpien los moldes. Es permisible usar parafina simple si se logra una junta impermeable, pero debido a la baja resistencia de la parafina se deberá usar solamente cuando el molde no se sostenga a la placa de base por medio de la parafina únicamente. Puede obtenerse una junta impermeable con parafina simple calentando ligeramente el molde y la placa de base antes de cepillar la junta. Los moldes tratados de esta manera se deberán enfriar hasta la temperatura especificada antes de usarse.

Proporcionamiento, consistencia y mezclado de los morteros

8. (a) Las proporciones de los materiales secos con los cuales se fabriquen los morteros estándar serán una parte de cemento y 2.75 partes de arena graduada estándar, por peso. Las cantidades de materiales secos que se deben mezclar al mismo tiempo en la bachada de mortero para fabricar seis especímenes de ensaye serán 500 g de cemento y 1 375 g de arena graduada estándar. Las cantidades de materiales secos que se deben mezclar al mismo tiempo en la bachada de mortero para obtener nueve especímenes de ensaye serán 740 g de cemento y 2 035 g de arena graduada estándar. La cantidad de agua de mezclado, medida en mililitros, será tal que produzca un flujo entre 100 y 115, determinado de acuerdo con la Sección 9, y se expresará en porcentaje del peso del cemento (Nota 5).

Nota 5.—Como guía para preparar el mortero de prueba inicial, el porcentaje de agua respecto al peso del cemento necesario para producir el flujo especificado será alrededor de 47 por ciento para cemento portland con inclusor de aire y alrededor de 49 por ciento para cemento portland sin inclusor de aire.

(b) El mezclado se hará mecánicamente de acuerdo con el procedimiento que se da en la Sección 6 del Método C 305. Después

de completar el mezclado, se agitará la paleta mezcladora para remover el exceso de mortero en el recipiente de mezclado.

Determinación del flujo

9. Límpiense cuidadosamente la cara superior de la mesa de flujo, y séquese y colóquese el molde de flujo en el centro. Colóquese una capa de mortero de aproximadamente 2.5 cm (1") de grosor en el molde y apisonese 20 veces con el apisonador. La presión de apisonado será justamente la suficiente para asegurar un llenado uniforme del molde. Después llénese el molde con mortero y apisonese como se especificó para la primera capa. Enrásese el mortero hasta obtener una superficie plana, y nivélase con la parte superior del molde haciendo pasar el borde recto de la llana (que se deberá mantener casi perpendicular al molde) con un movimiento de sierra sobre de la parte superior del molde. Límpiense y séquese la mesa, poniendo especial cuidado en remover el agua alrededor del borde del molde de flujo. Levántese el molde un minuto después de completar la operación de mezclado. Inmediatamente, déjese caer la mesa desde una altura de 1.27 cm (1/2"), 25 veces en 15 segundos. El flujo es el aumento que resulte en el diámetro promedio de la base de la masa de mortero, medida al menos en cuatro diámetros espaciados aproximadamente a intervalos iguales, expresado como porcentaje del diámetro de la base original. Háganse morteros de prueba con varios porcentajes de agua hasta obtener el flujo especificado. Hágase cada ensaye con mortero fresco.

Moldeado de los especímenes de ensaye

10. Inmediatamente después de completar el ensaye de flujo (Nota 6), regrésese el mortero del molde de flujo al recipiente de mezclado. Rápidamente regrésese a la bachada el mortero que se haya acumulado en los bordes del recipiente y mézclase la bachada entera durante 15 segundos a velocidad media. Comiéncese el moldeado de los especímenes dentro de un tiempo total no mayor de 2 minutos 15 segundos después de completar el mezclado original de

la bachada de mortero. Colóquese una capa de mortero de aproximadamente 2.5 cm (1") de grosor en todos los compartimentos cúbicos. Apisonese el mortero en cada compartimento cúbico (Sección 2 [h]) 32 veces en aproximadamente 10 segundos y en cuatro etapas. Cada etapa deberá formar ángulos rectos con la otra y consistirá de ocho golpes adyacentes sobre la superficie del espécimen, como se ilustra en la Fig. 1. La presión de apisonado será justamente la suficiente para asegurar un llenado uniforme de los moldes. Se apisonará completamente un cubo con las cuatro etapas (32 golpes) antes de proseguir con el siguiente. Cuando se complete el apisonado de la primera capa en todos los compartimentos cúbicos, llénense los compartimentos con el resto del mortero y luego apisonese como se especificó para la primera capa. Durante el apisonado de la segunda capa, manténgase el mortero sobre la parte superior de los moldes después de cada etapa de apisonado utilizando las manos enguantadas y el pisón, hasta completar cada etapa y antes de empezar la siguiente etapa de apisonado. Al completar el apisonado, las partes superiores de todos los cubos deberán extenderse ligeramente sobre las partes superiores de los moldes. Elimínese el mortero que sobresalga de la parte superior de los moldes por medio de una llana, y alísense los cubos pasando la cara plana de la llana (con el borde de ataque ligeramente levantado) una vez a través de la parte superior de cada cubo y formando ángulos rectos con la dirección longitudinal del molde. Después, con el objeto de nivelar el mortero y hacer que el mortero que sobresale sobre el extremo superior de los moldes sea de espesor más uniforme, pásese suavemente el borde plano de la llana (con el borde de ataque ligeramente levantado) una vez a lo largo de la dirección longitudinal del espécimen. Córtese la superficie del mortero para obtener una superficie plana y nivelada con la parte superior del molde, pasando el borde recto de la llana (mantenida en posición casi perpendicular al molde) con un movimiento de sierra sobre la dirección longitudinal del molde.

Nota 6.—Cuando se haga inmediatamente después una bachada duplicada para especímenes adicionales, el ensaye de flujo puede omitirse y puede permitirse que el mortero permanezca en el recipiente de mezclado durante 90 segundos y que luego sea remezclado durante 15 segundos a una velocidad media antes de empezar el moldeado de los especímenes.

Almacenamiento de los especímenes de ensaye

11. Inmediatamente después de completar el moldeado, colóquense los especímenes de ensaye en el cuarto o gabinete húmedo. Inmediatamente después del moldeado, consérvense todos los especímenes de ensaye dentro de los moldes sobre las placas de base en el cuarto o gabinete húmedo durante un lapso comprendido entre 20 y 24 horas, con sus superficies superiores expuestas al aire húmedo pero protegidas del agua directa. Si los especímenes se remueven de los moldes antes de 24 horas, consérvense en los anaqueles del cuarto o gabinete húmedo hasta que tengan 24 horas, y después sumérganse los especímenes, excepto aquellos que se vayan a utilizar en el ensaye a las 24 horas, en tanques de almacenamiento construidos de materiales no corrosivos y que contengan agua limpia. El agua de almacenamiento deberá conservarse limpia cambiándola frecuentemente.

Procedimiento

12. (a) Ensáyense los especímenes inmediatamente después de removerlos del cuarto húmedo en el caso de especímenes que se vayan a ensayar a las 24 horas, y del agua de almacenamiento en el caso de todos los demás especímenes. Todos los especímenes de ensaye para una edad determinada de ensaye se romperán con las tolerancias permisibles que se establecen a continuación:

Edad de Ensayo	Tolerancia permisible
24 horas	$\pm 1/2$ hr
3 días	± 1 hr
7 días	± 3 hr
28 días	± 12 hr

Si se remueve más de un espécimen del cuarto húmedo para ensaye a las 24 horas,

consérvense estos especímenes cubiertos con una tela mojada hasta que se verifique el ensaye. Si se remueve más de un espécimen del agua de almacenamiento para el ensaye, consérvense estos especímenes en agua a una temperatura de $23 \pm 1.7^\circ \text{C}$ ($73.4 \pm 3^\circ \text{F}$) y a una profundidad suficiente para asegurar una completa inmersión de cada espécimen hasta que se verifique el ensaye.

(b) Séquese cada espécimen hasta obtener una superficie seca y remuévase cualquier arena suelta, granos o incrustaciones de las caras que vayan a quedar en contacto con los bloques de apoyo de la máquina de ensaye. Compruébense estas caras por medio de una regla derecha (Nota 7). Si se encuentra una curvatura apreciable, púlsese la cara o caras hasta obtener superficies planas o deséchense los especímenes.

Nota 7.—*Caras de los especímenes.*—Se obtendrán resultados mucho menores que las resistencias reales si las caras de los especímenes cúbicos en las cuales se aplica la carga no son superficies completamente planas. Por consiguiente, es esencial que los moldes de los especímenes se conserven escrupulosamente limpios, pues de otra manera se presentarían grandes irregularidades en las superficies. Los instrumentos usados para limpiar los moldes siempre deberán ser de un material más suave que el material de los moldes para evitar que se deterioren. En caso de que sea necesario pulir los especímenes, esta operación puede realizarse frotando el espécimen con una hoja de lija fina hasta obtener una superficie plana, usando solamente una presión moderada. Esta operación de lijado es tediosa cuando hay que rebajar más de unos cuantos milímetros de centímetro; se aconseja que cuando sea necesario efectuar esta operación, el espécimen sea desecado.

(c) Aplíquese la carga a las caras de los especímenes que hayan quedado en contacto con las caras planas de los moldes. Colóquese cuidadosamente el espécimen en la máquina de ensaye debajo del centro del bloque de apoyo superior. Antes de realizar el ensaye, se verificará que el bloque con asiento esférico pueda girar libremente. No deberán usarse materiales acojinados. Puede aplicarse, a una velocidad conveniente, una carga inicial de magnitud igual a la mitad de la carga máxima esperada para especímenes en los cuales se esperen cargas de más de 1360 kg (3 000 lbs). No deberá aplicarse carga inicial a especímenes en los cuales se esperen cargas menores de 1360 kg (3 000 lbs). Ajústese la velocidad de aplicación de carga de tal manera que la

carga complementaria (o la carga total en el caso de que se esperen cargas menores de 1 360 kg [3 000 lbs]) se aplique, sin interrupción, hasta hacer fallar el espécimen a una velocidad tal que la carga máxima se alcance en no menos de 20 ni en más de 80 segundos. No deberán hacerse ajustes en los controles de la máquina de ensaye mientras el espécimen esté fluyendo rápidamente inmediatamente antes de la falla.

Cálculos

13. Regístrese la carga máxima total indicada por la máquina de ensaye, y calcúlese la resistencia a la compresión en kg/cm^2 (psi). Si el área de la sección transversal de un espécimen difiere de 25.5 cm^2 (4 pulg^2) en más de 0.4 cm^2 (0.06 pulg^2), úse-se el área real para los cálculos de la resistencia a la compresión. Se promediará la resistencia a la compresión de todos los especímenes de ensaye aceptables (véase la Sección 14) fabricados de la misma muestra y ensayados en el mismo período, y se reportará el resultado con aproximación de 0.7 kg/cm^2 (10 psi).

Especímenes defectuosos y repetición de ensayos

14. Al determinar la resistencia a la compresión, no se deberán considerar los especímenes que estén manifiestamente defectuosos, o que den resistencia que difieran en más de 10 por ciento del valor promedio de todos los especímenes fabricados de la misma muestra y ensayados en el mismo período (Nota 8). Si después de desechar los especímenes o los valores de la resistencia se obtienen solamente menos de dos valores de resistencia para determinar la resistencia a la compresión en un período dado, deberá hacerse un nuevo ensaye.

Nota 8.—El obtener resultados confiables depende de la observación cuidadosa de todos los requisitos y procedimientos especificados. Resultados erráticos en un período dado de ensaye indican que algunos de los requisitos y procedimientos no se han observado cuidadosamente; por ejemplo, los relacionados con el ensaye de los especímenes según se prescribe en la Sección 12 (b) y (c). El centrado defectuoso de los especímenes, lo cual es causa de fracturas oblicuas o movimientos laterales de una de las cabezas de las máquinas de ensaye durante la operación de carga, a menudo producirá resistencias menores. Un espécimen ensayado de esta manera se considerará como "manifiestamente defectuoso" si su resistencia difiere en más de 10 por ciento del promedio de todos los especímenes de ensaye fabricados de la misma muestra y ensayados en el mismo período.



Standard Method of Test for MATERIALS FINER THAN NO. 200 (75- μ m) SIEVE IN MINERAL AGGREGATES BY WASHING¹

This Standard is issued under the fixed designation C 117; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval.

1. Scope

1.1 This method covers determination of the amount of material finer than a No. 200 (75- μ m) sieve in aggregate by washing. Clay particles and other aggregate particles that are dispersed by the wash water as well as water-soluble materials also will be removed from the aggregate during the test.

2. Summary of Method

2.1 A sample of the aggregate is washed in a prescribed manner and the decanted wash water containing suspended and dissolved materials is passed through a No. 200 (75- μ m) sieve. The loss in weight resulting from the wash treatment is calculated as weight percent of the original sample and is reported as the percentage of material finer than a No. 200 (75- μ m) sieve by washing.

3. Apparatus

3.1 *Balance*—A balance or scale accurate within 0.1 percent of the test load at any point within the range of use.

3.2 *Sieves*—A nest of two sieves, the lower being a No. 200 (75- μ m) sieve and the upper a No. 16 (1.18-mm) sieve, both conforming to the requirements of ASTM Specification E 11, for Wire-Cloth Sieves for Testing Purposes.²

3.3 *Container*—A pan or vessel of a size sufficient to contain the sample covered with water and to permit vigorous agitation without loss of any part of the sample or water.

3.4 *Oven*—An oven of sufficient size, capable of maintaining a uniform temperature of 230 \pm 9 F (110 \pm 5 C).

