

T-UES
1501
E 149
1995

Ej. 3

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



**"ESTUDIO SOBRE LA FABRICACION DE
TUBERIAS DE SUELO- CEMENTO- GRAVILLA"**

TRABAJO DE GRADUACION

PRESENTADO POR:

JAIME EDUARDO GALDAMEZ
LUIS ARMANDO SANCHEZ
DOUGLAS RENE SIBRIAN ZELAYA

15101922
15101922

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

ABRIL DE 1995

SAN SALVADOR

EL SALVADOR

CENTROAMERICA



ING. JULIO EDUARDO BONILLA ALVAREZ

DIRECTOR:



ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

SECRETARIO:

ING. JOAQUIN ALBERTO VANEGAS ABULAR

DECANO:

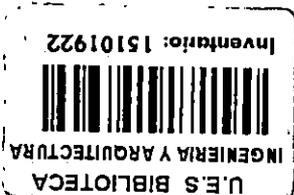
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

LIC. JUSTO ROBERTO CANAS LOPEZ

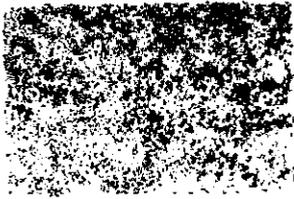
SECRETARIO GENERAL:

DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

RECTOR:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



STATE OF TEXAS

COUNTY OF DALLAS



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

**"ESTUDIO SOBRE LA FABRICACION DE TUBERIAS
DE SUELO - CEMENTO - GRAVILLA"**

PRESENTADO POR:

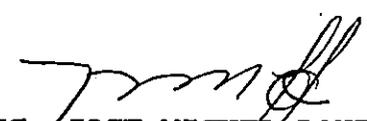
JAI ME EDUARDO GALDAMEZ

LUIS ARMANDO SANCHEZ

DOUGLAS RENE SIBRIAN ZELAYA

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

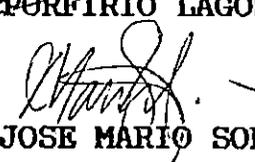
COORDINADOR


: ING. JOSE MIGUEL LANDAVERDE QUIJADA

ASESOR


: ING. PORFIRIO LAGOS VENTURA

ASESOR


: ING. JOSE MARIO SORTO

SAN SALVADOR, ABRIL DE 1995

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad de El Salvador, por brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente en sus recintos.

- A nuestro coordinador:

Ing. José Miguel Landaverde Quijada

y a nuestros asesores:

Ing. Porfirio Lagos Ventura

Ing. José Mario Sorto

Por la orientación y conducción ejemplar que recibimos de ellos en la realización de este trabajo.

- A las siguientes Instituciones y Empresas:

Instituto Salvadoreño del Cemento y Concreto (ISCYC)

Cementos de El Salvador S.A (CESSA)

Fábrica de Tubos "La Lechuza" (D.U.A)

Tablas Amaya y Cía. Ing Civiles

Roberto Salazar y Asociados. Ing. Consultores

Por toda la ayuda recibida en cuanto a donación de materiales, préstamo de instalaciones, préstamo de equipo y personal, etc. Ayuda sin la cual hubiera sido muy difícil el desarrollo de este trabajo.

- A los Ingenieros: Alfredo Aguilar Coto, Hernán Sánchez Tobar, Napoleón Peña Molina, Rafael Colón Villalta, José Mario Villalobos, por su oportuna y desinteresada colaboración en la ejecución de este trabajo.

- Al personal del laboratorio de Mecánica de suelos y materiales de la Escuela de Ingeniería Civil, por la colaboración prestada en el desarrollo de los ensayos de Laboratorio efectuados.

- A todas aquellas personas que no mencionamos por nombre, pero que de una u otra forma colaboraron con nosotros en la realización de este trabajo.

A todos Gracias.

DEDICATORIA

Toda sabiduría viene del Señor
y está siempre con él.

ECLESIASTICO 1.1

Después de haber alcanzado una de mis metas, no puedo dejar de mencionar a personas que de una u otra forma han contribuido para ello y que han estado a mi lado en todo momento, y a quienes les tengo cariño y respeto, es por eso que quiero dedicar el presente trabajo de graduación en primer lugar a:

DIOS TODOPODEROSO:

Por ser el guía espiritual en todos los momentos de mi vida, en especial por haberme dado fuerzas e inteligencia, guiarme e iluminado para superar todos los obstáculos que se me presentaron en mi carrera universitaria. Y por ser alguien que a pesar de todo siempre ha estado a mi lado y ser el AMIGO QUE NUNCA FALLA. Y a la SANTISIMA VIRGEN MARIA por interceder en mis oraciones ante su hijo JESUCRISTO para que cada día se fortalezca más mi fe en él.

MI MADRE:

María Luz Galdámez con todo mi amor, por su apoyo incondicional en Todo momento, por brindarme: su amor, sus oraciones, comprensión, sus oportunos consejos y sobre todo sus sacrificios y esfuerzos económicos para que alcanzará mi meta.

Que Dios te bendiga hoy y siempre.

MIS HERMANOS:

Silvia Elizabeth y Patricia Elena con cariño, por darme su confianza y apoyo en todo aspecto, por sus palabras de aliento para seguir adelante en aquellos momentos difíciles. Así como también a Raúl Armando con cariño.

MIS TIOS:

Con cariño, en especial a Julia del Carmen y Pedro Angel por su apoyo incondicional en todo momento y sus oportunos consejos. Por estar siempre pendientes y atentos de la familia y sobre todo unidos.

MIS PRIMOS:

Con cariño, en especial a Luis Edgardo y Carlos Antonio por su apoyo incondicional y sus palabras de aliento.

MIS SOBRINOS:

Con mucho cariño, en especial a Margarita y a Daniela María y quienes viven fuera del país con muchísimo cariño.

MIS AMIGOS:

Con cariño, en particular a la familia Olmos Cardona y Martínez Olmos por sus palabras de aliento, por brindarme su cariño y por su verdadera amistad que me han demostrado y por

llegar a considerarme parte de su propia familia.

A veto, el amigo que siempre ha estado animándome con sus palabras de aliento, así como a su familia con cariño.

A MIS COMPANEROS:

Armando y René por llegar a comprendernos y poner el esfuerzo necesario para alcanzar la meta trazada a pesar de todos los obstáculos que se nos presentaron. Gracias por sus palabras de aliento.

A todas aquellas personas que directa e indirectamente me han apoyado moral y espiritualmente: Gracias !! en especial a Andrés por escucharme en esos momentos difíciles.

JAIME EDUARDO

No quiero decir que ya lo haya conseguido todo, ni que ya sea perfecto, pero sigo adelante con la esperanza de alcanzarlo, puesto que Cristo Jesús me alcanzó primero

FILIPENSES 3.12.

DEDICATORIA

Amo al Señor porque escucha el clamor de mi plegaria, porque inclinó hacia mi su oído el día en que lo llamé (Salmo 114,1-2)
Encomienda tus obras a Yavé, y tus proyectos se realizarán (Pro. 16,2).

Depositen en El todas sus preocupaciones, pues El cuida de ustedes (1 Pedro 5,7)

Nos sentimos seguros hasta en las pruebas, sabiendo que de la prueba resulta la paciencia; de la paciencia, el mérito, y el mérito es motivo de esperanza (Rom. 5.3)

Bendito y alabado seas por siempre, Oh Señor mío, por haber hecho maravillas en mí. Por eso mi alma te alaba en espíritu y verdad.

Dedico éste trabajo de graduación, primeramente:

A DIOS TODOPODEROSO: Por haberme acompañado durante toda mi vida de estudiante, por proveerme de todo lo necesario para mis estudios, por haberme dado la fortaleza y ese espíritu emprendedor para poder alcanzar uno de mis grandes ideales, por darme una buena madre.

A MI MADRE: MARIA AMALIA SANCHEZ . Con gran amor y cariño por sus esfuerzos y sacrificios, haciendo posible el éxito de mi carrera, por haber sido mi principal sostén económico.

A MIS HERMANAS: MARÍA ELIZABETH, SULEIMA VIOLETA Y MARÍA DE LOS ANGELES SÁNCHEZ, por haberme ayudado moralmente y económicamente.

A MIS HERMANOS: SALVADOR, FELIPE SANTIAGO Y FRANCISCO ALBERTO SANCHEZ.

A MI SOBRINITA: MARIELOS ALTAGRACIA FRANCO SANCHEZ

A MIS SOBRINOS: EDUARDO, NELSON BALMORE, WALBERTO Y ANTONIO.

A MI AMIGA: CARMEN ELOISA FLORES, POR SER MI MEJOR AMIGA Y BRINDARME SU APOYO INCONDICIONALMENTE.

A TODOS MIS AMIGOS: Que de una u otra forma contribuyeron para culminar mi carrera, mis más sinceros agradecimientos.

LUIS ARMANDO

DEDICATORIA

Dedico y agradezco este logro:

A Dios Todopoderoso, Creador y Redentor, por estar siempre a mi lado.

A mis padres: Miguel Angel Zelaya Granados y Elba Sibrián López, por todos los años de trabajo y sacrificio que dedicaron a mi formación académica y humana.

A mi hermano: Miguel Stanley, por toda una vida de apoyo y amistad.

A la familia: Arce Escobar, por su amable hospitalidad

A mis profesores, compañeros de estudio y amigos en general, por brindarme sus ideas y su tiempo en el momento oportuno.

DOUGLAS RENE

INDICE

	Página
Introducción	i
CAPITULO I INTRODUCCION	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.2.1 Aplicación del Suelo-Cemento a la construcción de la Vivienda Mínima	2
1.2.2 Materiales y Métodos Constructivos para la Vivienda Marginal y Rural III	6
1.2.3 Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo-Cemento I	9
1.2.4 Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo-Cemento II	26
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION A REALIZAR	42
1.3.1 Objetivos Generales	42
1.3.2 Objetivos Especificos	42
1.4 JUSTIFICACIONES	43
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	46
1.5.1 Alcances	46
1.5.2 Limitaciones	47
CAPITULO II ESTUDIO TECNICO DE LA FABRICACION DE TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA.	
2.1 INTRODUCCION	49
2.2 DESCRIPCION DE MATERIALES A UTILIZAR	51

2.2.1	Suelo	.....	52
2.2.2	Cemento	.....	54
2.2.3	Gravilla	.....	65
2.2.4	Agua	.....	70
2.3	PROPUESTA DE MEZCLAS PRELIMINARES DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA	.....	72
2.3.1	Mezclas en estado fresco	.....	73
2.3.2	Mezclas en estado endurecido	.....	74
2.4	DESCRIPCION Y RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO REALIZADAS A MEZCLAS PROPUESTAS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA	.....	74
2.4.1	Prueba de resistencia a la compresión	.....	74
2.4.2	Prueba de absorción	.....	92
2.4.3	Comentarios de resultados de pruebas de laboratorio y selección de mezclas para la fabricación de tuberías	.....	97
2.5	DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION DE TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA POR EL METODO DE VIBRADO	....	100
2.6	DESCRIPCION Y RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO REALIZADAS A TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA	.....	113
2.6.1	Prueba de esfuerzo de aplastamiento para carga externa	.....	114
2.6.2	Prueba de absorción para paredes y balonas de tubos	.....	130
2.6.3	Prueba de permeabilidad	.....	157
2.6.4	Comentarios de resultados de pruebas de laboratorio y selección de mezclas óptimas	.....	163

2.7	COMENTARIOS DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO PARA TUBOS DE MORTERO, SUELO-CEMENTO Y TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA167
-----	--	----------

CAPITULO III ESTUDIO DE COSTOS

3.1	INTRODUCCION	.....175
3.2	ANALISIS DE COSTOS	.....176
3.3	COSTOS DIRECTOS	.....177
3.3.1	Costos directos para tubos de mortero	...177
3.3.2	Costos directos para tubos de suelo-cemento-gravilla	.....182
3.4	COSTOS INDIRECTOS	.....186
3.4.1	Cálculo de costos indirectos	.....187
3.5	COSTOS UNITARIOS	.....190
3.5.1	Costos unitarios para tubos de mortero	...191
3.5.2	Costos unitarios para tubos de suelo-cemento-gravilla	.....192
3.6	COMPARACION DE COSTOS UNITARIOS ENTRE TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA Y TUBOS DE MORTERO	.....194
3.7	PUNTO DE EQUILIBRIO PARA LA PRODUCCION DE TUBERIAS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA	.....196
3.8	COMPARACION DE COSTOS DE VENTA DE TUBERIAS TRADICIONALES CON LAS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA	....201

CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES	.....	203
4.2 RECOMENDACIONES	.....	210
RESUMEN	.....	215
BIBLIOGRAFIA	.....	224
ANEXOS	.....	225

INDICE DE CUADROS

<u>Nº DE CUADRO</u>	<u>PAGINA</u>
1.1 Demanda de tuberías hasta el año 2000	10
1.2 Esfuerzo al aplastamiento para carga externa para mezclas preliminares a los 28 días (Estudio sobre fabricación de tubos S-C, I)	15
1.3 Absorción para mezclas preliminares a los 28 días (Estudio sobre fabricación de tubos S-C, I)	15
1.4 Resumen de resultados mezclas preliminares mejoradas de esfuerzo al aplastamiento para carga externa (Estudio sobre la fabricación de tubos S-C, I)	17
1.5 Resultados de ensayo de esfuerzo al aplastamiento para carga externa en tubos de S-C (Estudio sobre fabricación de tubos S-C, I)	18
1.6 Factores de ganancia de resistencia de acuerdo a la edad para tubos de S-C (Estudio sobre fabricación de tubos S-C, I)	19
1.7 Cuadro comparativo de precios unitarios (Estudio sobre fabricación de tubos S-C, I)	23
1.8 Comparación en porcentaje, de costo por unidad de tuberías de mortero y S-C (Estudio sobre fabricación de tubos S-C, I)	24
1.9 Prueba de resistencia al aplastamiento (Kg/m) y Absorción (% absorción) a los 28 días para tubos de mortero (Estudio sobre fabricación de tubos de S-C, II)	30
1.10 Prueba de resistencia al aplastamiento a los 28 días para mezclas preliminares (Estudio sobre fabricación de tubos de S-C, II)	35
1.11 Prueba de absorción a los 28 días para mezclas preliminares (Estudio sobre fabricación de tubos de S-C, II)	35
1.12 Cuadros comparativos de resistencia al aplastamiento a los 28 días (Estudio sobre fabricación de tubos de S-C, II)	37

1.13	Cuadro Comparativo de absorción a 28 días (Estudio sobre fabricación de tubos de S-C, II)	.....37
1.14	Cuadro comparativo de costos unitarios (Estudio sobre fabricación de tubos de S-C, II)	.....38
2.1	Análisis granulométrico del suelo	.....53
2.2	Propiedades mecánicas del suelo	.....54
2.3	Características del cemento portland	.....56
2.4	Resultados de prueba de gravedad específica y absorción	.....67
2.5	Ensayo de la resistencia al desgaste con la máquina de los ángeles	.....68
2.6	Resultados de prueba de análisis granulométrico	.....69
2.7	Elementos perjudiciales en el agua de mezcla	.....71
2.8 - 2.12	Ensayo de resistencia a la compresión (Mezclas A, B, C, D, E)	.....81 - 85
2.13	Resumen: Esfuerzo promedio resistencia a la compresión	.....86
2.14	Ensayo de absorción mezclas : A, B, C, D, E	.....96
2.15	Relaciones porcentuales entre resistencia a la compresión tomando como base la resistencia a los 28 días	.....98
2.16	Relaciones porcentuales entre resistencia a la compresión tomando como base la resistencia a los 60 días	.....99
2.17	Requisitos físicos y dimensiones para tubos de concreto no reforzado (ASTM C-14M)	.....115
2.18 - 2.20	Prueba de esfuerzo de aplastamiento para tubos de S-C-G (para 4", 6" y 8" de diámetro)	.....123 - 125
2.21	Resumen prueba al aplastamiento para tubos de S-C-G	.....126

2.22 - 2.24	Prueba de absorción par tubos de S-C-G de 4" (proporciones: 3:1:2, 3.5:1:2.5, 2:1:3)	137 - 139
2.25 - 2.27	Prueba de absorción par tubos de S-C-G de 6" (proporción: 3:1:2, 3.5:1:2.5, 2:1:3)	140 - 142
2.28 - 2.30	Prueba de absorción para tubos de S-C-G de 8" (proporciones: 3:1:2, 3.5:1:2.5, 2:1:3)	143 - 145
2.31	Resumen prueba de absorción para tubos de S-C-G	146
2.32 - 2.34	Prueba de absorción para balonas de S-C-G de 4" (proporciones: 3:1:2, 3.5:1:2.5, 2:1:3)	147 - 149
2.35 - 2.37	Prueba de absorción para balonas de S-C-G de 6" (proporciones: 3:1:2, 3.5:1:2.5, 2:1:3)	150 - 152
2.38 - 2.40	Prueba de absorción para balonas de S-C-G de 8" (proporciones: 3:1:2, 3.5:1:2.5, 2:1:3)	153 - 155
2.41	Resumen prueba de absorción para balonas de S-C-G	156
2.42	Permeabilidad en tubos de 4" de diámetro	160
2.43	Permeabilidad en tubos de 6" de diámetro	161
2.44	Permeabilidad en tubos de 8" de diámetro	162
2.45	Prueba de resistencia al aplastamiento a los 28 días	164
2.46	Prueba de absorción para paredes de tubos a los 28 días	164
2.47	Prueba de absorción para balonas de tubos a los 28 días	164
2.48	Cuadro comparativo de resistencia al aplastamiento a los 28 días	168
2.49	Cuadro comparativo de absorción a los 28 días	168
3.1	Resumen de costos para tubos de S-C-G y mortero	188
3.2	Cuadro comparativo de costos unitarios	189
3.3	Comparación de precios de venta	201

INDICE DE GRAFICOS

<u>NO DE GRAFICOS</u>	<u>PAGINA</u>
1.1 Demanda de tubería en miles de metros lineales	.....11
1.2 Resistencia máxima por unidad de longitud vrs. edad, para tubería de mortero y suelo-cemento de 4"	.....20
1.3 Resistencia máxima por unidad de longitud vrs. edad, para tubería de mortero y suelo-cemento de 6"	.....21
1.4 Resistencia máxima por unidad de longitud vrs. edad, para tubería de mortero y suelo-cemento de 8"	.....22
1.5 Resistencia máxima por unidad de longitud vrs. edad para tubos de suelo-cemento y mortero de 4"	.....31
1.6 Resistencia máxima por unidad de longitud vrs. edad para tubos de suelo-cemento y mortero de 6"	.....32
1.7 Resistencia máxima por unidad de longitud vrs. edad para tubos de suelo-cemento y mortero de 8"	.....33
2.1 Gráfica granulométrica del suelo	.....53
2.2 Comportamiento reológico de la pasta de cemento como fluido tipo Bingham	.....64
2.3 Gráfica granulométrica de la gravilla	.....69
2.4 Resistencia vs. Edad (Mezcla A)	.....87
2.5 Resistencia vs. Edad (Mezcla B)	.....88
2.6 Resistencia vs. Edad (Mezcla C)	.....89
2.7 Resistencia vs. Edad (Mezcla D)	.....90
2.8 Resistencia vs. Edad (Mezcla E)	.....91
2.9 Gráfico comparativo de esfuerzos al aplastamiento entre tubos de S-C-G, mortero y S-C para 4"	.....127
2.10 Gráfico comparativo de esfuerzos al aplastamiento entre tubos de S-C-G, mortero y S-C para 6"	.....128
2.11 Gráfico comparativo de esfuerzos al aplastamiento entre tubos de S-C-G, mortero y S-C para 8"	.....129

3.1	Curvas de costos totales y ventas para 1 año de operaciones en la producción de tubos de suelo-cemento-gravilla (4" de diámetro)	.....197
3.2	Curvas de costos totales y ventas para 1 año de operaciones en la producción de tubos de suelo-cemento-gravilla (6" de diámetro)	.....198
3.3	Curvas de costos totales y ventas para 1 año de operaciones en la producción de tubos de suelo-cemento-gravilla (8" de diámetro)	.....199

INDICE DE FOTOGRAFIAS

<u>NO DE FOTOGRAFIA</u>	<u>PAGINA</u>
2.1 Cilindro de S-C-G en contacto con cabeza de carga	77
2.2 Prueba de un cilindro de S-C-G a la compresión	78
2.3 Fallas típicas en cilindros de S-C-G sometidos a la prueba de compresión	80
2.4 Secado de muestras de S-C-G a temperatura constante	93
2.5 Secado individual de muestras de S-C-G, para alcanzar la condición de saturado superficialmente seco	94
2.6 Pesado de muestras de S-C-G en condición de saturado superficialmente seco	95
2.7 Máquina para la fabricación de tubos por el método de vibrado (vista frontal)	101
2.8 Máquina para la fabricación de tubos por el método de vibrado (vista lateral)	102
2.9 Colocación del material en la tolva dosificadora	104
2.10 Tolva mezcladora	104
2.11 Traslado de material de la tolva dosificadora a la tolva mezcladora	105
2.12 Mezclado de materiales en la tolva mezcladora	106
2.13 Transporte de Mezcla Mediante Banda Transportadora	107
2.14 Depósito de Mezcla en tambor a presión	107
2.15 Depósito y Compactación de material en el molde	108
2.16 Depósito y compactación de material en el molde	109
2.17 Diablo, dispositivo para traslado de moldes	110
2.18 Desmoldado de tubos	110
2.19 Curado de tubos por el método de rociado	111

2.20 Curado de tubos por el método de estancamiento	112
2.21 Máquina para prueba de aplastamiento	116
2.22 Tubos con balonas y tubos sin balonas	117
2.23 Molde de madera que se adapta a irregularidades del tubo y colocación de piezas de neoprene	118
2.24 Colocación del espécimen sobre el apoyo inferior	119
2.25 Colocación d apoyo superior en contacto con el espécimen sin aplicar carga	120
2.26 Secado de muestras en el horno a temperatura constante	131
2.27 Pesado de muestras secas	132
2.28 Hervido de muestras por un período de 3 horas	133
2.29 Enfriado de muestras, por un período de 3 horas	133
2.30 Drenaje y secado superficial de muestras	134
2.31 Pesado de muestras saturadas superficialmente secas	135
2.32 Tuberías de S-C-G sometidas a la prueba de permeabilidad	158
2.33 Tuberías de S-C-G sometidas a la prueba de permeabilidad	159

laboratorio realizadas para la fabricación de las tuberías. mezclas que presentan mejores resultados de las pruebas de mezclas a diferentes edades de prueba. Se seleccionan las tres para determinar cual es la capacidad de absorción de dichas compresión y simultáneamente se fabrican cilindros de 4" x 8" gravilla con el objeto de evaluar su resistencia a la con cinco diferentes mezclas propuestas de suelo - cemento - Primeramente se fabrican cilindros estandar (6" x 12") fabricación de tuberías de pequeños diámetros (4", 6" y 8").

económica de la mezcla de suelo - cemento - gravilla en la también se investiga la factibilidad tanto técnica como puedan disminuir los costos de dichos materiales. Así como construcción de una vivienda mínima, para que de esta manera se los recursos naturales de nuestro medio como material de El estudio trata sobre la investigación acerca del uso de mejorar sus condiciones de vida.

viviendas mínimas para la población marginal y rural, y así problema que afronta nuestro país en cuanto a la escasez de las realiza con el objeto de ofrecer alternativas de solución al de El Salvador que a través de la Escuela de Ingeniería Civil método de vibrado, forma parte del programa de la Universidad fabricación de Tuberías de Suelo - Cemento - Gravilla por el El presente trabajo de Graduación: Estudio sobre la

INTRODUCCION

A los tubos de suelo - cemento - gravilla se les realizan las pruebas de laboratorio con el propósito de determinar si son factibles técnicamente y en base a ello seleccionar la mezcla óptima para cada diámetro en estudio, y se establece una comparación entre los resultados obtenidos en el presente estudio y en el estudio II sobre tuberías de suelo - cemento.

Se realiza un análisis de costos directos como indirectos para establecer una comparación de costos unitarios entre las tuberías en estudio (para mezclas óptimas) y tuberías de mortero. También se desarrolla un análisis de factibilidad económica de producción para un año de operaciones.

Finalmente, se obtienen las conclusiones y recomendaciones en base a los estudios técnico y económico.

La Universidad de El Salvador, a través de la Escuela de Ingeniería Civil, con el objeto de contribuir en dar alternativas de solución al problema habitacional del país,

1.2 ANTECEDENTES.

Normalmente, en El Salvador la situación de la vivienda ha sido un problema de carácter primario especialmente para la población de bajos recursos económicos, sin embargo este problema ha sido agravado por factores tales como: incremento desmedido de la población, migraciones masivas de población hacia las ciudades debido al conflicto armado que nuestro país vivió en la década pasada, incremento paulatino en los precios de los materiales de construcción tradicionales, la creciente alza en la mano de obra. El costo de los materiales a usar en la construcción de una vivienda mínima al igual que el costo del terreno inciden directamente en el costo de esta, el problema que nos ocupa es el alto costo de las instalaciones para drenaje sanitario y drenaje de aguas lluvias, esta partida influye en cierta medida en el costo directo del proyecto.

1.1 PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.

INTRODUCCION

CAPITULO I

continúa desarrollando trabajos de graduación orientados a la investigación y uso de nuevos materiales locales no tradicionales y de métodos constructivos para poder ofrecer a la población marginal y rural una vivienda adecuada a sus necesidades y a un bajo costo de adquisición. Para cumplir con estos objetivos se ha dado continuidad a los estudios orientados a esta finalidad que se han realizado hasta la fecha, entre estos estudios tenemos los trabajos de graduación sobre suelo - cemento, que han contribuido a mejorar los conocimientos que se tienen sobre este nuevo material de construcción; tomando en cuenta las conclusiones y recomendaciones de dichos trabajos, se reconocen como los antecedentes del presente estudio los siguientes trabajos:

1.2.1 "APLICACIÓN DEL SUELO - CEMENTO A LA CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA MINIMA" UES 1976. ¹

En este trabajo de graduación se trató de encontrar un material que sustituya al "Lodo" como material de construcción en viviendas populares que presente características apropiadas y económicas. Debido a que el lodo es quizás uno de los

¹ Francés Fadón, Ignacio [Et Al]
Aplicación del Suelo - Cemento a la Construcción de la Vivienda Mínima. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador; 1976.

principales causantes de problemas; en primer lugar por sus pobres características estructurales (resistencia a la compresión, tensión y cortante prácticamente nulas) y en segundo lugar por su alta permeabilidad la cual resulta un agravante en los problemas de conservación de la madera y del bambú como refuerzo.

Para conseguir este objetivo, se pensó en un material que se conoce comúnmente como "suelo - cemento", dado que su resistencia se basa principalmente en dos hechos: la presencia del cemento que sirve como elemento aglutinante químico y en la compactación mecánica de la mezcla; se sustituyo este último procedimiento por un método vibratorio que produciendo el mismo efecto que la compactación mecánica es de fácil uso en espacios estrechos como los que presenta el encofrado de una pared.

En cuanto a las pruebas de laboratorio realizadas a las mezclas de suelo - cemento, se puede comentar lo siguiente:

- La resistencia a la compresión del suelo - cemento resulta ser 1.41 veces mayor a los 14 días de fraguado que a los 7 días. Así mismo es 1.77 veces mayor a los 28 días de fraguado que a los 7 días; pudiéndose también señalar que la resistencia a los 28 días resulta ser 1.27 veces mayor que a los 14 días.
- Al adicionar pequeñas cantidades de arena a la mezcla (hasta un 30% del peso seco del suelo) no aumenta la resistencia de la mezcla por si misma, pero si permite disminuir el

porcentaje de agua incluido en la mezcla, y con ello aumentar la resistencia al reducir la relación agua - cemento (A/C) manteniendo siempre la misma trabajabilidad.

- La adición de toba a la mezcla de suelo - cemento modifica las condiciones de esta.

Con respecto a las principales características del material: suelo - cemento, estas fueron halladas para el siguiente proporcionamiento con posibles variaciones pequeñas que se pueden dar al realizar las mezclas en campo son:

PROPORCIONES FINALES ²

CEMENTO	AGUA	SUELO	ARENA
1	3.4	7.7	2.3
1	3.8	8.5	2.6
1	3.7	8.5	2.6

Las pruebas realizadas tienen como objetivo determinar las características propias del material en su proporcionamiento final, con el objeto de que las propiedades mecánicas que aquí se obtengan sean representativas de las que el suelo - cemento proporcione al ser usado en una construcción, donde siempre se

² Frances Fadon, Ignacio [Et Al]
Aplicación del Suelo - cemento a la construcción de la Vivienda Mínima. Facultad de Ingeniería y Arquitectura Universidad de El Salvador; 1976 página 99

cometeran algunos errores en el propocionamiento, las características a determinar son:

- Esfuerzo a la compresión
- Esfuerzo a la tensión
- Modulo de elasticidad
- Coeficiente de poisson
- Peso volumétrico
- Absorción
- Tiempo de vibrado por capa.

De los resultados de dichas pruebas, se puede comentar:

- El proporcionamiento anteriormente señalado garantiza obtener al menos una resistencia a la compresión en cilindros de prueba de 50 kg/cm^2 , aún con ligeros errores al realizar las mezclas y el fraguado.
- El esfuerzo a tensión máximo representa de 11% a 13% del correspondiente al esfuerzo de compresión.
- El modulo de elasticidad para el proporcionamiento y sus variaciones oscilan entre $1.0 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2$ y $2.0 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2$ aumentando junto con la resistencia a la compresión del material al disminuir las deformaciones por unidad de carga.
- El coeficiente de poisson varía entre 0.05 y 0.1 disminuyendo al aumentar la resistencia a la compresión del suelo - cemento.

- El peso volumétrico varía entre 1,550 Kg/m³ y 1,750 Kg/m³, según la cantidad de arena añadida, sin embargo, cuando se usa únicamente suelo y cemento el valor más adecuado es 1,600 Kg/m³.
- La absorción representa en promedio el 25.7% en peso del suelo-cemento.
- El tiempo más adecuado de vibrado es de aproximadamente 30 seg.

De todo lo anterior se demostró que el suelo - cemento vibrado presenta características técnicas y económicas más adecuadas.

1.2.2 "MATERIALES Y METODOS CONSTRUCTIVOS PARA LA VIVIENDA MARGINAL Y RURAL III", UES 1988.³

En este trabajo se proyectó hacia la investigación de las propiedades físicas y mecánicas de una mezcla de suelo con diferentes proporciones de cementantes (cemento, cal y puzolana) para la elaboración de bloques huecos de 13 x 40 x 20 cm y morteros y analizar su comportamiento estructural.

Se hicieron mezclas de suelo-cemento con diferentes proporciones de cal y puzolana, tanto para la elaboración de

³ Calderón Calderón, Gustavo Alejandro [Et Al] Materiales y Métodos Constructivos para la Vivienda Marginal y Rural III. Facultad de Ingeniería y Arquitectura Universidad de El Salvador, 1988.

bloques, como para el mortero, realizando las pruebas de resistencia a la compresión, al corte y adherencia.

Los bancos de préstamo que se proponen, para la obtención del suelo a usarse en las pruebas, poseen características particulares, principalmente en lo que respecta a su granulometría, con el objeto de establecer características generales para cada tipo de suelo y de acuerdo a estas aplicar la tecnología adecuada para cada suelo.

Las características predefinidas a encontrar en el suelo de cada banco de préstamo fueron las siguientes:

- a) Un suelo con un porcentaje aproximadamente igual al limo y arena, ya que de acuerdo a resultados en cuanto a resistencia obtenidos, este tipo de suelo presenta mayor ganancia de resistencia a la compresión.
- b) Bajo contenido de materia orgánica, lo que se verifica según la norma ASTM C-40.

Después de haber investigado y en base a las premisas establecidas, respecto a las características requeridas para los diferentes tipos de suelo a ensayar, se presenta la ubicación de los bancos de préstamo que resultaron cumplir con dichas características, así como también la clasificación del suelo:

- Banco de préstamo # 1 ubicado sobre el Km 8 de la carretera que conduce al Aeropuerto Internacional de El Salvador (75% arena - 25% limo). Suelo : arena limosa (SM) ya que más del

50% queda retenido en la malla N^o 200.

- Banco de préstamo # 2 ubicado al norte de la ciudad de San Salvador, en el costado nor-poniente de la Universidad de El Salvador (50% arena-50% limo). Suelo: arena limosa (SM - ML), el 50% queda retenido en la malla N: 200.
- Banco de préstamo # 3 ubicado en el sur-este de la ciudad de San Salvador, sobre la carretera que conduce a la población de Huizucar (25% arena - 75% limo). Suelo: Limo arenoso (ML) ya que más del 50% pasa la malla N: 200.

Después de ensayar con el suelo del banco de préstamo # 2 se concluye que su granulometria no es la adecuada por cuanto ofrece dificultad en la fabricación de los bloques específicamente en su trabajabilidad, lo que provoca un tiempo de vibrado mayor, para expulsar el aire atrapado.

Tomando en cuenta que la relación agua-cemento (A/C), es inversamente proporcional al tamaño de las partículas del suelo; un suelo (75% arena -25% limo) requiere menos agua que uno con 50% arena - 50% limo, lo que trae como consecuencia un incremento en la resistencia a la compresión.

Se comprobó las características físicas del suelo del banco de préstamo # 1, el cual se clasifica como un suelo areno - limoso se concluye que el suelo es adecuado para combinarse con el cemento, pues garantiza un incremento de resistencia a la compresión, no presenta dificultad en su trabajabilidad y no necesita un tiempo muy largo de vibrado para expulsar el aire

atrapado, este suelo contiene una cantidad de arena que oscila entre 70% y 75% y con un 25% a 30% de limo, es el del banco # 1 (75% arena - 25% limo).

Como antecedentes directos se han hecho dos investigaciones encaminadas a fabricar tuberías con materiales no tradicionales existentes en nuestro medio (suelo - cemento) cuyas propiedades sean similares a los materiales utilizados en las tuberías de mortero y que sean de menor costo.

1.2.3 "ESTUDIO SOBRE LA FABRICACION DE TUBERIAS DE SUELO - CEMENTO I", UES 1989. ⁴

1.2.3.1 GENERALIDADES

Este trabajo tiene como finalidad la investigación del suelo - cemento como mezcla en la fabricación de tuberías de pequeños diámetros, tratándose de cumplir los siguientes objetivos:

- En general, investigar nuevos materiales de construcción que cumplan los requisitos de calidad y bajo costo (aprovechamiento de recursos locales), y definir preliminarmente las técnicas para la elaboración de las

⁴ Estrada Hernández, José Eduardo [Et Al]
Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
Cemento I. Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
Universidad de El Salvador, 1989.

tuberías de suelo - cemento.

- Específicamente, investigar los procesos constructivos empleados para la fabricación de tuberías de mortero de pequeños diámetros y adaptarlos a las de suelo - cemento, con el objeto de determinar la mezcla óptima, valiéndose también para esto de normas técnicas ya establecidas de fabricación y ensaye.

Se hizo un estudio para la determinación de la demanda de tuberías, estudiando tres periodos de tiempo, los resultados de este estudio se resumen en el cuadro Nº 1.1 y gráfico Nº 1.1 en página 11.

CUADRO Nº 1.1 DEMANDA DE TUBERIAS HASTA EL AÑO 2000.⁵

PERIODO	METROS LINEALES DE TUBERIA
1983 - 1990	109152
1990 - 1995	130888
1995 - 2000	146160

⁵ Estrada Hernández, José Eduardo [Et Al]
 Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
 Cemento I. Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
 Universidad de El Salvador, 1989, página 68.

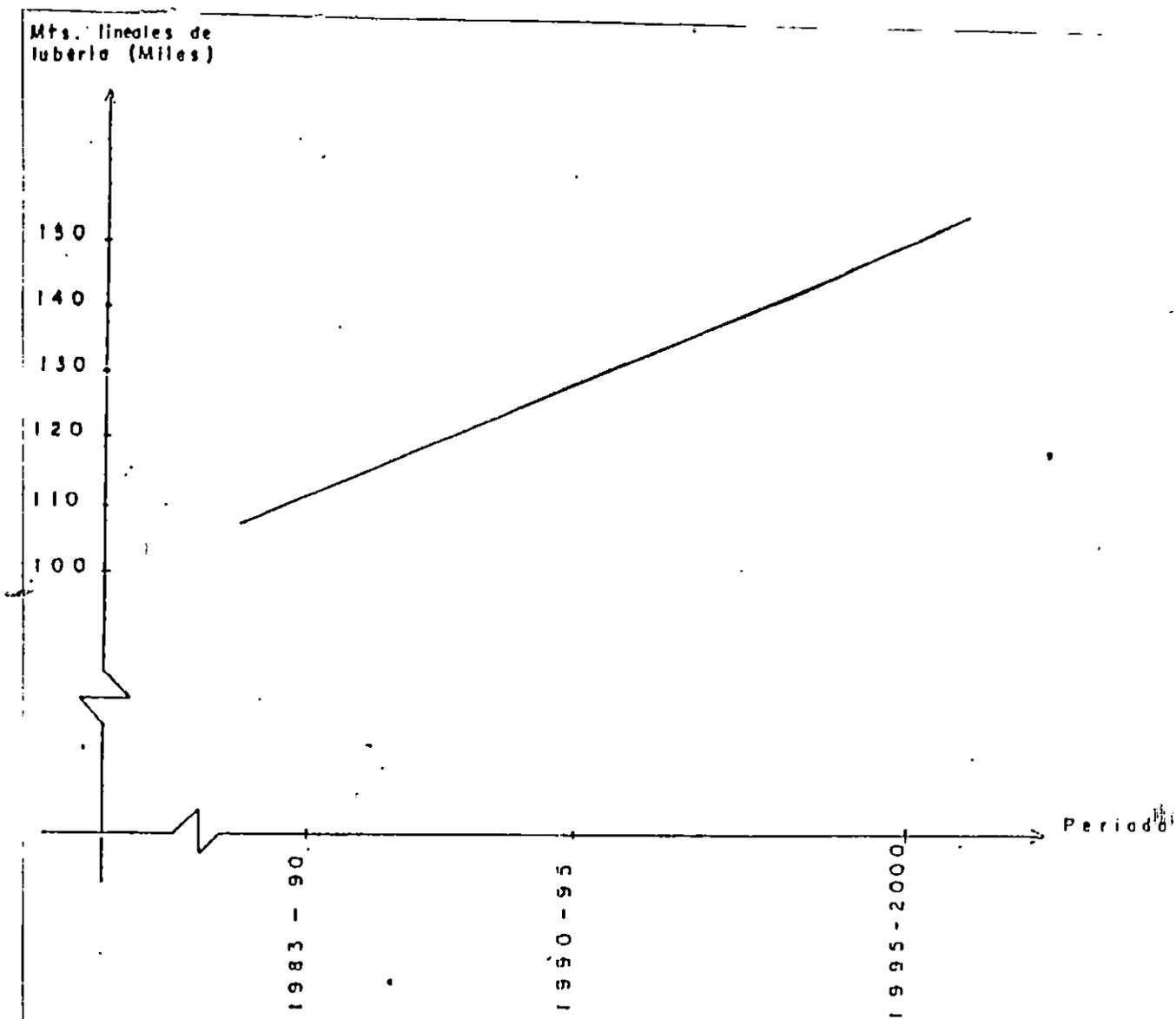


GRAFICO Nº 1.1 DEMANDA DE TUBERIAS EN MILES DE METROS LINEALES ⁸

⁸ Estrada Hernández, José Eduardo [Et Al]
 Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
 Cemento I. Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
 Universidad de El Salvador, 1989 página 69.

1.2.3.2 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Los componentes básicos de las tuberías de suelo - cemento tienen las características de ser accesibles (suelo, cemento) y de bajo costo. El suelo utilizado posee en su mayor parte las propiedades de los suelos del AMSS, específicamente se define como suelo areno - limoso (75% arena y 25% limo), ya que la proporción de este suelo ofrece un porcentaje mínimo de finos (limo). Se espera ofrezca mejores resultados tomando en cuenta que la relación A/C es inversamente proporcional al tamaño de las partículas del suelo.

El cemento que se usó en la mezcla con el suelo fue el denominado "Cemento Portland tipo I" de CESSA.

1.2.3.3 FABRICACION DE TUBERIAS.

El método a seguir para la fabricación de tuberías de suelo - cemento es el utilizado para fabricar las tuberías de arena - cemento (mortero); en vista de que el uso del suelo - cemento como material constructivo es reciente en nuestro país, por lo tanto no existen procesos definidos a seguir para obtener el producto deseado.

En cuanto a la técnica para la fabricación de los tubos es empírica basado en la experiencia o habilidad y materia prima local. El proceso es reconocido como "Método Artesanal".

1.2.3.4 ENSAYOS REALIZADOS.

La aceptación técnica de los tubos de suelo - cemento- está en función de los resultados de pruebas de laboratorio. Estas pruebas se realizarán en las diferentes proporciones de suelo - cemento, y tomando como base la norma ASTM C-497 y ASTM C-118 para tuberías de concreto.

Estas normas se han adoptado ante la inexistencia de normas que regulen el suelo - cemento y de forma específica en tuberías.

De acuerdo a dichas normas los ensayos a realizar a las tuberías para garantizar aceptabilidad en la producción son las siguientes:

- Esfuerzo de aplastamiento para carga externa.
- Parte superior de una porción plana.
- Esfuerzo de núcleo.
- Absorción.
- Hidrostática.
- Permeabilidad.
- Medida de la boca de acceso.

En este trabajo se cubren únicamente los siguientes ensayos a las tuberías de suelo - cemento:

- Esfuerzo de aplastamiento para carga externa. (por el método de los tres apoyos).
- Absorción (método B).

La validez de estas limitaciones se basa en que ambas pruebas son las más representativas como parámetros de la calidad de las tuberías y además son las que exige ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados).

1.2.3.5 FABRICACIÓN Y PRUEBA DE TUBOS CON MEZCLAS PRELIMINARES.

Estos dos ensayos se efectuaron en primer lugar a tubos de 6" de diámetro fabricados con mezclas preliminares en proporciones: 4:1, 6:1, 8:1 y 10:1 (tomando en cuenta algunas recomendaciones de estudios anteriores que establecen que el suelo - cemento en algunas obras puede usarse en proporción hasta del 20:1) y a una edad de 28 días; también se incluyeron en estas pruebas tubos de mortero para hacer una comparación preliminar de resultados en cuanto a resistencia y absorción.

Analizando los resultados de la prueba de aplastamiento se desecharon los más desfavorables y se estimó que la proporción 4:1 era la mejor de las proporciones ensayadas, por tanto se estimó absorción de tubos de esta mezcla, ver cuadro N^o 1.2 y N^o 1.3 en página 15.

CUADRO Nº 1.2 ESFUERZO AL APLASTAMIENTO PARA CARGA EXTERNA PARA MEZCLAS PRELIMINARES A LOS 28 DIAS 6". 7

PROPORCION	LONGITUD	P/L PROMEDIO
Suelo - Cemento	Promedio (cm)	(Kg/m)
4:1	68.5	1074.4
6:1	68.5	1053.8
8:1	68.5	821.4
10:1	68.5	426.3
Mortero	68.5	1460.9

CUADRO Nº 1.3 ABSORCION PARA MEZCLAS PRELIMINARES A LOS 28 DIAS. 6". 8

PROPORCION SUELO-CEMENTO	PESO SECO (grs)	PESO SSS (grs)	ABSORCION (% absorción)	ABSORCION PROMEDIO %
4 : 1	78.3	94.9	20.31	20.85
	96.1	117.4	22.16	
	87.1	104.6	20.09	
MORTERO	93.9	109.0	16.09	14.66
	123.5	141.1	14.25	
	117.2	133.2	13.65	

7 y 8

Estrada Hernández, José Eduardo [Et Al]
 Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo - Cemento I. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador, 1989, páginas 83 y 84.

1.2.3.6 SELECCION Y MEJORA DE MEZCLAS.

Se procedió a la mejora de la mezcla 4:1 agregándole polvo de piedra (esperando así mayor resistencia), también se fabricaron tubos con una nueva proporción (3:1) y nuevamente se fabricaron tubos de mortero para ser ensayados junto a los tubos de suelo - cemento. A diferencia de los tubos con mezclas preliminares en este caso se fabricaron tubos de diferentes diámetros (4", 6" y 8").

Además, se mejoraron otros factores como el almacenamiento del material, la revoltura y la compactación. Después de realizado el curado de los tubos por un tiempo de 3 días, se llevaron a cabo las pruebas de aplastamiento a los 14, 21 y 28 días, ya que la ganancia de resistencia a los 7 días no es considerable, se hizo el ensayo a estas edades, dado que la norma no establece la edad a que debe hacerse. Ver cuadro N^o 1.4 en página 19.

Se realizaron los ensayos de absorción después de hacer las pruebas de aplastamiento para cada edad, se realizó la prueba a las muestras en su estado normal y presentaron resultados desfavorables con respecto a la norma, (absorción promedio: prop. 3:1 = 23.16%, 4:1 = 22.73%, 22.09%: mortero), en vista de esto se le agregó las muestras una lechada de cemento con una relación a/c = 0.81 y se probaron dando siempre resultados desfavorables, luego se optó por sumergir las muestras en "lechadas" con diferentes relaciones de a/c obteniendo siempre valores de

absorción muy elevados con respecto a la norma (absorción promedio p/mezcla 3:1 = 21.53%).

1.2.3.7 SELECCION DE MEZCLA OPTIMA.

En base a los datos obtenidos de las pruebas hechas a tubos con mezclas mejoradas, se pudo observar que los tubos producidos con la proporción 3:1 presentaban una mejor resistencia, superando a los tubos de suelo - cemento proporción 4:1 y tubos de mortero acercándose a los valores establecidos por la norma ASTM C-18 M-83, por lo que se seleccionó como mezcla óptima. Ver cuadro Nº 1.4 .

CUADRO Nº 1.4 RESUMEN DE RESULTADOS MEZCLAS PRELIMINARES MEJORADAS, DE ESFUERZO AL APLASTAMIENTO PARA CARGA EXTERNA ^e

DIAMETRO (pulgadas)	PROPORCION SUELO- CEMENTO	LONGITUD PROMEDIO (cm)	P/L PROMEDIO (Kg/m)		
			EDAD (dias)		
			14	21	28
4	3:1	80:0	1428.5	1747.6	1740.6
	4:1	80:0	1034.6	1294.6	1644.5
	Mortero	80:0	1396.6	1611.1	1642.4
6	3:1	80:0	915.6	955.3	949.5
	4:1	80:0	826.7	1034.7	1008.2
	Mortero	80:0	868.5	955.3	1321.1
8	3:1	80:0	823.0	1166.9	1910.5
	4:1	80:0	572.5	902.4	783.3
	Mortero	80:0	902.3	928.8	1074.3

^e Estrada Hernández, José Eduardo [Et Al]
Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
Cemento I. Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
Universidad de El Salvador, 1989, páginas 86-89.

Posteriormente se probó un mayor número de tubos exclusivamente de la proporción 3:1. Ver cuadro Nº 1.5; también se les aplicó un nuevo baño de "lechada" a los especímenes, para la prueba de absorción ($a/c = 1.0$) obteniendo siempre valores desfavorables (absorción promedio p/prop. 3:1 = 20.63%).

CUADRO Nº 1.5 RESULTADOS DE ENSAYO DE ESFUERZO AL APLASTAMIENTO PARA CARGA EXTERNA EN TUBOS DE S-C ¹⁰

PROPORCION 3:1		P/L PROMEDIO (Kg/m)		
DIAMETRO (Pulgadas)	LONGITUD PROMEDIO (cm)	EDAD (dias)		
		14	21	28
4	80.0	1610.9	1723.0	1800.1
6	80.0	1047.9	1074.3	1127.3
8	80.0	909.0	955.3	968.5

1.2.3.8 COMENTARIOS SOBRE LOS RESULTADOS DE PRUEBA DE TRES APOYOS (PARA MEZCLA ÓPTIMA 3:1).

-En general, se observa que la resistencia disminuye conforme aumenta el diámetro, manteniendo el espesor constante.

-La resistencia aumenta de acuerdo a la edad, esto puede verse de acuerdo con los factores de ganancia de resistencia, tomando como resistencia base la de los 14 días, ver cuadro Nº 1.6, en página 19.

¹⁰ Estrada Hernández, José Eduardo [Et Al] Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo - Cemento I. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de El Salvador, 1989, páginas 92-94.

CUADRO Nº 1.6 FACTORES DE GANANCIA DE RESISTENCIA DE ACUERDO A LA EDAD PARA TUBOS DE S - C (MEZCLA 3:1) ¹¹

DIAMETRO (Pulgadas)	EDAD		
	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
4	1.0	1.07	1.12
6	1.0	1.03	1.08
8	1.0	1.05	1.07

- La variación o ganancia de resistencia que adquieren las tuberías de diferentes diámetros se representa en gráficos comparativos, ver gráficos Nº 1.2 al Nº 1.4 en páginas 20, 21, 22 respectivamente.

1.2.3.9 COMENTARIOS SOBRE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ABSORCION.

En general la absorción es una propiedad que depende directamente de la naturaleza de cada material. El suelo proporción (75% arena - 25% limo) produce valores altos de absorción debido a que buena parte del porcentaje de arena es pómez.

¹¹ Estrada Hernández, José Eduardo [Et Al]
Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
Cemento I. Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
Universidad de El Salvador, 1989, página 97.

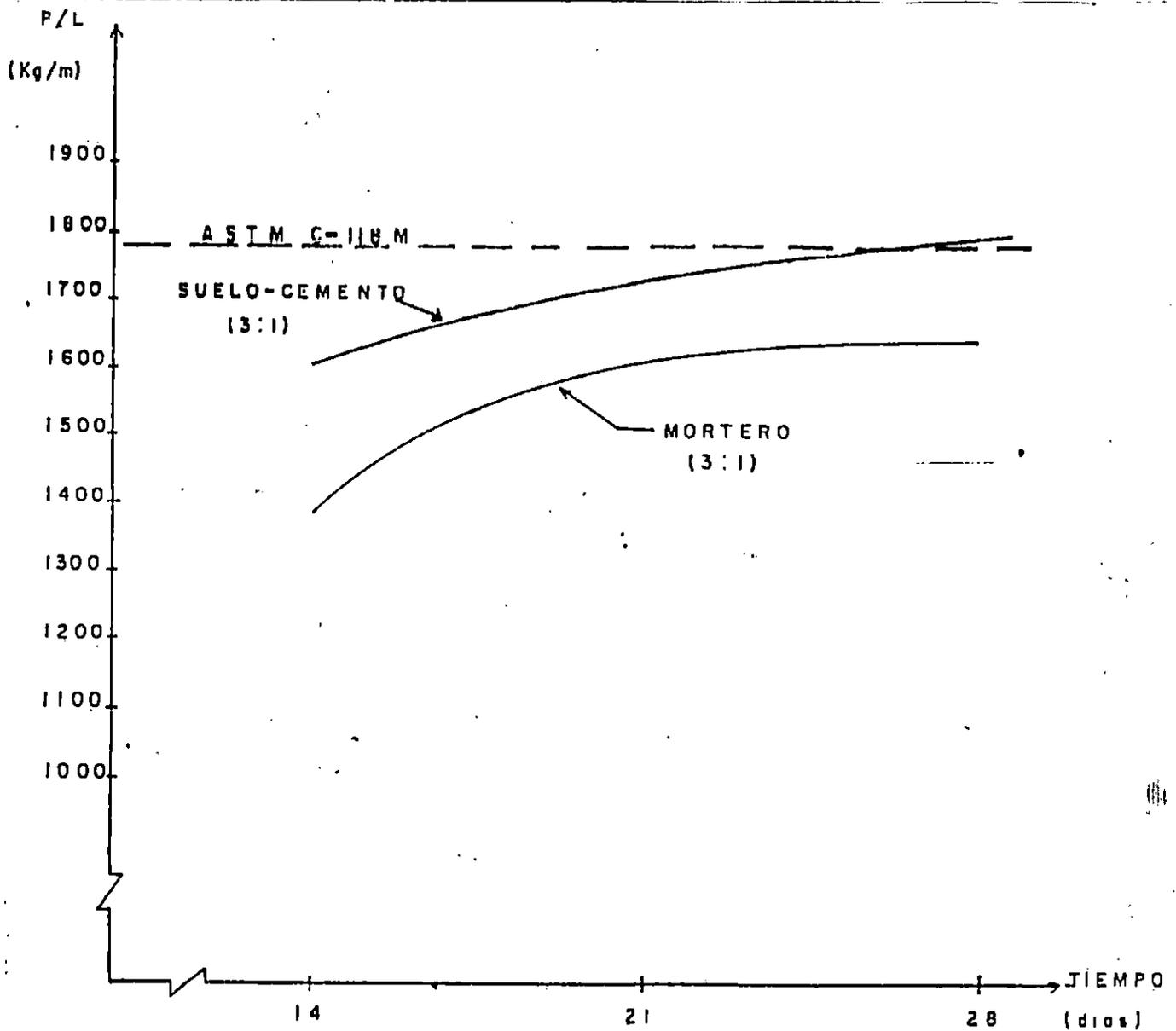
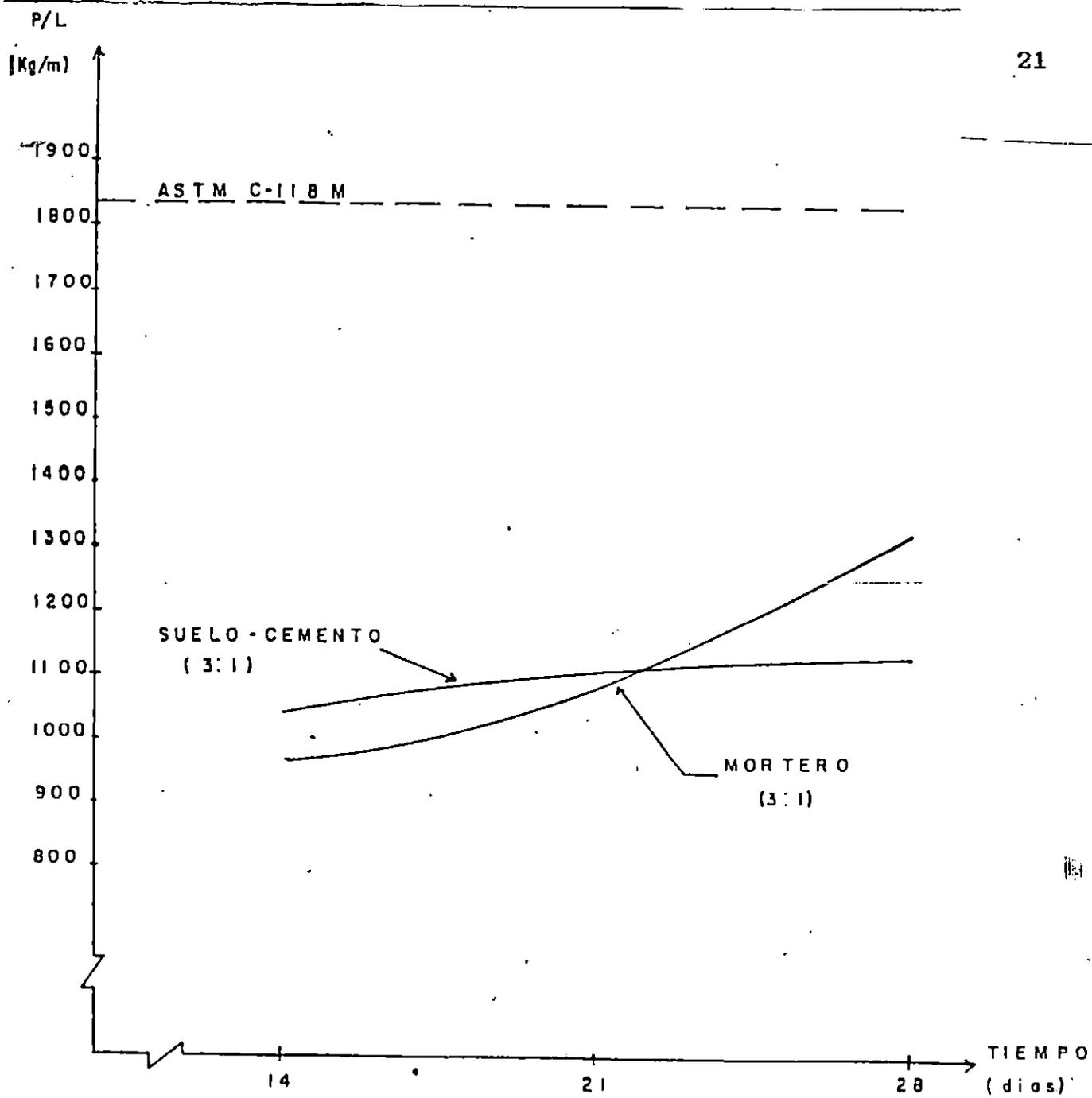


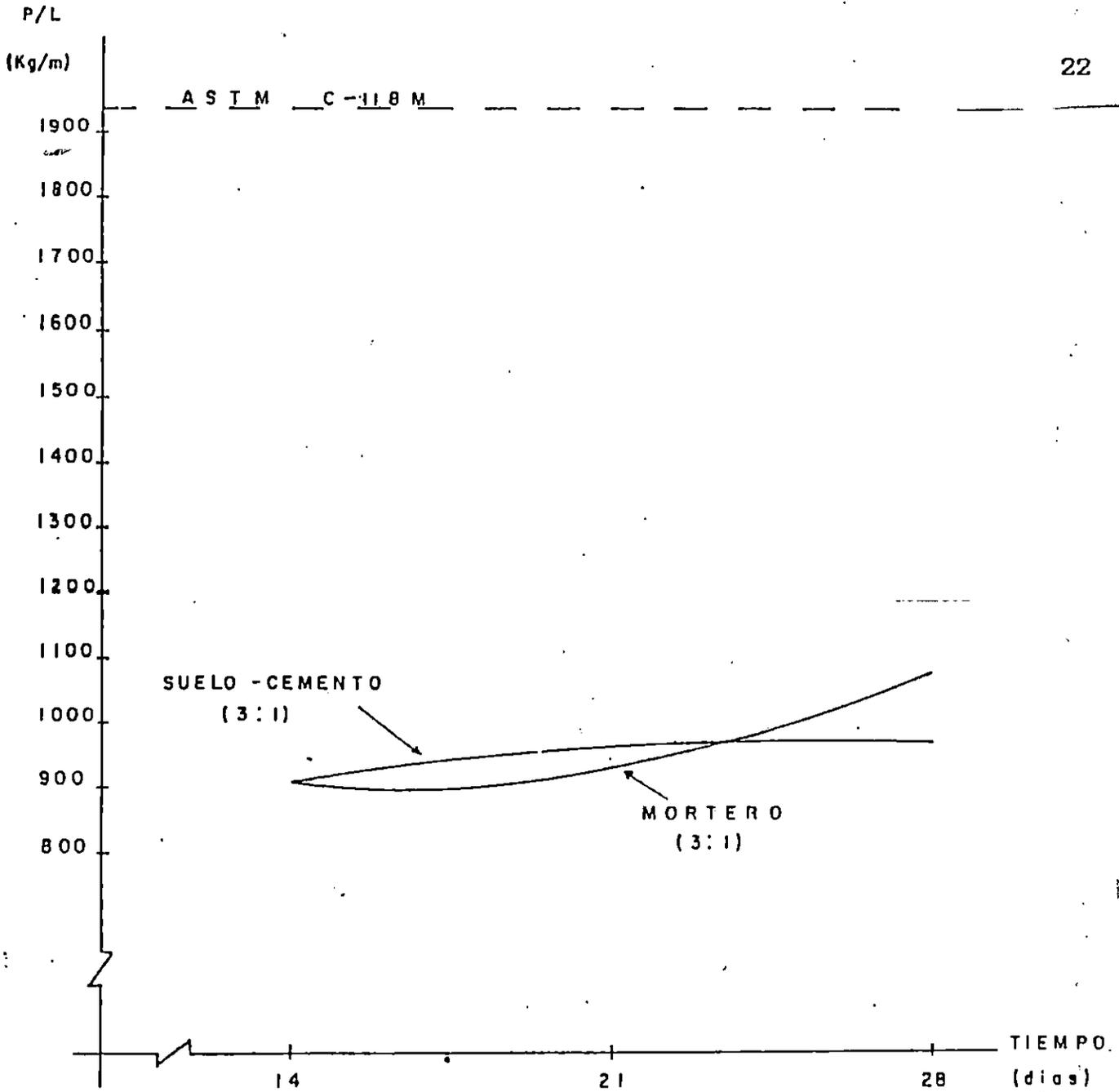
GRAFICO Nº 1.2 RESISTENCIA MAXIMA POR UNIDAD DE LONGITUD...
 VRS. EDAD, PARA TUBERIA DE MORTERO Y
 SUELO - CEMENTO DE 4" 12

12 Estrada Hernández, José Eduardo [Et Al]
 Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
 Cemento I. Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
 Universidad de El Salvador, 1989, página 98.



GRAFICA Nº 1.3 RESISTENCIA MAXIMA POR UNIDAD DE LONGITUD VRS. EDAD, PARA TUBERIAS DE MORTERO Y SUELO CEMENTO DE 6" 13

13 Estrada Hernández, José Eduardo [Et Al]
Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
Cemento I. Facultad de Ingeniería y Arquitectura



GRAFICA Nº 1.4 RESISTENCIA MAXIMA POR UNIDAD DE LONGITUD
VRS. EDAD, PARA TUBERIAS DE MORTERO Y
SUELO-CEMENTO DE 8" 14

14 Estrada Hernández, José Eduardo [Et Al]
Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
Cemento I. Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Universidad de El Salvador, 1989, página 100.

Se trató de mejorar las condiciones de las muestras agregándoles lechadas en diferentes proporciones, sin embargo el valor promedio mínimo obtenido fue de 20.53% contra el 13% que establecen las normas de ANDA, aunque hay que destacar que este valor de absorción es similar al obtenido de los tubos de mortero de origen artesanal cuyo valor es 20.7%.

1.2.3.10 ESTUDIO DE COSTOS

En cuanto al estudio de costos, se hizo un análisis de costos entre tubos de mortero de algunas fábricas, PVC y suelo - cemento, tomando en cuenta los costos directos e indirectos, para determinar al final costos unitarios, los resultados se pueden observar en el cuadro Nº 1.7.

CUADRO Nº 1.7 CUADRO COMPARATIVO DE PRECIOS UNITARIOS DE TUBERIA TRADICIONALES CON LAS DE SUELO - CEMENTO ¹⁵

DIAMETRO (pulgadas)	LA LECHUZA		TUBOS S.A	EL ESFUERZO	PVC	SUELO- CEMENTO
	PART	GOB				
4	¢3.62	¢3.30	¢ 5.00	¢ 4.50	¢ 12.60	¢ 2.49
6	4.52	4.25	10.00	6.00	26.40	3.08
8	6.36	5.36	12.85	8.00	40.80	4.41

¹⁵ Estrada Hernández, José Eduardo [Et A1]
Estudio sobre la Fabricación de Suelo - Cemento I.
Facultad de Ingeniería y Arquitectura Universidad de El
Salvador, 1989, página 111.

Del cuadro anterior se observa que de los tubos del mercado, es la fábrica de La Lechuza la que los ofrece a mejor precio (al gobierno); la ventaja que ofrece la tubería de suelo - cemento puede verse en el cuadro No 1.8.

CUADRO No 1.8 COMPARACION EN PORCENTAJE, DE COSTO POR UNIDAD DE TUBERIAS DE MORTERO Y SUELO - CEMENTO ¹⁸

DIAMETRO	LA LECHUZA PRECIO A INSTITUCIONES DE GOBIERNO	SEMINARIO DE GRADUACION SUELO - CEMENTO	VENTAJA DE COSTO DE TUBERIA DE SUELO - CEMENTO SOBRE LAS DE MORTEROS
4"	¢ 3.30	¢ 2.49	¢ 25.0 %
6"	4.25	3.08	27.0 %
8"	5.36	4.41	18.0 %

1.2.3.11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Entre las conclusiones y recomendaciones más importantes se tienen:

CONCLUSIONES

- Las características geológicas del A.M.S.S. la definen como una zona rica en suelos areno - limoso de fácil obtención y de

¹⁸ Estrada Hernández, José Eduardo [Et Al] Estudio sobre la Fabricación de Tubería de Suelo - Cemento I. Facultad de Ingeniería y Arquitectura Universidad de El Salvador, 1989, página 112.

buenos resultados en las aplicaciones, razones por las cuales continúa siendo éste el material base en las investigaciones sobre suelo - cemento.

- El alto contenido de pómez en el suelo utilizado ha sido el principal factor que ha influido en la obtención de elevados valores de absorción comparados con los que establece ANDA.
- Para mejorar los resultados de resistencia se concluye que en el método artesanal, los espesores de las tuberías deben ser incrementados conforme aumenta el diámetro, aunque esto incrementaría los costos.
- Las proporciones de suelo - cemento mayores o iguales al 5:1 no son adecuadas para la fabricación de tuberías utilizando el método artesanal, y suelo 75% arena - 25% limo, ya que su resistencia es muy baja.
- La mezcla seleccionada como óptima (3:1) resulta satisfactoria en resistencia para las tuberías de 4 " de diámetro, no así para las de 6" y 8" ya que no cumplen los valores que establece la norma ASTM C 118-M. Además, el porcentaje de absorción exigido por ANDA no se cumple para ninguno de los diámetros.
- El método de vibrado en la fabricación de tuberías de mortero puede ofrecer mejores resultados comparados con los del método artesanal, ya que las propiedades de absorción y resistencia podrían mejorar cuantitativamente.

RECOMENDACIONES:

- Es necesario seguir investigando el suelo - cemento como material de construcción en la vivienda mínima en vista de que disminuye los costos dada su facilidad de obtención.
- Investigar la calidad de las tuberías de mortero utilizadas en viviendas construidas individualmente y en urbanizaciones.
- Deberá investigarse la fabricación de tuberías de suelo - cemento, mediante el empleo del método de vibrado, este estudio deberá realizarse para los diámetros de 4", 6" y 8" y para diferentes proporciones de suelo - cemento. Para tal fin, se propone que se haga la producción en la fábrica gubernamental de tubos "La Lechuza" ya que el personal que labora en ella ha manifestado el deseo de colaborar.

1.2.4 "ESTUDIO SOBRE LA FABRICACION DE TUBERIAS DE SUELO -
CEMENTO II" UES 1989 17

1.2.4.1 GENERALIDADES

En este estudio se fabrican tubos de 4", 6" y 8" de diámetro, utilizando el método de vibrado, con el fin de mejorar las

17 Colón Villalta, Rafael A. [Et Al]
Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
Cemento II. Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
Universidad de El Salvador, 1989.

propiedades físicas de los tubos de suelo - cemento (específicamente: la absorción y la resistencia al aplastamiento). Este trabajo da seguimiento al estudio sobre la fabricación de tuberías de suelo - cemento, en el cual se utilizó el método artesanal, en la fabricación de tubos.

Como no existen normas aplicables a tubos de suelo - cemento, se adoptaron las normas para tubos de concreto (norma ASTM C-497 y ASTM C-118), se pretende que las tuberías fabricadas en este trabajo cumplan con los requisitos exigidos por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).

De las siete pruebas para evaluar la aceptación de las propiedades físicas de las tuberías que se mencionan en las normas anteriores, en el presente estudio, se realizaron dos:

- Esfuerzo de aplastamiento para carga externa.
- Absorción.

La razón de la selección de dichas pruebas, entre siete que se mencionan en las normas, es porque son los requisitos que exige ANDA, para que los tubos puedan ser aprobados, por considerarlas las más representativas como parámetros de calidad de tubos.

Para la fabricación de tubos por el método de vibrado se hace uso de una máquina eléctrica de alta capacidad de producción, normalmente se producen por ejemplo: 300 tubos de 4" por día, 275 de 6" por día y 250 de 8" por día.

La parte principal del estudio consiste en la búsqueda y selección de la mezcla óptima para cada uno de los diámetros

(4", 6" y 8"), dicha mezcla será la que además de ser la más económica (requiera menor cantidad de cemento y mayor cantidad de suelo), cumpla con los requisitos físicos de las normas técnicas de ANDA.

Para la elección de la mezcla óptima, se fabricaron tubos de suelo - cemento con diferentes proporciones preliminares: 3:1, 5:1 y 7:1 para cada uno de los diámetros. La razón de la elección de estas proporciones, se debió a que en la parte I de este estudio se determinó como mezcla óptima la proporción 3:1, por lo tanto; aquí se prueba junto a dos mezclas menos ricas en cemento, a estos tubos se le realizaron las pruebas de laboratorio antes mencionadas y en base a resultados obtenidos se procedió a determinar la mezcla óptima.

También se realizaron estas pruebas de laboratorio a los tubos de mortero de los producidos en la fábrica de tubos "La Lechuza", esto con el propósito de establecer una comparación de las propiedades físicas de los tubos de mortero, con los tubos de suelo - cemento y a la vez verificar si los tubos de mortero cumplen con los requisitos exigidos por ANDA. En base a los resultados de las pruebas de laboratorio para la mezcla óptima para cada uno de los diámetros, se establece una comparación de los resultados obtenidos en las partes I y II del estudio.

Por último se establece una comparación de costos unitarios que comprenden tanto los costos directos como indirectos entre tubos de mortero y tubos de suelo - cemento.

1.2.4.2 RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO PARA TUBOS DE MORTERO.

Se adquirieron de la fábrica de tubos la lechuza 9 tubos de mortero de 4", 6" y 8" de diámetro, para ser sometidos a las pruebas de laboratorio de resistencia al aplastamiento (3 tubos por diámetro) y absorción (se tomaron 3 muestras por tubo: dos corresponden a los extremos y el otro a la parte central del tubo) a los 14, 21 y 28 días.

Estas pruebas se hicieron a los días mencionados, con el propósito de graficar sus resultados (gráficos de resistencia máxima por unidad de longitud versus edad de los tubos para los diferentes diámetros), con el objeto de hacer una comparación de resistencias al aplastamiento según la edad para tubos de mortero y tubos de suelo-cemento, los cuales se presentan en los gráficos Nº 1.5 al Nº 1.7 en páginas 31, 32 y 33 respectivamente.