4. Test Specimen

4.1 The sample of the aggregate to be tested shall be thoroughly mixed and reduced by use of a sample splitter or by quartering (Note 1) to an amount suitable for testing. The aggregate shall be moistened before reduction to minimize segregation and loss of dust, and the test specimen shall be the end result of the reduction method. The weight of the test specimen, after drying, shall conform with the following:

Nominal Maximum Size	Minimum Weight, g
No. 8 (2.36 mm)	100
No. 4 (4.75 mm)	500
3/8 in. (9.5 mm)	2000
3/4 in. (19.0 mm)	2500
1 1/2 in. (37.5 mm) or larger	5000

Reduction to an exact predetermined weight shall not be permitted.

NOTE 1—The process of quartering and the correct use of a sample splitter are discussed in the "Manual of Concrete Testing."³

5. Procedure

5.1 Dry the test specimen to constant weight at a temperature of 230 \pm 9 F (110 \pm 5 C) and weigh to the nearest 0.1 percent of the weight of the specimen.

5.2 After drying and weighing, place the test specimen in the container and add sufficient water to cover it (Note 2). Agitate the

¹This method is under the jurisdiction of ASTM Committees C-9 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.03.05 on Methods of Testing and Specifications for Physical Characteristics of Concrete Aggregates.

Current edition effective Oct. 3, 1969. Originally issued 1935. Replaces D 72 21, D 136 28, and C 117 67.

²Annual Book of ASTM Standards, Parts 14, 15, and 41.

³Annual Book of ASTM Standards, Part 14.



specimen with sufficient vigor to result in complete separation of all particles finer than the No. 200 (75- μ m) sieve from the coarser particles, and to bring the fine material into suspension. Immediately pour the wash water containing the suspended and dissolved solids over the nested sieves, arranged with the coarser sieve on top. Take care to avoid, as much as feasible, the decantation of coarser particles of the sample.

NOTE 2—No detergent, dispersing agent, or other substance shall be added to the water.

5.3 Add a second charge of water to the specimen in the container, agitate, and decant as before. Repeat this operation until the wash water is clear.

5.4 Return all material retained on the

nested sieves by flushing to the washed specimen. Dry the washed aggregate to constant weight at a temperature of 230 ± 9 F (110 ± 5 C) and weigh to the nearest 0.1 percent of the weight of the sample.

6. Calculation

6.1 Calculate the amount of material passing a No. 200 (75- μ m) sieve, by washing, to the nearest 0.1 percent, as follows:

$$A = [(B - C)/B] \times 100$$

where:

A = percentage of material finer than a No. 200 (75- μ m) sieve, by washing.

B = original dry weight of sample, g, and

C = dry weight of sample, after washing, g.

By publication of this standard no position is taken with respect to the validity of any patent rights in connection therewith, and the American Society for Testing and Materials does not undertake to insure anyone utilizing the standard against liability for infringement of any Letters Patent nor assume any such liability.

normas ASTM para cemento y concreto

Se tradujo y se reproduce con permiso de la American Society for Testing and Materials, 1916 Race Street, Philadelphia 3, Pa. EE. UU.

Método Estándar de Ensaye

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

Norma ASTM C 128-59

ADOPTADA, 1939; REVISADA, 1942, 1957, 1959.

Alcance

1. (a) Este método de ensaye se deberá usar al hacer determinaciones de la gravedad específica de la masa y de la gravedad específica aparente, y de la absorción (después de 24 horas de estar sumergido en agua) del agregado fino. La gravedad específica de la masa es el valor que se requiere generalmente para efectuar cálculos relativos a concretos de cemento portland.

(b) Este método permite determinar directamente la gravedad específica de la masa, según se define en las Definiciones de Términos Relativos a Densidad y Gravedad Específica de Sólidos, Líquidos y Gases (ASTM E 12), la gravedad específica de la masa basándose en el peso del agregado saturado y superficialmente seco, y la gravedad específica aparente según se define en las Definiciones E 12.

Aparatos

2. (a) *Balanza*.—Una balanza con capacidad de 1 kg o más y una sensibilidad de 0.1 gr o menos.

(b) *Matraz*.—Un matraz volumétrico de 500 ml de capacidad, calibrado a 0.15 ml a una temperatura de 20° C.

(c) *Molde Cónico*.—Un molde cónico metálico, de 38.1 mm (1½") de diámetro en la parte superior, 88.9 mm (3½") de diámetro en la parte inferior y 73 mm (2⅞") de altura.

(d) *Varilla Apisonadora*.—Una varilla apisonadora metálica con un peso de 12 onzas y que tenga una cara para apisonar plana y circular de 25.4 mm (1") de diámetro.

Preparación de la muestra

3. Colóquense aproximadamente 1 000 gr de agregado fino, seleccionado de una muestra por el método de cuarteo, en un recipiente adecuado después de haberlo secado a peso constante a una temperatura entre 100 y 110° C (212 y 230° F) (Nota 1). Cúbrase con agua, y déjese en esta condición durante 24 horas. Extiéndase la muestra en una superficie plana expuesta a una corriente ligera de aire caliente, y muévase para obtener un secado uniforme. Continúese esta operación hasta que el agregado fino quede en una condición tal que pueda fluir libremente. Después colóquese el agregado fino en condición suelta dentro del molde cónico, compáctese ligeramente con la varilla 25 veces, y levántese el molde verticalmente. Si se tiene humedad libre, el cono de agregado fino conservará su forma. Continúese el secado moviendo constantemente y ensáyese a intervalos frecuentes hasta que el cono de agregado fino pierda su forma al retirar el cono metálico. Esto indica que el agregado fino ha alcanzado una condición superficialmente seca (Nota 2). Si se desea, se pueden emplear procedimientos mecánicos de ayuda para alcanzar la condición especificada saturada y superficialmente seca.

Nota 1.—Cuando se van a utilizar los valores de la absorción y de la gravedad específica como base para proporcionar mezclas de concreto con agregados usados normalmente en condición húmeda, el requisito de secado hasta peso constante puede eliminarse.

Nota 2.—El procedimiento descrito en la Sección 3 tiene por objeto asegurar que la primera determinación de tanteo se efectúe con algo de agua libre en la muestra. Si el cono de agregado fino pierde su forma en el primer tanteo, el agregado fino se ha

secado más allá de la condición saturada y superficialmente seca. En este caso se pueden mezclar unos cuantos mililitros de agua al agregado fino de-
 jando después la muestra en un recipiente cubierto durante 30 minutos. El proceso de secado y ensaye del agregado fino se continuará después.

Procedimiento

4. (a) Introdúzcase inmediatamente en el matraz una muestra de 500 gr del material, preparada como se describió en la sección 3, y llénese el matraz hasta cerca de la marca de 500 mililitros con agua a una temperatura de 20° C (68° F). Después hágase rodar el matraz en una superficie plana para eliminar todas las burbujas de aire, después de lo cual se deberá colocar el matraz en un baño a temperatura constante de 20° C (68° F). Después de una hora aproximadamente, llénese el matraz con agua hasta la marca de 500 mililitros y determínese con aproximación de 0.1 gr el peso total del agua (Nota) introducida en el matraz.

Nota.—Si se desea, la cantidad de agua necesaria para llenar el matraz puede obtenerse volumétricamente usando una bureta con aproximación de 0.1 ml.

(b) Retírese el agregado fino del matraz, séquese a peso constante a una temperatura entre 100 y 110° C (212 y 230° F), déjese enfriar a la temperatura del cuarto en un desecador, y pésese.

Gravedad Específica de la Masa

5. Calcúlese la gravedad específica de la masa según se define en las Definiciones de Términos Relativos a Densidad y Gravedad Específica de Sólidos, Líquidos, y Gases (ASTM E 12), como sigue:

$$\text{Gravedad específica de la masa} = \frac{A}{V - W}$$

donde:

A = peso en gramos de la muestra secada en horno,
 V = volumen en mililitros del matraz, y
 W = peso en gramos o volumen en mililitros de agua añadida al matraz.

Gravedad Específica de la Masa (Condición saturada y superficialmente seca)

6. Calcúlese la gravedad específica de la masa basándose en el peso del agregado saturado y superficialmente seco, como sigue:

$$\text{Gravedad específica de la masa} = \frac{500}{V - W}$$

Gravedad Específica Aparente

7. Calcúlese la gravedad específica aparente según se define en las Definiciones E 12 como sigue:

$$\text{Gravedad específica aparente} = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$$

Absorción

8. Calcúlese el porcentaje de absorción como sigue:

$$\text{Absorción, por ciento} = \frac{500 - A}{A} \times 100$$

Posibilidad de Reproducir los Resultados

9. Si se efectúan las determinaciones por duplicado, debe verificarse que no difieran en más de 0.02 en el caso de gravedad específica y de 0.05 por ciento en el caso del porcentaje de absorción.



Standard Specification for AGGREGATE FOR MASONRY MORTAR¹

- This standard is issued under the fixed designation C 144; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last revision. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.
- This specification has been approved for use by agencies of the Department of Defense and for listing in the DoD Index of Specifications and Standards.

1. Scope

- 1.1 This specification covers aggregate for use in masonry mortar.

2. Applicable Documents

- 2.1 *ASTM Standards*:
- C 10 Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete²
 - C 87 Test Method for Effect of Organic Impurities in Fine Aggregate on Strength of Mortar²
 - C 88 Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate²
 - C 117 Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing²
 - C 123 Test Method for Lightweight Pieces in Aggregate²
 - C 125 Definitions of Terms Relating to Concrete and Concrete Aggregates²
 - C 136 Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates²
 - C 142 Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates²
 - C 270 Specification for Mortar for Unit Masonry³
 - C 404 Specification for Aggregates for Masonry Grout^{2,3}
 - D 75 Practice for Sampling Aggregates⁴

3. Material

3.1 Aggregate for use in masonry mortar shall consist of natural sand or manufactured sand. Manufactured sand is the product obtained by crushing stone, gravel, or air-cooled iron blast-furnace slag specially processed to require suitable particle shape as well as gradation.

4. Grading

4.1 Aggregate for use in masonry mortar shall be graded within the following limits, depending upon whether natural sand or manufactured sand is to be used:

Sieve Size	Percent Passing	
	Natural Sand	Manufactured Sand
No. 4 (4.75-mm)	100	100
No. 8 (2.36-mm)	95 to 100	95 to 100
No. 16 (1.18-mm)	70 to 100	70 to 100
No. 30 (600- μ m)	40 to 75	40 to 75
No. 50 (300- μ m)	10 to 35	20 to 40
No. 100 (150- μ m)	2 to 15	10 to 25
No. 200 (75- μ m)	...	0 to 10

4.2 The aggregate shall not have more than 50% retained between any two consecutive sieves of those listed in 3.1 nor more than 25% between No. 50 (300- μ m) and the No. 100 (150- μ m) sieve.

4.3 If the fineness modulus varies by more than 0.20 from the value assumed in selecting proportions for the mortar, the aggregate shall be rejected unless suitable adjustments are made in proportions to compensate for the change in grading.

NOTE 1—For heavy construction employing joints thicker than 1/2 in. (13 mm), a coarser aggregate may be desirable; for such work a fine aggregate conforming to Specification C 404 is satisfactory. For unusually thin joints, such as occur in units having cut or

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C-12 on Mortars for Unit Masonry and is the direct responsibility of Subcommittee C12.04 on Specifications for Aggregates for Mortar.

Current edition approved June 26, 1981. Published November 1981. Originally published as C 144-39 E. Last previous edition C 144-76.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.05.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.03.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of the standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing, you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, Pa. 19103.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

6.1 Except as herein provided, aggregate subjected to five cycles of the soundness test

6. Soundness

than 95 %.

5.2.3 Aggregate failing in the test may be used provided that, when tested for the effect of organic impurities on strength of mortar, the relative strength at 7 days calculated in accordance with Section 10 of Test Method C 87, is not less than 95 %.

5.2.2 Aggregate failing in the test may be used, provided that the discoloration is due to organic impurities and producing a color darker than the standard shall be rejected.

5.2.1 The aggregate shall be free of injurious amounts of organic impurities. Except as herein provided, aggregates subjected to the test for aggregate falling in the test may be used, provided that the discoloration is due to organic impurities and producing a color darker than the standard shall be rejected.

5.2 Organic Impurities:

4 This requirement does not apply to blast-furnace slag aggregate.

Item	Maximum Permissible Weight Percent
Friable particles	1.0
Lightweight particles, floating on liquid having a specific gravity of 2.0	0.5*

5.1 *Pretreated Substances*—The amount of mortar, each determined on independent samples complying with the grading requirements of Section 4, shall not exceed the following:

5. Composition

4.4 When an aggregate fails the gradation limits specified in 4.1 and 4.2, it may be used provided the mortar can be prepared to comply with the aggregate ratio, water retention, and compressive strength requirements of the property specifications of Specification C 270.

4.4 When an aggregate fails the gradation limits specified in 4.1 and 4.2, it may be used provided the mortar can be prepared to comply with the aggregate ratio, water retention, and compressive strength requirements of the property specifications of Specification C 270.

7.1.9 Soundness—Test Method C 88.

- No. 100 (150 µm)
- No. 50 (300 µm)
- No. 30 (600 µm)
- No. 16 (1.18-mm)
- No. 8 (2.36-mm)
- No. 4 (4.75-mm)

7.1.8 *Fineness Modulus*—The fineness modulus, as defined in Definitions C 125 is obtained by adding the total percentages shown by the sieve analysis to be retained on each of the following sieves, and dividing the sum by 100:

7.1.7 *Lightweight Constituents*—Test Method C 123.

7.1.6 *Friable Particles*—Test Method C 112.

7.1.5 *Effect of Organic Impurities on Strength*—Test Method C 87.

7.1.4 *Organic Impurities*—Test Method C 110.

7.1.3 *Amount of Material Finer Than No. 200 (75-µm) Sieve*—Test Method C 117.

7.1.2 *Sieve Analysis*—Method C 136.

7.1.1 *Sampling*—Practice 1175, except the fine aggregate portion only of Table 1 shall be used for approximate minimum mass of field samples. Sampling from stockpiles shall be allowed if the sampling plan specified in 3.3.3 is a hollow tube with an inside diameter of approximately 2 in. (50 mm) to be inserted or driven into the stockpile to obtain samples from the interior of the pile.

7. Methods of Sampling and Testing

7.1 Sample and test the aggregate in accordance with the following ASTM methods, except as otherwise provided in this specification:

6.2 Aggregate failing to meet the requirements of 6.1 may be accepted, provided the mortar of comparable properties made from similar aggregates from the same source has been exposed to weathering, similar to that he encountered, for a period of more than years without appreciable disintegration.

normas ASTM para cemento y concreto

Se tradujo y se reproduce como un servicio para los ingenieros de habla hispana por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C., con permiso de la American Society for Testing and Materials, 1916 Race Street, Philadelphia, Pennsylvania 19103. Esta traducción ha sido realizada y revisada con gran cuidado por personal técnico calificado. Sin embargo, únicamente la versión original en inglés de la norma cuenta con la aprobación de la American Society for Testing and Materials.

Especificación Tentativa

MESA DE FLUJO PARA USARSE EN ENSAYES DE CEMENTO HIDRAULICO

Norma ASTM C 230-65 T

PUBLICADA, 1949; ÚLTIMA REVISIÓN, 1965

Alcance

1. Esta especificación abarca los requisitos que deben cumplir la mesa de flujo y los accesorios usados para hacer los ensayos de flujo para la consistencia de morteros en ensayos de cementos hidráulicos.

Mesa de flujo y marco

2. (a) El aparato para la mesa de flujo se construirá de acuerdo con la Fig. 1. Consistirá de un marco rígido de hierro y una mesa circular rígida de diámetro 254 ± 2.5 mm, con una flecha fijada perpendicularmente a la parte superior de la mesa por medio de un tornillo con rosca. La parte superior de la mesa, a la cual se fija la flecha con su hombro integral, se montará en un marco de tal forma que se pueda levantar y caer verticalmente una altura especificada con una tolerancia en dicha altura de ± 0.13 mm (± 0.005 "") para las mesas nuevas y de ± 0.38 mm (± 0.015 "") para las mesas en uso, por medio de una excéntrica giratoria. La parte superior de la mesa será una superficie plana finamente maquinada, libre de huecos y defectos superficiales, y se ajustará como se muestra en la Fig. 1. La parte superior de la mesa será de cobre o de bronce colado, de un número de dureza Rockwell no menor que B 25 con un espesor en el borde de 7.5 mm (0.3"), y tendrá 6 nervaduras radiales integrales rígidas. La parte superior de la mesa con la flecha fijada pesará 4000 ± 50 gr y el peso será simétrico respecto al centro de la flecha.

(b) La excéntrica y la flecha vertical serán de acero al carbón grado intermedio maquinado, endurecido como se indica en la Fig. 1. La flecha deberá ser recta y la

diferencia entre el diámetro de la flecha y el diámetro del agujero del marco será no menor que 0.05 mm (0.002") ni mayor que 0.075 mm (0.003") para las nuevas mesas y se mantendrá dentro de la tolerancia de 0.05 mm (0.002") a 0.25 mm (0.010") para las mesas en uso. El extremo de la flecha no coincidirá con la excéntrica al final de una caída, sino que hará contacto con la excéntrica un ángulo no menor que 120° a partir del punto de caída. La cara de la excéntrica será una curva espiral suave con un radio que se incrementa uniformemente desde 1.3 a 3.2 cm ($\frac{1}{2}$ a $1\frac{1}{4}$ "") en 360° y no existirá apreciación del golpe a medida que la flecha llegue a estar en contacto con la excéntrica. La excéntrica estará localizada de esta forma y las caras de contacto de la excéntrica y la flecha serán tal que la mesa no gire más de una revolución en 25 caídas. Las superficies del marco y de la mesa que están en contacto al final de la caída se mantendrán lisas, planas y horizontales y paralelas con la superficie superior de la mesa y harán un contacto continuo en todos los 360° .

(c) El marco de soporte de la mesa de flujo será monolítico de hierro colado de alto grado finamente granulado. El marco colado tendrá tres nervaduras integrales rígidas de la altura total del marco y localizadas a cada 120° . La parte superior del marco será templado superficialmente a una profundidad de aproximadamente 6.3 mm ($\frac{1}{4}$ "") y la cara afilada recubierta estará en escuadra con el taladro central para dar 360° continuos de contacto con los hombros de la flecha. El lado inferior de la base del marco estará afilado para asegurar un contacto completo con la parte inferior de la placa de acero.

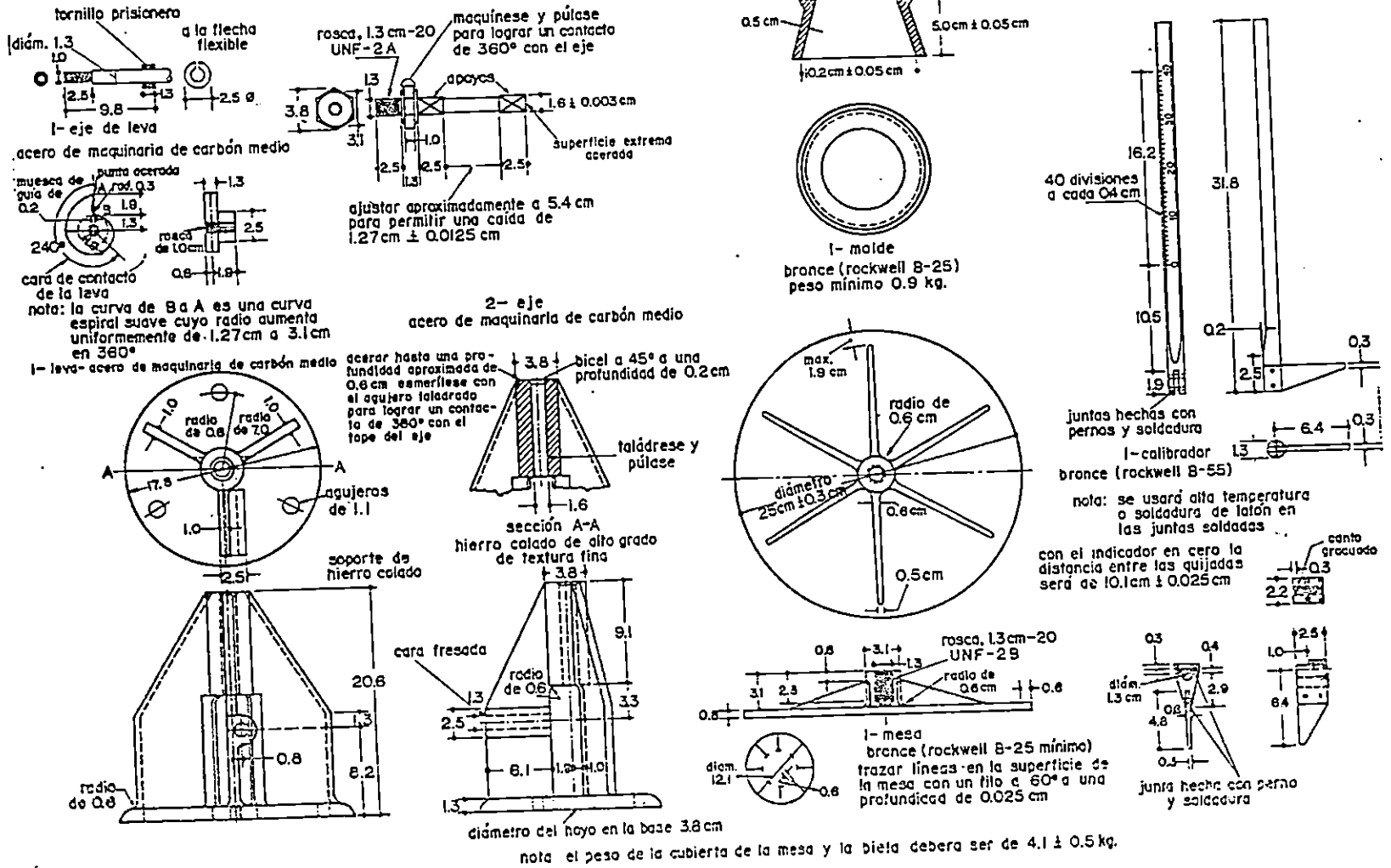


Fig. 1. Mesa de flujo y accesorios.

(d) La mesa de flujo se operará por medio de un motor (Nota), conectado a la flecha de la excéntrica a través de un engranaje helicoidal reductor de la velocidad y de un cople flexible. La velocidad de la flecha de la excéntrica será aproximadamente de 100 rpm. El mecanismo para operar el motor no se sujetará ni se montará en la placa de base de la mesa o del marco.

Nota.—Se ha encontrado adecuado un motor de un 1/20 HP.

(e) El comportamiento de una mesa de flujo se considerará satisfactorio si en los ensayos de calibración, la mesa da valores del flujo que no difieran en más de 5 por ciento de los valores obtenidos con un material¹ de calibración adecuado.

Montaje de la mesa de flujo

3. (a) El marco de la mesa de flujo se fijará con pernos a una placa de acero o de hierro colado de al menos 2.5 cm de espesor y de forma cuadrada de 25 cm de lado (10" de lado). La superficie superior de esta placa se maquinará hasta obtener una superficie plana lisa. La placa se anclará en la parte superior de un pedestal de concreto por medio de 4 pernos de 1.3 cm de diámetro (1/2") que atravesará la placa y se embeberán en el pedestal de concreto al menos 152 mm (6"). El pedestal se colará invertido en la placa de base. Se obtendrá un contacto firme entre la placa de base y el pedestal en todos los puntos. No deberán usarse tuercas u otros accesorios de nivelación entre la placa y el pedestal. La nivelación se efectuará adecuadamente en la base del pedestal.

El pedestal será cuadrado de 25 a 28 cm de lado (10 a 11" de lado) en la parte superior y de 38 a 40 cm de lado (15 a 16") en la parte inferior, de 65 a 80 cm (25 a 30") de altura y se construirá monolíticamente de concreto que pese al menos 2 200 kg/m³. Se insertará un empaque de corcho, de 13 mm de espesor (1/2") y de aproximadamente 10 cm de lado (4") en cada esquina del pedestal. La mesa de flujo se comprobará frecuentemente para nivelar la parte superior de la mesa, estabilizar el pedestal, y asegurar los pernos y tuercas en la placa de base y en la placa del pedestal. Se recomienda emplear un torque de 2.75 kg-m (20 lb-pies) para ajustar los pasadores.

(b) La parte superior de la mesa, después de que se haya montado el marco so-

bre el pedestal, se nivelará respecto a dos diámetros en ángulo recto, en las posiciones alta y baja.

Lubricación de la mesa de flujo

4. La flecha vertical de la mesa se mantendrá limpia y se lubricará ligeramente con aceite ligero (SAE-10). No deberá existir aceite entre las caras de contacto de la parte superior de la mesa y el marco de soporte. El aceite sobre la cara de la excéntrica disminuirá el desgaste y promoverá la ligereza de la operación. La mesa se levantará y se dejará caer doce veces o más, justamente antes de usarse si no se ha operado anteriormente.

Moldes y calibrador

5. (a) El molde para colar el espécimen para el ensayo de flujo será de cobre o bronce colado, construido como se muestra en la Fig. 1. El número de dureza Rockwell del metal no será menor que B 25. El diámetro de la abertura superior será de 70 ± 0.5 mm (2.75 ± 0.02 ") para los moldes nuevos y de 70 más 1.3 mm (2.75 más 0.05") y 0.5 mm (0.02") para los moldes usados. Las superficies de la base y de la parte superior serán paralelas y estarán en ángulo recto con el eje vertical del cono. El molde tendrá un espesor mínimo en la pared de 5 mm (0.02"). El exterior del borde superior del molde será de tal forma que proporcione un collar integral para la elevación conveniente del molde. Todas las superficies se maquinarán hasta obtener un acabado liso. Una pantalla circular de aproximadamente 254 mm (10") de diámetro con una abertura central de aproximadamente 102 mm (4") de diámetro, hechos de material no absorbente ni atacados por el cemento, deberán usarse con el molde de flujo para prevenir que el mortero se derrame sobre la mesa.

(b) Un calibrador, que cumpla con el diseño y las dimensiones mostradas en la Fig. 1 (Nota), se proporcionará para medir el diámetro del mortero después de que se haya distribuido por la operación de la mesa. La escala graduada se marcará a máquina y la construcción y precisión del instrumento será tal que la distancia entre las mordazas será de 102 ± 0.25 mm (4 ± 0.01 ") cuando el indicador se ponga a ceros.

Nota.—El calibrador mostrado en la Fig. 1 está graduado para indicar un cuarto del flujo real, de tal forma que las lecturas de cuatro mediciones pueden sumarse para dar el valor del flujo sin necesidad de calcular el promedio de cuatro mediciones individuales.