De dichos gráficos se puede comentar lo siguiente:

- Los tubos de mortero presentan una resistencia superior que la correspondiente a tubos de suelo-cemento. Dichos tubos cumplen con los requisitos de normas a edades tempranas (los tubos de 4" y 6", poseen la resistencia específica a partir de los 14 días, mientras que los tubos de 8", cumplen con lo requerido a partir de los 21 días).
- Para los tubos de suelo-cemento de 6" y 8" la mezcla que proporciona resultados que cumplen con las especificaciones es

la 3:1, mientras que para los tubos de 4" cumplen con lo requerido tanto la mezcla 3:1, como la 4:1.

En el cuadro Nº 1.9 se resumen los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a los tubos de mortero a la edad de 28 días.

De estos resultados se comprobó que los requisitos planteados por ANDA, así como también las normas ASTM C-118 son cumplidas por los tubos de mortero.

CUADRO No. 1.9 PRUEBA DE RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO (Kg/m) Y ABSORCION (% absorción) A LOS 28 DIAS PARA TUBOS DE MORTERO (Método Vibrado) ¹⁸

DIAMETRO (Pulgada)	RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO		ABSORCION	
	MORTERO	REQUISITO DE NORMA ASTM C-118	MORTERO	REQUISITO NORMA DE ANDA
4	2529.61	1783.89	13.53	13
6	2706.69	1936.80	11.43	13
8	2883.61	1987.77	10.18	13

¹⁸ Colón Villalta, Rafael A. [Et Al]
Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
Cemento. II. Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Universidad de El Salvador, 1989, páginas 80 y 81.

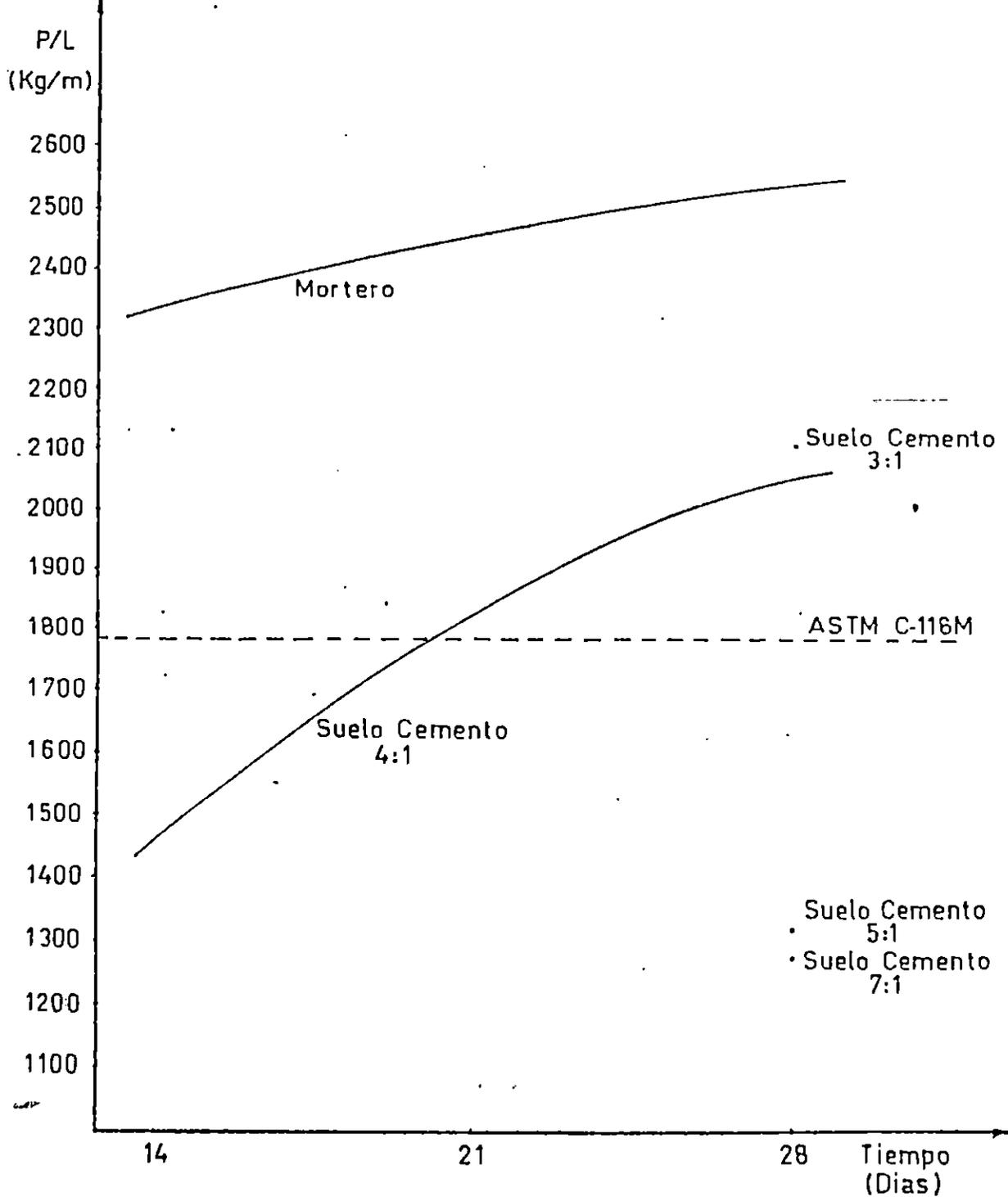


GRAFICO Nº 1.5 RESISTENCIA MAXIMA POR UNIDAD DE LONGITUD VRS EDAD PARA TUBOS DE SUELO CEMENTO Y MORTERO PARA 4" 19

19 Colón Villalta, Rafael A. [Et Al]
 Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
 Cemento II. Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
 Universidad de El Salvador, 1989, página 75.

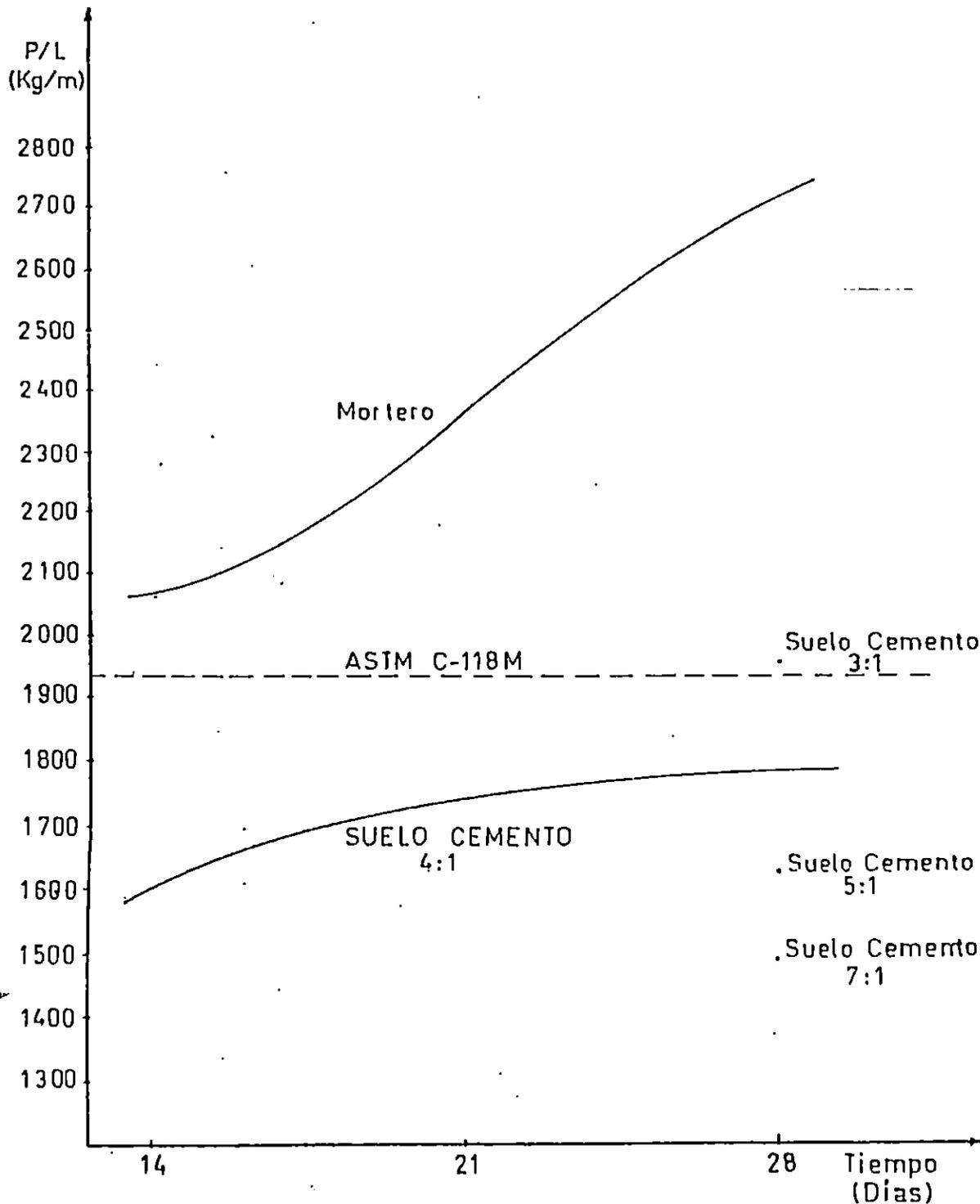


GRAFICO Nº 1.6 RESISTENCIA MAXIMA POR UNIDAD DE LONGITUD VRS EDAD PARA TUBOS DE SUELO CEMENTO Y MORTERO PARA 6" 20

²⁰ Colón Villalta, Rafael A. [Et Al] Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo - Cemento II. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador, 1989, página 76.

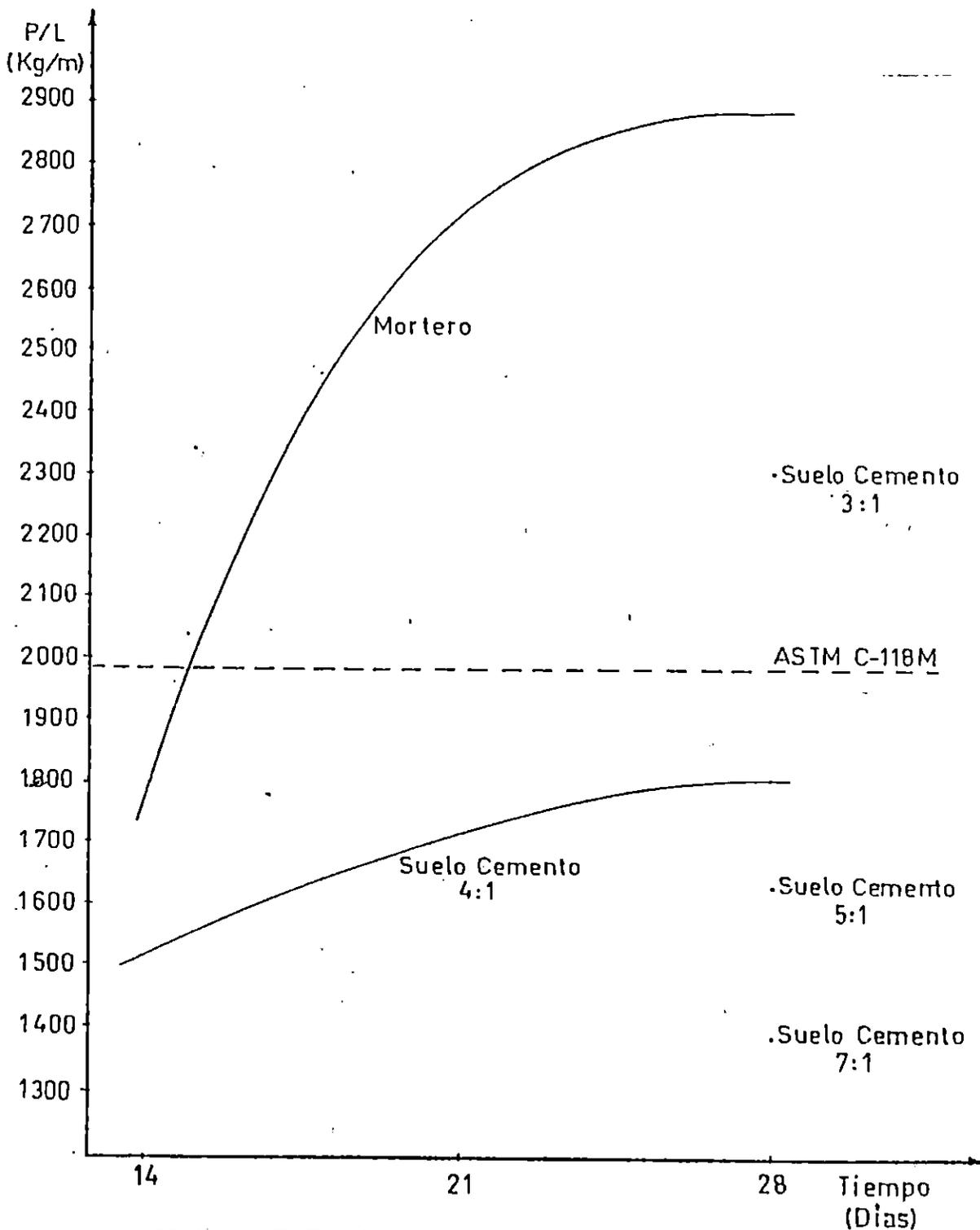


GRAFICO Nº 1.7 RESISTENCIA MAXIMA POR UNIDAD DE LONGITUD VRS EDAD PARA TUBOS DE SUELO CEMENTO Y MORTERO PARA 8" ²¹

²¹ Colón Villalta, Rafael A. [Et Al] Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo - Cemento II. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador, 1989, página 77.

1.2.4.3 RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO PARA TUBOS DE SUELO-CEMENTO.

Los tubos fabricados con las proporciones preliminares (3:1, 5:1 Y 7:1) fueron sometidos a las pruebas de laboratorio de resistencia al aplastamiento (se fabricaron 9 tubos por mezcla, 3 tubos por diámetros) y absorción (se tomaron 3 muestras por tubo) a los 28 días.

De los resultados obtenidos se determinó que la mezcla 3:1 proporciona una resistencia superior a la requerida por las normas ASTM C-118 de lo anterior, se determino que era factible fabricar tubos con una nueva proporción 4:1, para luego realizarles las pruebas de laboratorio mencionadas anteriormente, para verificar si cumplen con los requisitos establecidos (se fabricaron 15 tubos a los 28 días, 5 tubos por diámetro).

En cuanto a la absorción no se logró cumplir con lo requerido, ya que ninguna mezcla preliminar alcanza el mínimo requerido por ANDA (13%).

En los cuadros N^o 1.10 y N^o 1.11 que se presentan en la página 35 se resumen los resultados de las pruebas de laboratorio para las mezclas preliminares con el objetivo de seleccionar la mezcla óptima para cada diámetro.

CUADRO No. 1.10 PRUEBA DE RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO A LOS 28 DIAS PARA MEZCLAS PRELIMINARES (Kg/m) ²²

DIAMETRO (pulgadas)	PROPORCION SUELO - CEMENTO				REQUISITO NORMA ASTM C 118
	3:1	4:1	5:1	7:1	
4	2109.64	2055.93	1312.50	1290.23	1783.89
6	1943.94	1774.93	1626.56	1495.99	1936.80
8	2307.26	1802.75	1621.69	1392.60	1987.77

CUADRO No. 1.11 PRUEBA DE ABSORCION A LOS 28 DIAS PARA MEZCLA PRELIMINAR (% absorción) ²³

DIAMETRO (pulgadas)	PROPORCION SUELO - CEMENTO				REQUISITO NORMA ASTM C 118
	3:1	4:1	5:1	7:1	
4	18.18	20.62	20.37	25.88	13
6	19.11	22.50	20.86	20.95	13
8	16.79	20.60	21.24	23.03	13

Basados en los factores económicos y requisitos de resistencia exigidos por las normas, no tomando en cuenta la absorción (porque ninguna mezcla cumple con lo requerido por ANDA), de los resultados del cuadro No 1.10 se determina la mezcla óptima:

- Para tubos de 4", mezcla óptima 4:1.
- Para tubos de 6" y 8" la mezcla óptima es 3:1.

^{22 y 23} Colón Villalta, Rafael A. [Et Al]
Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo - Cemento II. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador, 1989, página 59.

Para fines de comparación, en los cuadros N^o 1.12 y N^o 1.13, que se presentan en la página 37 se resumen los resultados de las pruebas de laboratorio (realizadas a los tubos hechos con las mezclas óptimas), para los diferentes diámetros ensayados en las etapas I y etapa II (actual) de este estudio.

De los resultados de los cuadros N^o 1.12 y N^o 1.13 se concluyó que la resistencia de tubos de suelo - cemento es mejorada notablemente al cambiar del método manual al vibrado, en el primer método solo los tubos de 4" de diámetro cumplen con los requisitos, mientras que con el segundo método, los tubos de los tres diámetros los cumplen.

Los tubos de mortero fabricados por el método de vibrado, presentan una resistencia a los 28 días que cumple con lo requerido por las normas.

En cuanto a la absorción de los tubos de suelo - cemento es mejorada al cambiar de método, pero no se logra cumplir con el máximo de 13% permitido por ANDA. Los tubos de mortero fabricados por el segundo método cumplen con los requisitos exigidos por ANDA.

Con respecto a la comparación de los costos unitarios (costos directos + costos indirectos), entre tubos de suelo - cemento y tubos de mortero, ver el cuadro No 1.14 en página 38, donde se resumen los resultados de estos para los tres diámetros.

1.2.4.4 COMPARACION DE COSTOS UNITARIOS ENTRE TUBOS DE SUELO - CEMENTO Y TUBOS DE MORTERO

DIAMETRO (pulgadas)	MORTERO		SUELO-CEM	
	METODO VIBRATORIO	METODO MANUAL	MORTERO	SUELO-CEM
8	16.79	10.18	22.46	21.69
6	19.11	11.43	22.90	22.74
4	20.62	13.53	24.82	21.85
REQUISITO NORMA ASTM C 118				

CUADRO No 1.13 CUADRO COMPARATIVO DE ABSORCION A LOS 28 DIAS (% absorción) 28

DIAMETRO (pulgadas)	MORTERO		SUELO-CEM	
	METODO VIBRATORIO	METODO MANUAL	MORTERO	SUELO-CEM
8	2307.26	2883.61	968.58	1074.30
6	1943.94	2706.69	1127.30	1321.10
4	2055.93	2529.61	1800.10	1642.40
REQUISITO NORMA ASTM C 118				

CUADRO No 1.12 CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (Kg/m²) 24

CUADRO Nº 1.14 CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS UNITARIOS 28

DIAMETRO (pulgadas)	TUBOS DE SUELO - CEMENTO			TUBOS DE MORTERO		
	COSTO DIRECTO	COSTO INDIRECTO	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO	COSTO INDIRECTO	COSTO UNITARIO
4	6.10	1.57	7.67	6.04	1.57	7.61
6	8.33	1.72	10.05	7.20	1.72	8.92
8	10.05	1.89	11.94	9.22	1.89	11.11

De los resultados del cuadro Nº 1.14, se determino: Los costos directos para los tubos de suelo - cemento son un poco mayores que para los tubos de mortero. Esta diferencia se debe principalmente a los costos de materiales, ya que los tubos de suelo - cemento para alcanzar la resistencia mínima aceptable bajo normas, requieren una cantidad mayor de cemento que los de mortero. Por lo manifestado anteriormente los tubos de suelo - cemento fabricados por el método de vibrado, no presentan ventajas económicas con respecto a los tubos de mortero.

1.2.4.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Como resultado de esta investigación y basada en las pruebas de laboratorio (absorción y resistencia al aplastamiento) realizadas se establecieron conclusiones y recomendaciones,

28 Colón Villalta, Rafael A. [Et Al]
Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
Cemento II. Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Universidad de El Salvador, 1989, página 80 y 81.

entre las más importantes tenemos:

CONCLUSIONES

- Mediante la utilización del método de vibrado para la fabricación de tubos de suelo - cemento, se obtuvo una mejoría de las propiedades físicas de los tubos (resistencia al aplastamiento y absorción), en comparación con los resultados obtenidos en la parte I en la cual se utiliza el método manual.
- La resistencia de tubos suelo - cemento es mejorada notablemente al cambiar del método manual al método de vibrado, ya que con el primer método sólo los tubos de 4" cumplen con la resistencia requerida; mientras que con el segundo método los tubos de los tres diámetros cumplen con las especificaciones. El incremento de resistencia expresado en porcentaje es de 14.21%, 72.44% y 138.23%, para tubos de 4", 6" y 8" respectivamente.
- La absorción para tubos de suelo - cemento es mejorada también al cambiar del método manual al método de vibrado, pero no se logra cumplir con el máximo de 13% exigido por ANDA, obteniéndose una disminución de absorción que expresada en porcentaje es de 16.92%, 16.55% y 25.24% para tubos de 4", 6" y 8" respectivamente.
- Los tubos de suelo - cemento presentan una superficie muy

bien acabada sin presentar oquedades ni textura de poro abierto.

- No obstante de haber utilizado el método de vibrado en la fabricación de tubos de suelo - cemento, lo que garantiza una notable mejoría en la resistencia (por el reacomodamiento de partículas y disminución de volúmenes de vacío), sigue siendo el alto contenido de pómez que posee el suelo utilizado, el factor determinante en la no obtención del requisito máximo permitido.
- Se supuso una producción en serie para tubos de suelo - cemento similar a la de los tubos de mortero, por lo que los costos indirectos y de mano de obra son los mismos para ambos tipos de tubos.
- Del análisis de costos unitarios de producción se observa que los costos de tubos de suelo - cemento son mayores que los correspondientes a tubos de morteros, esta diferencia se debe únicamente a los costos de materiales, ya que los tubos de suelo - cemento para alcanzar la resistencia requerida deben poseer una mayor cantidad de cemento que los de mortero.

RECOMENDACIONES

- Con el objeto de disminuir los costos de materiales de construcción puede experimentarse la fabricación de tubos

utilizando una mezcla de suelo - cemento - gravilla. La incorporación de la gravilla puede incrementar la resistencia, requiriéndose entonces menos cantidad de cemento beneficiando de esta manera el aspecto económico, además puede proporcionar resultados de absorción favorables.

- Realizar un mejor control en el proceso de curado de tubos con el objeto de garantizar un adecuado comportamiento de éstos.
- Los tubos de suelo - cemento poseen un porcentaje de absorción superior al permitido por las normas de ANDA, esta característica podría ser empleada favorablemente para utilizarlos en tubos en drenaje Francés.
- Realizar la prueba de permeabilidad a los especímenes de suelo-cemento ya que resulta ser más representativa que la prueba de absorción.

Las investigaciones y recomendaciones hechas en este trabajo de graduación nos dan la pauta para continuar con el estudio de la fabricación de tubos con materiales no tradicionales.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION A REALIZAR:

1.3.1 OBJETIVOS GENERALES.

- Analizar la factibilidad técnica y económica que presenta la mezcla suelo - cemento - gravilla para la construcción de tuberías de drenaje de aguas negras y aguas lluvias en pequeños diámetros (4", 6" y 8").
- Dar seguimiento al estudio de factibilidad técnica y económica de tuberías para drenaje de aguas negras y aguas lluvias. Utilizando en su construcción recursos naturales locales, y el método de vibrado como proceso de fabricación.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Lograr incrementar la resistencia de los tubos de suelo - cemento con la incorporación de la gravilla (chispa) a la mezcla, buscando disminuir así la proporción de cemento, teniendo por consecuencia la reducción del costo del producto terminado.
- Fabricar tubos de suelo - cemento - gravilla con diámetros de 4", 6" y 8", para ser sometidos a las pruebas de resistencia al aplastamiento, absorción y permeabilidad, según norma ASTM C - 14M.
- Determinar una proporción óptima de mezcla suelo - cemento -

gravilla, para cada diámetro de tubo a estudiar, tomando como parámetros de selección los requisitos mínimos que exigen las normas de ANDA.

- Realizar una comparación técnica y económica entre la tubería de suelo - cemento - gravilla seleccionada como técnicamente óptima y la tubería de mortero en el mercado.

1.4 JUSTIFICACIONES.

El presente trabajo de graduación se justifica por lo siguiente:

- A - El alto costo de materiales de construcción tradicionales.

La utilización de los materiales tradicionales para la fabricación de tuberías de drenaje de aguas negras y aguas lluvias elevan su costo y estas a su vez influyen en el costo total de las viviendas mínimas, por lo que resulta de mucho beneficio realizar estudios sobre la fabricación de tubos usando materiales no tradicionales, los cuales deberán tener como finalidad la obtención de tubos con características técnicas y económicas similares o mejores a las que presentan los actuales tubos existentes en el mercado.

- B - Los bajos recursos económicos de un gran sector de la población.

Los bajos recursos que perciben la mayoría de la población

les hace imposible adquirir una vivienda adecuada construida con materiales tradicionales, esto hace que dicha población construyan sus viviendas con materiales no tradicionales, como ejemplo el suelo (tierra blanca) que es muy abundante en nuestro medio.

C - La existencia de bancos de préstamo de suelo en nuestro medio para material de construcción.

El suelo a usar en la fabricación de tubos de suelo-cemento es muy abundante en nuestro país, lo cual es un factor determinante para su utilización como recurso nacional en la construcción.

Entre los bancos de préstamo que presentan mejores características granulométricas, según el trabajo de graduación "Materiales y Métodos Constructivos para la Vivienda Marginal y Rural III", se encuentran los siguientes:

- | | |
|-----------------------|---|
| Banco de Préstamo # 1 | Localizado en el Km. 8 de la Carretera que conduce al Aeropuerto Internacional de El Salvador. (75% arena-25% Limo). |
| Banco de Préstamo # 2 | Localizado al norte de la ciudad de San Salvador en el costado Nor-Poniente de la Universidad de El Salvador. (50% arena-50% Limo). |
| Banco de Préstamo # 3 | Localizado al Sur-Este de la Ciudad de San Salvador, sobre la carretera que |

conduce a la población de Huizúcar.

(25% arena-75% Limo).

D - Estudios preliminares sobre la fabricación de tuberías, de suelo-cemento.

Para llevar a cabo este estudio (fabricación de tubos con materiales no tradicionales), se dispone de experiencias y estudios similares en anteriores trabajos de graduación, los cuales están dentro de un programa de la Universidad de El Salvador, que se realiza a través de la Escuela de Ingeniería Civil, el cual pretende ofrecer alternativas para mejorar las condiciones de vida de un gran sector de la población de bajos recursos económicos, realizando investigaciones acerca de nuevos materiales y métodos constructivos a utilizar en la construcción de vivienda mínima. Estos trabajos de graduación constituyen una buena base para continuar con el desarrollo de la investigación de dichos estudios, proyectados a resolver el alto costo de los materiales no tradicionales.

En el primer estudio de tubos de suelo-cemento (hechos por el método artesanal) se obtuvieron resultados satisfactorios, en cuanto a sus costos resultaron más económicos que los tubos de mortero y en cuanto a sus propiedades y características no fueron cumplidas a cabalidad según los requisitos establecidos por las normas de ANDA. De acuerdo a lo anterior se recomendó seguir con el estudio utilizando el método de vibrado, con el objeto de mejorar las propiedades técnicas del suelo-cemento, lo

cual se demostró en el trabajo de graduación "Aplicación del suelo-cemento a la construcción de Vivienda Mínima".

En el segundo estudio de tubos de suelo-cemento (hechos por el método de vibrado) se obtuvo una mejoría de las propiedades físicas (resistencia al aplastamiento y absorción) en comparación a los resultados de el primer estudio, y en cuanto a sus costos son mayores que los tubos fabricados de mortero, debido a que deben poseer una cantidad mayor de cemento para alcanzar la resistencia requerida.

En este estudio se recomienda continuar con la investigación, y que para disminuir los costos de materiales de construcción puede experimentarse la fabricación de tubos utilizando una mezcla de suelo-cemento-gravilla, con la incorporación de la gravilla se pretende incrementar la resistencia y disminuir la superficie específica del agregado requiriéndose de esta manera una menor cantidad de cemento, presentándose así la factibilidad técnica y económica en tubos de pequeños diámetros y de esta manera dar una solución alternativa al alto costo de los tubos de mortero.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.

1.5.1 ALCANCES.

- Se espera fabricar y ensayar al aplastamiento, absorción y permeabilidad un número limitado de tubos de suelo-cemento-

gravilla de diámetros de 4", 6" y 8", probando tres proporciones preliminares, se espera con este intervalo de proporciones determinar la mezcla óptima para cada diámetro.

- Establecer la mezcla suelo-cemento-gravilla como alternativa técnica de estudio presente y futuro.
- Hacer un análisis comparativo de costos entre tubos de suelo-cemento-gravilla y tubos de mortero.

1.5.2 LIMITACIONES.

El trabajo de graduación, tendrá las siguientes limitaciones:

- Debido a que no existen normas aplicables a tubos de suelo-cemento-gravilla, se aplicaran las normas aplicables a tubos de concreto, contenidos en las especificaciones ASTM C 118 "Normas o Especificación de Tuberías de Concreto para Irrigación o Drenaje" y ASTM C-14M "Especificación Estandar para Tuberías de Concreto para Aguas Negras, Aguas Lluvias y Alcantarrillas".
- En la norma ASTM C-14M se mencionan 5 pruebas para la aceptación de las tuberías, pero ANDA solo exige dos: Esfuerzo al aplastamiento para carga externa y absorción, las cuales se le harán a los tubos fabricados de suelo-cemento-gravilla para que puedan ser aprobados, además se les hará la prueba de permeabilidad para obtener resultados más confiables.

- En cuanto al Banco de Préstamo, se limitará a utilizarse el banco # 1 localizado en el Km. 8 de la Carretera que conduce al Aeropuerto Internacional de El Salvador, debido a las características granulométricas que presenta el suelo (75% arena-25% Limo), y este tipo de suelo (arena-limosa) es el más adecuado para usarse en combinación con el cemento, lo cual se demostró en el trabajo de graduación "Materiales y Métodos constructivos para la Vivienda Marginal y Rural III".
- La comparación técnica se limitará a confrontar los resultados obtenidos de los ensayos hechos a las tuberías de mortero en el estudio sobre la fabricación de tuberías de suelo-cemento II, con los resultados que se obtengan de las tuberías de suelo-cemento-gravilla, de el presente estudio.
- Se realizará un análisis comparativo de costos unitarios entre los tubos de mortero y los tubos de suelo-cemento-gravilla, así como también los costos directos e indirectos para cada diámetro de los tubos.

CAPITULO II

ESTUDIO TECNICO DE LA FABRICACION DE TUBOS DE SUELO - CEMENTO - GRAVILLA

2.1 INTRODUCCION

El estudio técnico de un determinado proyecto de ingeniería es una de las etapas más influyentes en su realización, pues en el se analizan muchos factores de carácter técnico, como los siguientes:

- Disponibilidad y aprovechamiento de recursos a utilizar.
- Producción de bienes de capital, regidos por normas o especificaciones para el control y buen funcionamiento.
- Pruebas de campo y de laboratorio, etc.

Para el desarrollo del estudio técnico se han tomado en cuenta algunos factores mencionados anteriormente, como por ejemplo: la disponibilidad y aprovechamiento de los recursos locales, para este caso: suelo, gravilla y cemento. ---

En cuanto a los documentos aplicables se han adoptado las normas para tuberías de concreto no reforzado: ASTM C-14M, ASTM C-118 y normas técnicas de ANDA, debido a la inexistencia de normas que controlen la calidad de los tubos de suelo - cemento - gravilla.

De las pruebas de laboratorio contenidos en las normas

de las tuberías en estudio por considerarlas como las más representativas para la aceptación de las propiedades físicas de los tubos:

- Esfuerzo al aplastamiento para carga externa.
- Absorción.
- Permeabilidad.

La parte principal de este estudio técnico es la búsqueda y selección de una proporción óptima de una mezcla de suelo - cemento - gravilla para cada uno de los diámetros en estudio (4", 6" y 8"), dicha proporción será la más económica y la que cumpla con los requisitos mínimos exigidos por las normas aplicables.

Para la selección de la proporción óptima se emplea la siguiente metodología: primeramente se fabrican cilindros estándar (6"x12") con cinco diferentes proporciones o mezclas propuestas de suelo - cemento - gravilla (3:1:2, 3.5:1:2.5, 4:1:3, 4.5:1:3.5 y 2:1:3) con el objeto de evaluar la resistencia a la compresión que ofrecen las mezclas a diferentes edades de prueba (7, 14 y 28 días), se fabrican simultáneamente cilindros de 4"x 8" con la finalidad de determinar los porcentajes de absorción que presentan las mezclas.

Haciendo una evaluación de los resultados obtenidos con las cinco mezclas propuestas, se seleccionan las tres mejores a la compresión y absorción. Seguidamente con las tres mezclas

seleccionadas se fabrican un número adecuado de tubos de suelo - cemento - gravilla (4", 6" y 8" de diámetro), con el objeto de realizarles las pruebas de laboratorio elegidas para la evaluación de sus propiedades físicas.

En base a los resultados obtenidos de estas pruebas se procede a la selección de la mezcla óptima para cada uno de los diámetros de los tubos de suelo - cemento - gravilla.

Finalmente se hace una comparación de las propiedades físicas (específicamente la resistencia al aplastamiento y absorción) entre los tubos de mortero ²⁷, suelo - cemento²⁸ y tubos de suelo - cemento- gravilla.

2.2 DESCRIPCION DE MATERIALES A UTILIZAR

Los materiales básicos utilizados para el desarrollo del presente estudio cumplen las características de fácil accesibilidad y bajo costo. A continuación se da una breve descripción de los materiales a usar en la fabricación de tubos de suelo - cemento - gravilla.

²⁷, ²⁸ Colón Villalta, Rafael A. [Et Al]
Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
Cemento II. Facultad de Ingeniería y
Arquitectura; Universidad de El Salvador, 1989,
página 80 y 81.

2.2.1 SUELO

Para la obtención del suelo se ha seleccionado el banco de préstamo #1; el cual se encuentra localizado a la altura del Km 8 de la carretera que conduce al Aeropuerto Internacional de El Salvador (Comalapa) que fue muestreado en el trabajo de graduación: Materiales y Métodos Constructivos para la Vivienda Marginal y Rural III y fue utilizado en los dos estudios anteriores sobre tuberías de suelo - cemento, debido a las características granulométricas que presenta (75% arena - 25% limo).

A dicho suelo se le hicieron las pruebas de laboratorio: granulometría, granulometría por lavado, gravedad específica, impurezas orgánicas en agregado fino para concreto y límites de Atterberg para su clasificación²⁹, de los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio se clasifica el suelo como ARENA - LIMOSA (SM) ya que más del 50% queda retenido en la malla N^o 200.

El alto contenido de arena de este suelo garantiza la obtención de una buena resistencia a la compresión y es el más adecuado para combinarse con el cemento.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la prueba de análisis granulométrico realizada al suelo.