¹ Tal material se puede obtener en la Cement and Concrete Reference Laboratory, National Bureau of Standards, Washington, D. C., 20234.



Standard Specification for CORRUGATED ASBESTOS-CEMENT SHEETS¹

This Standard is issued under the fixed designation C 221; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval.

1. Scope

1.1 This specification covers corrugated asbestos-cement sheet products and lists accessories used in conjunction with application. Corrugated asbestos-cement sheets are designed for the following purposes:

1.1.1 To provide weather-resistant surfaces of roofs, walls, and other elements of buildings and structures, and

1.1.2 For decorative as well as functional uses in any area where a corrugated sheet may be advantageous.

NOTE 1—The values stated in U.S. customary units are to be regarded as the standard.

2. Applicable Documents

2.1 The following documents of the issue in effect on date of material procurement form a part of this specification to the extent referenced herein:

2.1.1 *ASTM Standards*:

- C 150 Specification for Portland Cement²
- C 458 Test for Organic Fiber Content of Asbestos-Cement Products³
- C 460 Definitions of Terms Relating to Asbestos-Cement and Related Products³
- C 595 Specification for Blended Hydraulic Cements²
- C 746 Specification for Corrugated Asbestos-Cement Sheets for Bulkheading³

3. Classification

3.1 The asbestos-cement corrugated sheets furnished under this specification shall be manufactured to meet a minimum bending moment. The types of asbestos-cement corrugated sheets manufactured are as follows:

Bending Moment, ft-lbf/ft (N·m/m) of width, min

Type ^a	Avg of Test Specimens	Individual Specimen
A	125 (556)	106 (471)
B	315 (1401)	268 (1191)
C	675 (3002)	574 (2553)
D	1050 (4670)	893 (3972)
E	1740 (7740)	1479 (6579)

^aTypes A and B are generally used for roof and wall application. Types C, D and E are generally used for bulkheading application.

4. Manufacture

4.1 Corrugated asbestos-cement sheets, and accessory shapes except for filler strips, shall be composed of a combination of asbestos fiber and hydraulic cement, as specified in Specifications C 150 and C 595, with not more than 1 weight percent of organic fiber. The product may contain inert mineral pigments, mineral fillers, curing agents, and coatings, and shall be formed under pressure and cured to meet the physical requirements of this specification.

5. Physical Requirements

5.1 All measurements and tests necessary for determining the conformity of the asbestos-cement sheets with this specification shall be made in accordance with the methods covered in Sections 9 to 13.

5.2 *Flexural Strength*—Flexural strength is the breaking load for the dried test specimens

¹This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C-17 on Asbestos-Cement Products.

Current edition approved April 29, 1974. Published June 1974. Originally published as C 221 - 49 T. Last previous edition C 221 - 61 (1972).

²Annual Book of ASTM Standards, Parts 13 and 14.

³Annual Book of ASTM Standards, Part 16.

and is used to calculate the bending moment for conformance with 5.3

5.3 *Moment Capacity* (bending moment)—The bending moment of this product as calculated in accordance with 11.4 shall not be less than as shown in 3.1.

5.4 *Water Absorption*—The average water absorption of the dried test specimens from the lot being tested shall not exceed 25.0 weight percent for all types, when calculated in accordance with 12.1.

6. Dimensions, Weights, and Permissible Variations

6.1 *Length and Width*—Corrugated sheets are produced in nominal widths, lengths, and thicknesses, as specified by the manufacturer. The permissible variation in length and width shall be $\pm 1/4$ in. (± 6 mm) from the specified dimensions.

6.2 *Thickness*—The thickness of a corrugated sheet may be expressed as the *overall thickness* as measured between two planes contacting the crests of corrugations on opposite sides of the sheet, or the *cross-sectional thickness* as determined in 13.2.

6.2.1 The permissible variation in thickness shall be ± 0.1 in. (± 2.54 mm) for overall thickness and ± 0.030 in. (± 0.76 mm) for the cross-sectional thickness.

6.3 *Pitch*—The nominal pitch as designated by the manufacturer is the linear distance between the mid-points of adjacent crests of the corrugations. The permissible variation for pitches on a single sheet or between sheets shall be ± 7.5 % of the nominal pitch.

NOTE 2—The typical corrugated asbestos-cement sheets are produced with a pitch of 4.2 in. (107 mm) and a width of 42 in. (1.07 m). Sheets are produced in lengths up to 12 ft (3.66 m). Consult the manufacturer for availability of products with other pitches.

7. Workmanship and Finish

7.1 *Workmanship*—The exposed surface of the sheet shall be free of defects that impair appearance or serviceability, and shall be smooth or factory-textured.

7.2 *Color*—The color shall be the natural color of the asbestos-cement product or as agreed upon between the purchaser and the seller.

7.3 *Efflorescence*—Efflorescence that sometimes may appear on asbestos-cement sheets

should not result in a permanent change in color and has no critical effect on physical properties.

8. Installation Accessories

8.1 The following accessories are used in conjunction with the corrugated products for installation, closing, and finishing. Details for the use and size of these accessories are available from the manufacturer:

- 8.1.1 Ridge rolls (half-round sections or two-piece adjustable pitch).
- 8.1.2 Battens.
- 8.1.3 Corner angles or corner rolls.
- 8.1.4 Louvre blades.
- 8.1.5 Filler or closure strips.
- 8.1.6 Fasteners (nonstaining corrosion-resistant metal).
- 8.1.7 Plastic lap cement.
- 8.1.8 Caulking compound.

9. Sampling

9.1 From each shipment or fraction thereof, representing a product of the same kind, a sample shall be obtained consisting of a number of sheets selected at random. The following table shows the number of sheets to be selected from shipments of various sizes:

Number of Sheets in Shipment	Number of Sheets to Be Selected as Sample
500 and under	3
501 to 1000	5
1001 to 1728	6
1729 to 2744	7
2745 to 4096	8
4097 to 5832	9
5833 to 8000	10

Additional sheets may be tested at the discretion of the inspector.

10. Test Specimens

10.1 For sinusoidal corrugated products with a pitch of 4.2 in. (107 mm) or less, cut a test specimen $36 \pm 1/8$ in. (914 ± 3 mm) in length and $12 1/2 \pm 1/16$ in. (318 ± 1.5 mm) in width from the interior of each sheet in such a manner that no edge of the specimen shall be less than 4.2 in. from the original edges of the sheet. The length direction shall be parallel to the corrugations of the sheet. Each specimen shall be a complete symmetrical unit with the long edges cut in the bottoms of vales. Do not

test cracked or otherwise damaged specimens, but provide supplemental specimens.

10.1.1 Corrugated products with pitch greater than 4.2 in. (107 mm) or which are not sinusoidal require special width and length. Refer to Specification C 746 for the correct specimen size.

11. Flexural Strength Test

11.1 *Definition*—Flexural strength is defined as the average breaking load, in pounds-force (or newtons), of dried test specimens, loaded as simple beams, with the load applied at the center and tested by the method prescribed in 11.3.

11.2 *Significance*—Flexural strength is used to calculate the bending moment capacity for compliance with the requirements of 3.1.

11.3 *Procedure*—Dry each specimen to constant weight in a ventilated oven at a temperature of 100 to 105°C and cool to room temperature in an enclosure designed to prevent moisture pickup. Record the dry weight of each cooled specimen. Determine the flexural strength of each specimen by placing the specimen on supports that cannot exert longitudinal constraint (for example, rocker-type bearing edges, rollers, etc., with a 1/8-in. (3-mm) minimum and a 1/2-in. (13-mm) maximum radius) and applying the load at midspan through a similar edge, bearing against the finished surface of the specimen. The test span shall be $30 \pm 1/16$ in. (762 \pm 1.5 mm) and the load line and supports shall be parallel. Report the flexural strength as the average load, in pounds-force (or newtons) for all the specimens tested, calculated to a width of 1 ft (1 m).

11.3.1 *Loading Device Accuracy*—The loading machine may consist of any mechanically driven or hand-powdered device that meets the following requirements. It shall be substantially built and rigid enough throughout so that the distribution of load to the specimen will not be affected appreciably by deformation or yielding of any part. It shall provide for continuous application of load at a uniform rate to have failure occur in 1 to 2 min. It shall provide a means for determining the load with an error not greater than 2 % of the breaking load.

11.3.2 *Break Point*—The failure point or break in the specimen shall occur within 2 in. (50.8 mm) of the midpoint line of the specimen

where the loading bar is applied. Any break beyond these limits indicates a defective specimen and the formulation for calculating the moment capacity is not applicable. Such a specimen shall not be included in the results.

11.3.3 *Alternative Method*—Corrugated products with a pitch greater than 4.2 in. (107 mm), or which are not sinusoidal, require a special width, span, and loading mechanism to test for the flexural strength. Refer to Specification C 746 for the approved procedure.

11.4 *Moment Capacity*—Calculate the resisting or bending moment capacity of the specimen from the flexural strength per foot or metre of width as follows:

$$M = Pl/4$$

where:

M = Bending moment, ft·lbf/ft (or N·m/m) of width,

P = flexural strength, lbf/ft (or N/m) of width at failure, and

L = span, ft (or m).

12. Water Absorption Test

12.1 *Procedure*—Weigh one broken portion of each dry specimen used in the flexural strength test; then submerge for a minimum of 24 h in clean water at 15 to 27°C. Remove each specimen from the water, wipe with a damp cloth, and weigh separately on a scale with an accuracy of 0.5 %. Report the water absorption as the average value for all specimens tested. Calculate the water absorption value for each specimen as follows:

$$\text{Water absorption, weight \%} = \frac{[W_s - W_d]/W_d}{1} \times 100$$

where:

W_s = saturated weight, and

W_d = dry weight.

13. Dimensional Measurements

13.1 *Significance*—These are routine measurements to determine whether the length and width of the individual units are as ordered, to ensure that they fit together properly in application, and to determine the uniformity of the specified thickness.

13.2 *Thickness*—Measure the thickness of each specimen at the crest and vale and at the flank (midway between the crest and vale) with a micrometer having a ball anvil and ball



spindle ends approximately $\frac{3}{8}$ to $\frac{1}{2}$ in. (3.2 to 6.4 mm) in diameter, or an anvil and spindle, each with a 30-deg taper and a $\frac{1}{4}$ -in. (0.4-mm) flat at its end. Place the anvil or spindle of the ball-shaped or the tapered flat-end-shaped micrometers between the projections on the back of the sheet so as to measure the flat plane surface. The thickness of the crest and vale shall be the average of four measurements, two of which are on the crest (one at each end) and two of which are in the vale (one at each end). The thickness of the flask shall be the average of four measurements, two at each end of the test specimen.

13.2.1 The thickness readings obtained on each specimen shall be compared to the thickness agreed on between the purchaser and seller to determine compliance with Section 6.2.

14. Packaging and Shipping

14.1 *Commercial Quantities*—Corrugated asbestos-cement roofing and siding is marketed on a basis of the following:

14.1.1 Per sheet of specified length, and

14.1.2 Supplementary and finishing pieces, accessories, fasteners, and cements, which may be quoted as extras, or included in the unit price.

14.2 *Commercial Packaging*—Corrugated sheets shall be packaged or protected so as to ensure acceptance by common carrier. There is no standard package. This material is usually shipped in bulk, but may be crated if agreed upon between the purchaser and the seller.

14.3 *Storage*—Corrugated asbestos-cement

sheets should be piled on firm supports to keep the sheets level and flat.

15. Inspection

15.1 Inspection and certification of the material shall be as agreed upon between the purchaser and seller as part of the purchase contract.

16. Rejection

16.1 If the sample fails to conform to any one of the requirements of this specification, a second sample from the same lot shall be prepared and tested. The results of the retest shall be averaged with the results of the original test to determine compliance with this specification.

16.2 If any individual specimen fails to conform to a requirement of this specification, two additional specimens from the same portion of the lot shall be prepared and tested for the property in question. The results of the retest shall be averaged with that of the original specimen to determine compliance with this specification.

16.3 Failure to conform to any one of the requirements of this specification, upon retest as prescribed in 16.1 and 16.2, shall constitute grounds for rejection. In case of rejection, the seller shall have the right to reinspect the rejected shipment and resubmit the lot after removal of the portion of the shipment not conforming to the specified requirements, provided this is done within 20 days after receipt of notice of the specific cause for rejection.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, is entirely their own responsibility.



Standard Specification for Blended Hydraulic Cements¹

This standard is issued under the fixed designation C 595; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This specification has been approved for use by agencies of the Department of Defense and for listing in the DoD Index of Specifications and Standards.