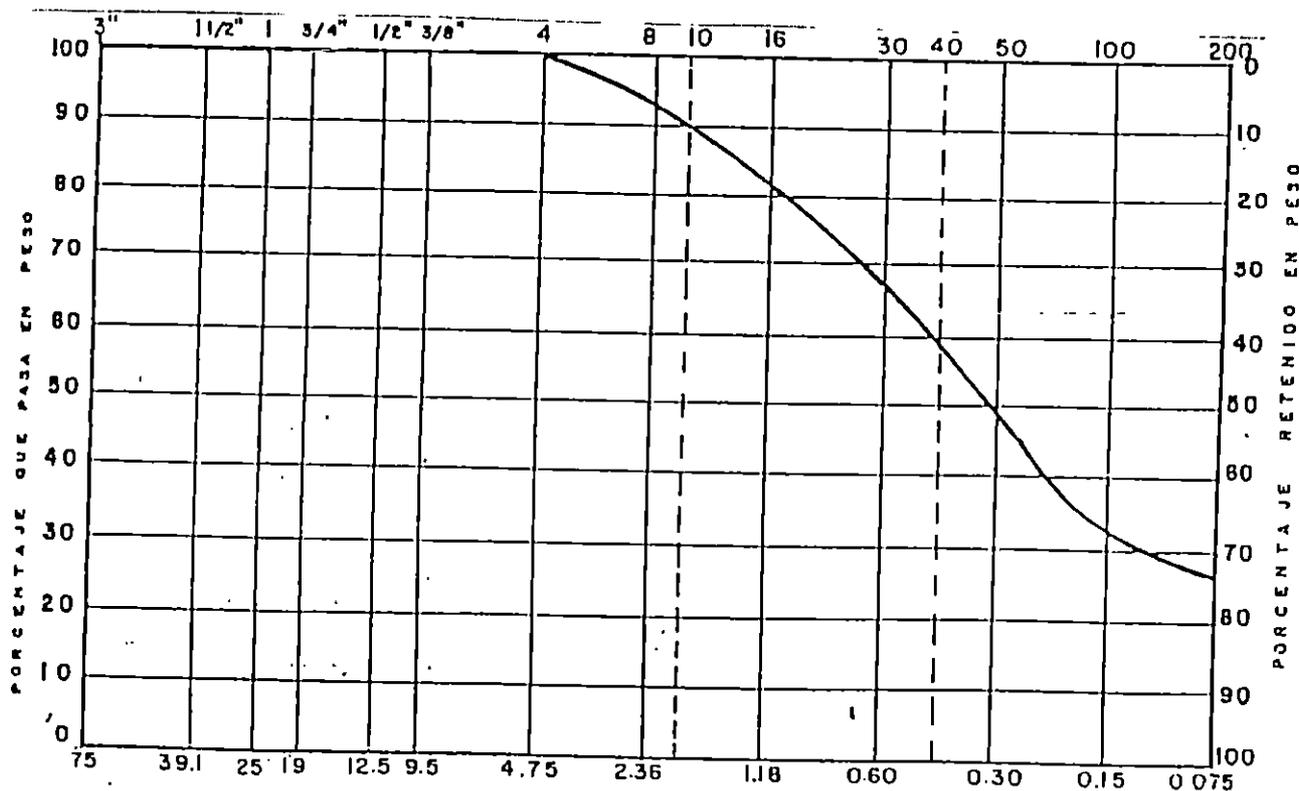
29 Calderón Calderón, Gustavo Alejandro [El Al]; Materiales y Métodos Constructivos para la Vivienda Marginal y Rural III; Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador; 1988. Página 95

CUADRO Nº 2.1 ANALISIS GRANULOMETRICO 30

Banco de prestamo: #1 Km 8 Carretera al Aeropuerto Internacional de El Salvador.
 peso bruto: 1120.40 gr. tara: 92.45 gr. peso neto: 1027.95 gr.

HALLA	PESO RETENIDO PARCIAL Grs.	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULATIVO	% QUE PASA LA HALLA
Nº 4	00.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	83.47	8.12	8.12	91.88
Nº 16	114.10	11.10	19.22	80.78
Nº 30	150.39	14.63	33.85	66.15
Nº 50	174.13	16.94	50.79	49.21
Nº 100	155.12	15.09	65.88	34.12
Nº 200	92.52	9.00	74.88	25.12
Pasa Nº 200	258.22	25.12	100.00	0.00
TOTAL	1027.95	100.00		

GRAFICO Nº 2.1



A continuación se resumen los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas al suelo para su clasificación.

**CUADRO 2.2 PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO
DEL BANCO DE PRESTAMO # 1 ³¹**

PRUEBA	RESULTADO	OBSERVACIONES
Granulometria por lavado (% que pasa la malla Nº 200)	25.12%	El contenido de arena varía entre 65% y 75%
Contenido de materia orgánica	No posee compuestos orgánicos dañinos	Apto para ser utilizado en mezcla
Gravedad Especifica	2.26	Es una ceniza volcánica
Límites de Atterberg	N.P	

2.2.2 CEMENTO

El cemento es un polvo químico seco, que al mezclarse con agua adquiere propiedades aglutinantes, tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales, para formar un todo compacto ³².

³¹ Calderón, Calderón, Gustavo Alejandro [Et Al] Materiales y Métodos Constructivos para la Vivienda Marginal y Rural III. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador, 1988, página 95.

³² Aguilar Coto, José Alfredo [Et Al] Estudio de concretos con alta resistencia a la agresión provocada por la contaminación del medio ambiente. Facultad de Ingeniería y Arquitectura Universidad de El Salvador, 1994, página 27

El cemento portland se produce de pulverizar el clinker (resultado de quemar caliza y arcilla), que consiste principalmente en silicatos hidraúlicos de calcio junto con algunos aluminatos de calcio y aluminoferritos de calcio y normalmente contiene uno o más formas de sulfato de calcio (yeso, para regular el tiempo de fraguado) como adición en la molienda. ³³

Se fabrican diversos tipos de cemento portland para satisfacer diferentes necesidades químicas y físicas, que de no controlarse, pueden generar problemas o aún daños a la estructura a construir.

La Norma C-150 "Especificación estándar para Cemento Portland" de la ASTM, estipula ocho tipos de cemento portland que son:

- Tipo I Normal
- Tipo IA Normal, inclusor de aire
- Tipo II De resistencia moderada a los sulfatos
- Tipo IIA De resistencia moderada a los sulfatos, inclusor de aire.
- Tipo III De alta resistencia a edad temprana
- Tipo IIIA De alta resistencia a edad temprana, inclusor de aire.

³³ Kosmatka, Steven H. y Panarese, William C.; Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Editorial del IMCVC, 1a impresión, México, 1992. Página 13.

Tipo IV De bajo calor de hidratación.

Tipo V De resistencia elevada a los sulfatos.

El cuadro N^o 2.3 describe las características de cada tipo de cemento normal, comparándolos con el Tipo I.

CUADRO N^o 2.3 CARACTERISTICAS DEL CEMENTO PORTLAND 34

TIPOS	I	II	III	IV	v
CONCEPTOS	Normal	Moderado	Rápido	Bajo	Resistente
RESISTENCIA A LOS SULFATOS	Normal	mayor que I	normal	normal	Alto
CALOR DE HIDRATACION	Normal	menor que I	alta	bajo	normal
ENDURECIMIENTO	Normal	algo lento	rápido	lento	lento
TIEMPO DE FRABUADO	Normal	normal	no rápido	no rápido	normal
RECOMENDACIONES ESPECIALES	Obras comunes sin ningún tipo de requisito especial: -pavimentos -acera -edificios -puentes -tanques -ampostería etc.	Estructuras de gran masa, concretos en climas cálidos, con ataque moderado de sulfatos	Estructuras que se desean poner en servicio rápidamente por aspectos constructivos de desahocados y curado, o por aspectos climatológicos (frío) No usar en obras de concreto en masa.	Estructuras de gran masa	Donde los suelos o el agua subterránea tengan alto contenido en sulfatos como los alcantarillados de aguas negras.

Las propiedades del cemento portland, estan expresadas en algunas normas de la ASTM, la comprensión del significado de estas es útil para interpretar los resultados de las pruebas que se efectúan al cemento, las normas ASTM C-150 y C-595 limitan las propiedades de acuerdo al tipo de cemento entre las más importantes se mencionan:³⁸

- FINURA (ASTM C -115, C-204 Y C-430)

La finura del cemento influye en el calor liberado y en la velocidad de hidratación. A mayor finura del cemento, mayor rapidez de hidratación del cemento 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 días.

- FIRMEZA O SANIDAD (ASTM C-151)

La firmeza o sanidad se refiere a la capacidad de una pasta de cemento 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.

³⁸ Kosmatka, Steven H. y Panarese, William C., Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Editorial del IMCVC, 1ra impresión Mexico, 1992, páginas 22-25.

- CONSISTENCIA (ASTM C-230)

La consistencia se refiere a la movibilidad de una pasta de cemento o mortero recién mezclado o bien a su capacidad de fluir.

Esta prueba sirve para regular los contenidos de agua de las pastas y morteros respectivamente, que serán empleados en pruebas subsecuentes.

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

Se efectúan pruebas (usando el aparato de Vicat y la Aguja de Gillmore) para determinar si una pasta de cemento permanece en estado plástico el tiempo suficiente como para permitir un colado normal. El período en el cual la mezcla permanece plástica generalmente depende más de la temperatura y del contenido de agua en la pasta, que del tiempo de fraguado del cemento.

- FRAGUADO FALSO (ASTM C-451 Y C-359)

El fraguado falso (para pasta y para mortero) se comprueba por una considerable pérdida de plasticidad sin que se desarrolle calor en gran abundancia poco tiempo después del mezclado.

Este fenómeno desaparece si el concreto se mezcla un mayor tiempo de lo normal o si es remezclado sin agregarle agua antes de ser transportado y colado.

- RESISTENCIA A LA COMPRESION (ASTM C-109)

La resistencia a la compresión del cemento, es la obtenida a partir de pruebas en cubos de mortero estándar de 5cm (2"). Estos cubos se hacen y se curan de manera prescrita en ASTM C-109 y utilizando una arena estándar.

Las resistencias a las diferentes edades son indicadores de las características del cemento para adquirir resistencia, pero no pueden usarse para predecir las resistencias del concreto con precisión a causa de las muchas variables que intervienen en las mezclas de concreto.

La resistencia a la compresión a diferentes edades esta influenciada por el tipo de cemento, para precisar, por la composición química y finura del cemento.

- CALOR DE HIDRATACION (ASTM C-186)

El calor de hidratación, es el calor que se genera cuando reacciona el agua y el cemento. La cantidad de calor generado depende principalmente de la composición química del cemento, otros factores que aumentan el calor de hidratación son los incrementos en la relación de agua - cemento, en la finura del cemento y en la temperatura de curado.

En estructuras de grandes masas, la velocidad así como la cantidad de calor generado son de gran importancia, si este calor no se disipa rapidamente, puede ocurrir un aumento considerable en la temperatura del concreto (dilatación térmica) y el

enfriamiento no uniforme del concreto endurecido a la temperatura ambiente, puede crear esfuerzos perjudiciales en la estructura debidos a la contracción térmica.

- PERDIDA POR IGNICION (ASTM C-114)

La pérdida por ignición del cemento se realiza cuando se duda si el cemento está hidratado o carbonatado, se determina calentando una muestra de cemento de peso conocido a 900 °C o 1000 °C, hasta que se obtenga un peso constante. Luego se determina la pérdida en peso de la muestra, normalmente la pérdida de peso no excede al 2%.

Una pérdida por ignición elevada indica prehidratación y carbonatación, que pueden ser causadas por un almacenamiento prolongado e incorrecto o por adulteraciones durante el transporte y la descarga.

- PESO ESPECIFICO (ASTM C-188)

Generalmente el peso específico del cemento es de aproximadamente 3.15. El cemento de escoria de alto horno y los cementos con puzolona pueden tener valores de pesos específicos de aproximadamente 2.90, y el cemento Tipo I (PM) su peso específico es 3.10 (ASTM C-595).

Este peso específico no es un indicador de la calidad del cemento; su uso principal se tiene en los cálculos de proporcionamiento de mezclas del método ACI 211.1.

Para nuestro estudio, el material cementante a usar es el cemento CESSA: Portland Tipo I (PM) clasificado bajo la especificación C-595 de las normas ASTM. Debido a que este tipo de cemento se emplea en todo tipo de construcciones de concreto, cuando no se requieren propiedades especiales, ya que es el cemento que se encuentra en el mercado.

Este tipo de cemento se fabrica combinando cemento Portland o cemento portland de escoria de alto horno con una puzolana fina.

2. 2. 2. 1. PASTA DE CEMENTO

Si de concreto se trata, lo normal es que la pasta de cemento representa del 25.% al 40.% del volumen total del concreto.³⁶

La pasta está constituida por: cemento, agua, aire (incluido o no) y algunas veces se le añaden ciertas sustancias llamadas aditivos.

El cemento y el agua se unen para producir la pasta que va a sujetar a los agregados en forma permanente. Una vez que endurece la pasta el concreto pasa de estado fluido o semifluido a un estado rígido.

³⁶ Kosmatka, Steven H. y Panarese, William C; Diseño y control de mezclas de concreto, Editorial del IMCYC, 1ra Impresión, México, 1992, página 1.

2. 2. 2. 2 COMPORTAMIENTO DE LA PASTA

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 waal, 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 porque las partículas se encuentran en contacto unas con otras y predominan las fuerzas intermoleculares de atracción sobre las de rechazo. A medida que se incrementa el contenido de 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 continúa incrementando, la pasta pierde mas cohesividad teniendo a comportarse como el agua, que es un fluido de tipo Newtoniano, esto es, sin ninguna cohesión.

Consecuentemente, las pastas de consistencia seca que tienen poca agua (muy cohesivas) requieren la aplicación de fuerzas externas, tanto o mayores que las de atracción, para separarse por la simple acción de la gravedad, dado que prácticamente no poseen cohesión. Las primeras podrían ser representativas de los concretos masivos con revenimiento nulo, que suelen requerir la aplicación de intensa energía vibratoria para ser compactados, y

las segundas corresponderían a los concretos con muy alto revenimiento, que a veces se utilizan para colados por gravedad.

El comportamiento reológico ³⁷ de la pasta de cemento, se pone de manifiesto al ensayarla en un viscosímetro mediante la aplicación de distintos niveles de esfuerzo cortante relacionados con sus respectivas deformaciones, con lo cual se obtiene una gráfica como la mostrada en la página 66. Se observa que en un cierto intervalo inicial del 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 tixotropía, el cual es un comportamiento característico de los fluidos tipo Bingham, como la pasta de cemento.

En este 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 compacidad al

³⁷ Lagos Porfirio, Diseño de Mezcla de Concreto curso teórico - práctico Tecnología del Concreto, Asia - Fepade, 1992. Pág. Dm 05 - Dm 07.

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 los moldes. Al cesar la vibración, la mezcla ya compactada recupera su rigidez inicial, quedando así dispuesta para iniciar el proceso de fraguado y endurecimiento.

COEFICIENTES REOLOGICOS

$f = \text{Límite de cedencia} = K_1 M_2$

$U = \text{Viscosidad plástica} = K_2 \cot \alpha$

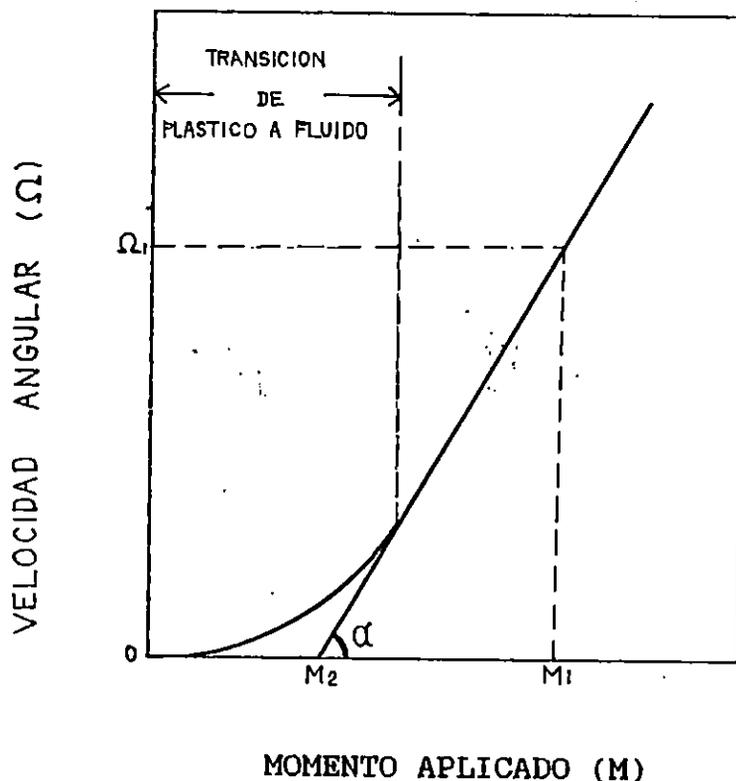


GRAFICO Nº 2.2 Comportamiento reológico de la pasta de cemento como fluido tipo Bingham

2.2.3 GRAVILLA

La gravilla (agregado triturado) se produce triturando roca de cantera, piedra de bola o grava de gran tamaño ³⁸, el proceso de triturado se lleva a cabo preferencialmente a lo largo de cualquier zona potencialmente débil dentro de la roca madre, y por ende la remueve. Las partículas más pequeñas de la fracción del agregado grueso es más probable que serán más fuertes que las muy grandes. Además con este tipo de grava, se consigue una superficie de contacto pasta - agregado mayor, que aumenta la superficie de adherencia, por lo tanto se debe buscar que las partículas trituradas sean casi todas de forma cúbica, con un mínimo de partículas planas o alargadas, pues estas últimas tendrían un efecto adverso en la trabajabilidad.

Para nuestro estudio se escogió una gravilla lavada que cumpliera ciertos requisitos para darle un uso ingenieril óptimo: partículas limpias, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros minerales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento.

La cantera escogida para adquirir la gravilla fue la pedrera de Gravicentro, ubicada en la carretera que conduce de

³⁸ Kasmata, Steven H. y Panarese, William C; Diseño y Control de Mezclas de Concreto Editorial del IMCYC, 1ra impresión, México, 1992, página 31.

Panchimalco a Rosario de Mora, debido a que la gravilla o chispa de esta cantera es de la más usada en nuestro medio.

A la gravilla se le realizaron las siguientes pruebas, con el objeto de conocer algunas características y propiedades de dicho material:

a) GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION (ASTM C-127)

Si de concreto se trata, la gravedad específica es necesaria en el cálculo de las dosificaciones de la mezcla y se determina usualmente para transformar las cantidades de cada uno de los materiales de peso a volumen y viceversa con el fin de poder conocer las cantidades con que intervienen cada uno de los materiales, para formar un determinado volumen de concreto.

La absorción es necesaria para cuantificar el agua de absorción del agregado, para aplicar las medidas correctivas a la dosificación de la mezcla de concreto.

Estas pruebas se realizan de acuerdo a la norma ASTM C-127 y cuyos resultados se muestran en el cuadro N^o 2.4 de la página 67

b) RESISTENCIA AL DESGASTE

La resistencia al desgaste a la abrasión utilizando la máquina de los Angeles, nos permite evaluar la resistencia del material grueso (gravilla) sometida a fuerzas tangenciales.

Esta prueba es realizada de acuerdo a la norma ASTM C-131 y cuyos resultados se muestran en el cuadro N° 2.5 de la página 68.

Los procedimientos y requisitos para realizar las pruebas de laboratorio antes mencionadas, se encuentran descritos en los anexos del presente estudio.

c) ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM C-136)

La prueba del análisis granulométrico permite determinar la graduación y distribución de los tamaños del material. Dicha prueba se realiza de acuerdo a la norma ASTM C-136, obteniéndose los resultados que se muestran en el cuadro N° 2.6 de la página 69.

CUADRO N° 2.4 RESULTADOS DE PRUEBA DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION

DATOS	
$W_s = A$	2,000grs*
$W_{sss} = B$	2,078grs
$W_{sum} = C$	1,261grs
PRUEBAS	
$G.E = \frac{A}{A - C}$	2.71
$\% ABS = \frac{B-A}{A} \times 100$	3.90

* Pesos Netos

En donde: W_s = Peso seco, en grs.

W_{ss} = Peso superficialmente Seco, en grs.

W_{sum} = Peso sumergido, en grs

G.E = Gravedad especifica

% ABS = porcentaje de absorción.

CUADRO Nº 2.5 ENSAYO DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE CON LA MAQUINA DE LOS ANGELES (ASTM C-131)

MATERIAL: Gravilla VELOCIDAD DE MAQUINA: 33 rev/min
 PROCEDENCIA: Pedrera Gravicentro, calle a Rosario de Mora
 Nº REVOLUCIONES: 500 FECHA: 05 / 01 / 95
 Nº ESFERAS: 8
 PESO DE CADA ESFERA: 4584 ± 25 gr

GRANULOMETRIA TIPO			
PRUEBA Nº			1
Retenido en malla	1/4" 2500 ± 10		2500
	Nº 4 2500 ± 10		2500
Peso total de muestra (A)			5000
Peso final de muestra (retenido (B) en malla 12)			3078
% Desgaste = $(A-B)/A * 100\%$			38.44%
% Desgaste máximo permitido			50%

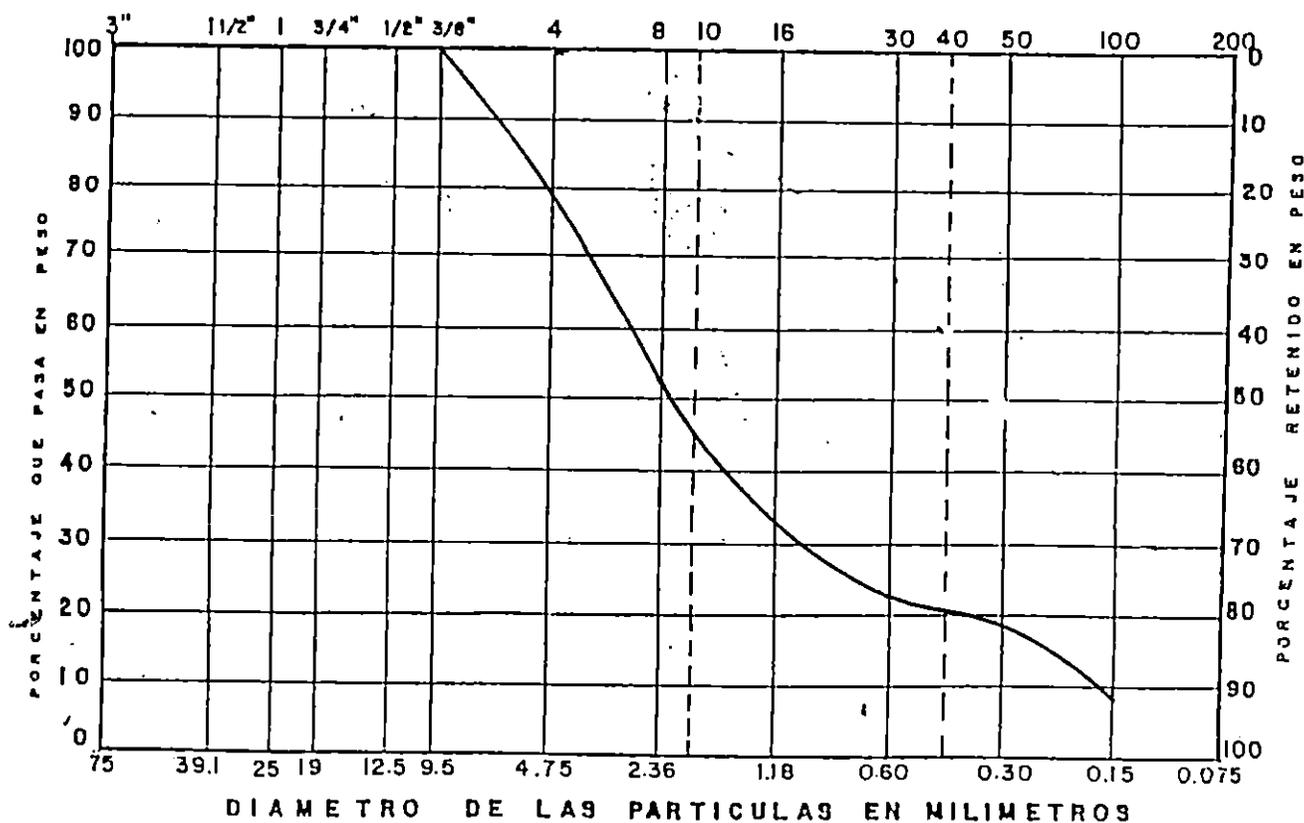
CUADRO Nº 2.6 RESULTADOS DE PRUEBA DE ANALISIS GRANULOMETRICO

Banco prestamo: Pedrera Gavicentro, calle a Rosario de Mora.

peso bruto: 3162.00 gr tara: 162.00 gr peso neto: 3000.00 gr

MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL Grs.	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULATIVO	% QUE PASA LA MALLA
Nº 3/8	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	627.0	20.90	20.90	79.1
Nº 8	818.0	27.27	48.17	51.83
Nº 16	549.70	18.32	66.49	33.51
Nº 30	335.1	11.17	77.66	22.4
Nº 50	96.60	3.22	80.88	19.12
Nº 100	300.70	10.02	90.9	9.10
Pasa Nº100	272.90	9.10	100.00	0.00
TOTAL	30000			

GRAFICO Nº 2.3



2.2.4 AGUA

El agua es el elemento que al reaccionar con el cemento, genera las propiedades aglutinantes, constituye del 14% al 21% del volumen del concreto.

"Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto".³⁹

En general, el agua empleada en el mezclado del cemento deberá ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales, materia orgánica u otras sustancias que pueden ser nocivas para el concreto. Por lo tanto, para prevenir posibles contaminaciones el agua a usar será la proporcionada por ANDA.

Como una guía para la selección del agua de mezclado se presenta el cuadro N^o 2.7 en página 71 que da a conocer algunos elementos perjudiciales en el agua.

Una manera rápida de evaluación del agua a usar en mezclas de concreto, la establece la norma ASTM C-109, el ensayo consiste en verificar si a una edad de 7 días la resistencia a la compresión en cubos de prueba (cubos de 2" x 2" x 2" de

³⁹ Kosmatka, Steven H. y Panarese, William C.; Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Editorial del IMCYC, 1a Impresión, México; 1992. Página 27.

mortero con arena standard), con agua a probar presenta como mínimo un 90% de la resistencia a la compresión en cubos de prueba usando agua destilada.

CUADRO NO 2.7 ELEMENTOS PERJUDICIALES EN EL AGUA DE MEZCLA

40

ELEMENTO	AMPLIACION O COMENTARIO	FRASUADO	RESISTENCIA	CONCENTRACION DARINA
CARBONATOS Y DICARBONATOS ALCALINOS	Sodio	muy rápido	reduce	1.000 PPM
	Potasio	aceleran o retardan	reduce	
CLORURO Y SULFATO DE SODIO				1.00 PPM
BICARBONATO DE CALCIO Y MAGNESIO				400 PPM
CLORURO DE SODIO				2% del peso de cemento
SALES	Hierro			40.000 PPM
	Manganeso, estaño	producen variaciones	reduce	
	Cinc, Cobre, Plomo	variaciones muy fuertes	grandes reducciones	
	Iodato de sodio Fosfatos de sodio Arsenato de sodio Berato de sodio	retardan		500 PPM
	Sulfuro de sodio			100 PPM
AGUA DE MAR	Ajustar mezclas problemas de corrosión	más rápido	algo menor	3.5% De sal en peso de agua
AGUAS ACIDAS				10.000 PPM PH < 3.0
AGUAS ALCALINAS	Hidróxido de sodio			0.5% del peso de cemento
	Hidróxido de potasio			muy variable

40 Kosmatka, Steven H. y Panerese, William C., Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Editorial del IMCYC, 1a Impresión, México, 1992. Página 27 - 30.

2.3 PROPUESTA DE MEZCLAS PRELIMINARES DE SUELO - CEMENTO- GRAVILLA.

Una vez establecidos los materiales que conforman la mezcla suelo - cemento - gravilla, se procedió a la selección de cinco mezclas, variando en ellas las proporciones de la matriz suelo - cemento y gravilla.

Las mezclas propuestas fueron: A (3:1:2), B (3.5:1:2.5), C (4:1:3), D (4.5:1:3.5) y E (2:1:3). El criterio tomado para proponer estas mezclas fue: seleccionar como proporción base una mezcla similar en dosificación a la usada en la fabricación de tuberías tradicionales (arena - cemento - gravilla) y a partir de ella deducir otras mezclas, disminuyendo paulatinamente el contenido de cemento. Es de hacer notar que las mezclas A y E presentan igual porcentaje de cemento, variando en ellas en igual proporción el contenido de suelo y gravilla, con el objeto de estudiar el comportamiento de la mezcla al mantener constante el contenido de cemento e incrementar el volumen de gravilla con respecto a la matriz.

Los diseños de las mezclas preliminares se realizaron utilizando la forma usual en campo para la hechura de mezcla : Dosificación por volúmenes de material, usando un volumen base o perihuela.

De acuerdo a lo trabajable de las mezclas se fijó un revenimiento de 3.00 cm siendo este el parámetro indicador de

el contenido de agua dosificado para cada mezcla.

Haciendo un paralelo con el método de fabricación de tuberías a usar en este estudio (método de vibrado) se estableció como proceso de consolidación de la mezcla (en el momento de su colocación) el vibrado mecánico.

2.3.1 MEZCLAS EN ESTADO FRESCO .

Contando con las dosificaciones de materiales se procedió a realizar la mezcla, esto se desarrolló en dos pasos principales: se mezcló en seco los materiales en una mezcladora mecánica de gasolina (de 1 bolsa de capacidad) por espacio de 1 1/2 minutos y en segundo lugar, se terminó el mezclado afuera de la máquina, agregando el agua y dando un mezclado final manualmente.

Se siguió este procedimiento debido a que de mezclar por completo dentro de la mezcladora se presenta el problema de que un porcentaje del suelo humedecido se adhiere a las espas mezcladoras de la tolva.

El revenimiento fue medido por medio del cono de Abrams (ASTM C - 143), se tomaron de uno a dos revenimientos por cada tolva de mezcla.

Los cilindros fabricados para prueba de resistencia y % de absorción de la mezcla suelo - cemento - gravilla fueron consolidados en su estado fresco usando un vibrador eléctrico

estandar de 1" de diámetro; se vibró cada cilindro en tres capas, vibrando por un espacio de aproximadamente 10 segundos cada capa. Se hicieron 29 cilindros por cada dosificación o tolva. El total de cilindros fabricados para las 5 mezclas fue de 145 especímenes de 6" (15.2 cm) x 12" (30.2 cm) según norma (ASTM C - 192) y 15 cilindros de 4" (10.1 cm) x 8" (20.2 cm).

2.3.2 MEZCLAS EN ESTADO ENDURECIDO.

Los especímenes de suelo - cemento - gravilla se desmoldaron y se sumergieron en agua a las 24 ± 3 horas de colados, se dejaron sumergidos en una pila de curado hasta cumplir la edad de prueba.

Las pruebas realizadas a las mezclas de suelo - cemento - gravilla fueron: Resistencia a la compresión de cilindros y absorción.

2.4 DESCRIPCION Y RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO REALIZADAS A MEZCLAS PROPUESTAS DE SUELO - CEMENTO - GRAVILLA

2.4.1 PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Los especímenes premoldeados para esta prueba de resistencia están elaborados y curados de acuerdo a la norma

ASTM C-192.

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima medida de un espécimen a carga axial, que define calidad del mismo.

Su valor a los 28 días se usa como base para el diseño y para el control de calidad del concreto o mezcla con que se ha elaborado el espécimen; control que se ha adoptado en la presente investigación. En el laboratorio, esta prueba sirve como comprobación de los diseños de dosificaciones de mezclas, al comparar el valor obtenido en la prueba con el pronosticado por el diseño, y una de las aplicaciones más importantes, es que es la base de la aceptación o rechazo de una parte o de toda una estructura.

Para proporcionar una indicación anticipada del desarrollo de la resistencia a menudo se elabora y prueba un cilindro a 7 días, junto con cilindros de prueba a 28 días. Como regla práctica, la resistencia a 7 días aproximadamente se ha determinado que es del 60 al 75% de la resistencia a los 28 días, dependiendo del tipo y cantidad de cemento, relación agua - cemento, temperatura de curado así como de otras variables.

En cuanto a suelo - cemento se refiere, dependiendo del tipo de suelo que se utilice, las resistencias a compresión a 7 días, de los especímenes probados con el contenido mínimo de cemento que satisfaga los criterios de diseño para el suelo - cemento, por lo general variarán entre 21 y 56 Kg/cm².

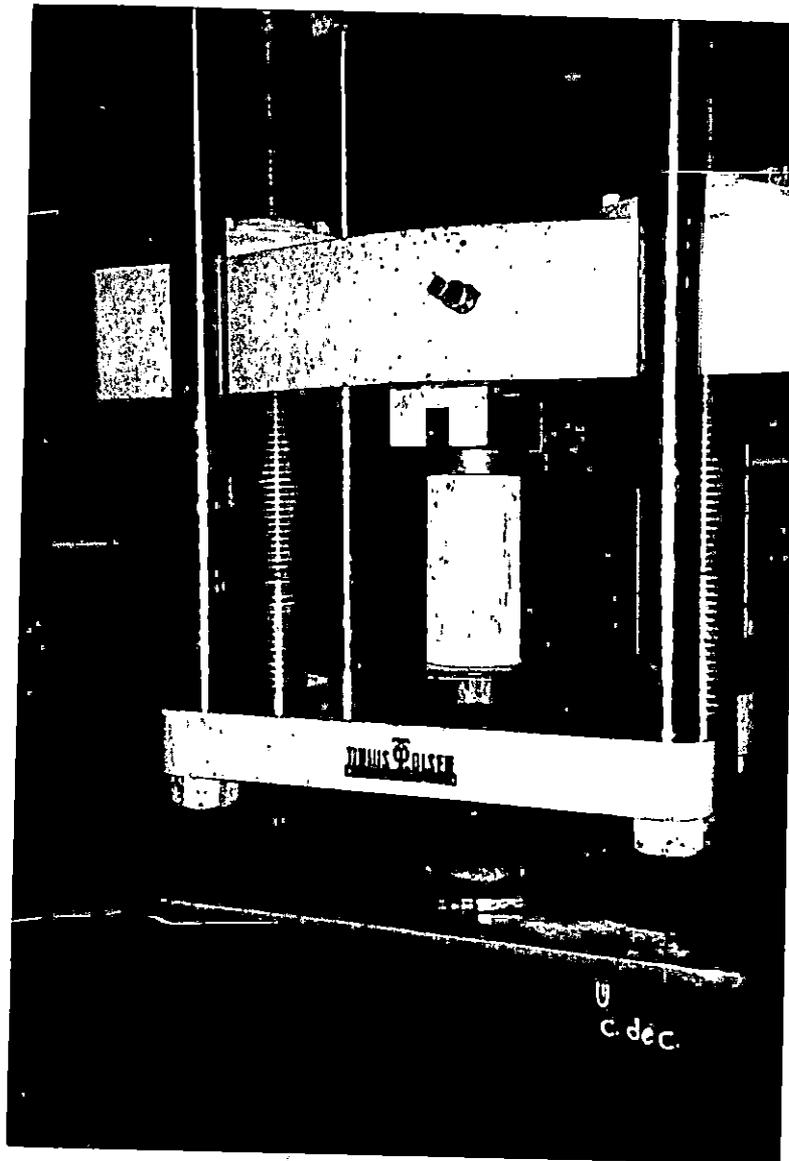
El suelo - cemento continúa desarrollando su resistencia con el paso del tiempo: se han obtenido resistencias a compresión mayores que 175 Kg/cm² luego de muchos años de servicios 41

El proceso de cabeceo de los especímenes se inicia al menos 3 horas antes de someterlos a la ruptura.