1. Scope

1.1 This specification covers five classes of blended hydraulic cements for both general and special applications, using slag or pozzolan, or both, with portland cement or portland cement clinker or slag with lime.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard where inch-pound units are given first followed by SI units; where only SI units are given, or where SI units are given first followed by inch-pound units, the SI units are to be regarded as the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 109 Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens)²
- C 114 Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement²
- C 150 Specification for Portland Cement^{2, 3}
- C 151 Test Method for Autoclave Expansion of Portland Cement²
- C 157 Test Method for Length Change of Hardened Cement Mortar and Concrete²
- C 183 Methods of Sampling and Acceptance of Hydraulic Cement²
- C 185 Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar²
- C 186 Test Method for Heat of Hydration of Hydraulic Cement²
- C 187 Test Method for Normal Consistency of Hydraulic Cement²
- C 188 Test Method for Density of Hydraulic Cement²
- C 191 Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle²
- C 204 Test Method for Fineness of Portland Cement by Air Permeability Apparatus²
- C 207 Specification for Hydrated Lime for Masonry Purposes²
- C 219 Terminology Relating to Hydraulic Cement²
- C 226 Specification for Air-Entraining Additions for Use in the Manufacture of Air-Entraining Portland Cement²

- C 227 Test Method for Potential Alkali Reactivity Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method)
- C 265 Test Method for Calcium Sulfate in Hydrated Portland Cement Mortar²
- C 311 Methods of Sampling and Testing Fly Ash Natural Pozzolans for Use as a Mineral Admixture Portland Cement Concrete³
- C 430 Test Method for Fineness of Hydraulic Cement the 45- μ m (No. 325) Sieve²
- C 465 Specification for Processing Additions for Use in the Manufacture of Hydraulic Cements²
- C 563 Test Method for Optimum SO₃ in Portland Cement²

3. Definitions

3.1 The terms used in this specification are defined in Terminology C 219.

4. Classification and Use

4.1 The types of blended cement covered by this specification are as follows and are intended for the uses stated.

4.2 *Portland Blast-Furnace Slag Cement*—One type with three optional provisions is covered as follows:

4.2.1 *Type IS*—Portland blast-furnace slag cement for use in general concrete construction.

4.2.2 Moderate sulfate resistance, air entrainment, moderate heat of hydration or any combination may be specified by adding the suffixes (MS), (A), or (MH).

4.3 *Portland-Pozzolan Cement*—Two types, each with three optional provisions, are covered, as follows:

4.3.1 *Type IP*—Portland-pozzolan cement for use in general concrete construction.

4.3.2 Moderate sulfate resistance, air entrainment, moderate heat of hydration or any combination may be specified by adding the suffixes (MS), (A), or (MH).

4.3.3 *Type P*—Portland-pozzolan cement for use in concrete construction where high strengths at early ages are not required.

4.3.4 Moderate sulfate resistance, air entrainment, or low heat of hydration or any combination may be specified by adding the suffixes (MS), (A), or (LH).

4.4 *Slag Cement*—One type is covered as follows:

4.4.1 *Type S*—Slag cement for use in combination with portland cement in making concrete and in combination with hydrated lime in making masonry mortar.

4.4.2 Air entraining can be specified by adding the suffix (A).

4.5 *Pozzolan-Modified Portland Cement*—One type is covered as follows:

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C-1 on Cement and is the direct responsibility of Subcommittee C 01.12 on Blended Cement.

Current edition approved July 17, 1986. Published August 1986. Originally published as C 595 - 67 T. Last previous edition C 595 - 85.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.01.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

4.5.1 *Type I(PM)*—Pozzolan-modified portland cement for use in general concrete construction.

4.5.2 Moderate sulfate resistance, air entraining, or moderate heat of hydration, or any combination may be specified by adding the suffixes (MS), (A), or (MH).

4.5.3 Pozzolan-modified portland cement should not be used when special characteristics attributable to the larger quantities of pozzolan in portland-pozzolan cement are desired.

4.6 *Slag-Modified Portland Cement*—One type is covered as follows:

4.6.1 *Type I(SM)*—Slag-modified portland cement for use in general concrete construction.

4.6.2 Moderate sulfate resistance, air entraining, or moderate heat of hydration, or any combination, may be specified by adding the suffixes (MS), (A), or (MH).

4.6.3 Slag-modified portland cement should not be used when special characteristics attributable to the larger quantities of slag in portland blast-furnace slag cements are desired.

4.7 A given weight of blended cement has a larger absolute volume than the same weight of portland cement. This should be taken into consideration in purchasing cements and in proportioning concrete mixtures.

5. Ordering Information

5.1 Orders for material under this specification shall include the following:

5.1.1 Specification number,

5.1.2 Type or types required,

5.1.3 Optional special properties required (Note 1):

5.1.3.1 MS if moderate sulfate resistance is required,

5.1.3.2 MH if moderate heat of hydration is required,

5.1.3.3 LH if low heat of hydration is required, (Type P only),

5.1.3.4 A if air entraining is required, and

5.1.4 Certification, if desired (see Section 14).

NOTE 1—It is important to check for availability of various options. Some multiple options are mutually incompatible or unattainable.

6. Materials and Manufacture

6.1 *Portland Blast-Furnace Slag Cement*—The portland blast-furnace slag cement shall consist of an intimate and uniform blend (Note 2) of portland cement and fine granulated blast-furnace slag produced either by intergrinding portland cement clinker and granulated blast-furnace slag, or by blending portland cement and finely ground granulated blast-furnace slag, or a combination of intergrinding and blending, in which the slag constituent is between 25 and 70 % of the weight of portland blast-furnace slag cement.

NOTE 2—The attainment of an intimate and uniform blend of two or more types of fine materials is difficult. Consequently, adequate equipment and controls must be provided by the manufacturer. The purchaser should assure himself of the adequacy of the blending operation.

6.2 *Air-Entraining Portland Blast-Furnace Slag Cement*—Air-entraining portland blast-furnace slag cement shall be portland blast-furnace slag cement to which sufficient air-entraining addition has been added so that the resulting product complies with the air content of mortar requirements.

6.3 *Slag-Modified Portland Cement*—Slag-modified portland cement shall be an intimate and uniform blend of portland cement and granulated blast-furnace slag produced either by intergrinding portland cement clinker and granulated blast-furnace slag (Note 2), by blending portland cement and finely ground granulated blast-furnace slag, or a combination of intergrinding and blending in which the slag constituent is less than 25 % of the weight of the slag-modified portland cement.

6.4 *Air-Entraining Slag-Modified Portland Cement*—Air-entraining slag-modified portland cement shall be slag-modified portland cement to which sufficient air-entraining addition has been added so that the resulting product complies with the air content of mortar requirements.

6.5 *Blast-Furnace Slag*—Blast-Furnace slag shall be a nonmetallic product, consisting essentially of silicates and aluminosilicates of calcium and other bases, that is developed in a molten condition simultaneously with iron in a blast furnace.

6.6 *Granulated Blast-Furnace Slag*—Granulated blast-furnace slag shall be the glassy granular material formed when molten blast-furnace slag is rapidly chilled, as determined by immersion in water.

6.7 *Portland Cement*—See Terminology C 219. For purposes of this specification, portland cement meeting Specification C 150 requirements is suitable for such use. Portland cement or other hydraulic materials, or both, containing high free lime may be used as long as the autoclave test limits for the blended cement are met.

6.8 *Portland Cement Clinker*—Portland cement clinker shall be partially fused clinker consisting primarily of hydraulic calcium silicates.

6.9 *Portland-Pozzolan Cement*—Portland-pozzolan cement shall be a hydraulic cement consisting of an intimate and uniform blend (Note 2) of portland or portland blast-furnace slag cement and fine pozzolan produced either by intergrinding portland cement clinker and pozzolan, by blending portland cement or portland blast-furnace slag cement and finely divided pozzolan, or a combination of intergrinding and blending, in which the pozzolan constituent is between 15 and 40 weight % of the portland-pozzolan cement.

6.10 *Air-Entraining Portland-Pozzolan Cement*—Air-entraining portland-pozzolan cement shall be portland-pozzolan cement to which sufficient air-entraining addition has been added so that the resulting product complies with the air content of mortar requirements.

6.11 *Pozzolan-Modified Portland Cement*—Pozzolan-modified portland cement shall be an intimate and uniform blend (Note 2) of portland cement or portland blast-furnace slag cement and fine pozzolan produced either by intergrinding portland cement clinker and pozzolan, by blending portland cement or portland blast-furnace slag cement and finely divided pozzolan, or a combination of intergrinding and blending, in which the pozzolan constituent is less than 15 weight % of the pozzolan-modified portland cement.

6.12 *Air-Entraining Pozzolan-Modified Portland Cement*—Air-entraining pozzolan-modified portland cement shall be pozzolan-modified portland cement to which sufficient air-entraining addition has been added so that

resulting product complies with the air content of mortar requirements.

6.13 *Pozzolan*—Pozzolan shall be a siliceous or siliceous and aluminous material, which in itself possesses little or no cementitious value but which will, in finely divided form and in the presence of moisture, chemically react with calcium hydroxide at ordinary temperatures to form compounds possessing cementitious properties.

6.14 *Slag Cement*—Slag cement shall be hydraulic cement consisting mostly of an intimate and uniform blend (Note 2) of granulated blast-furnace slag and portland cement, or hydrated lime, or both, in which the slag constituent is at least 70 % of the weight of the slag cement.

6.15 *Air-Entraining Slag Cement*—Air-entraining slag cement shall be slag cement to which sufficient air-entraining addition has been added so that the resulting product complies with the air content of mortar requirements.

6.16 *Hydrated Lime*—Hydrated lime shall be the product described as Type N of Specification C 207, except that it shall meet the chemical composition requirements of Type S of Specification C 207.

6.17 *Air-Entraining Addition*—When air-entraining cement is specified, an addition meeting the requirements of Specification C 226 shall be used.

6.18 *Processing Additions*—At the option of the manufacturer, processing additions may be used in the manufacture of cement, provided such materials in the amounts used have been shown to meet the requirements of Specification C 465.

6.19 *Other Additions*—The cement covered by this specification shall contain no additions except as provided for above except that water or calcium sulfate (see Terminology C 219), or both, may be added in amounts so that the limits shown in Table 1 for sulfate reported as SO₃ and loss on ignition are not exceeded.

6.20 *Moderate Sulfate Resistance*—When moderate sulfate resistance (MS) is specified, the tricalcium aluminate (3CaO·Al₂O₃) content of the portland cement calculated as in Specification C 150 shall not exceed 8.0 % and the sum of the amounts of silicon dioxide (SiO₂), aluminum oxide (Al₂O₃), and iron oxide (Fe₂O₃) in the pozzolan used in portland-pozzolan cement shall be not less than 70 %.

7. Chemical Composition

7.1 Cement of the type specified shall conform to the applicable chemical requirements prescribed in Table 1.

7.2 If the purchaser has requested the manufacturer to state in writing the composition of the blended cement purchased, the composition of the cement furnished shall conform to that shown in the statement within the following tolerances (Note 3).

	Tolerance, ± %
Silicon dioxide (SiO ₂)	3
Aluminum oxide (Al ₂ O ₃)	2
Calcium oxide (CaO)	3

Note 3—This means that if the manufacturer's statement of the composition says "SiO₂: 32 %," the cement when analyzed, shall be found to contain between 29 and 35 % SiO₂.

8. Physical Properties

8.1 *Blended Cement*—Blended cement of the type specified shall conform to the applicable physical requirements prescribed in Table 2.

TABLE 1 Chemical Requirements

Cement Type	I(SM), I(SM)-A, IS, IS-A	S, SA	I(PM), I(PM)-A, P, PA, IP, IP-A
Magnesium oxide (MgO), max, %	...	...	5.0
Sulfur reported as sulfate (SO ₃), max, % ^B	3.0	4.0	4.0
Sulfide sulfur (S), max, %	2.0	2.0	...
Insoluble residue, max, %	1.0	1.0	...
Loss on ignition, max, %	3.0	4.0	5.0
Water-soluble alkali, max, %	...	0.03 ^A	...

^A Applicable only when the cement is specified to be nonstaining to limestone. The amount and nature of the staining material in limestone vary with the stone. The alkali in any cement may, therefore, induce markedly different staining on different stone, even though the stone may have come apparently from the same source. The amount of alkali permitted by the specification should not cause stain unless stone high in staining material has been used, or unless insufficient means have been used to prevent infiltration of water into the masonry.

^B When it has been demonstrated by Test Method C 563 that the optimum SO₃ exceeds a value 0.5 % less than the specification limit, an additional amount of SO₃ is permissible provided that, when the cement with the additional calcium sulfate is tested by Test Method C 265, the calcium sulfate in the hydrated mortar at 24 ± ¼ h, expressed as SO₃, does not exceed 0.50 g/L. When the manufacturer supplies cement under this provision, he will, upon request, supply supporting data to the purchaser.

8.2 *Pozzolan or Slag*—Pozzolan or slag that is to be blended with cement shall be tested in the same state of subdivision as that in which it is to be blended. Pozzolan shall conform to the fineness requirement and the pozzolanic activity requirement of Table 3. Slag that is to be used for slag-modified portland cements shall conform to the slag activity requirement of Table 3. Such pozzolan or slag that is to be interground with portland cement clinker shall, before testing for conformance with requirements of Table 3, be ground in the laboratory to a fineness at which it is believed to be present in the finished cement. It is the manufacturer's responsibility to decide on the fineness at which the testing is to be carried out, and when requested to do so by a purchaser, to report the information upon which the decision was based.

8.3 Pozzolan for use in the manufacture of pozzolan-modified portland cement, Type I(PM) and I(PM)-A, shall meet the requirements of Table 3 when tested for mortar expansion of pozzolan as described in 10.1.13. If the alkali content of the clinker to be used for the production lots changes by more than 0.2 % total as equivalent Na₂O, calculated as Na₂O + 0.658 K₂O, from that of the clinker with which the acceptance tests were carried out, the pozzolan shall be retested to show compliance with the requirements of Table 3.

9. Sampling

9.1 Sample the materials in accordance with the following methods:

9.1.1 *Sampling Blended Cements*—Methods C 183.

9.1.2 *Sampling Pozzolan*—Methods C 311. One 4 lb. (2 kg) sample shall be taken from approximately each 400 tons (360 Mg) of pozzolan.

10. Test Methods

10.1 Determine the applicable properties enumerated in this specification in accordance with the following methods:

10.1.1 *Chemical Analysis*—Methods C 114, with the special provisions noted therein applicable to blended cement analyses.

TABLE 2 Physical Requirements

Cement Type	I(SM), IS, I(PM), IP ^a	I(SM)-A, IS-A, I(PM)-A, IP-A	IS(MS) IP(MS)	IS-A(MS) IP-A(MS)	S	SA	P	PA
Fineness	A	A	A	A	A	A	A	A
Autoclave expansion max, %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Autoclave contraction, max, %	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Time of setting, Vicat test: ^c								
Set, minutes, not less than	45	45	45	45	45	45	45	45
Set, h, not more than	7	7	7	7	7	7	7	7
Air content of mortar (Method C 185), volume %	12 max	19 ± 3	12 max	19 ± 3	12 max	19 ± 3	12 max	19 ± 3
Compressive strength, min, psi (MPa):								
3 days	1800 (12.4)	1450 (9.9)	1500 (10.3)	1200 (8.3)	...	...	...	...
7 days	2800 (19.3)	2250 (15.5)	2500 (17.2)	2000 (13.8)	600 (4.1)	500 (3.4)	1500 (10.3)	1250 (8.6)
28 days	3500 (24.1)	2800 (19.3)	3500 (24.1)	2800 (19.3)	1500 (10.3)	1250 (8.6)	3000 (20.7)	2500 (17.2)
Heat of hydration: ^d								
7 days, max, cal/g (kJ/kg)	70 (293)	70 (293)	70 (293)	70 (293)	...	...	60 (251)	60 (251)
28 days, max, cal/g (kJ/kg)	80 (335)	80 (335)	80 (335)	80 (335)	...	...	70 (293)	70 (293)
Water requirement, max weight % of cement	...	...	...	...	...	...	64	56
Linear shrinkage, max, %	...	...	...	...	...	...	0.15	0.15
Mortar expansion: ^e								
At age of 14 days, max, %	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
At age of 8 weeks, max, %	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060

^a Both amount retained when wet sieved on 45- μ m (No. 325) sieve and specific surface by air permeability apparatus, cm²/g, shall be reported on all mill test reports requested under 14.4.

^b The specimens shall remain firm and hard and show no signs of distortion, cracking, checking, pitting, or disintegration when subjected to the autoclave expansion test.

^c Time of setting refers to initial setting time in Method C 191.

^d Applicable only when moderate (MH) or low (LH) heat of hydration is specified, in which case the strength requirements shall be 80 % of the values shown in the table.

^e The test for mortar expansion is an optional requirement to be applied only at the purchaser's request and should not be requested unless the cement will be used with alkali-reactive aggregate.

TABLE 3 Requirements for Pozzolan for Use in Blended Cements and for Slag for Use in Slag-Modified Portland Cements

Pozzolan	
Fineness:	
Amount retained when wet-sieved on 45- μ m (No. 325) sieve, max, %	20.0
Alkali reactivity of pozzolan for use in Types I(PM) and I(PM)-A cements, six tests, mortar bar expansion at 91 days, max, %	0.05
Slag or pozzolan activity index: with portland cement, at 28 days, min, %	75

10.1.2 *Fineness by Sieving*—Test Method C 430.

10.1.3 *Fineness by Air-Permeability Apparatus*—Test Method C 204.

10.1.4 *Autoclave Expansion*—Test Method C 151, except that, in the case of slag cement, the test specimens shall remain in the moist cabinet for a period of 48 h before being measured for length, and the neat cement shall be mixed for not less than 3 min nor more than 3½ min.

10.1.5 *Time of Setting*—Test Method C 191.

10.1.6 *Air Content of Mortar*—Test Method C 185, using the actual specific gravity of the cement, if it differs from 3.15 by more than 0.05, in calculating the air content.

10.1.7 *Compressive Strength*—Test Method C 109.

10.1.8 *Heat of Hydration*—Test Method C 186.

10.1.9 *Normal Consistency*—Test Method C 187, except that in the case of slag cement the paste shall be mixed for not less than 3 min nor more than 3½ min.

10.1.10 *Specific Gravity*—Test Method C 188.

10.1.11 *Water Requirement*—The weight of mixing water added to the six-cube batch in accordance with Test Method

TABLE 4 Aggregate Grading Requirements for Mortar Expansion Test

Sieve Size		Weight %
Passing	Retained on	
4.75-mm (No. 4)	2.36-mm (No. 8)	10
2.36-mm (No. 8)	1.18-mm (No. 16)	25
1.18-mm (No. 16)	600- μ m (No. 30)	25
600- μ m (No. 30)	300- μ m (No. 50)	25
300- μ m (No. 50)	150- μ m (No. 100)	15

C 109, as a percentage of the total cementing ingredients.

10.1.12 *Mortar Expansion of Blended Cement*—Test Method C 227, using crushed Pyrex glass No. 7740⁴ as aggregate and the grading prescribed in Table 4.

10.1.13 *Mortar Expansion of Pozzolan for Use in Pozzolan-Modified Portland Cement Types I(PM) and I(PM)-A*—Using the pozzolan and the clinker or cement that are to be used together in the production of the blended cement, prepare pozzolan-modified portland cements containing 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, and 15 weight % of the pozzolan. These blends shall be tested in accordance with Test Method C 227 using a sand judged to be nonreactive by the mortar bar test in Test Method C 227. The expansion of the mortar bars shall be measured at 91 days, and all the six blends shall meet the expansion requirement in Table 3.

10.1.14 *Drying Shrinkage*—Test Method C 157. Make three specimens using the proportion of dry materials of 1

⁴ Pyrex Glass No. 7740 is available as lump cullet from the Corning Glass Works, Corning, NY.

part of cement to 2.75 parts of Test Method C 109 graded Ottawa sand. Use a curing period of 6 days and an air storage period of 28 days. Report the linear contraction during air storage based on an initial measurement after the 6-day water-curing period.

10.1.15 *Pozzolanic Activity Test with Portland Cement*—Methods C 311.

10.1.16 *Slag Activity Test with Portland Cement*—Methods C 311, except use a test mortar with 75 g of portland cement and an amount of slag determined to $175 \text{ g} \times \text{density of slag} + \text{density of cement}$.

11. Inspection

11.1 Every facility shall be provided the purchaser for careful inspection and sampling of the finished blended cement and the essential constituents used in its production. The finished cement may be inspected and sampled either at the mill or at the site of the work, as may be specified by the purchaser.

11.2 The manufacturer shall provide suitable facilities to enable the inspector to check the relative weights of the constituents used, and the intergrinding or blending operation used to produce the cement. The plant facilities for intergrinding or blending and inspection shall be adequate to ensure compliance with the provisions of this specification.

12. Testing Time Requirements

12.1 The following periods from time of sampling shall be allowed for the completion of testing:

3-day test	8 days
7-day test	12 days
14-day test	19 days
28-day test	33 days
8-week test	61 days

13. Rejection

13.1 The cement may be rejected if it fails to meet any of the requirements of this specification.

13.2 Cement remaining in bulk storage at the mill prior to shipment for a period greater than 6 months after completion of the tests may be retested and may be rejected if it fails to conform to any of the requirements of this specification.

13.3 Packages more than 2 % below the weight marked thereon may be rejected; and if the average weight of packages in any shipment, as shown by weighing 50 packages taken at random, is less than that marked on the packages, the entire shipment may be rejected.

14. Certification

14.1 At the request of the purchaser, the manufacturer shall state in writing the source, amount, and composition of the essential constituents used in manufacture of the finished cement and the composition of the blended cement purchased.

14.2 At the request of the purchaser, the manufacturer shall state in writing the nature, amount, and identity of any processing or air-entraining addition that may have been used; and also, if requested, shall supply test data showing compliance of any such processing addition with the provisions of Specification C 465 and of any such air-entraining addition with the provisions of Specification C 226.

14.3 In the case of portland-pozzolan cement or pozzolan-modified portland cement at the request of the purchaser, the manufacturer shall also state in writing that the amount of pozzolan in the finished cement will not vary more than ± 5.0 weight % of the finished cement from lot to lot or within a lot.

14.4 Upon request of the purchaser in the contract or order, a manufacturer's certification shall be furnished indicating that the material was tested during production or transfer in accordance with this specification, that it complies with this specification, and a report of the test results shall be furnished at the time of shipment (to include both amount retained on the 45- μm (No. 325) sieve and specific surface by the air permeability method).

15. Packaging and Package Marking

15.1 When the cement is delivered in packages, the words, "portland blast-furnace slag cement," "portland-pozzolan cement," "pozzolan-modified portland cement," "slag-modified portland cement" or "slag cement," as appropriate; the type of cement, name and brand of the manufacturer, and the weight of the cement contained therein, shall be plainly marked on each package. When the cement is an air-entraining type, the words "air-entraining" shall be plainly marked on each package. Similar information shall be provided in the shipping documents accompanying the shipment of packaged or bulk cement. All packages shall be in good condition at the time of inspection.

16. Storage

16.1 The cement shall be stored in such a manner as to permit easy access for proper inspection and identification of each shipment, and in a suitable weathertight building that will protect the cement from dampness and minimize warehouse set.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.



Standard Practice for Reducing Field Samples of Aggregate to Testing Size¹

This standard is issued under the fixed designation C 702; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This practice describes three methods for the reduction of field samples of aggregate to the appropriate size for testing employing techniques that are intended to minimize variations in measured characteristics between the test samples so selected and the field sample.

1.2 The values stated in acceptable metric units are to be regarded as the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

C 128 Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate²

D 75 Practice for Sampling Aggregates²

3. Significance and Use

3.1 Specifications for aggregates require sampling portions of the material for testing. Other factors being equal, larger samples will tend to be more representative of the total supply. This practice provides procedures for reducing the large sample obtained in the field to a convenient size for conducting a number of tests to describe the material and measure its quality in a manner that the smaller portion is most likely to be a representation of the field sample, and thus of the total supply. Failure to carefully follow the procedures in this practice could result in providing a nonrepresentative sample to be used in subsequent testing. The individual test methods provide for minimum amount of material to be tested.

3.2 Under certain circumstances, reduction in size of the field sample prior to testing is not recommended. Substantial differences between the selected test samples sometimes cannot be avoided, as for example, in the case of an aggregate having relatively few large size particles in the field sample. The laws of chance dictate that these few particles may be unequally distributed among the reduced size test samples. Similarly, if the test sample is being examined for certain contaminants occurring as a few discrete fragments in only small percentages, caution should be used in interpreting results from the reduced size test sample. Chance inclusion or exclusion of only one or two particles in the selected sample may importantly influence interpretation of the

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee C-9 on Concrete and Concrete Aggregates and are the direct responsibility of Subcommittee C09.03.05 on Methods of Testing and Specifications for Physical Characteristics of Concrete Aggregates. In this edition, 6.1 and Note 2 were revised and the section on precision was deleted.

Current edition approved March 27, 1987. Published May 1987. Originally published as C 702 - 71 T. Last previous edition C 702 - 80.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

characteristics of the field sample. In these cases, the entire field sample should be tested.

4. Selection of Method

4.1 *Fine Aggregate*—Field samples of fine aggregate that are drier than the saturated-surface-dry condition (Note 1) shall be reduced in size by a mechanical splitter according to Method A. Field samples having free moisture on the particle surfaces may be reduced in size by quartering according to Method B, or by treating as a miniature stockpile as described in Method C.

4.1.1 If the use of Method B or Method C is desired, and the field sample does not have free moisture on the particle surfaces, the sample may be moistened to achieve this condition, thoroughly mixed, and then the sample reduction performed.

4.1.2 If use of Method A is desired and the field sample has free moisture on the particle surfaces, the entire field sample may be dried to at least the surface-dry condition, using temperatures that do not exceed those specified for any of the tests contemplated, and then the sample reduction performed. Alternatively, if the moist field sample is very large, a preliminary split may be made using a mechanical splitter having wide chute openings 38 mm (1½ in.) or more to reduce the sample to not less than 5000 g. The portion so obtained is then dried, and reduction to test sample size is completed using Method A.

NOTE 1—The method of determining the saturated-surface-dry condition is described in Test Method C 128. As a quick approximation, if the fine aggregate will retain its shape when molded in the hand, it may be considered to be wetter than saturated-surface-dry.

4.2 *Coarse Aggregates and Mixtures of Coarse and Fine Aggregates*—Reduce the sample using a mechanical splitter in accordance with Method A (preferred method) or by quartering in accordance with Method B. The miniature stockpile Method C is not permitted for coarse aggregates or mixtures of coarse and fine aggregates.

5. Sampling

5.1 The field sample of aggregate shall be taken in accordance with Practice D 75, or as required by individual test methods. When tests for sieve analysis only are contemplated, the size of field sample listed in Practice D 75 is usually adequate. When additional tests are to be conducted, the user shall satisfy himself that the initial size of the field sample is adequate to accomplish all intended tests.