Una vez que se tienen los cilindros preparados de acuerdo a la norma ASTM C-192, el procedimiento empleado a seguir para la realización de la prueba es el siguiente:

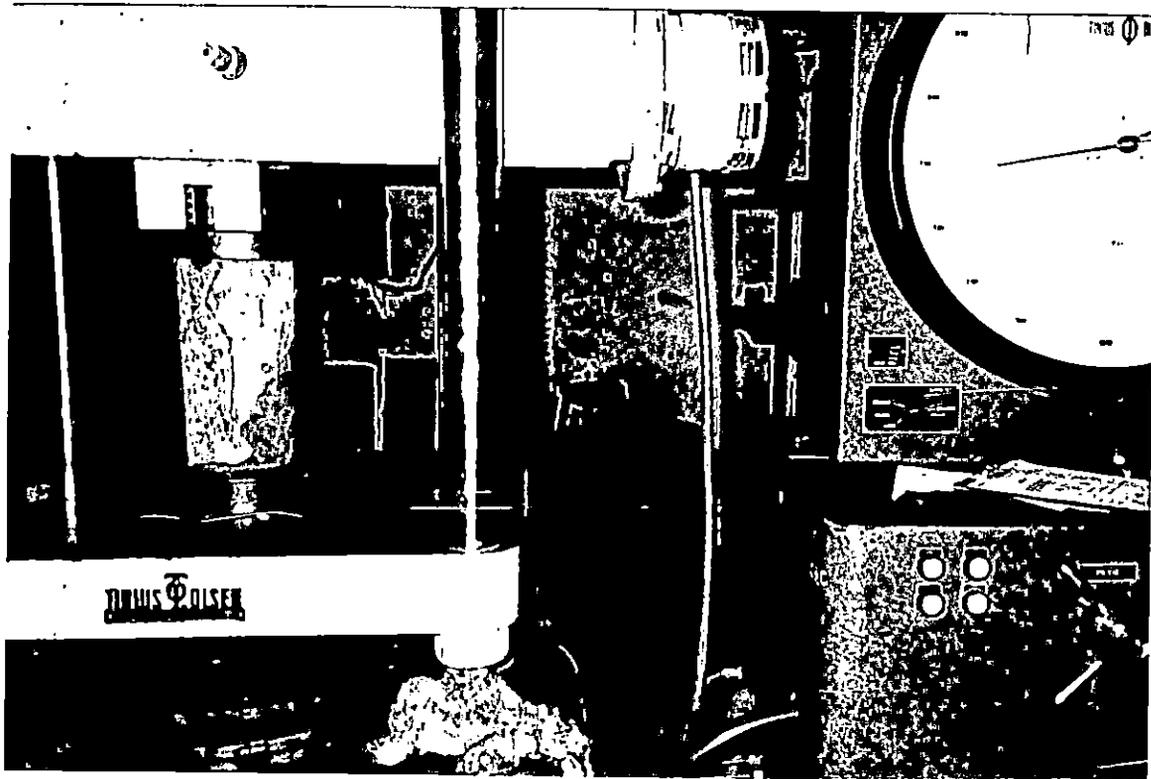
1. Calcular las dimensiones del cilindro. Para su cálculo se toman 3 lecturas de diámetro y de altura, para tomar promedios.

2. El espécimen se coloca en la máquina universal (Tinius Olsen), la cual en las áreas de contacto presenta una serie de círculos concéntricos de distintos diámetros (generalmente los que son más usuales en los cilindros de prueba), con el objeto de que el espécimen quede bien centrado y así reciba la carga uniformemente distribuida; se hace funcionar la máquina de modo que el espécimen se aproxime lentamente a la cabeza de carga hasta que encuentre apoyo completo, sin ocasionar choque, como puede observarse en la fotografía No 2.1 de la página 77.



FOTOGRAFIA Nº 2.1 Cilindro de S-C-G en contacto con cabeza de carga. (Máquina Universal T.O)

3. Se calibrará la máquina de carga en una escala de 0 - 40000 Kg iniciando con cero se aplica la carga uniformemente a una velocidad constante de 10 mm/min hasta que el espécimen falla, como se observa en la fotografía Nº 2.2 en página 78, luego se anota la carga máxima aplicada.



FOTOGRAFIA NO 2.2 Prueba de un cilindro de S-C-G a la compresión (máquina Universal T.O).

4. Después de la carga última, se aplica más carga al espécimen para romperlo y de esta forma determinar el tipo de falla que se ha obtenido.
5. Calcular la resistencia a la compresión del espécimen, mediante la formula:

$$\tau = \frac{P}{A}$$

en donde: τ = Esfuerzo (resistencia) en Kgs/cm²

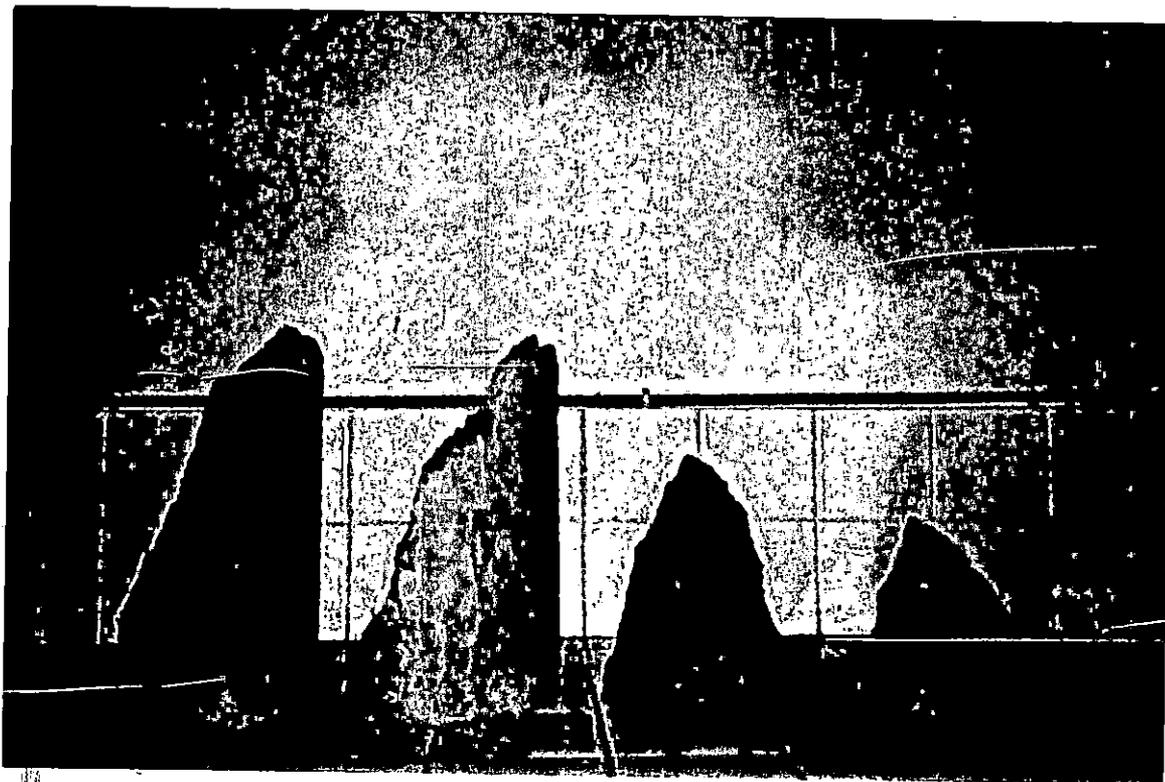
P = Carga máxima aplicada en Kgs

A = Area de contacto del cilindro en cm²

Los cilindros de suelo - cemento - gravilla fueron ensayados a las edades de 7, 14, 28 y 60 días con el objeto de elaborar curvas Resistencia contra Edad. Dichas curvas fueron graficadas ploteando los promedios de los datos recolectados en cada fecha de prueba.

Para los especímenes ensayados a la edad de 28 días, se realizó la ruptura de 18 cilindros por mezcla, con el objeto de someter los resultados a un análisis estadístico, orientado a conocer el comportamiento y dispersión de los datos, aunque de acuerdo a lo normado para mezclas de concreto el número de datos que se tienen por mezcla de suelo-cemento-gravilla no es suficiente para realizar un análisis estadístico confiable. Se hace ver que a los resultados obtenidos en las edades de 7, 14 y 60 días, también se les calculo su respectivas desviaciones y coeficientes de variación para dejar registrados los grados de variación que tuvieron entre si estos datos.

Después de realizado el ensayo a la compresión de cilindros a las diferentes mezclas de suelo-cemento-gravilla se observaron por lo general dos tipos de fallas en los especímenes: Diagonal y Cónica; ejemplo de estas fallas pueden verse en la fotografía N^o 2.3 de la página 80.



FOTOGRAFIA Nº 2.3 Fallas típicas en cilindros de S-C-G sometidos a la prueba de compresión.

Los resultados de la ruptura por cada mezcla están registrados en los cuadros Nº 2.8 al Nº 2.13, de la página 81 a la 86 y en las páginas 87 a la 91 se muestran los respectivos gráficos de Resistencia - Edad.

CUADRO No. 28

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

81

MEZCLA: A (3:1:2)

REVENIMIENTO: 3 CM

CILINDRO No.	DIAMETRO (cms)	ALTURA (cms)	AREA (cms ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL (Kg/m ³)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
EDAD 7 DIAS							
1	15.30	30.50	183.85	10,935	1,956.51	9,250	50.31
2	15.30	30.30	183.85	10,893	1,955.42	10,250	55.75
3	15.20	29.90	181.46	10,607	1,955.00	8,800	48.50
4	15.20	30.00	181.46	10,764	2,003.69	9,100	50.15
5	15.20	29.90	181.46	10,675	1,967.61	7,600	41.88
EDAD 14 DIAS							
1	15.20	30.10	181.46	10,748	1,967.91	12,250	67.51
2	15.20	30.30	181.46	10,880	1,978.92	13,700	75.50
3	15.30	30.00	183.85	10,809	1,959.75	13,750	74.79
EDAD 28 DIAS							
1	15.20	30.10	181.46	10,633	1,972.72	23,300	128.40
2	15.10	30.20	179.10	11,005	2,034.98	28,350	158.29
3	15.20	30.20	181.46	10,989	2,005.37	23,050	127.03
4	15.20	30.10	181.46	10,885	2,019.48	23,100	127.30
5	15.20	30.10	181.46	10,940	2,009.74	24,800	136.67
6	15.20	29.90	181.46	10,840	1,991.36	23,000	126.75
7	15.30	30.00	183.85	10,791	1,956.48	17,600	95.33
8	15.30	30.20	183.85	10,847	1,953.61	18,550	100.90
9	15.40	30.40	186.27	10,811	1,934.32	19,750	106.03
10	15.30	30.30	183.85	10,845	1,966.28	21,450	116.67
11	15.20	30.40	181.46	10,733	1,945.76	19,300	106.36
12	15.20	30.40	181.45	10,880	1,972.41	18,600	102.50
13	15.30	30.40	183.85	10,970	1,962.77	19,300	104.98
14	15.40	30.30	186.26	10,754	1,936.86	18,000	96.63
15	15.20	30.30	181.45	10,860	1,993.02	17,300	95.34
16	15.30	30.30	183.85	10,849	1,963.31	20,000	108.78
17	15.40	30.40	186.26	10,973	1,940.22	19,300	103.61
18	15.40	30.20	186.26	10,950	1,981.83	17,850	95.83
EDAD 60 DIAS							
1	15.20	29.40	181.46	10,452	1,959.16	31,000	170.84
2	15.20	29.80	181.46	10,675	1,974.11	29,300	161.47
3	15.20	29.50	181.46	10,397	1,941.13	29,100	160.36

CUADRO No. 29

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

82

MEZCLA : B (3.5:1:2.5)

REVENIMIENTO : 3 CM

CILINDRO No.	DIAMETRO (cms)	ALTURA (cms)	AREA (cms ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL (Kg/m ³)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
EDAD 7 DIAS							
1	15.4	30.30	186.27	11162	1977.68	8350	44.83
2	15.4	30.30	186.27	10979	1945.26	7850	42.14
3	15.4	30.30	186.27	11095	1965.81	7800	41.87
4	15.4	30.00	186.27	10915	1953.26	8300	44.56
5	15.4	29.90	186.27	10945	1965.18	7900	42.41
EDAD 14 DIAS							
1	15.3	30.40	183.85	10981	1964.74	12750	69.35
2	15.3	30.10	183.85	10943	1977.45	12750	69.35
3	15.3	29.80	183.85	10810	1966.49	13550	73.70
EDAD 28 DIAS							
1	15.2	29.50	181.46	10612	1982.41	20000	110.22
2	15.3	29.50	183.85	10573	1949.45	20350	110.69
3	15.3	29.60	183.85	10780	1980.9	22650	123.20
4	15.4	29.60	186.27	10780	1955.17	22350	119.99
5	15.2	29.60	181.46	10675	1987.44	16550	91.20
6	15.3	29.60	183.85	10693	1964.92	22550	122.65
7	15.2	29.60	181.46	10615	1976.27	22350	123.17
8	15.3	29.60	183.85	10690	1964.36	21050	114.50
9	15.3	30.00	183.85	10580	1918.23	20000	108.78
10	15.3	29.90	183.85	10903	1983.40	21950	119.39
11	15.7	29.50	193.59	11252	1969.91	22750	117.52
12	15.3	29.90	183.85	10770	1959.21	21300	115.86
13	15.3	29.80	183.85	10757	1963.41	22550	122.65
14	15.4	30.00	186.27	10845	1940.73	21000	112.74
15	15.3	29.80	183.85	10712	1955.19	21350	119.13
16	15.7	30.00	193.59	11438	1969.45	22450	115.97
17	15.3	30.00	183.85	10740	1947.24	20850	113.41
18	15.3	30.00	183.85	10820	1961.74	21900	119.12
EDAD 60 DIAS							
1	15.3	30.40	183.85	11066	1979.95	27100	147.40
2	15.2	30.30	181.46	11225	2041.56	30450	167.81
3	15.1	30.20	179.1	11027	2038.71	27100	151.31

CUADRO No. 2.10

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

83

MEZCLA : C (4:1:3)

REVENIMIENTO : 3 CM

CILINDRO No.	DIAMETRO (cms)	ALTURA (cms)	AREA (cms ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL (Kg/m ³)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
EDAD 7 DIAS							
1	15.1	30.1	179.10	10952	2031.79	7050	39.36
2	15.5	30.2	188.69	11037	1936.85	6500	34.45
3	15.6	29.9	191.13	11585	2027.19	8700	45.52
4	15.3	30.3	183.85	10991	1973.02	6550	35.63
5	15.3	30.0	183.85	10981	1991.50	8850	48.14
EDAD 14 DIAS							
1	15.3	30.1	183.85	11190	2042.05	10300	56.02
2	15.2	30.1	181.45	11120	2029.27	9950	54.83
3	15.4	30.4	186.26	11080	1963.26	11200	60.13
EDAD 28 DIAS							
1	15.7	29.7	193.59	11950	2044.19	22900	118.29
2	15.4	29.9	186.27	10950	1998.64	16150	86.70
3	15.2	29.0	181.46	10496	1994.66	16250	89.55
4	15.2	30.1	181.46	11002	2014.41	20400	112.42
5	15.2	30.2	181.46	10970	2001.90	16850	92.86
6	15.3	29.8	183.85	11000	2007.76	20100	109.33
7	15.2	30.0	181.46	10893	2001.10	19750	108.84
8	15.3	29.9	183.85	11033	2007.05	19750	107.42
9	15.1	29.8	179.10	10736	2011.77	21400	119.47
10	15.3	29.1	183.85	10944	1990.86	17000	92.47
11	15.2	30.0	181.46	10857	1994.49	18800	103.60
12	15.3	30.0	183.86	10980	1990.75	16200	88.66
13	15.1	30.0	179.10	10959	2039.87	20800	116.11
14	15.2	30.0	181.46	10990	2018.92	19750	108.84
15	15.3	30.1	183.85	10869	1964.08	17250	94.37
16	15.3	29.8	183.85	10939	1996.63	16150	87.84
17	15.2	29.8	181.46	10872	2010.65	19400	106.91
18	15.4	29.7	186.27	10841	1959.72	16700	89.65
EDAD 60 DIAS							
1	15.2	30.5	181.46	11207	2024.92	27000	148.79
2	15.2	30.5	181.46	11305	2042.63	26500	146.04
3	15.2	30.5	181.46	11141	2019.99	27600	152.10

CUADRO No. 2.11

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

84

MEZCLA : D (4.5:1:3.5)

REVENIMIENTO : 3 CM

CILINDRO No.	DIAMETRO (cms)	ALTURA (cms)	AREA (cms ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL (Kg/m ³)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
EDAD 7 DIAS							
1	15.3	30.3	183.85	10924	1986.93	4600	25.02
2	15.3	30.3	183.85	10930	1982.07	5400	29.37
3	15.3	30.2	183.85	11033	1980.56	5200	28.28
4	15.3	29.3	183.85	10603	1987.58	5400	29.37
5	15.1	30.4	179.10	10758	1976.11	5200	29.03
EDAD 14 DIAS							
1	15.4	30.2	186.27	10935	1943.98	9550	51.27
2	15.4	29.9	186.27	10853	1948.76	8900	47.78
3	15.3	30.0	183.85	10650	1930.92	8800	47.87
EDAD 28 DIAS							
1	15.3	29.6	183.85	10764	1977.96	14100	76.69
2	15.2	29.5	181.46	10644	1988.39	15200	83.76
3	15.4	30.0	186.27	10975	1964.1	15600	83.75
4	15.4	29.8	186.27	10799	1945.57	15200	81.60
5	15.3	29.3	183.85	10678	1982.25	16150	87.84
6	15.2	29.6	181.46	10617	1976.64	14500	79.91
7	15.2	29.4	181.46	10570	1981.28	14550	80.18
8	15.2	29.3	181.46	10630	1999.33	16250	89.55
9	15.2	29.2	181.46	10602	2000.89	15600	85.97
10	15.3	29.4	183.85	10720	1983.28	14500	78.87
11	15.3	29.3	183.85	10502	1949.58	15050	81.86
12	15.2	29.4	181.46	10634	1993.28	14800	81.86
13	15.3	29.3	183.85	10672	1981.14	14600	79.41
14	15.3	29.8	183.85	10915	1992.25	12600	68.53
15	15.2	29.5	181.46	10627	1983.35	13800	76.05
16	15.2	28.8	181.46	10620	1997.45	15350	84.59
17	15.3	29.3	183.85	10707	1987.63	14700	79.96
18	15.3	29.2	183.85	10619	1978.05	15700	85.39
EDAD 60 DIAS							
1	15.3	30.1	183.85	11637	2102.86	24900	140.88
2	15.5	30.4	188.69	11811	2059.04	24900	131.96
3	15.2	30.4	181.46	11010	1995.87	24750	136.39

CUADRO No. 2.12

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

85

MEZCLA : B (2:1:3)

REVENIMIENTO : 3 CM

CILINDRO No.	DIAMETRO (cms)	ALTURA (cms)	AREA (cms ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL (Kg/m ³)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
EDAD 7 DIAS							
1	15.30	30.40	183.85	11,480	2,054.02	13,050	70.98
2	15.30	30.50	183.85	11,565	2,062.44	12,300	66.90
3	15.30	30.50	183.85	11,528	2,055.85	12,550	68.26
4	15.80	30.30	196.07	12,278	2,091.79	13,600	69.37
5	15.30	30.40	183.85	11,480	2,054.02	12,250	66.63
EDAD 14 DIAS							
1	15.20	30.00	181.46	11,245	2,065.77	20,000	110.22
2	15.10	30.00	179.10	11,050	2,084.39	19,975	111.53
3	15.20	30.00	181.46	11,198	2,084.47	19,025	104.84
EDAD 28 DIAS							
1	15.20	29.60	181.46	11,145	2,074.95	30,300	166.98
2	15.40	29.60	186.27	11,405	2,068.64	27,050	145.23
3	15.20	30.00	181.46	11,275	2,071.16	28,050	154.58
4	15.30	30.00	183.85	11,290	2,046.96	29,600	161.00
5	15.40	29.90	186.27	11,415	2,049.68	27,850	149.51
6	15.40	29.90	186.27	11,322	2,032.98	30,200	162.13
7	15.20	29.90	181.46	11,325	2,087.31	27,700	152.65
8	15.40	29.90	186.27	11,195	2,010.17	29,800	159.98
9	15.30	29.80	183.85	11,406	2,081.87	23,000	125.10
10	15.40	30.00	186.27	11,353	2,031.75	30,900	165.89
11	15.30	30.00	183.85	11,184	2,027.74	29,400	159.91
12	15.40	29.60	186.27	11,158	2,023.83	30,700	164.81
13	15.30	30.00	183.85	11,182	2,027.38	31,050	168.89
14	15.40	29.70	186.27	11,261	2,035.64	31,050	166.89
15	15.30	30.00	183.85	11,240	2,037.89	27,750	150.94
16	15.80	29.80	196.07	11,196	1,916.17	30,950	157.85
17	15.40	29.80	186.27	11,320	2,039.44	28,550	153.27
18	15.40	29.70	186.27	11,312	2,044.86	28,100	150.86
EDAD 60 DIAS							
1	15.20	30.50	181.46	11,712	2,116.16	31,000	170.84
2	15.30	30.50	183.85	11,796	2,103.64	31,100	169.16
3	15.20	30.50	181.46	11,574	2,091.23	35,950	198.12

CUADRO No. 2.13
 CUADRO RESUMEN: ESFUERZOS PROMEDIO
 RESISTENCIA A LA COMPRESION"

EDAD (DIAS)	NUMER DE PRUEBA	ESFUERZ PROMEDI (Kgs/cm ²)	f _c ESPERADA A A LOS 28 DIAS (Kgs/cm ²)	DESVIACIO STANDAR n-1	COEFICIENT DE VARIACI C.V
MEZCLA A (3:1:2)					
7	5	49.32	82.20	4.98	10.10
14	3	72.60		4.42	6.10
28	18	71.31		18.82	16.91
60	3	164.23		5.75	3.50
MEZCLA B (3.5:1:2.5)					
7	5	43.16	71.93	1.42	3.29
14	3	70.80		2.51	3.54
28	18	115.40		7.57	6.56
60	3	155.51		10.83	6.56
MEZCLA C (4:1:3)					
7	5	40.62	67.70	6.02	14.82
14	3	56.99		2.78	4.88
28	18	101.85		11.47	11.28
60	3	148.98		3.03	2.03
MEZCLA D (4.5:1:3.5)					
7	5	28.21	47.02	1.84	6.52
14	3	48.97		1.99	4.10
28	18	81.41		4.84	5.94
60	3	136.41		4.46	3.27
MEZCLA E (2:1:3)					
7	5	68.43	114.05	1.80	2.63
14	3	108.86		3.55	3.26
28	18	156.46		10.45	6.68
60	3	179.37		16.26	9.07