METHOD A—MECHANICAL SPLITTER

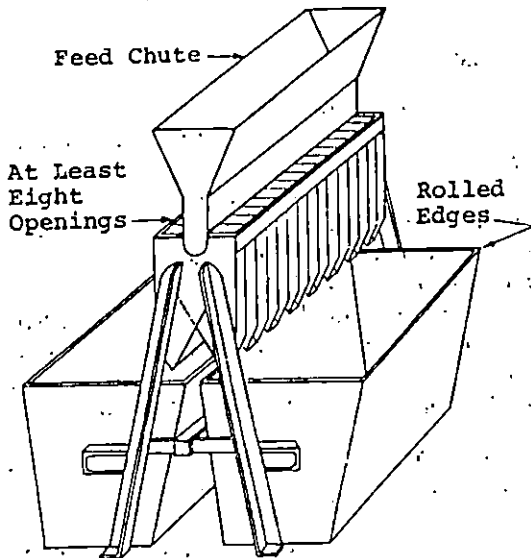
6. Apparatus

6.1 *Sample Splitter*—Sample splitters shall have an even number of equal width chutes, but not less than a total of

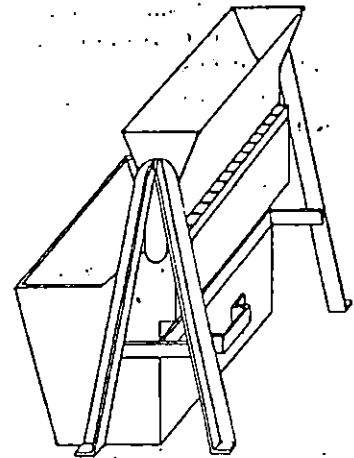
eight for coarse aggregate, or twelve for fine aggregate, which discharge alternately to each side of the splitter. For coarse aggregate and mixed aggregate, the minimum width of the individual chutes shall be approximately 50 % larger than the largest particles in the sample to be split (Note 2). For dry fine aggregate in which the entire sample will pass the 9.5-mm (3/8-in.) sieve, a splitter having chutes 12.5 to 20 mm (1/2 to 3/4 in.) wide shall be used. The splitter shall be equipped with two receptacles to hold the two halves of the sample

following splitting. It shall also be equipped with a hopper or straightedged pan which has a width equal to or slightly less than the over-all width of the assembly of chutes, by which the sample may be fed at a controlled rate to the chutes. The splitter and accessory equipment shall be so designed that the sample will flow smoothly without restriction or loss of material (Fig. 1).

NOTE 2—Mechanical splitters are commonly available in sizes adequate for coarse aggregate having the largest particle not over 37.5 mm (1 1/2 in.).

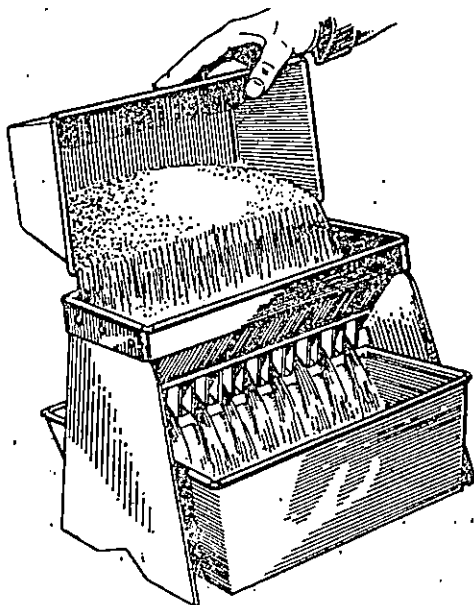


Riffle Sample Splitter

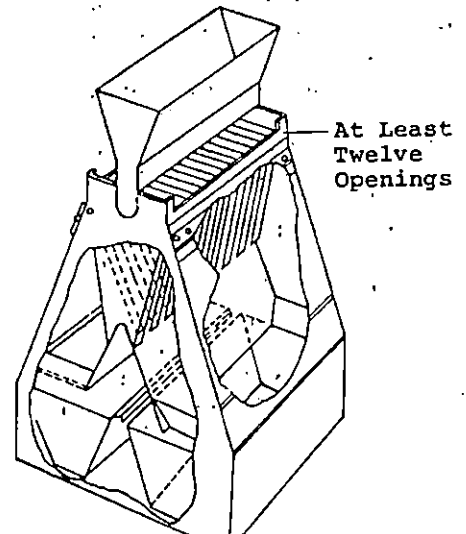


Riffle Bucket and Separate Feed Chute Stand

(a) Large Riffle Samplers for Coarse Aggregate



(b) Small Riffle Samplers for Fine Aggregate



NOTE—May be constructed as either closed or open type. Closed type is preferred.

FIG. 1 Sample Splitters (Riffles)

7. Procedure

7.1 Place the field sample in the hopper or pan and uniformly distribute it from edge to edge, so that when it is introduced into the chutes, approximately equal amounts will flow through each chute. The rate at which the sample is introduced shall be such as to allow free flowing through the chutes into the receptacles below. Reintroduce the portion of the sample in one of the receptacles into the splitter as many times as necessary to reduce the sample to the size specified for the intended test. The portion of the material collected in the other receptacle may be reserved for reduction in size for other tests.

METHOD B—QUARTERING

8. Apparatus

8.1 Apparatus shall consist of a straight-edged scoop, shovel, or trowel; a broom or brush; and a canvas blanket approximately 2 by 2.5 m (6 by 8 ft).

9. Procedure

9.1 Use either the procedure described in 9.1.1 or 9.1.2 or a combination of both.

9.1.1 Place the field sample on a hard, clean, level surface where there will be neither loss of material nor the accidental addition of foreign material. Mix the material thoroughly by turning the entire sample over three times. With the last turning, shovel the entire sample into a conical pile by depositing each shovelful on top of the preceding one. Carefully flatten the conical pile to a uniform thickness and diameter by pressing down the apex with a shovel so that each quarter sector of the resulting pile will contain the material originally in it. The diameter should be approximately four to eight times the thickness. Divide the flattened mass into four equal quarters with a shovel or trowel and remove two diagonally opposite quarters, including all fine material, and brush the cleared spaces clean. Successively mix and quarter the remaining material until the sample is reduced to the desired size (Fig. 2).

9.1.2. As an alternative to the procedure described in 9.1.1, when the floor surface is uneven, the field sample may be placed on a canvas blanket and mixed with a shovel as described in 9.1.1, or by alternately lifting each corner of the canvas and pulling it over the sample toward the diagonally opposite corner causing the material to be rolled. Flatten the pile as described in 9.1.1. Divide the sample as described in 9.1.1, or if the surface beneath the blanket is uneven, insert a stick or pipe beneath the blanket and under the center of the pile, then lift both ends of the stick, dividing the sample into two equal parts. Remove the stick leaving a fold of the blanket between the divided portions. Insert the stick under the center of the pile at right angles to the first division and again lift both ends of the stick, dividing the sample into four equal parts. Remove two diagonally opposite quarters, being careful to clean the fines from the blanket. Successively mix and quarter the remaining material until the sample is reduced to the desired size (Fig. 3).

METHOD C—MINIATURE STOCKPILE SAMPLING (Damp Fine Aggregate Only)

10. Apparatus

10.1 Apparatus shall consist of a straight-edged scoop, shovel, or trowel for mixing the aggregate, and either a small sampling thief, small scoop, or spoon for sampling.

11. Procedure

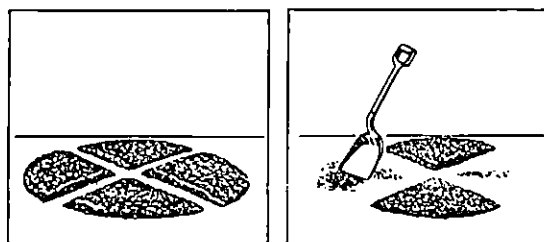
11.1 Place the field sample of damp fine aggregate on a hard clean, level surface where there will be neither loss of material nor the accidental addition of foreign material. Mix the material thoroughly by turning the entire sample over three times. With the last turning, shovel the entire sample into a conical pile by depositing each shovelful on top of the preceding one. If desired, the conical pile may be flattened to a uniform thickness and diameter by pressing down the apex with a shovel so that each quarter sector of the resulting pile will contain the material originally in it. Obtain a sample for each test by selecting at least five increments of material at random locations from the miniature stockpile, using any of the sampling devices described in 10.1.



Cone Sample on Hard Clean Surface

Mix by Forming New Cone

Quarter After Flattening Cone



Sample Divided into Quarters

Retain Opposite Quarters
Reject the Other Two Quarters

FIG. 2 Quartering on a Hard Clean Level Surface

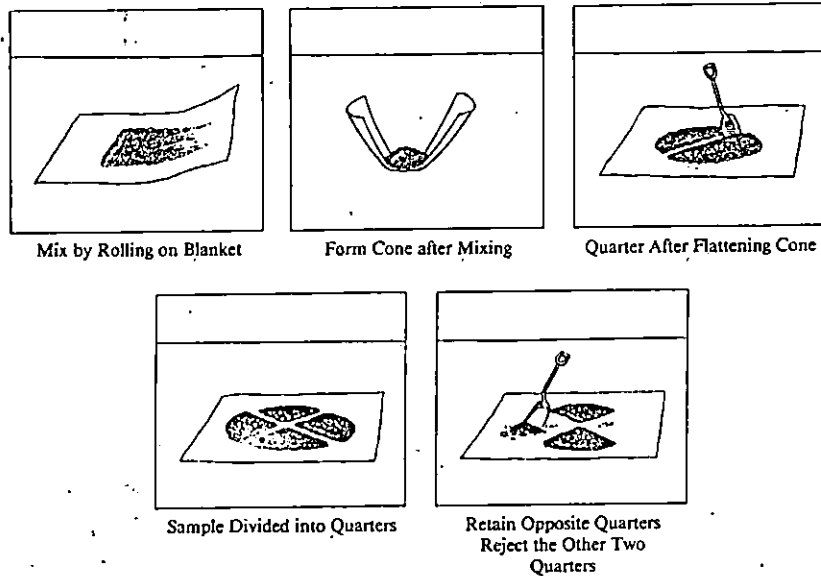


FIG. 3 Quartering on a Canvas Blanket

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.



Standard Specification for CORRUGATED ASBESTOS-CEMENT SHEETS FOR BULKHEADING¹

This Standard is issued under the fixed designation C 746; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval.

1. Scope

1.1 This specification covers the types, physical properties, and dimensions of bulkhead corrugated asbestos-cement sheets designed to provide wide sheet piling for erosion control along fresh-water lake shores and inland waterways of fresh or salt water.

2. Applicable Documents

- 2.1 *ASTM Standards:*
C 208 Specification for Structural Insulating Board Made from Vegetable Fibers²

3. Classification

3.1 The corrugated asbestos-cement sheets covered by this specification are classified on the basis of the bending moment capacity of saturated units.

Designation (Note 1)	Bending Moment Capacity (Minimum)
Type 1	285 lbf-ft/ft of width (1268 N-m/m of width)
Type 2	505 lbf-ft/ft of width (2246 N-m/m of width)
Type 3	790 lbf-ft/ft of width (3514 N-m/m of width)
Type 10	1000 lbf-ft/ft of width (4448 N-m/m of width)
Type 18	1300 lbf-ft/ft of width (5783 N-m/m of width)

NOTE 1—The bending moment capacity required for a given installation depends upon many variables. Its determination is illustrated in "Design Manual for Asbestos-Cement Canal Bulkheads"² or the design manuals of the producing companies. The color coding for the various types of bulkhead corrugated is painted on one end of the sheet to designate type: Type 1—brown, Type 2—green, Type 3—red, Type 10—gray, Type 18—yellow.

4. Manufacture

4.1 Corrugated asbestos-cement sheets for bulkheading shall be composed of a combination of asbestos fiber and portland cement, or portland blast furnace slag cement, and not more than 1 weight % of organic fiber, with or without the addition of curing agents, silica, water-repellent substances, mineral fillers, coatings, pigments, or mineral granules, formed under pressure and cured to meet the physical requirements of this specification.

5. Physical Requirements

5.1 *Strength*—The corrugated bulkhead product shall conform to the bending moment requirements of 3.1 when tested in accordance with the methods prescribed in Section 9 of this standard.

5.2 Tolerances on the Nominal Dimensions:

5.2.1 Length tolerance shall be $\pm 1/4$ in. (6.4 mm).

5.2.2 Width tolerance shall be $\pm 1/4$ in. (6.4 mm).

5.2.3 Thickness tolerance shall be $\pm 7.5\%$.

5.3 *Pitch*—The nominal pitch as designated by the manufacturer is the distance between midpoints of adjacent crests of the corrugated.

¹This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C-17 on Asbestos-Cement Products. Current edition approved April 29, 1974. Published June 1974. Originally published as C 746 - 73. Last previous edition C 746 - 73.

²Annual Book of ASTM Standards, Part 18.

³Design Manual for Asbestos-Cement Canal Bulkheads published by the Mineral Fiber Products Bureau, 1 East 41st St., New York, N.Y. 10017.

The tolerance for pitches on a single sheet or between sheets shall be $\pm 7.5\%$.

5.4 Corrugation Depth—The nominal depth of the corrugated is the overall maximum thickness measured from the base of the vale to the top of the crest. The tolerance for depth between sheets shall be $\pm 7.5\%$.

NOTE 2—For information on the dimensions or shapes, of products available to meet this specification, consult the manufacturer's literature.

6. Workmanship and Finish

6.1 Workmanship—The corrugated bulk-heading surface shall be relatively smooth and free of defects that impair appearance or serviceability.

6.2 Color—Color shall be the natural color of the asbestos-cement product, or as agreed upon between the purchaser and the seller.

NOTE 3—Efflorescence that sometimes may appear is not considered to be a defect on natural color asbestos-cement sheets.

METHODS OF TEST

7. Sampling

7.1 From each shipment or fraction thereof representing a product of the same type, a number of sheets shall be selected at random. Table 1 shows the number of sheets to be selected from shipments of various sizes.

8. Preparation of Specimens

8.1 Immerse all specimens to be tested for strength characteristics in a tank containing clean water at 60 to 80°F (15.6 to 26.7°C) covering the uppermost crests by at least 1 in. (25 mm) of water. Remove after 24 h and conduct the tests within ½ h after removal.

8.2 Prior to testing, any specimen showing obvious visual defects shall not be included for testing, and shall be replaced with another specimen.

9. Flexural Strength Test

9.1 Definition—Flexural strength is defined as the transverse breaking load in pounds-force per foot of width (newtons per metre) testing saturated units in the manner described in this specification.

9.2 Significance—The flexural strength is used to ascertain ultimate bending moment capacity for comparison with design specifica-

tions. If side lap occurs in the specific design, this increases the factor of safety.

9.3 Size of Specimens—Specimens shall be 66 \pm ½ in. (1680 \pm 13 mm) in length. Full width sheets are used for the flexural strength test. For sinusoidal corrugated shapes, three complete corrugations are adequate for the width. The length shall be parallel to the corrugations. Cracked or otherwise damaged specimens shall not be tested, but substitute specimens shall be provided.

9.4 Apparatus—The apparatus shall be assembled as shown in Figs. 1 and 2 and shall conform to the detailed requirements for component parts prescribed in 9.4.1 through 9.4.5, or the equivalent.

9.4.1 Supports—Two steel rollers 2 in. (51 mm) in diameter of a length equal to or greater than the specimen width, with a plate as specified in 9.4.2 between each supporting roller and the specimen. Supports shall not exert longitudinal constraint.

9.4.2 Bearing Plates—Wood fiberboard, ½ in. (13 mm) thick and 2 in. (51 mm) in width, meeting requirements of Specification C 208, Class A.

9.4.3 Edge Restraint Blocks—Steel or other suitable material may be provided to remain in contact with each edge of the specimen at each support to prevent outward movement of the specimen. The blocks shall be of sufficient height to restrain the specimen edges, 1 in. (25 mm) thick, 2 in. (51 mm) in length, and parallel to the span. The blocks shall be firmly attached to the supports.

9.4.4 Loading Assembly—There are two types of loading assemblies which may be used in performing this test, a bar assembly and a sand-box assembly. The bar assembly is generally used for corrugated bulkhead with a pitch less than 5 in. (127 mm). The sand-box assembly is recommended for all other shapes.

9.4.4.1 Bar Assembly—One 2-in. (51 mm) diameter steel roller of a length equal to or greater than the specimen width, with a wood fiberboard plate as specified in 9.4.2 between the loading roller and the specimen. See Fig. 1.

9.4.4.2 Sand-box Assembly—Sand confined in an enclosure conforming to the profile of the specimen. The sides shall be constructed of 1½-in. (38-mm) lumber with an outside width of 5 in. (127 mm). The bottom of the box shall

be closed by nailing a $\frac{1}{4}$ -in. (3.2-mm) flexible rubber sheet to the profiled edge. The length of the fixture shall be equal to the specimen width and the height shall be such as to allow a minimum of $1\frac{1}{2}$ in. (38 mm) over the crests of the specimen. The enclosure shall be placed on the midspan of the specimen, filled with dry sand, carefully leveled and compacted, and a 2 by 2-in. (51 by 51-mm) section of wood placed on top of the sand. The load shall be applied through the 2 by 2-in. (51 by 51-mm) wood uniformly over the specimen width. See Fig. 2.

9.5 Procedure:

9.5.1 Place the specimen, exposed face down (exposed face is the smoother surface), on supports.

9.5.2 *Loading*—Use center-point loading for transverse load tests. Test the specimen as a simple beam (Figs. 1 and 2) on a $60 \pm \frac{1}{4}$ -in. (1524 \pm 6-mm) span.

9.5.3 *Loading Device Accuracy*—The loading machine may consist of any mechanically-driven or hand-powered device that meets the following requirements:

9.5.3.1 It shall be substantially built and rigid enough throughout so that distribution of load to the specimen will not be affected appreciably by deformation or yielding of any part.

9.5.3.2 It shall provide for continuous application of load at a uniform rate to have failure occur in one to two min, and

9.5.3.3 It shall provide means for determination of load with an error not greater than 2%.

9.5.4 *Load*—Record the breakload for each specimen, and include the weight of the sand-box assembly, if used.

9.5.5 *Break Point*—The failure point or break in the specimen shall occur within 2 in. of the mid-point line of the specimen where the loading bar is applied. Any break occurring beyond these limits indicates a defective specimen, and the equation in 9.5.6 is not applicable. Such a specimen shall not be included in the results.

9.5.6 *Moment Capacity*—Calculate the resisting or bending moment capacity of the specimen from the total transverse breaking load per foot of width as follows:

$$M = PL/4$$

where:

M = bending moment in lbf-ft/ft of width (or N-m/m)

P = breakload (including weight of sand-box if used), lbf/ft (or N/m) of width at failure

L = span, ft (or m)

10. Dimensional Measurements

10.1 *Definition*—Dimensions are the length, width on a plane, and thickness of corrugated asbestos-cement bulkheading sheets as measured in the normal (as received) state.

10.2 *Thickness*—Measure the thickness of each specimen to the nearest 0.001 in. (0.025 mm) at the crest and vale by a micrometer having ball anvil and ball spindle ends approximately $\frac{1}{8}$ to $\frac{1}{4}$ in. (3 to 6 mm) in diameter, or an anvil and spindle, each with a 30° taper and a $\frac{1}{4}$ -in. (0.4-mm) flat at its end. Place the anvil or spindle of the micrometer between the projections on the back of the sheet so as to measure the flat plane surface. The thickness shall be the average of at least four measurements, two of which are on the crest (one at each end) and two of which are in the vale (one at each end).

11. Packaging and Shipping

11.1 *Commercial Quantities*—Corrugated asbestos-cement sheets for bulkheading are marketed per sheet, depending upon length.

11.2 *Commercial Packaging*—Sheets shall be so shipped as to ensure acceptance by common carrier. There is no standard package. This material is usually shipped in bulk, but may be crated when so specified by the purchaser.

11.3 *Storage*—Sheets shall be piled on supports that are sufficiently firm to keep the sheets level and spaced at intervals to prevent bending.

12. Inspection and Certification

12.1 Inspection and certification of the material shall be as agreed upon by the purchaser and seller as part of the purchase contract.

13. Rejection

13.1 If the sample fails to conform to the requirements of this specification, a second sample from the same lot shall be prepared and tested. The results of the retest shall be aver-



aged with the results of the original test to determine compliance with this specification.

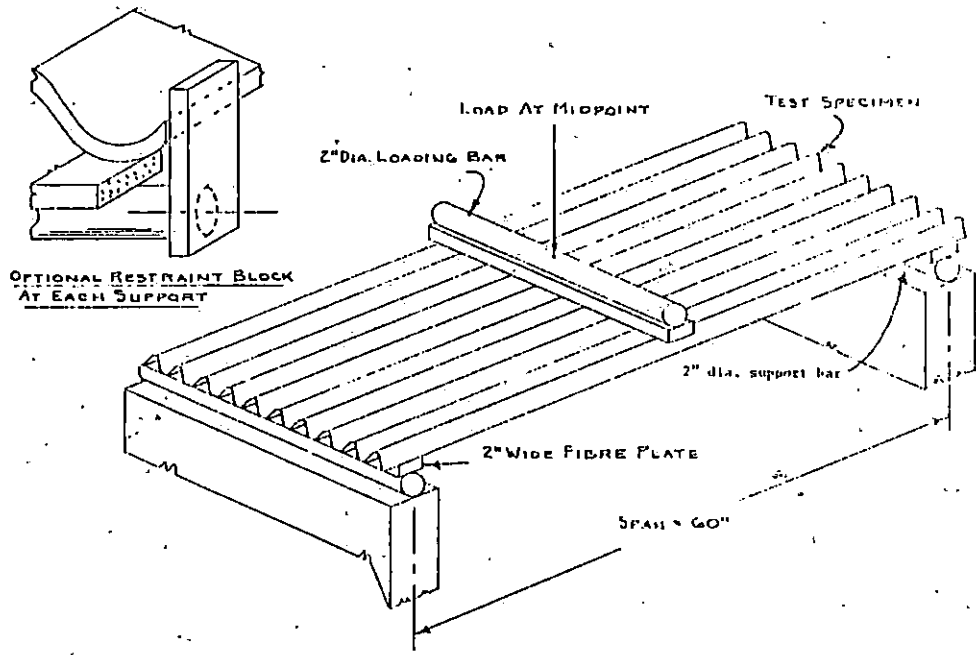
13.2 Failure to conform to the requirements of this specification upon retest as prescribed in 13.1 shall constitute grounds for rejection. The seller shall have the right to reinspect the

rejected shipment and resubmit the lot after removal of the portion of the shipment not conforming to the specified requirements, provided this is done within 20 days after the receipt of notice of the specific cause of rejection.

TABLE 1 Sheet Selection

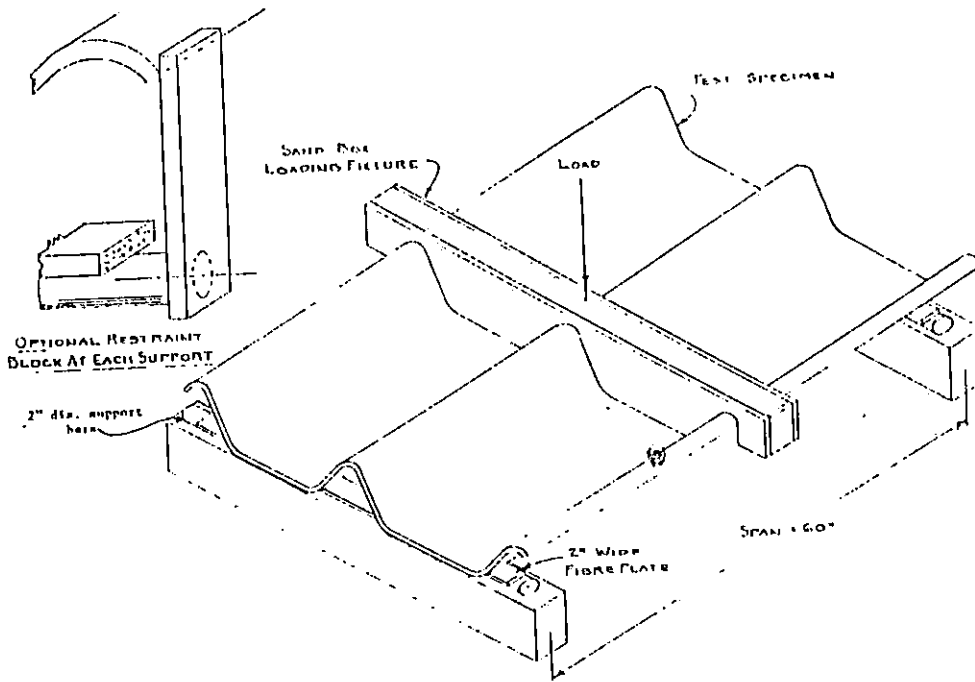
Number of Sheets in Shipment	Number of Sheets to Be Selected at Random
500 and under	3
501 and 1000	5
1001 to 1728	6
1729 to 2744	7
2745 to 4096	8
4097 to 5832	9
5833 to 8000	10

Additional sheets may be tested at the discretion of the inspector.



Metric Equivalents: 60 in. = 1524 mm
2 in. = 51 mm

FIG. 1 Flexural Strength Test—Bar Fixture.



Metric Equivalents: 60 in. - 1524 mm
 2 in. - 51 mm

FIG. 2 Flexural Strength Test—Sand-Box Fixture.

"The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, is entirely their own responsibility."

ANEXO B

ANEXO B . PRUEBA DE SIMULACION DE ENVEJECIMIENTO
ACELERADO DE ESPECIMENES

En primer lugar se debe relacionar el número de ciclos de envejecimiento simulado con el tiempo real de exposición (tiempo de servicio). Para ello se comparan los resultados entre los esfuerzos obtenidos en investigaciones previas usando especímenes envejecidos naturalmente en el ambiente que simulará la prueba. Esta prueba en particular, intenta simular el intemperismo para latitudes tropicales; el efecto de la lluvia al aire libre (ambiente húmedo) y el sol (ambiente seco-cálido), sobre elementos de concreto reforzado con fibras orgánicas.

De estas comparaciones se obtiene la correlación siguiente:

ENVEJECIMIENTO SIMULADO		ENVEJECIMIENTO NATURAL	
No DE CICLOS	RESISTENCIA POST-AGRIETAMIENTO	TIEMPO DE EXPOSICION	RESISTENCIA POST-AGRIETAMIENTO
8	0.47 N/mm ²	360 días	0.50 N/mm ²
12	0.27 N/mm ²	540 días	0.33 N/mm ²

De la tabla anterior se puede observar, que un ciclo de envejecimiento simulado equivale a 1 mes y medio real de tiempo de exposición natural.

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA.

Un ciclo de envejecimiento simulado acelerado consiste en el sometimiento de vigas pequeñas de concreto reforzado con fibra orgánica a un regado con agua durante media hora, y luego inmediatamente a un proceso de secado durante 5 y media horas a una temperatura de 105 C dentro de un horno.

La fabricación de especímenes se realiza con el mismo concreto de las revolturas de mezcla.

Una vez fabricados los especímenes, se procede a desmoldar a las 24 horas después; y luego se dejan curando en agua durante 28 días, después de los cuales se procede a aplicar los ciclos de envejecimiento simulado según sea la edad natural a la que se quieran realizar las pruebas.