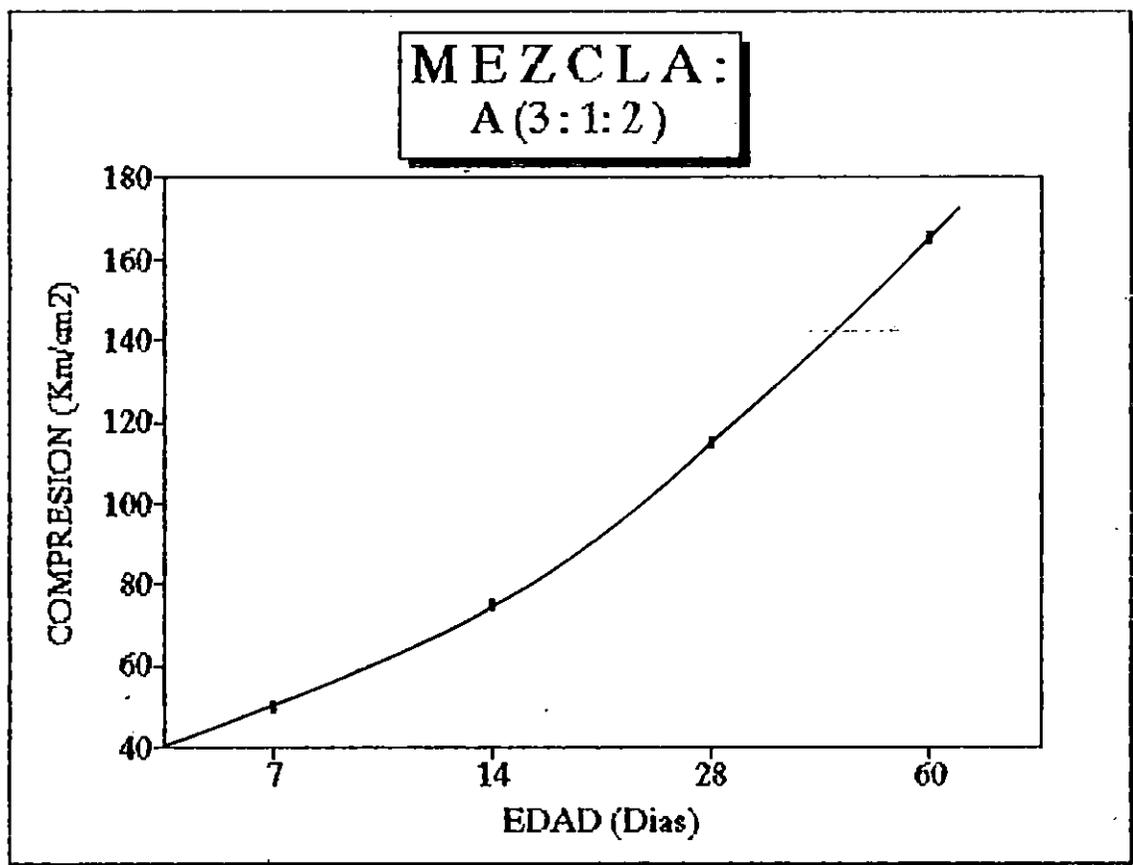


GRAFICO 2.4 RESISTENCIA - EDAD

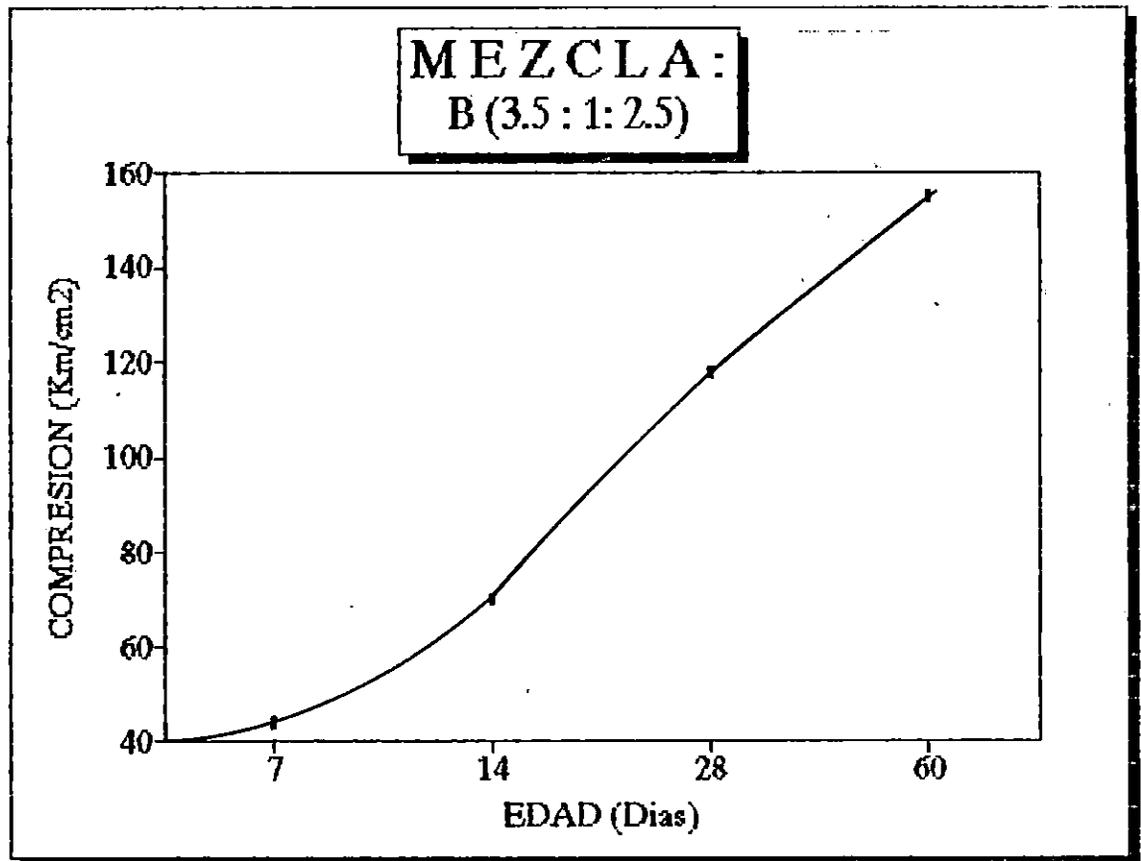


GRAFICO 2.5 RESISTENCIA - EDAD

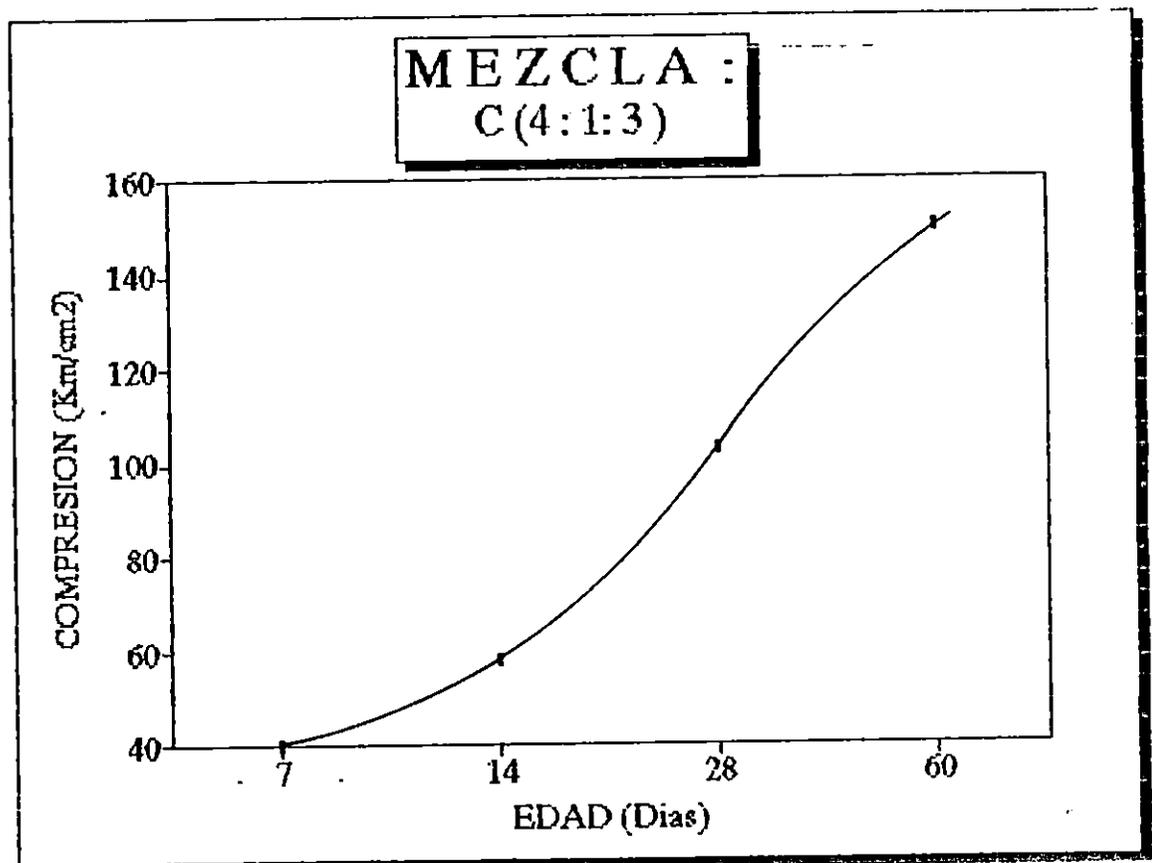


GRAFICO 2.6 RESISTENCIA - EDAD

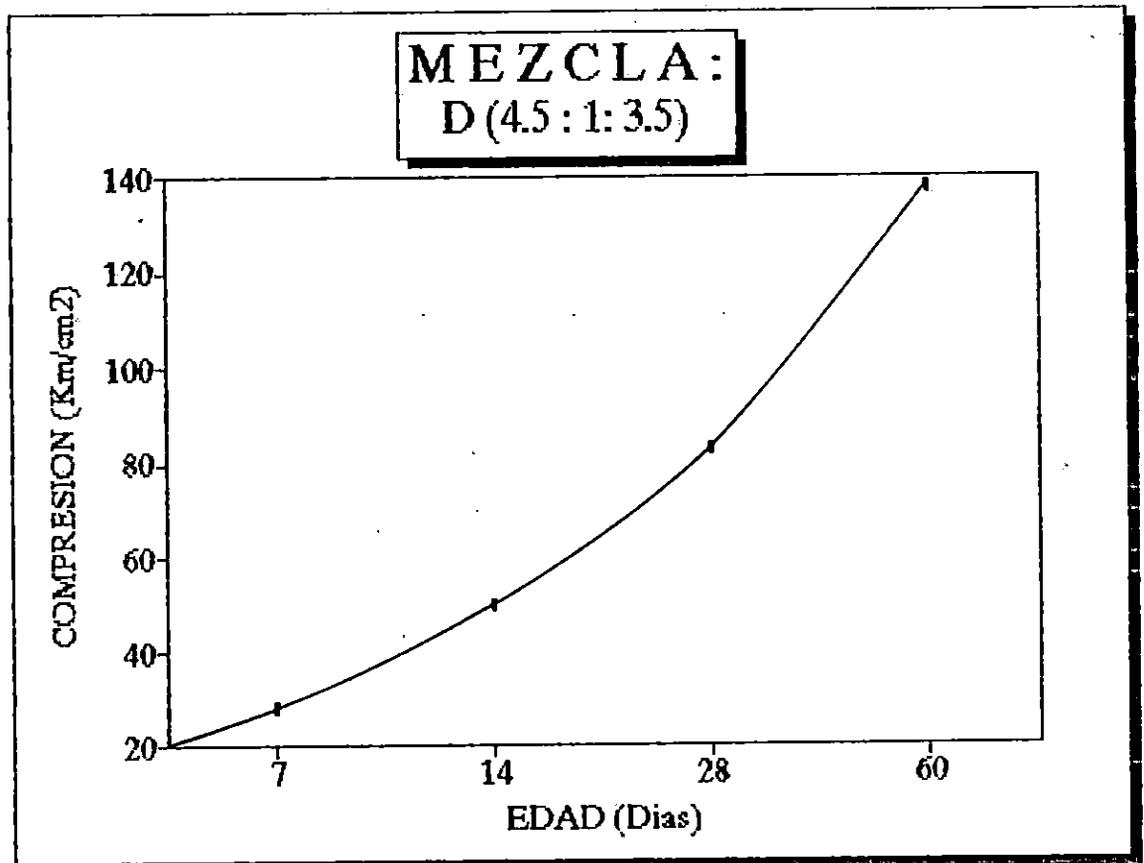


GRAFICO 2.7 RESISTENCIA - EDAD

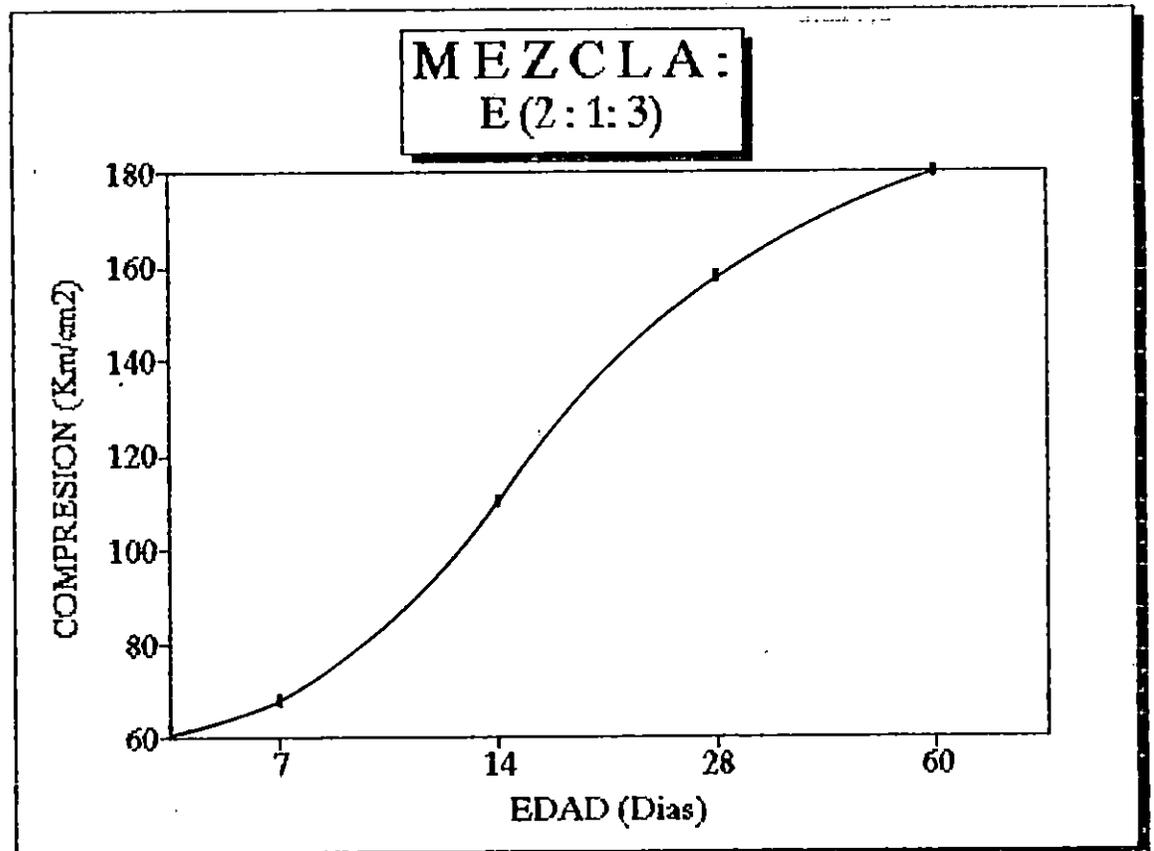


GRAFICO 2.8 RESISTENCIA - EDAD

2.4.2 PRUEBA DE ABSORCION

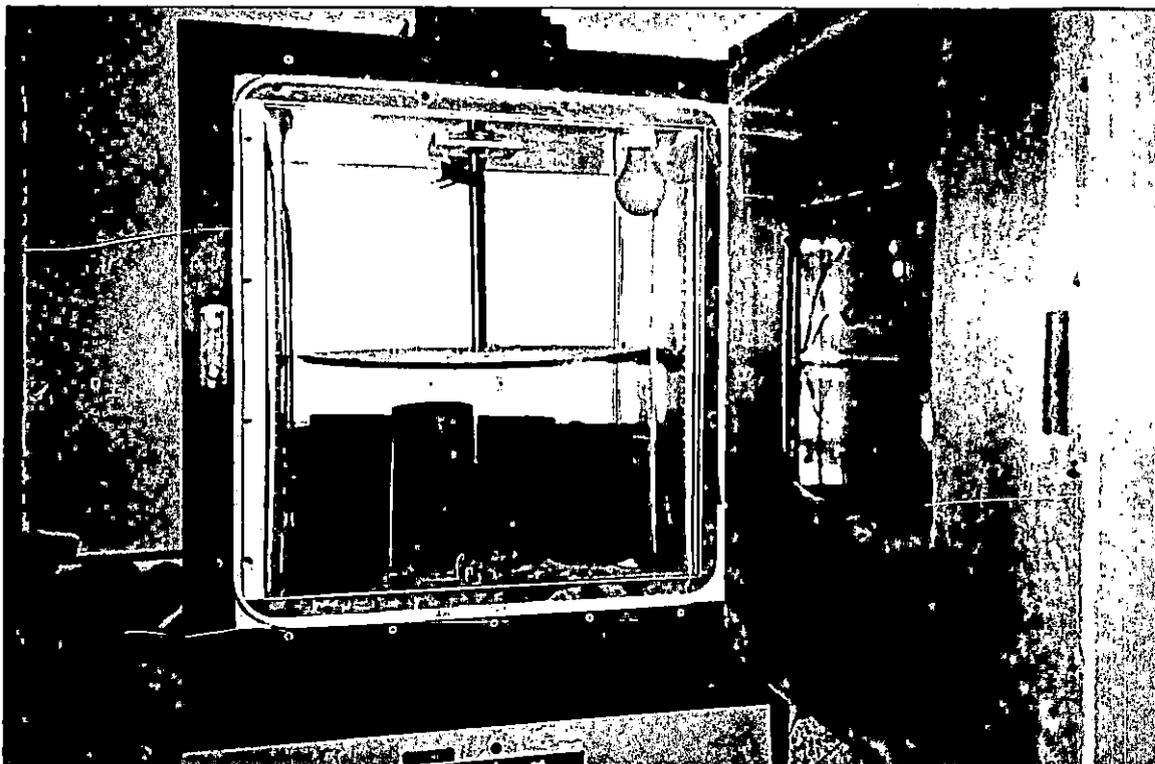
El objetivo de este ensayo es determinar el grado de absorción que tiene un material o una mezcla endurecida.

Para determinar el porcentaje de absorción de las mezclas de suelo - cemento - gravilla, se fabricaron 15 cilindros (4" x 8"), 3 por cada mezcla y se curaron en una pila de curado por un lapso de 28 días.

El procedimiento seguido para determinar el porcentaje de absorción de las mezclas se resume en los siguientes pasos:

1. Se tomaron 3 muestras de cada cilindro y se secaron en un horno a temperatura constante (110 °C), por un período de 24 horas, ver Fotografía N° 2.4 en página 93.
2. Se retiraron las muestras del horno y se pesaron en una balanza de precisión, con el objeto de registrar el peso seco de cada muestra (W_s).
3. Se sumergieron las muestras en una pila con agua a temperatura ambiente por un período de 48 horas, asegurando de esta manera que las muestras se saturaran por completo.
4. Se sacaron las muestras de la pila de curado y se secaron superficialmente con una franela para dejarlas en la condición de saturado superficialmente seco, como puede verse en la fotografía N° 2.5 de la página 94.

5. Se obtuvo el peso de las muestras en condición de saturado superficialmente seco (W_{ss}) usando para ello una balanza de precisión, ver fotografía Nº 2.6 en página 95.



FOTOGRAFIA Nº 2.4 Secado de muestras de S - C - G a temperatura constante. (110°C)

6. Finalmente se calcularon los porcentajes de absorción para cada mezcla usando la formula:

$$\% \text{ ABS} = \frac{W_{ss} - W_s}{W_s} \times 100\%$$

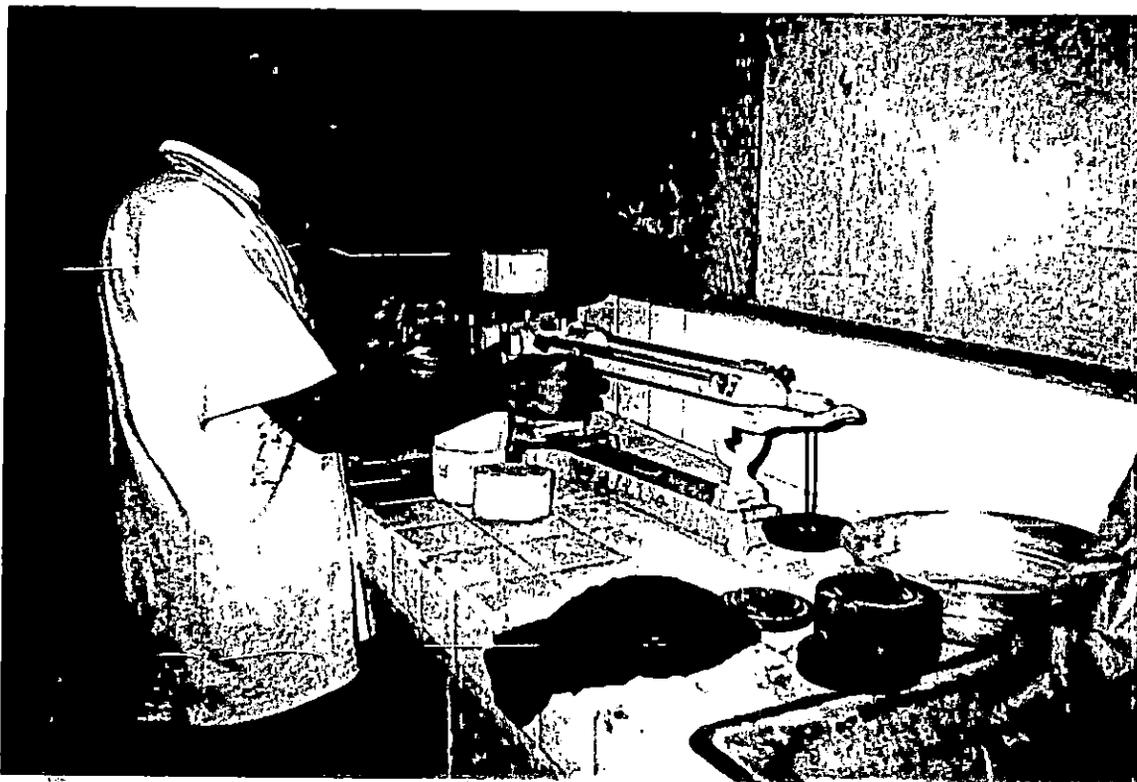
En donde: W_s = Peso seco, en gr.

W_{ss} = Peso saturado superficialmente seco, en gr.



FOTOGRAFIA Nº 2.5 Secado individual de muestras de S - C - G, para alcanzar la condición de saturado superficialmente seco.

El registro de datos y resultados obtenidos para la prueba de absorción en las mezclas de suelo - cemento - gravilla, se presenta en el cuadro Nº 2.14 en página 96.



FOTOGRAFIA Nº 2.6 Pesado de muestras de S - C - G en
condición de saturado superficialmente
seco.

CUADRO No. 214

ENSAYO DE ABSORCION

MEZCLAS: A, B, C, D, E, EDAD: 28 DIAS

CILINDRO No.	MUESTRA	W _{max} (gr)	W _o (cm ²)	ABSORCION (Kgr)	ABSORCION FROMEDIO	ABSORCION FROM DIO GENERAL
MEZCLA A (3:1:2)						
1	11	1,217	1,125	8.18	7.48	6.69
	12	1,033	968	6.71		
	13	1,098	1,021	7.54		
2	21	1,190	1,114	6.82	6.31	
	22	1,104	1,040	6.15		
	23	1,147	988	5.97		
3	31	1,137	1,070	6.26	6.29	
	32	1,158	1,096	5.66		
	33	1,029	962	6.06		
MEZCLA B (3.5:1:2.5)						
1	11	1,221	1,119	9.70	9.34	10.92
	12	1,168	1,050	11.24		
	13	1,030	962	7.07		
2	21	993	908	9.36	7.19	
	22	1,115	1,052	5.99		
	23	1,281	1,205	6.22		
3	31	1,214	1,043	16.40	16.22	
	32	1,157	997	16.05		
	33	1,046	900	16.22		
MEZCLA C (4:1:3)						
1	11	996	880	18.18	11.34	11.85
	12	1,180	1,053	12.06		
	13	1,215	1,117	8.77		
2	21	1,269	1,153	10.06	10.12	
	22	1,060	965	9.84		
	23	1,023	926	10.47		
3	31	947	817	15.91	14.09	
	32	1,108	988	12.15		
	33	1,270	1,112	14.21		
MEZCLA D (4.5:1:3.5)						
1	11	1,226	1,133	8.21	8.42	9.07
	12	1,106	1,031	7.27		
	13	1,021	930	9.78		
2	21	1,228	1,122	9.45	9.51	
	22	1,090	987	10.43		
	23	1,054	970	8.66		
3	31	1,189	1,087	9.38	9.29	
	32	1,145	1,050	9.05		
	33	1,043	953	9.45		
MEZCLA E (2:1:3)						
1	11	1,200	1,194	6.75	7.00	7.79
	12	1,148	1,074	6.89		
	13	1,150	1,071	7.38		
2	21	1,314	1,243	5.71	7.03	
	22	1,118	1,035	8.02		
	23	1,178	1,004	7.37		
3	31	1,089	986	10.45	9.34	
	32	1,180	1,109	6.40		
	33	1,332	1,198	11.18		

2.4.3 COMENTARIOS DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO Y SELECCION DE MEZCLAS PARA LA FABRICACION DE TUBERIAS.

De la fabricación de cilindros de suelo - cemento - gravilla y de los resultados obtenidos de prueba de laboratorio: resistencia a la compresión y absorción se puede comentar lo siguiente:

- De acuerdo a la experiencia, las resistencias altas a la compresión del concreto están ligadas a propiedades reológicas adecuadas, en especial la manejabilidad de la mezcla al momento de la consolidación en los moldes; para el caso específico de las mezclas de suelo - cemento - gravilla se observó buena manejabilidad en todos los casos, debido principalmente al tamaño reducido del agregado máximo usado (gravilla), de acuerdo a lo observado se define la mezcla de suelo - cemento - gravilla como una mezcla que a pesar de trabajarse en este caso con muy poco revenimiento (3.00cm) presentó características reológicas excelentes al aplicarle poca energía de consolidación mecánica (10 seg aproximadamente por capa).

- Al analizar los resultados del cuadro Nº 2.13 de la página 86 obtenidos de la prueba de resistencia a la compresión para las mezclas propuestas, se puede comentar si bien es cierto la edad de prueba base para las mezclas de suelo - cemento - gravilla se tomó de 28 días, se ha podido constatar

que los incrementos en la resistencia a edades mayores de prueba son bastante altos, como puede observarse en el siguiente cuadro:

CUADRO Nº 2.15 RELACIONES PORCENTUALES ENTRE RESISTENCIA A LA COMPRESION TOMANDO COMO BASE LA RESISTENCIA A LOS 28 DIAS

MEZCLA (S:C:G)	7 días	14 días	28 días	60 días
A	44.3%	65.2%	100%	147.5%
B	37.4%	61.3%	100%	134.7%
C	39.9%	55.9%	100%	146.2%
D	34.6%	60.1%	100%	167.5%
E	43.7%	69.5%	100%	114.6%

A partir de este hecho, sería recomendable establecer para el caso de mezclas de suelo - cemento - gravilla, como edad de prueba base la edad de 60 días; para este caso haciendo relaciones porcentuales entre las resistencias que ofrecen las mezclas y la resistencia que presentan a los 60 días, se tendría para el presente estudio las siguientes relaciones; que se muestran en el cuadro Nº 2.16 de la página 99.

CUADRO Nº 2.16 RELACIONES PORCENTUALES ENTRE RESISTENCIAS A LA COMPRESION TOMANDO COMO BASE LA RESISTENCIA A LOS 60 DIAS

MEZCLA (S-C-G)	7 días	14 días	28 días	60 días
A	30.03%	44.20%	67.77%	100%
B	27.75%	45.52%	74.20%	100%
C	27.26%	38.25%	68.36%	100%
D	20.68%	35.89%	59.68%	100%
E	38.15%	60.69%	87.22%	100%

Se determinó al analizar los resultados obtenidos (cuadro Nº 2.13 en página 86, cuadro Nº 2.14 en página 96, gráficos Resistencia - Edad en páginas 87 a la 91) de las pruebas de laboratorio realizadas a las cinco mezclas propuestas de suelo - cemento - gravilla, que las mezclas que presentan mayores valores de resistencia y adecuados porcentajes de absorción son las siguientes: 2:1:3, 3:1:2 y 3.5:1:2.5.

De acuerdo a lo especificado, para el desarrollo de las etapas posteriores de el presente estudio, se seleccionaron estas tres mezclas como las más adecuadas para fabricar tubos de suelo - cemento - gravilla y dar así continuidad a la etapa siguiente de esta investigación.

2.5 DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION DE TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA POR EL METODO DE VIBRADO

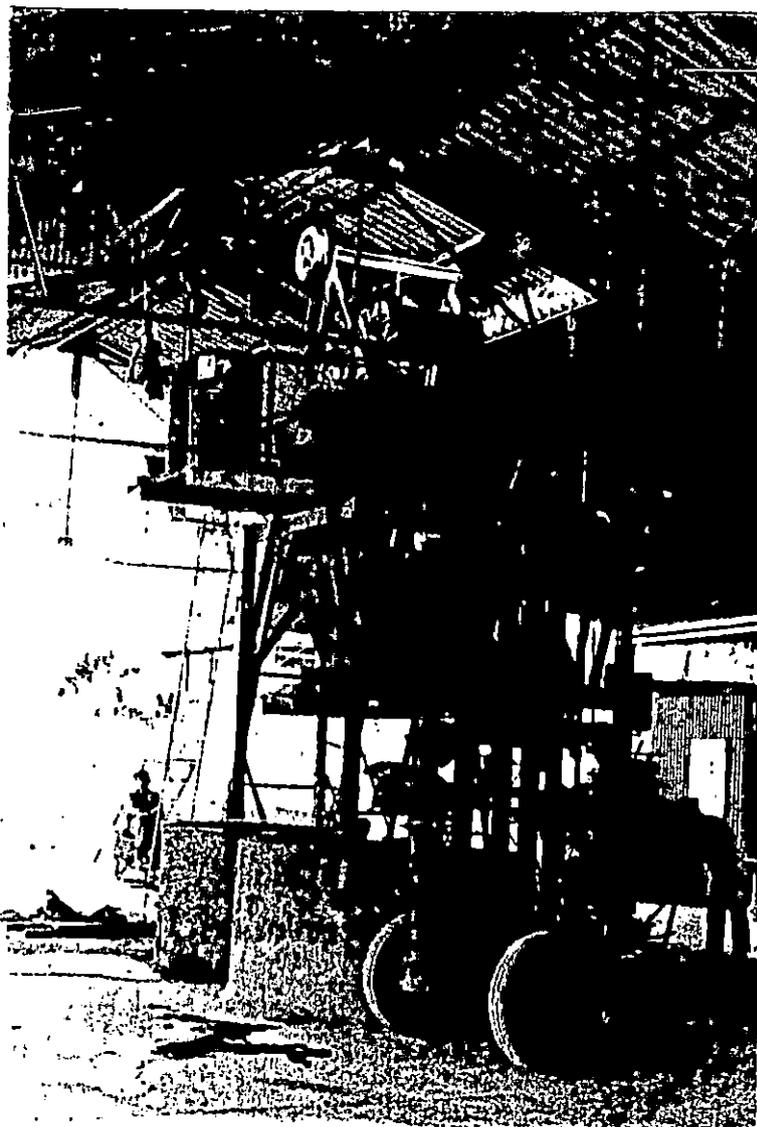
Teniendo seleccionadas las proporciones: 3:1:2, 3.5:1:2.5 y 2:1:3 de suelo-cemento-gravilla para la fabricación de las tuberías, se prosigue con la etapa de fabricación de los tubos usando el método de vibrado.

El método de vibración a seguir para la fabricación de tuberías de suelo - cemento - gravilla, será el utilizado para fabricar las tuberías de mortero (arena- cemento - gravilla), ya que no existe un proceso definido para obtener el producto deseado, debido a que el uso del suelo-cemento como material de construcción es bastante nuevo en nuestra medio.

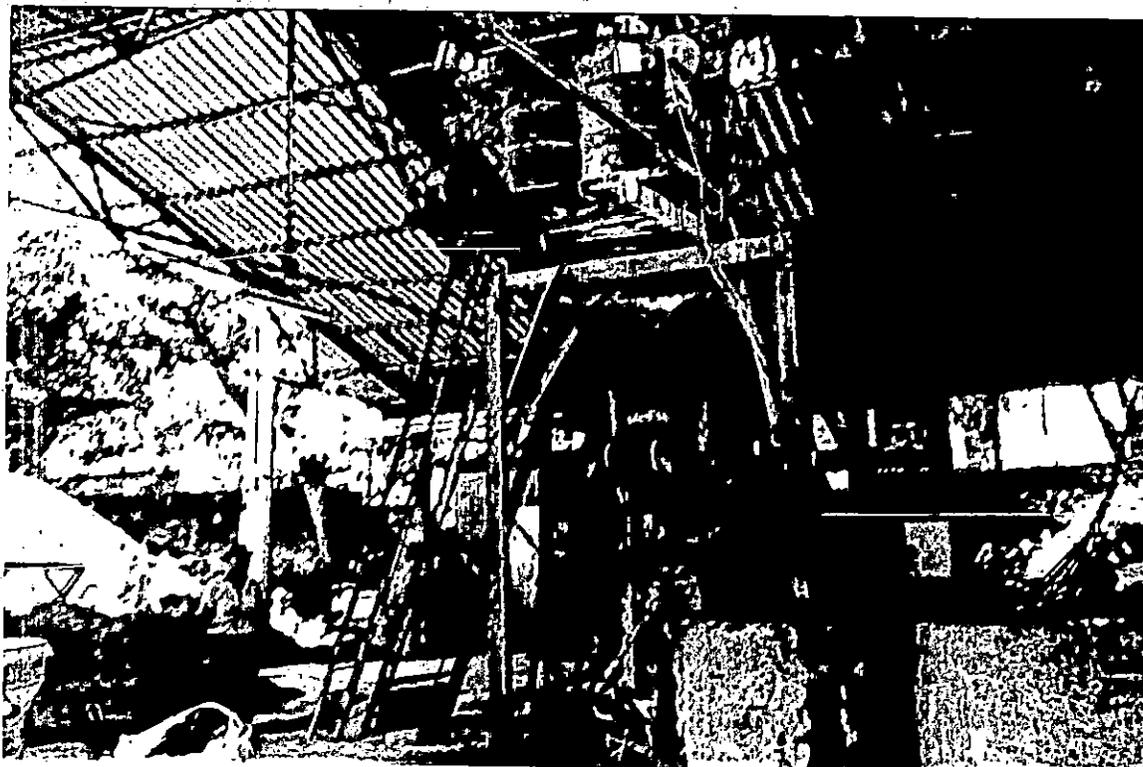
Para la fabricación de tubos en grandes cantidades por este método se hace uso de una máquina eléctrica de alta capacidad de producción (ver fotografías N^o 2.7 y N^o 2.8 en páginas 101 y 102), en la cual se producen normalmente 300 tubos de 4" de diámetro por día, 275 de 6" por día y 250 de 8" por día. Dicha máquina consta de los siguientes accesorios:

1. Tolva dosificadora (ver fotografía No. 2.9 en página 104)
2. Tolva mezcladora (ver fotografías No. 2.10 y N^o 2.12 en páginas 104 y 106)
3. Banda Transportadora (ver fotografía No. 2.13 en página 107)
4. Tambor (ver fotografía No. 2.14 en página 107)

5. Corona (ver fotografía No. 2.15 en página 108)
6. Moldes (ver fotografía No. 2.15 en página 108)



FOTOGRAFIA Nº 2.7 Maquina para la fabricación de tubos por el método de vibrado (vista frontal)



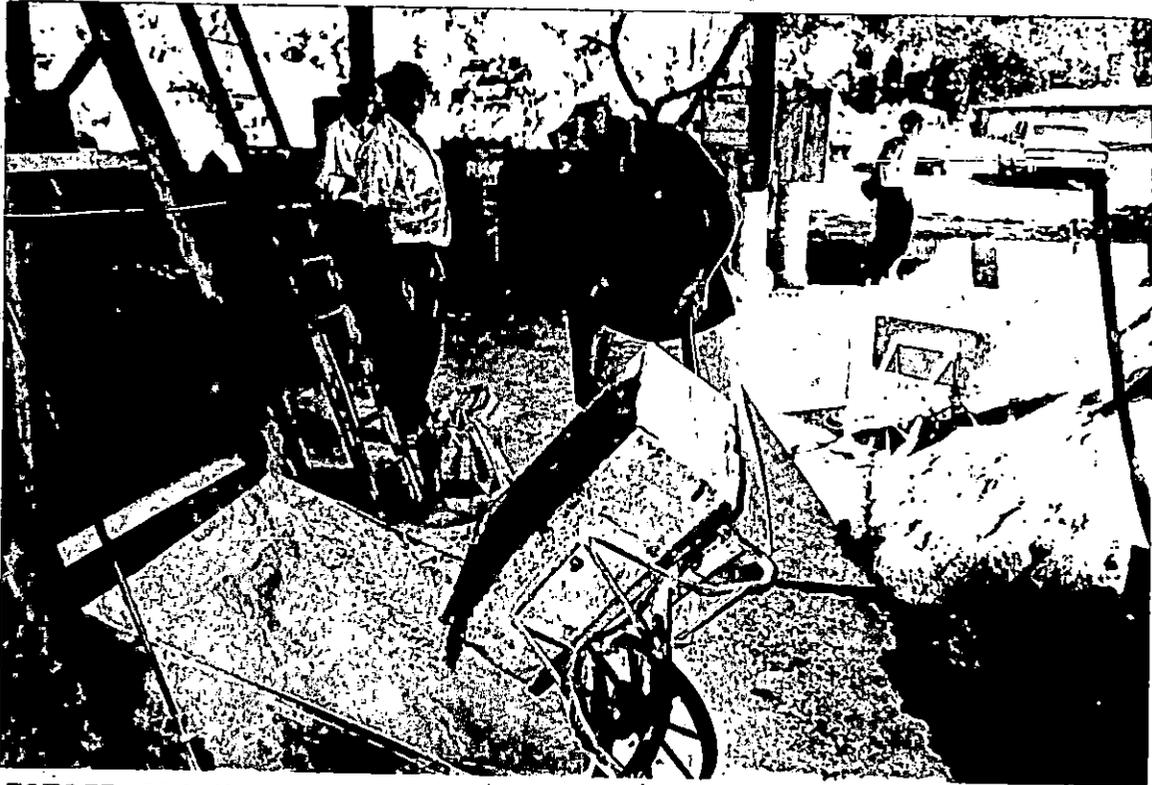
FOTOGRAFIA Nº 2.8 Máquina para la fabricación de tubos por el método de vibrado (vista lateral)

El proceso constructivo se inicia con la adquisición de los materiales: Suelo, cemento y gravilla; una vez que los materiales están en acopio se siguen los pasos siguientes:

1. Se tamiza el suelo en forma manual, es decir pasando en suelo por una malla metálica de 1/4" de abertura, con el objeto de eliminar partículas de pómez mayores del 1/4" que puedan afectar el comportamiento del tubo, tanto en la resistencia como en la absorción (hacen que la resistencia disminuya y aumente la absorción).

Se ha utilizado una malla de 1/4" de abertura con el propósito de obtener un suelo más fino y de esta forma tratar de cumplir con uno de los objetivos de este estudio: mejorar la absorción con respecto al estudio anterior de tuberías de suelo-cemento. En cuanto a la gravilla se tamizó por una malla de 3/8" de abertura, para evitar complicaciones entre el agregado y el espesor de los moldes pequeños.

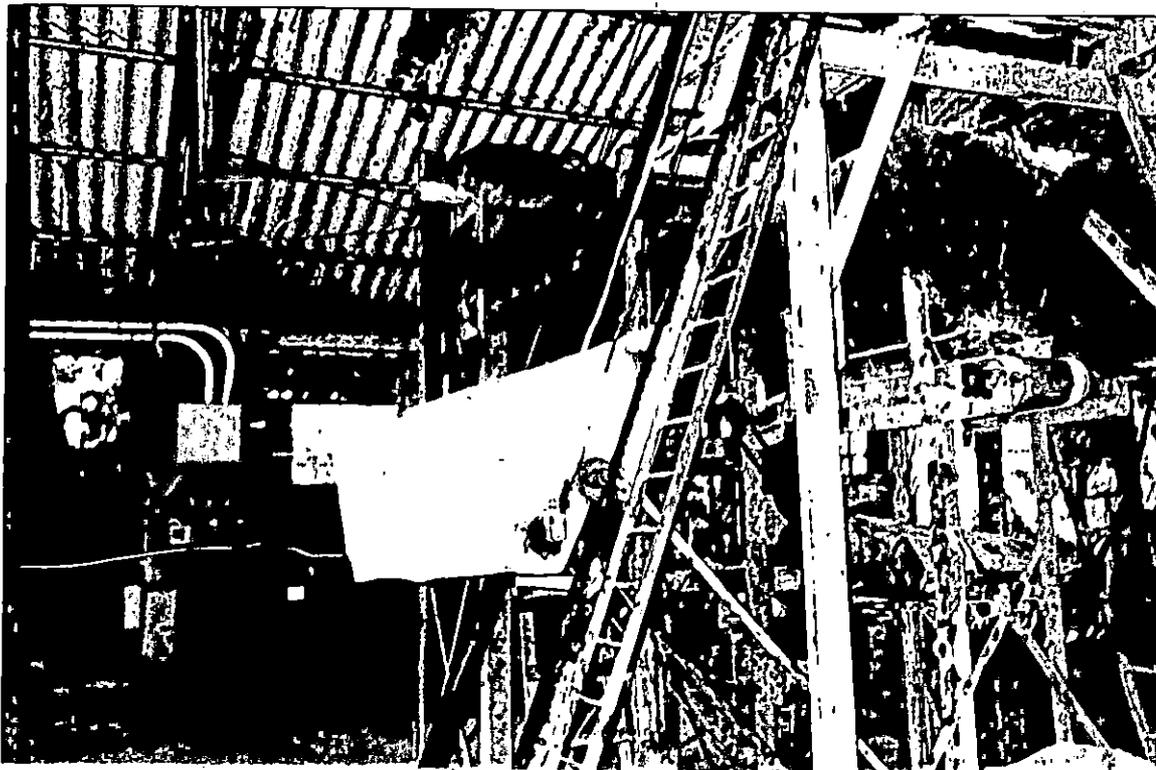
2. Se coloca el material: suelo, cemento y gravilla en las proporciones deseadas en la tolva mezcladora, la cual se encuentra al nivel del piso, lo que facilita el procedimiento de descarga del material, el cual es transportado mediante una carretilla manual como se observa en la fotografía No. 2.9 en página 104.
3. Se traslada el material de la tolva dosificadora a la tolva mezcladora, esta segunda tolva se encuentra en la parte superior de la máquina, como se muestra en la fotografía No. 2.10 en página 104. La operación se realiza mecánicamente al ser impulsada hacia arriba la tolva dosificadora a través de un dispositivo de cables, como se observa en la fotografía No.2.11 en página 105.



FOTOGRAFIA Nº 2.9 Colocación del Material en la Tolva Dosificadora

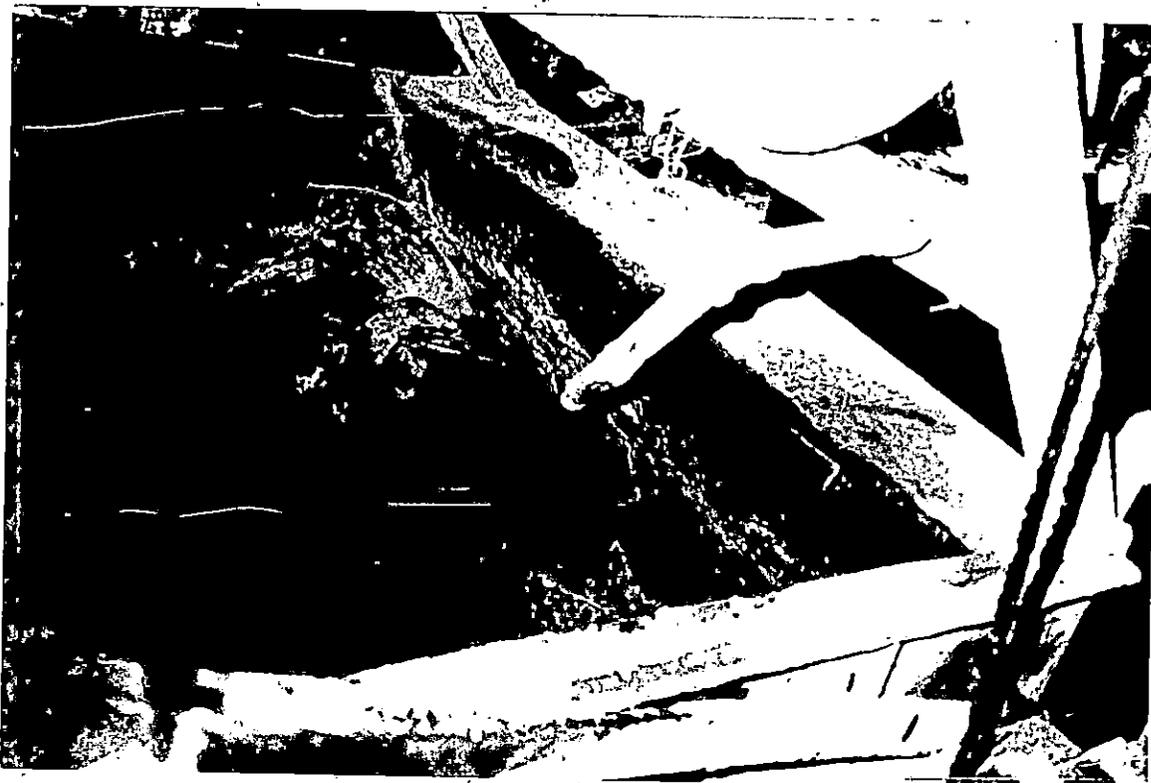


FOTOGRAFIA No. 2.10 Tolva Mezcladora



FOTOGRAFIA No. 2.11 Traslado de Material de la Tolva Dosificadora a la Tolva Mezcladora.

4. Se adiciona la cantidad de agua que la mezcla requiere, lo cual queda al criterio del dosificador (tomando en cuenta las condiciones de la humedad del suelo y gravilla), a medida que se adiciona agua, se mezclan los materiales mediante unas aspas en la tolva mezcladora, como se observa en la fotografía No.2.12 en página 106.



FOTOGRAFIA No. 2.12 Mezclado de Materiales en la Tolva Mezcladora.

5. Se transporta la mezcla mediante una banda transportadora hacia el tambor a presión, la cual se encuentra en la parte inferior de la tolva mezcladora. Cuando se ha transportado material suficiente para la fabricación de un tubo se detiene automáticamente. Ver fotografías No. 2.13, No. 2.14 en página 107.

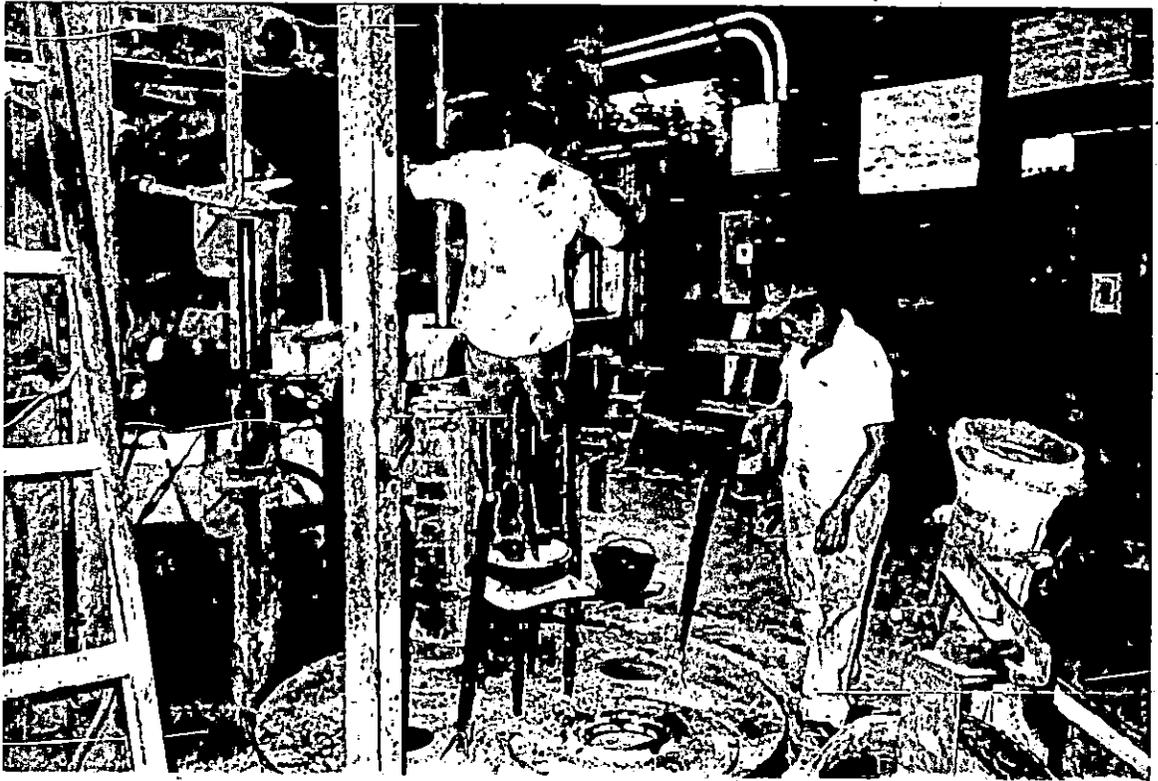


FOTOGRAFIA No. 2.13 Transporte de Mezcla Mediante Banda Transportadora.



FOTOGRAFIA No. 2.14 Deposito de Mezcla en Tambor a Presión.

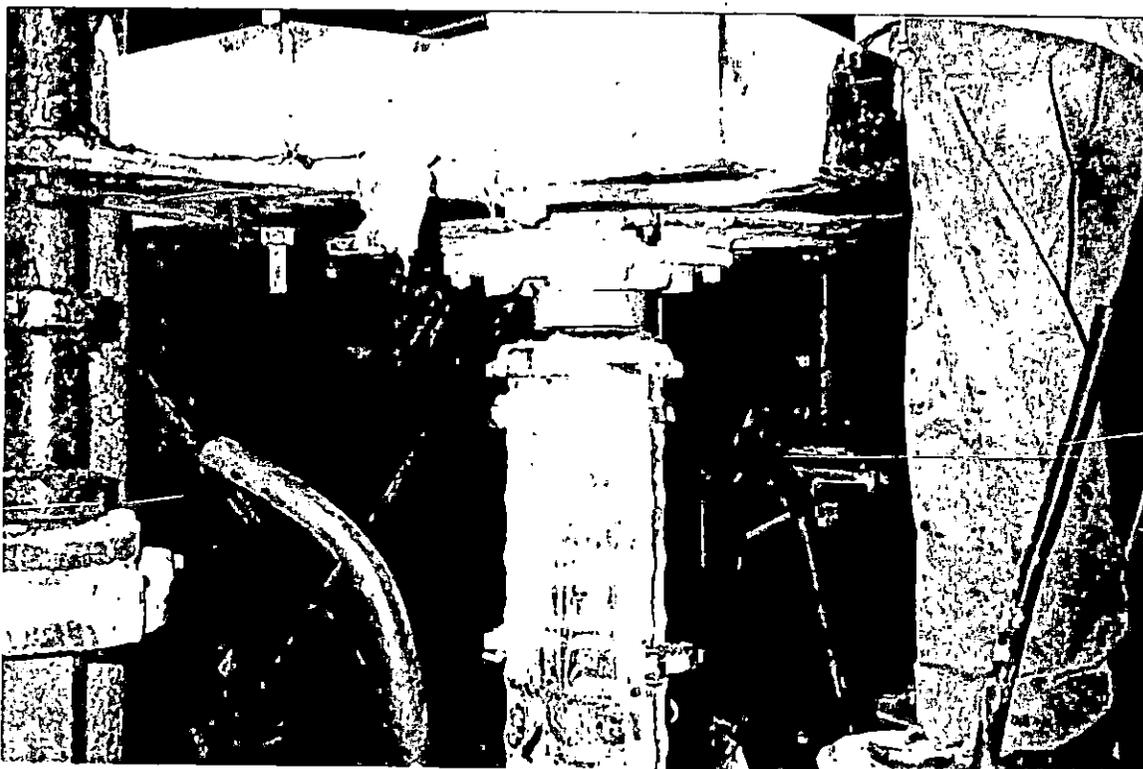
6. Se deposita y se compacta la mezcla en los moldes, haciendo bajar el tambor con movimiento giratorio aplicando presión y a la vez haciendo subir la corona que forma la balona. Ver fotografías No. 2.15 y No. 2.16 en página 109.



FOTOGRAFIA No. 2.15 Depósito y Compactación de Material en el Molde.

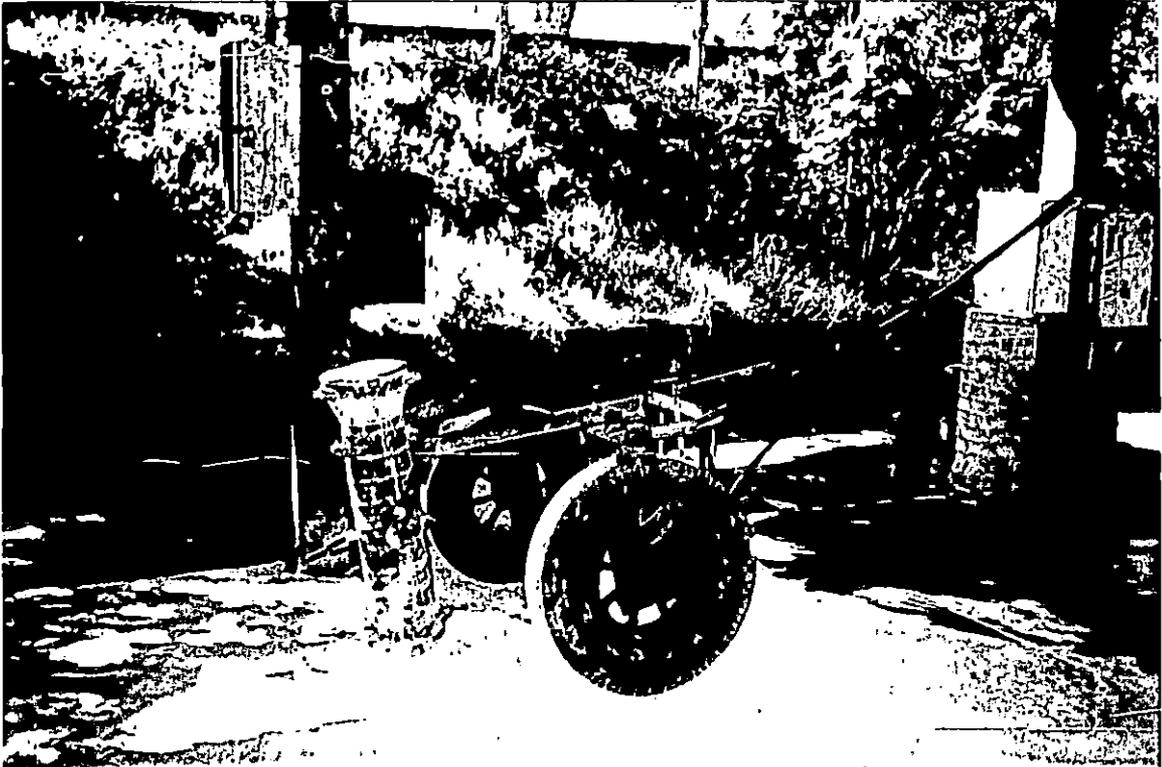
7. Se trasladan los moldes conteniendo el material compactado al sitio adecuado donde serán desmoldados y a la vez curados; esto se realiza empleando un vehículo llamado diablo, como se muestra en la fotografía N^o 2.17 en página 110 que ha sido diseñado especialmente para ese

fin y se hace funcionar manualmente.



FOTOGRAFIA No. 2.16 Deposito y Compactación de Material en el Molde.

8. Desmoldado de Tubos. Los moldes están provistos de agarraderos laterales que se utilizan para su manejo tanto en el proceso de traslado como en el desmoldado, para lograr un desmoldado adecuado se sujeta el molde de los agarraderos y se golpea suavemente contra el piso en forma vertical y luego se separa el molde, como se muestra en la fotografía No. 2.18 en página 110.



FOTOGRAFIA No. 2.17 Diablo, Dispositivo para Trasladar los Moldes.



FOTOGRAFIA No. 2.18 Desmoldado de Tubos.

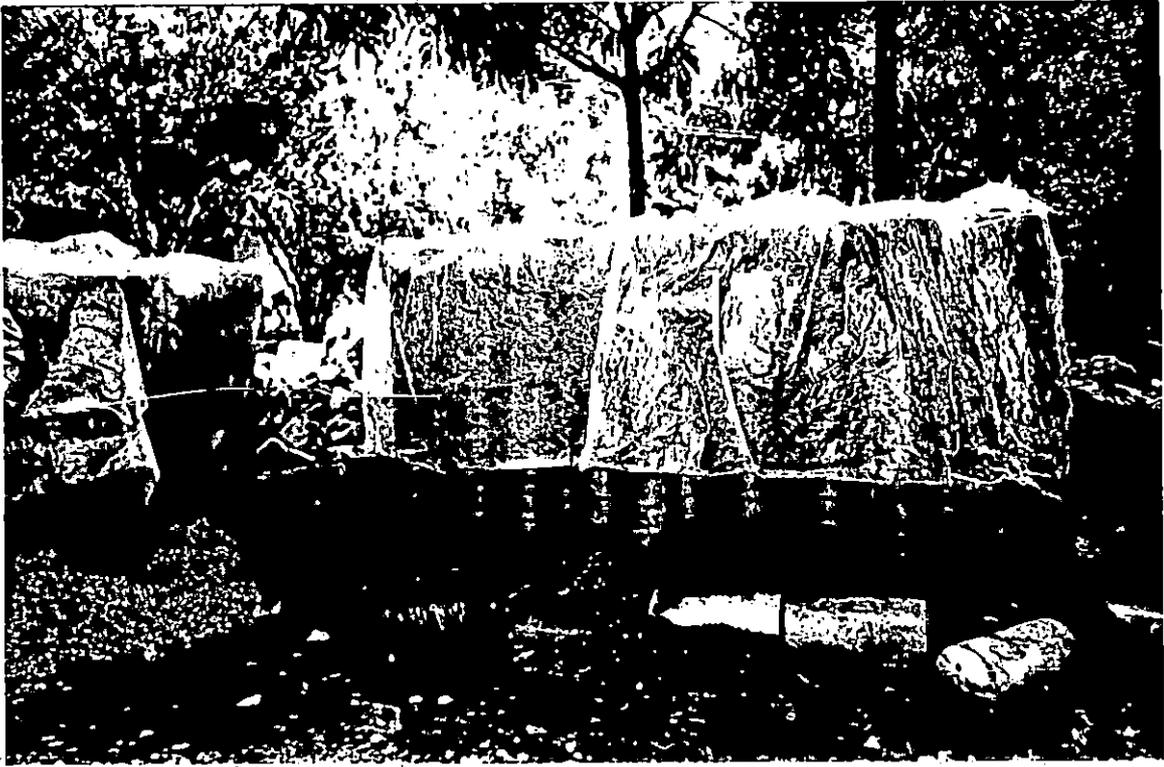
9. El proceso de curado se hace durante los primeros 8 días, aplicando agua potable mediante rociado continuo 3 veces al día como se muestra en la fotografía N° 2.19. Durante este periodo de curado los tubos se mantienen en un lugar techado para protegerlos del sol y de la lluvia.

Después de este periodo de curado se optó por el método de estancamiento, el cual consiste en retener agua por medio de bordes de arena o de tierra, en el perímetro de la superficie del tubo ⁴². Para nuestro caso se ha usado gravilla como



FOTOGRAFIA N° 2.19 Curado de Tubos por el método de rociado

⁴² Kosmaka, Steven H. y Panarese, William C. Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Editorial del IMCYC 1ra impresión México; 1992, página 136.



FOTOGRAFÍA No. 2.20 Curado de Tubos por el Método por estancamiento

2.6 DESCRIPCION Y RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO REALIZADAS A TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA.

De la selección cualitativa y cuantitativa de los materiales de construcción depende enormemente el buen desarrollo y funcionamiento de las obras de ingeniería, es por eso que los materiales de construcción constituyen un elemento fundamental para el estudio del ingeniero civil, así existen asociaciones internacionales que se encargan de establecer normas y otro tipo de especificaciones para el uso adecuado de dichos materiales, tales como: Instituto Americano del Concreto (ACI), Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) y otros.

Para nuestro estudio, en lo que se refiere a tubos de suelo-cemento-gravilla, se ha adoptado la norma ASTM C- 14M-88, debido a que no existen normas que regulen los tubos en estudio.

Además, de las normas ASTM C-118 M y ASTM C- 497 M los ensayos para la aceptación de las propiedades de las tuberías son:

1. Esfuerzo de aplastamiento para carga externa
2. Absorción
3. Permeabilidad
4. Hidrostática

De acuerdo a los requisitos de la norma ASTM C-14 M y de ANDA, en el presente estudio solo se hicieron las tres primeras pruebas para que los tubos puedan ser aprobados, por considerarlas como las mas representativas como parámetros de calidad en tuberías.

2.6.1 PRUEBA DE ESFUERZO DE APLASTAMIENTO PARA CARGA EXTERNA.

Esta prueba es un ensayo de control de calidad para verificar que la tubería terminada tiene la suficiente capacidad para soportar las cargas de aplastamiento establecidas en las normas respectivas o un ensayo para determinar lo adecuado en el diseño.

La resistencia al aplastamiento de tubos de concreto no reforzado estará de acuerdo a los requisitos prescritos en el cuadro N^o 2.17 de la página 115.

El ensayo sera hecho de acuerdo con el método C-497M. El tubo será aceptable cuando las pruebas cumplan con los requisitos especificados en las normas respectivas que se encuentran descritas en el anexo del presente estudio.

La prueba consiste en ensayar el tubo en una maquina diseñada especialmente para aplicar sobre el tubo una fuerza de aplastamiento en un plano a través del eje vertical extendido a

lo largo de la longitud del tubo, como se muestra en la fotografía No.2.21.



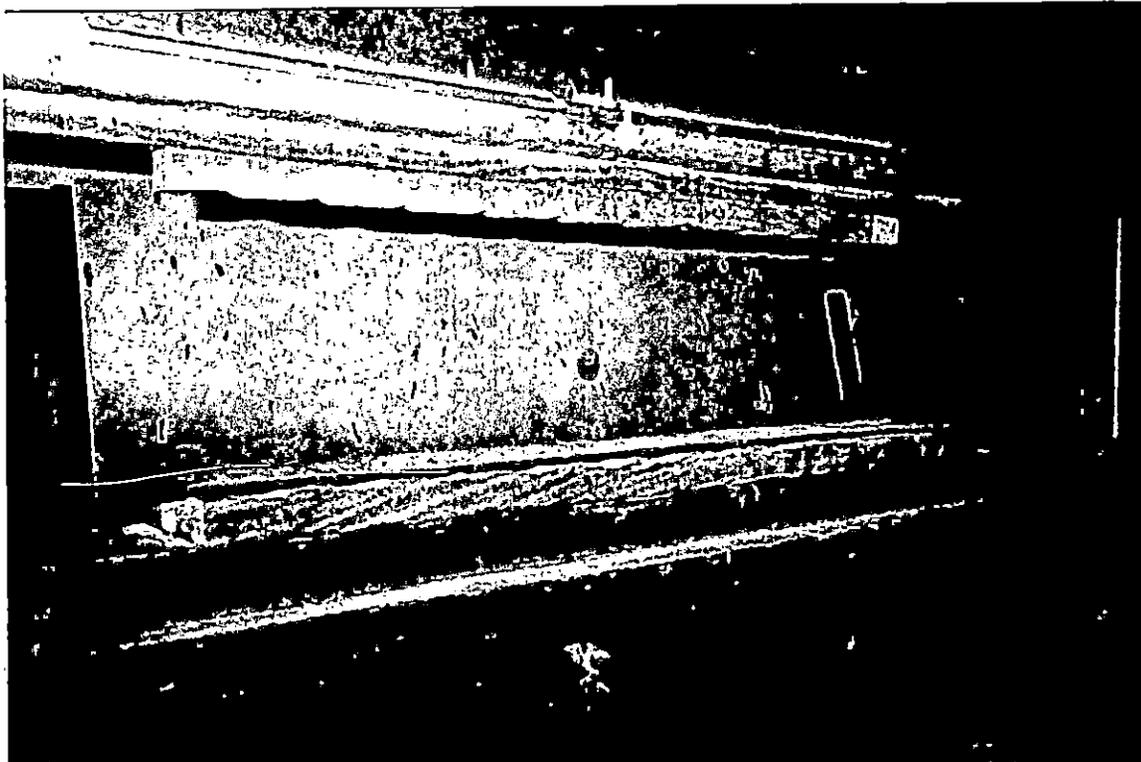
FOTOGRAFIA No.2.21 Máquina para Prueba de Aplastamiento.

La máquina para realizar la prueba es lo suficientemente rígida para que la distribución uniforme de carga no sea afectada por deformaciones. Para obtener una carga uniformemente distribuida es necesario separar la balona del tubo que será ensayado, tal como se muestra en la fotografía No. 2.22 en página 117.



FOTOGRAFIA No. 2.22 Tubos con Balonas y Tubos sin Balonas.

Debido a que los tubos a ensayar presentan irregularidades fue necesario resolver este problema, para ello se colocaron moldes de madera que se adaptan a las irregularidades del tubo y colocando sobre ellos piezas rectangulares de neoprene, como se observa en la fotografía N^o 2.23 en página 118, las cuales dan un mejor acomodamiento del tubo sobre el molde de madera, todo esto se hace para que pueda aplicarse una carga uniformemente distribuida sobre el tubo.



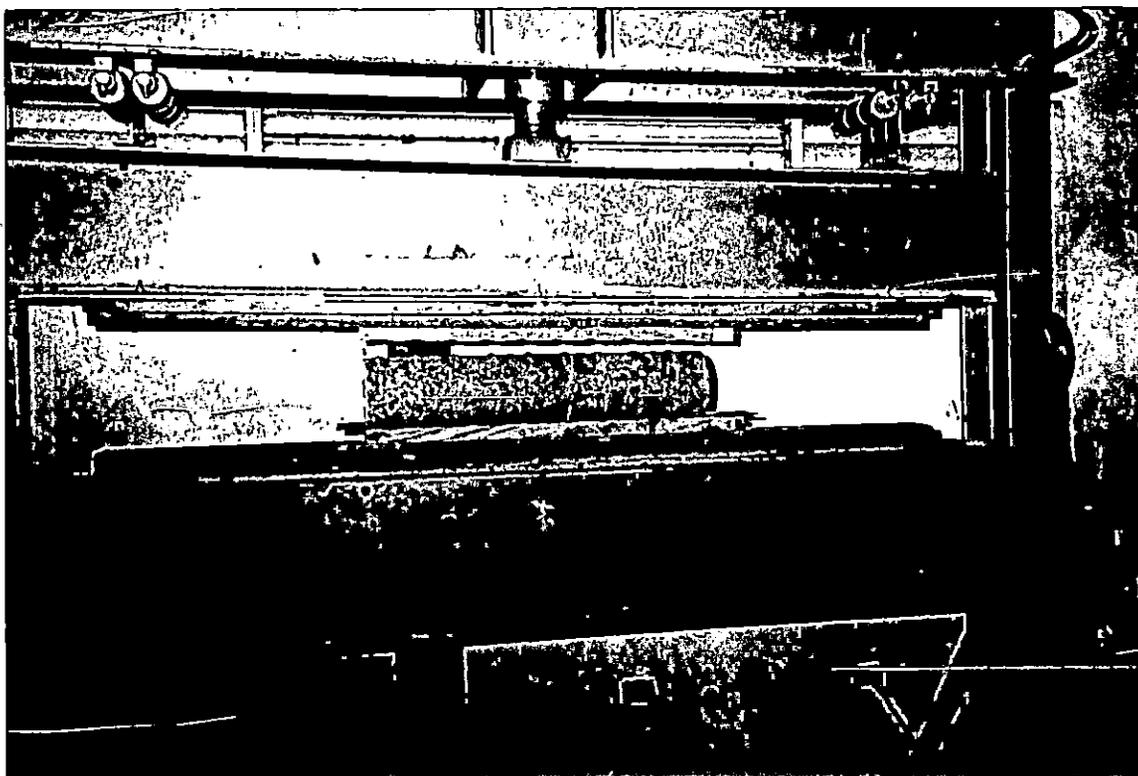
FOTOGRAFIA No. 2.23 Molde de Madera que se Adapta a Irregularidades del Tubo y Colocación de Piezas de Neoprene.

Para esta prueba, la velocidad de aplicación de la carga debe estar comprendida entre 18.60 kg/m/seg. y 74.41 Kg/M/seg., para nuestro estudio los tubos a ensayar tienen una longitud de aproximadamente 80.00 cm., expresando la carga a aplicar en un intervalo de tiempo de 5 seg., esta debe estar comprendida entre 74.40 Kg. y 297.60 Kg.⁴⁴

El procedimiento seguido para la realización de la prueba según la norma ASTM C-497 es el siguiente:

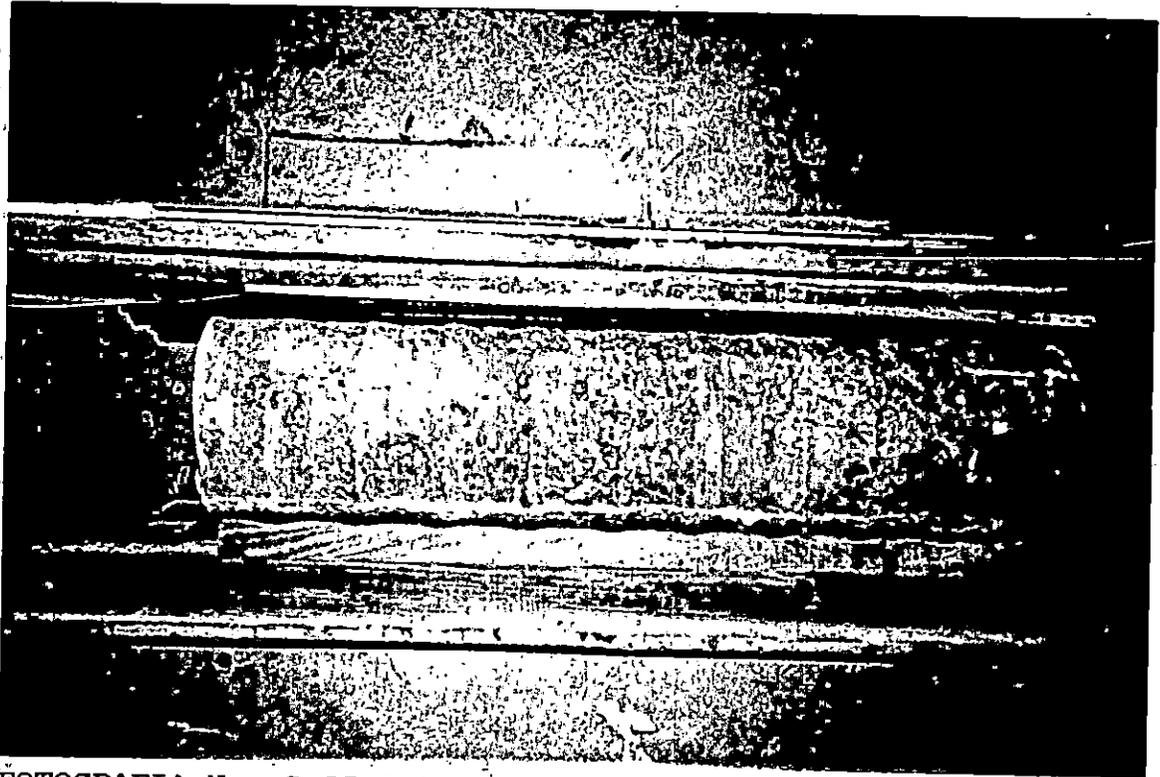
⁴⁴ Colón Villalta, Rafael [Et Al];
Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
Cemento II Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Universidad de El Salvador; 1989, pag. 29

1. Después que se le ha cortado la balona al tubo a ensayar, se determina su peso, longitud y espesor.
2. Se colocó la pieza neoprene sobre el apoyo inferior de madera (ver fotografía No.2.23 en página 118) y luego el tubo sobre la pieza de neoprene como se muestra en la fotografía. No.2.24



FOTOGRAFIA No. 2.24 Colocación del Espécimen Sobre el Apoyo Inferior.

3. Se colocó la viga superior (apoyo) en contacto con la parte superior del tubo (la cual transmitirá la carga), sin aplicar carga, existiendo entre ambos apoyos y el tubo una pieza de neoprene, como se observa en la fotografía No.2.25



FOTOGRAFIA No. 2.25 Colocación del Apoyo Superior en Contacto con el Espécimen sin aplicar carga.

4. Se aplicó la carga comprendida entre 74.40 kgs. y 297.60 kgs. a una velocidad de 74.00 Kg/m/seg, manteniéndola constante hasta alcanzar la ruptura del tubo y anotar el valor de la carga máxima aplicada. (Pm)

5. Calcular el valor de la carga de la ruptura, usando la formula:

$$Pr = \frac{Pm}{Le}$$

En donde: Pr= carga de ruptura en Kg/m

Pm= carga máxima aplicada en kgs.

Le= Longitud efectiva sobre la que se ha aplicado la carga en mt.

6. Comparar la carga de ruptura con la carga mínima requerida por la norma ASTM C-14 M, ver cuadro N° 2.17 en página 115, si la carga de ruptura del tubo es mayor o igual a la mínima requerida, entonces se cumple con la especificación.

Los tubos de suelo-cemento-gravilla fueron ensayados a las 14 y 28 días, con el propósito de elaborar gráficos de resistencia máxima por unidad de longitud versus edad de los tubos y hacer la comparación de la variación de su resistencia con la de los tubos de mortero y tubos de suelo-cemento según la edad de pruebas y establecer si cumplen con los requisitos de resistencia mínimo requerida de la norma ASTM C-14M.

Para la realización de la prueba de aplastamiento se ensayaron a los 14 días 3 tubos por proporción para cada diámetro, obteniéndose un total de 27 tubos ensayados a los 14 días y a los 28 días se ensayaron 10 tubos por proporción para cada diámetro, obteniéndose un total de 90 tubos.

Los resultados obtenidos en la prueba de aplastamiento para carga externa se presentan en los cuadros No.2.18 al No. 2.21 ver páginas 123 a las 126 y los gráficos resistencia versus edad en las páginas 127 a la 129.

CUADRO No. 218 PRUEBA DE ESFUERZO DE APLASTAMIENTO
 PARA CARGA EXTERNA PARA TUBOS DE
 SUELO - CEMENTO - GRAVILLA DE 4"

EDAD (Días)	# DE TUBO	PESEO (Kgr)	LONGITUD (cm)	ESPESOR (cm)	CARGA APLICAD (Kgr)	CARGA DE RUPTURA (Kgr/mts)	CARGA DE RUPTURA PROMEDIO
PROPORCION 3: 1: 2							
14	1	12.78	75.6	2.1	1862.0	2462.96	2338.54
	2	11.50	75.0	1.9	1665.0	2220.00	
	3	12.18	75.6	1.9	1763.5	2332.67	
28	1	12.70	79.4	1.8	1960.5	2469.14	2445.11
	2	13.04	78.8	1.8	2059.0	2612.94	
	3	12.94	79.5	1.8	1763.5	2218.24	
	4	12.25	79.5	1.8	2059.0	2589.94	
	5	13.10	81.2	2.0	2256.0	2778.33	
	6	13.93	80.7	1.9	2354.5	2917.60	
	7	12.76	80.3	1.8	1665.0	2073.47	
	8	11.63	79.2	1.9	1862.0	2351.01	
	9	12.18	78.8	1.9	1665.0	2112.94	
	10	12.85	80.0	1.8	1862.0	2327.50	
PROPORCION 3.5: 1: 2.5							
14	1	11.45	74.7	1.9	680.0	910.31	1080.92
	2	12.03	75.0	2.0	877.0	1169.33	
	3	12.81	75.4	2.1	877.0	1163.13	
28	1	12.60	78.1	2.0	1172.5	1501.28	2123.86
	2	11.75	77.5	2.1	1271.0	1640.00	
	3	13.64	70.5	2.2	1960.5	2780.85	
	4	11.91	78.7	2.0	1271.0	1614.99	
	5	13.30	80.7	2.0	1271.0	1574.97	
	6	12.75	79.4	2.0	1665.0	2096.98	
	7	13.19	79.8	2.1	1074.0	1345.86	
	8	12.05	78.0	2.0	2354.5	3017.95	
	9	12.41	79.8	2.0	2059.0	2580.20	
	10	12.83	79.5	2.0	2453.0	3085.53	
PROPORCION 2: 1: 3:							
14	1	12.57	75.1	1.9	1369.5	1823.57	1688.97
	2	13.00	75.1	2.0	1271.0	1692.41	
	3	12.26	75.6	1.9	1172.0	1550.93	
28	1	12.48	78.5	1.8	1960.5	2497.45	2437.92
	2	12.12	78.0	2.1	2256.0	2892.31	
	3	12.65	78.9	1.9	1468.0	1860.58	
	4	13.48	80.5	2.0	2157.5	2680.12	
	5	13.71	81.0	2.1	1960.5	2420.37	
	6	12.08	81.3	1.8	1468.0	1805.66	
	7	13.12	80.5	2.0	2157.5	2680.12	
	8	13.59	79.0	2.0	2453.0	3105.06	
	9	12.39	81.0	2.0	2256.0	2785.19	
	10	10.79	54.0	2.0	1074.0	1652.31	

CUADRO No. 219 PRUEBA DE ESFUERZO DE APLASTAMIENTO
 PARA CARGA EXTERNA PARA TUBOS DE
 SUELO - CEMENTO - GRAVILLA DE 6"

EDAD (Días)	# DE TUBO	PESO (K _g)	LONGITUD (cm)	ESPESOR (cm)	CARGA APLICAD (K _g)	CARGA DE RUPTURA (K _g /mts)	CARGA DE RUPTURA PROMEDIO
PROPORCION 3: 1: 2							
14	1	21.42	80.0	2.5	1566.5	1958.13	1786.46
	2	20.22	77.5	2.5	1468.0	1894.19	
	3	21.57	77.8	2.5	1172.5	1507.07	
28	1	20.56	80.0	2.4	1665.0	2081.25	2377.32
	2	21.18	78.2	2.4	1665.0	2129.16	
	3	20.67	78.5	2.5	1763.5	2246.50	
	4	20.31	78.8	2.2	1665.0	2112.94	
	5	21.19	80.0	2.3	1960.5	2450.63	
	6	21.19	80.0	2.3	1566.5	1958.13	
	7	21.31	79.2	2.4	2256.0	2848.48	
	8	21.37	79.0	2.5	1960.5	2481.01	
	9	20.38	77.0	2.5	2059.0	2674.03	
	10	20.07	77.3	2.5	2157.5	2791.07	
PROPORCION 3.5: 1: 2.5							
14	1	21.30	77.6	2.5	1468.0	1891.75	1694.51
	2	21.42	76.4	2.5	1172.5	1534.69	
	3	22.08	76.7	2.5	1271.0	1657.11	
28	1	20.11	79.4	2.2	1566.5	1972.92	2123.40
	2	20.26	77.0	2.2	1271.0	1650.65	
	3	20.70	77.4	2.3	1665.0	2148.39	
	4	21.16	78.2	2.4	1271.0	1625.32	
	5	21.25	79.3	2.6	1369.5	1726.99	
	6	20.93	79.2	2.3	1960.5	2475.38	
	7	22.62	79.8	2.4	1960.5	2456.77	
	8	21.07	77.0	2.5	1960.5	2546.10	
	9	21.62	75.0	2.5	1960.5	2614.00	
	10	17.77	63.0	2.5	1271.0	2017.46	
PROPORCION 2: 1: 3							
14	1	20.36	77.0	2.5	1271.0	1650.65	1914.86
	2	21.63	76.0	2.5	1468.0	1931.58	
	3	21.85	77.0	2.5	1665.0	2162.34	
28	1	21.77	80.1	2.5	1763.5	2291.62	2156.30
	2	21.97	80.0	2.3	1960.5	2450.63	
	3	20.68	77.9	2.2	1665.0	2137.36	
	4	23.29	80.0	2.5	1665.0	2081.25	
	5	21.79	79.4	2.4	1566.5	1972.92	
	6	22.38	79.3	2.2	1369.5	1726.99	
	7	21.18	77.4	2.1	1369.5	1769.38	
	8	20.58	78.8	2.4	1862.0	2362.94	
	9	21.80	78.8	2.5	1960.5	2487.94	
	10	24.00	78.5	2.5	1862.0	2371.97	

CUADRO No. 220 PRUEBA DE ESFUERZO DE AFLASTAMIENTO
PARA CARGA EXTERNA PARA TUBOS DE
SUELO - CEMENTO - GRAVILLA DE 8"

125

EDAD (Días)	# DE TUBO	PESO (Kgs)	LÓNGITUD (cm)	ESPESOR (cm)	CARGA APLICAD (Kgs)	CARGA DE RUPTURA (Kgs/mto)	CARGA DE RUPTURA PROMEDIO
PROPORCION 3: 1: 2							
14	1	30.59	75.5	3.5	1074.0	1422.52	1491.54
	2	34.82	76.9	3.5	1172.0	1524.06	
	3	33.51	76.7	3.5	1172.0	1528.03	
28	1	30.68	77.4	3.0	1763.5	2278.42	2291.12
	2	31.86	77.2	3.1	1862.0	2411.92	
	3	31.67	81.2	3.5	1665.0	2050.49	
	4	32.35	80.1	3.0	1566.0	1955.68	
	5	33.95	81.1	3.3	1665.0	2053.02	
	6	33.00	80.3	3.1	1665.0	2073.47	
	7	34.25	80.1	3.0	1960.5	3447.57	
	8	30.95	80.5	3.0	2157.5	2680.12	
	9	31.99	80.0	3.5	1862.0	2327.50	
	10	30.93	78.2	3.2	2059.0	2632.99	
PROPORCION 3.5: 1: 2.5							
14	1	34.37	77.6	3.4	1369.5	1764.82	1891.7
	2	35.42	77.7	3.5	1566.5	2016.09	
	3	34.80	77.5	3.4	1468.0	1894.19	
28	1	31.89	78.6	3.0	1960.5	2494.27	2287.46
	2	32.26	80.2	3.0	1763.5	2198.88	
	3	32.33	80.7	3.0	1862.0	2307.31	
	4	33.96	80.2	3.2	1763.5	2198.88	
	5	34.68	80.3	3.2	1566.0	1950.81	
	6	36.50	80.4	3.0	2157.5	2683.46	
	7	33.29	80.1	3.2	1665.0	2055.56	
	8	32.15	79.5	2.8	2059.0	2589.94	
	9	31.79	78.0	3.5	1665.0	2134.62	
	10	34.31	78.0	3.5	1763.0	2260.90	
PROPORCION 2: 1: 3:							
14	1	35.04	77.8	3.5	1665.0	2140.10	2027.62
	2	35.50	76.4	3.5	1468.0	1921.47	
	3	34.92	77.5	3.5	1566.5	2021.29	
28	1	35.16	81.3	3.2	1960.5	2411.44	2380.04
	2	33.40	80.2	3.2	1468.0	1830.42	
	3	37.26	77.8	3.1	1763.0	2266.71	
	4	33.89	79.7	3.1	1665.0	2089.08	
	5	34.19	79.3	3.0	1862.0	2348.05	
	6	34.00	79.5	2.9	2256.0	2837.74	
	7	34.22	79.4	3.0	2157.5	2717.25	
	8	34.35	78.5	3.0	2059.0	2622.93	
	9	33.75	79.0	3.1	1763.5	2232.28	
	10	34.85	80.2	3.2	1960.5	2444.51	

CUADRO No. 2.21 CUADRO RESUMEN PRUEBA AL
 AFLASTAMIENTO PARA TUBOS DE
 SUELO - CEMENTO - GRAVILLA

DIAMETRO (pulgadas)	EDAD (Días)	PROPORCION DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA		
		3:1:2	3.5:1:2.5	2:1:3
4	14	2338.54	1080.92	1688.97
	28	2445.11	2123.86	2437.92
6	14	1786.46	1694.51	1914.86
	28	2377.32	2123.40	2156.30
8	14	1491.54	1891.70	2027.62
	28	2291.12	2287.46	2380.04

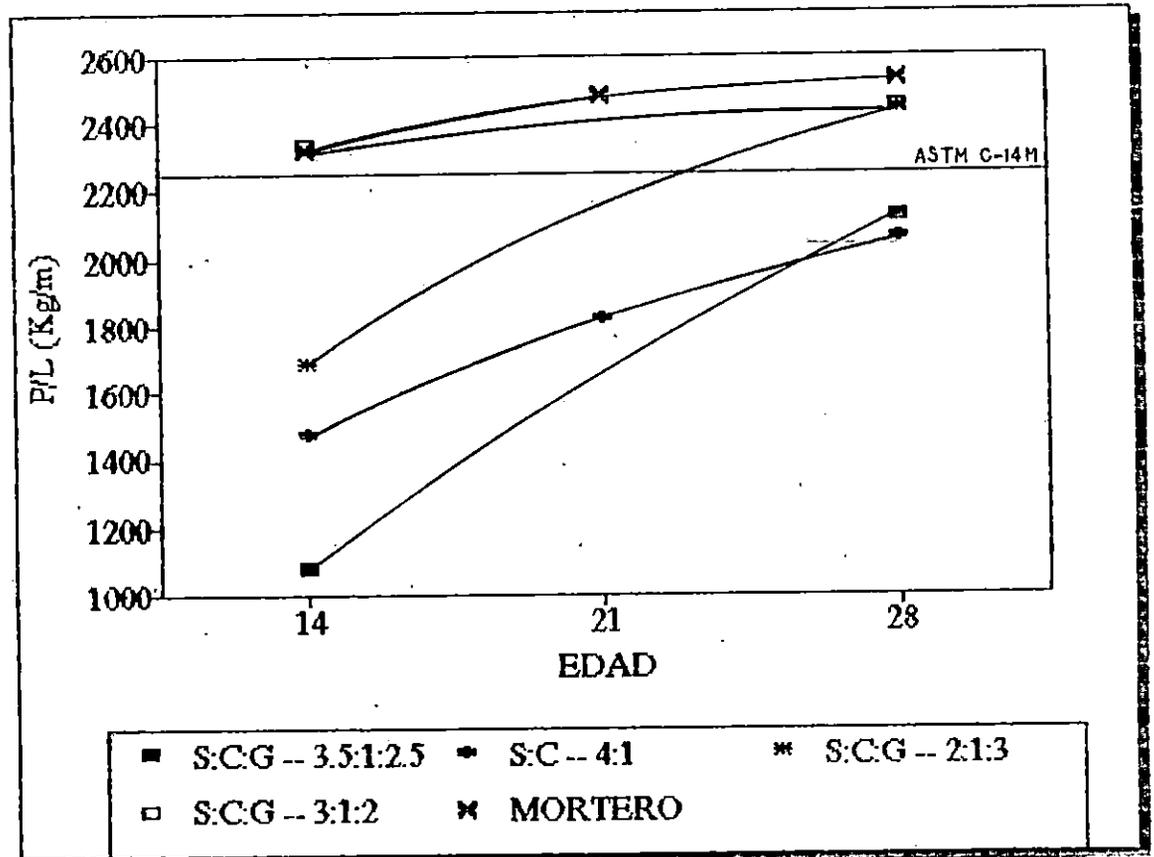
DIAMETRO 4"

GRAFICO No. 2.9

GRAFICO COMPARATIVO DE ESFUERZOS AL APLASTAMIENTO ENTRE TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA Y TUBOS DE MORTERO Y MEZCLA OPTIMA DE S-C (PARTE II ESTUDIO SOBRE TUBERIAS DE S-C, 1989)

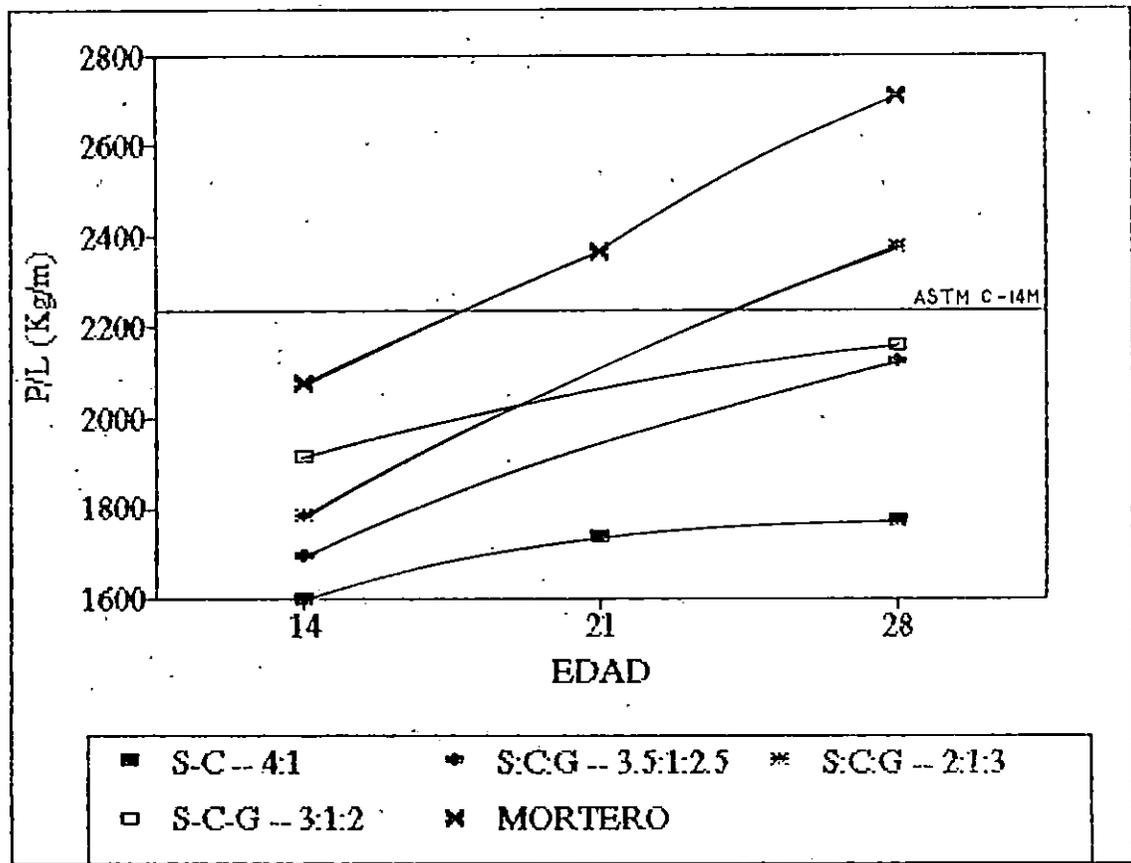
DIAMETRO 6"

GRAFICO No. 2.10

GRAFICO COMPARATIVO DE ESFUERZOS AL APLASTAMIENTO ENTRE TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA Y TUBOS DE MORTERO Y MEZCLA OPTIMA DE S-C (PARTE II ESTUDIO SOBRE TUBERIAS DE S-C, 1989)

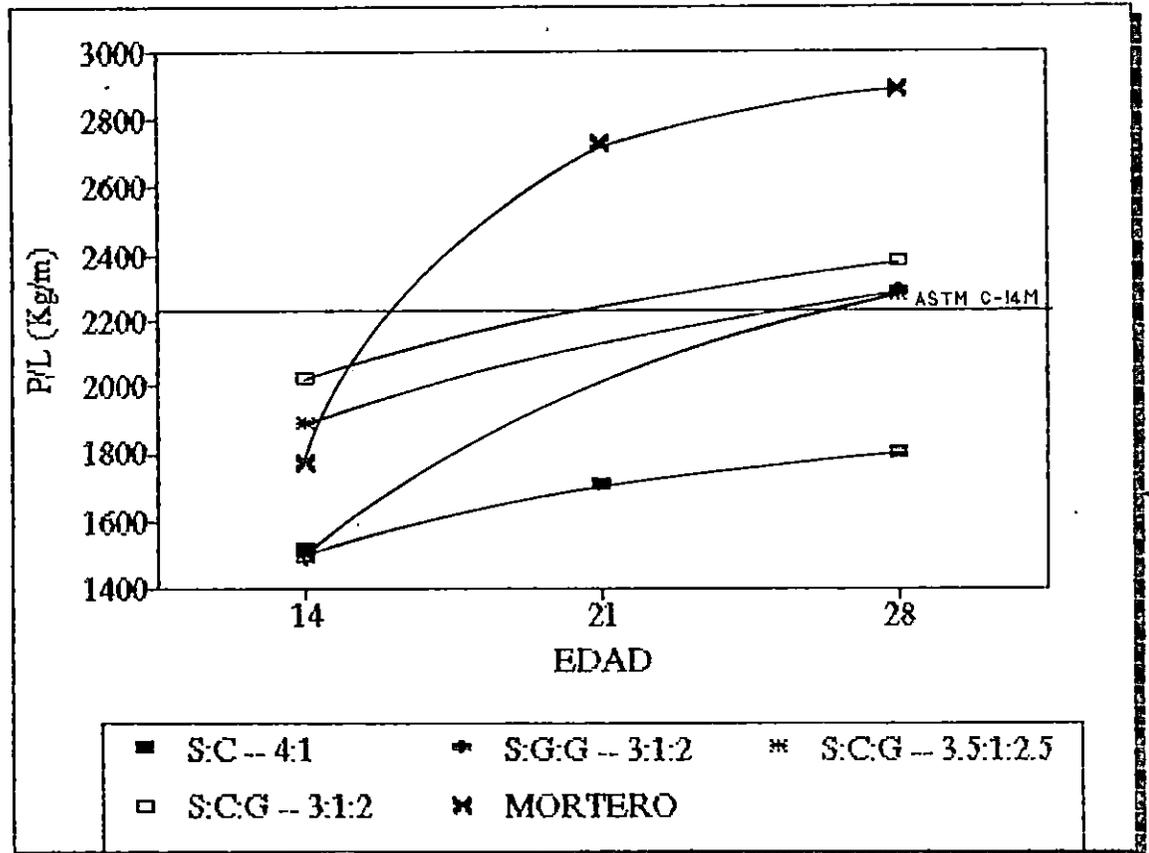
DIAMETRO 8"

GRAFICO No. 2.11

GRAFICO COMPARATIVO DE ESFUERZOS AL APLASTAMIENTO ENTRE TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA Y TUBOS DE MORTERO Y MEZCLA OPTIMA DE S-C (PARTE II ESTUDIO SOBRE TUBERIAS DE S-C, 1989)

2.6.2 PRUEBA DE ABSORCION PARA PAREDES Y BALONAS DE TUBOS.

Esta prueba es un ensayo de control de calidad para establecer la factibilidad del acabado, y que el tubo satisface los limites de absorción establecidos en las especificaciones de las normas respectivas. (ANDA y ASTM C-14M).

Todos los ensayos serán hechos de acuerdo con el método C-497M y a los requisitos de la norma ASTM C-118. De acuerdo a dichas normas hay dos métodos para determinar la absorción por hervido:

1. Método A que es el método standard y requiere de 3 a 6 días en el cual la absorción no excederá el 9%.
2. Método B que es conocido como prueba acelerada y requiere cerca de 1 1/2 días para completarla, y la absorción no debe exceder el 8.5%

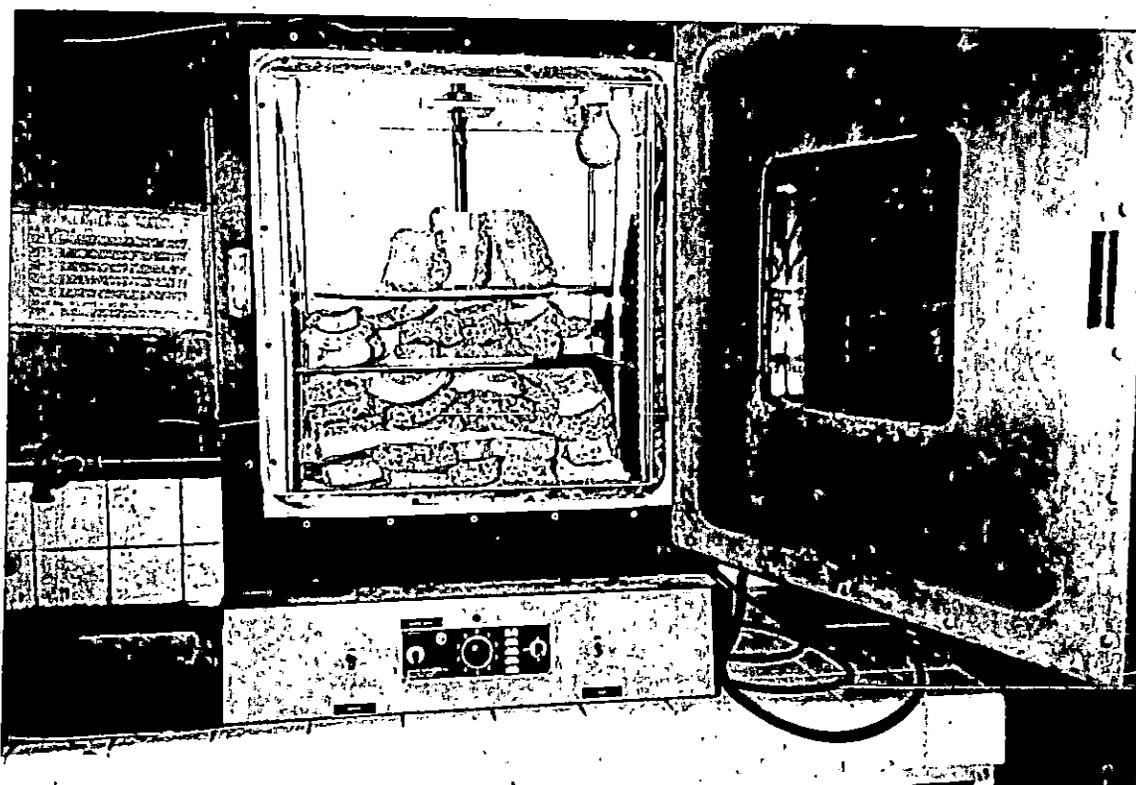
En nuestro estudio, se ha utilizado el método B para realizar la prueba, la cual consiste en poner a secar una muestra de las paredes del tubo, hasta obtener un peso constante, luego se sumerge en agua para determinar cual es la capacidad de absorción de muestra.

El procedimiento empleado para la realización de la prueba según la norma ASTM C-497M es el siguiente:

1. Se tomaron 3 muestras de cada tubo que ha sido sometido a la prueba de esfuerzo de aplastamiento, cada muestra es aproximadamente cuadrada de 1 1/2" (3.81 cm.) de lado. Las

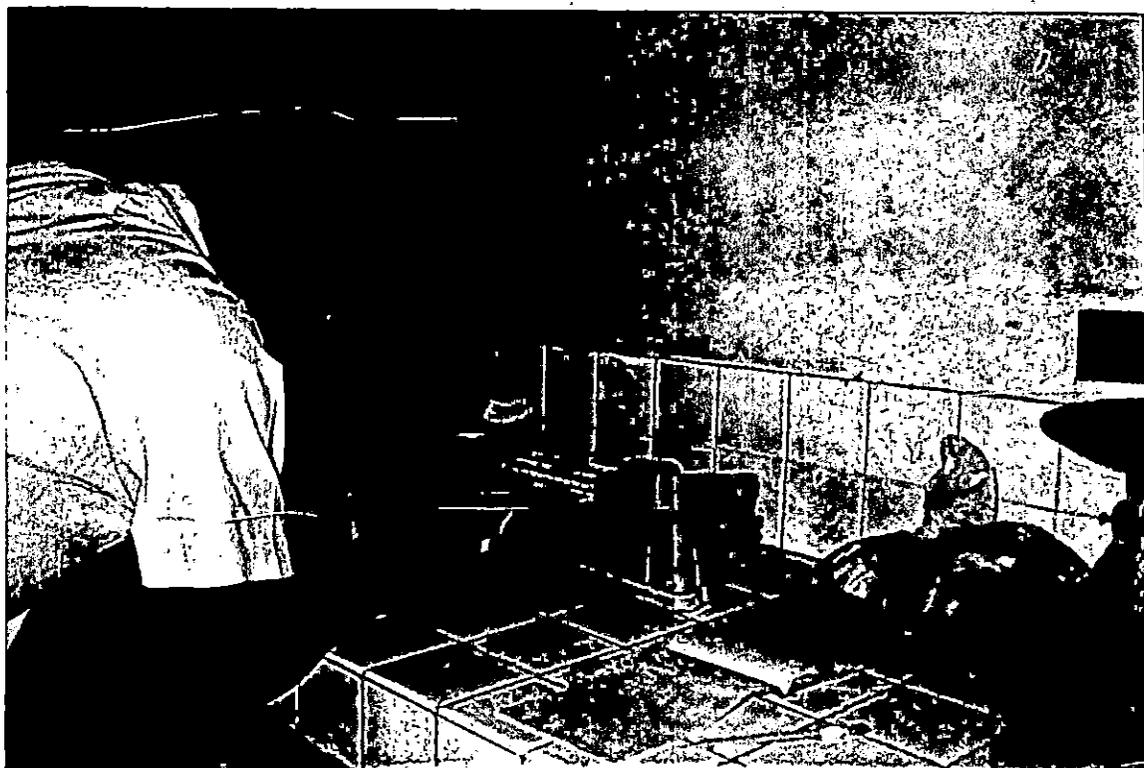
muestras son tomadas de los extremos y del centro del tubo, y estarán exentas de grietas visibles.

2. Se secaron las muestras por un período de 24 horas en un horno a temperatura constante de 110°C , ver fotografía No. 2.26



FOTOGRAFIA No. 2.26 Secado de Muestras en el Horno a Temperatura constante.

3. Se pesaron las muestras inmediatamente después de sacarlas del horno, como se muestra en la fotografía No. 2.27 en página 132, obteniéndose así el peso seco (W_s).

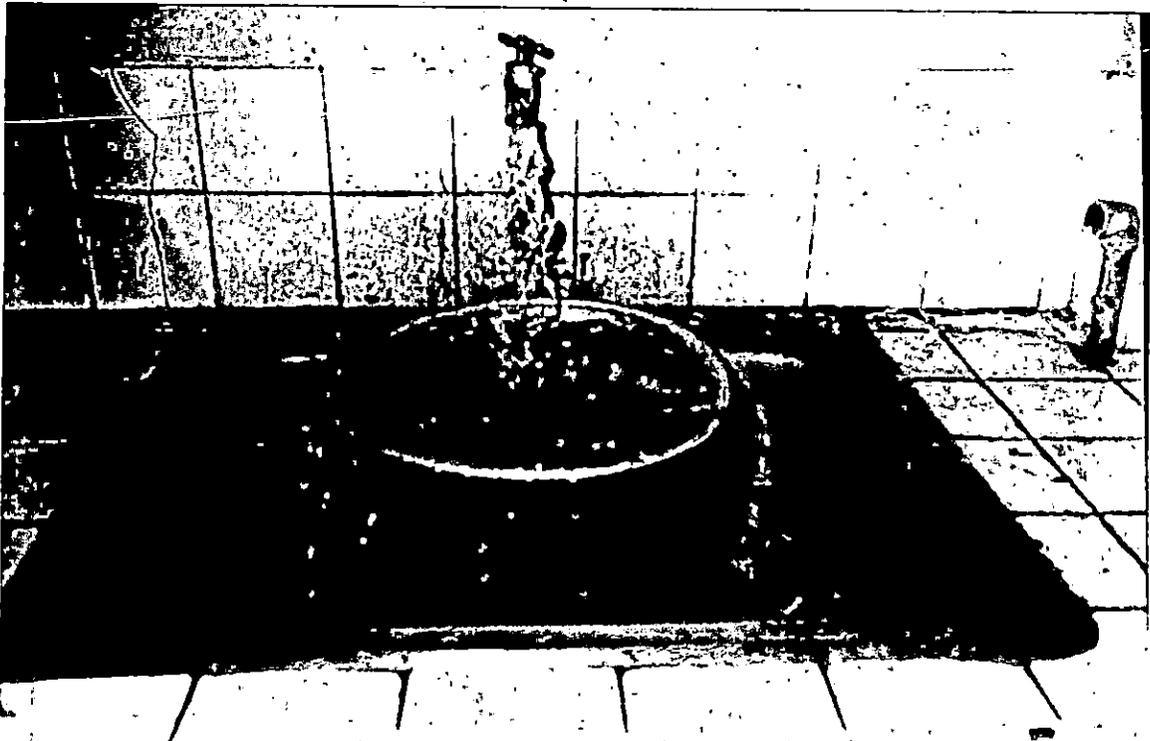


FOTOGRAFIA No. 2.27 Pesado de Muestras Secas.

4. Después de pesar las muestras secas, se colocaron en un recipiente conteniendo agua potable. Se calentó el agua hasta alcanzar el punto de ebullición y se continuo hirviendo durante 3 horas, ver fotografía No. 2.28 en página 134.
5. Inmediatamente después se enfrían las muestras por un período de 3 horas, con un baño continuo de agua potable a temperatura ambiente sobre el agua hervida, como se muestra en la fotografía No. 2.29 en página 133.

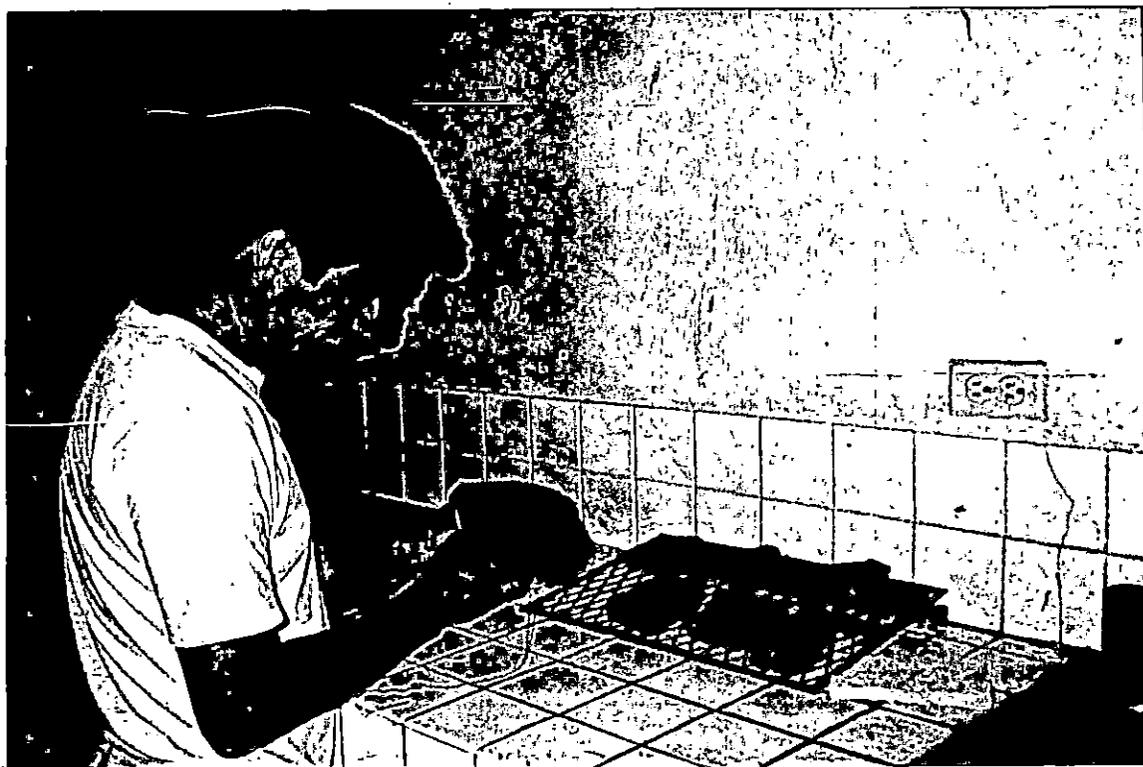


FOTOGRAFIA No. 2.28 Hervido de Muestras por un Período de 3 Horas



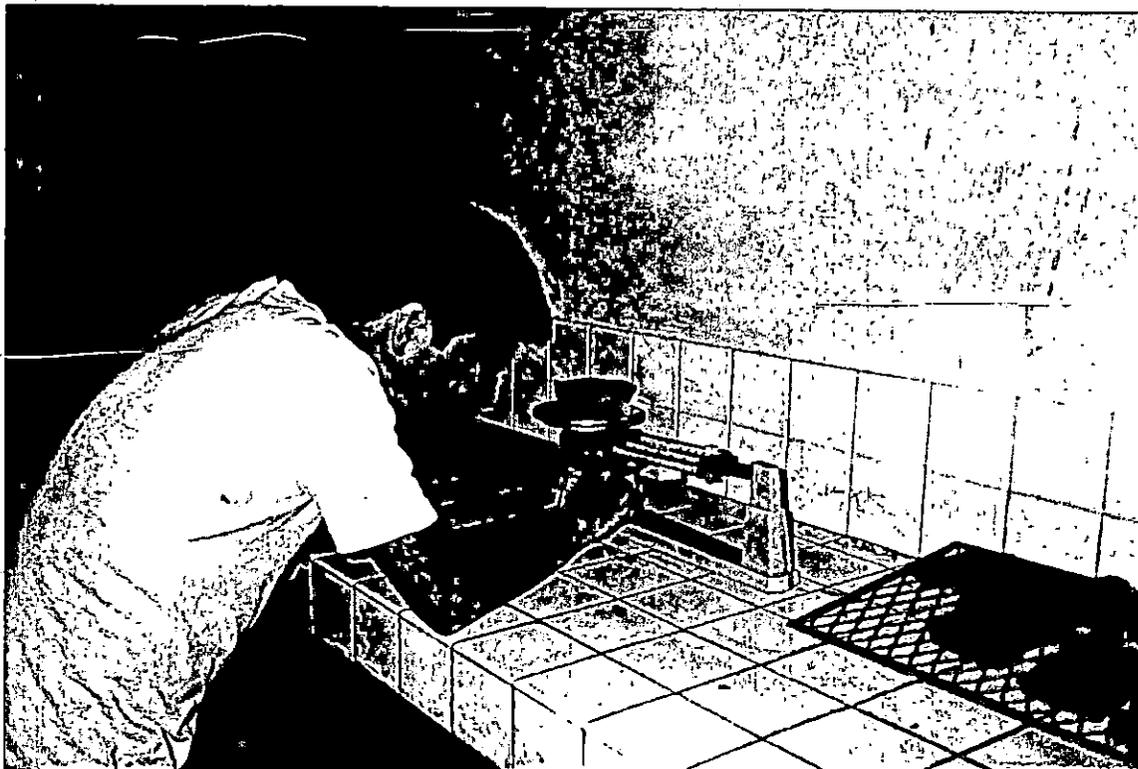
FOTOGRAFIA No.2.29 Enfriado de Muestras, por un Período de 3 Horas.

6. Inmediatamente después del enfriamiento, las muestras se dejan drenar por un espacio de aproximadamente 1 minuto. Luego se quita el agua superficial con una franela, hasta alcanzar la condición de saturado superficialmente seco, como se muestra en la fotografía No. 2.30.



FOTOGRAFIA No. 2.30 Drenaje y Secado Superficial de Muestras.

7. Inmediatamente después de secar superficialmente las muestras se pesaron, obteniéndose el peso saturado superficialmente seco (W_{ss}) ver fotografía No. 2.31 en página 135.



FOTOGRAFIA No. 2.31 Pesado de Muestras Saturadas Superficialmente Secas.

8. Se calcularon los porcentajes de absorción de cada muestra usando la formula:

$$\% \text{ absorción} = \frac{W_{sss} - W_s}{W_s} \times 100\%$$

El promedio de absorción de las 3 muestras, será considerado como la absorción del tubo del cual se han tomado dichas muestras.

De acuerdo a la norma ASTM C-497 M el máximo valor de absorción por el método B es del 8.5%, pero en el presente

estudio se pretende cumplir con los requisitos de ANDA, en los cuales se especifica que el máximo porcentaje de absorción aceptable es del 13%.

Para la realización de esta prueba se tomaron 3 muestras por tubo, obteniéndose un total de 81 muestras a los 14 días y 270 muestras a los 28 días, los resultados obtenidos se presentan en los cuadros No.2.22 al No. 2.31 ver páginas 137 a la 146, se realizó el mismo procedimiento para obtener el porcentaje de absorción de las balonas, tomándose 4 muestras por balona, dichos resultados se muestran en los cuadros No.2.32 al No. 2.41 ver páginas 147 a la 156.

No. DE MUESTRA	W _s (grs)	W _{ces} (grs)	ABSORCIÓN %	ABSORCIÓN PROMEDIO	ABSORCIÓN GENERAL PROMEDIO
EDAD 14 DIAS					
11	128.2	145.3	13.33		14.07
12	95.5	108.6	13.71	13.61	
13	123.4	140.4	13.78		
21	90.0	103.6	15.11		
22	73.6	83.9	14.00	14.68	
23	86.3	99.2	14.93		
31	69.8	79.5	13.90		
32	76.9	87.6	13.91	13.92	
33	123.3	140.5	13.95		
EDAD 28 DIAS					
11	249.5	280.8	12.55		13.17
12	127.1	143.7	13.06	12.89	
13	118.7	134.2	13.06		
21	241.5	271.6	12.46		
22	269.8	308.6	14.38	14.01	
23	219.2	252.5	15.19		
31	311.3	235.7	11.55		
32	281.8	313.0	11.07	11.13	
33	311.1	349.6	10.77		
41	296.5	332.6	12.18		
42	200.5	229.1	14.26	12.99	
43	291.5	226.5	12.52		
51	291.5	330.9	13.52		
52	215.7	243.0	12.66	13.02	
53	184.6	208.4	12.89		
61	243.7	276.3	13.38		
62	259.8	287.7	10.74	11.87	
63	317.5	254.0	11.50		
71	287.6	329.3	14.50		
72	214.0	243.6	13.83	14.21	
73	141.3	161.5	14.30		
81	156.7	192.6	13.99		
82	313.1	354.6	13.25	13.79	
83	269.0	307.0	14.13		
91	192.1	219.2	14.11		
92	199.8	229.5	14.86	14.71	
93	177.6	204.5	15.15		
101	213.6	240.5	12.59		
102	177.4	200.8	13.19	13.05	
103	300.7	340.9	13.37		

PROPORCIÓN 3.5:1:2.5

No. DE MUESTRA	W _s (grs)	W _{abs} (grs)	EDAD 14 DIAS		ABSORCIÓN PROMEDIO	ABSORCIÓN GENERAL PROMEDIO	
			ABSORCIÓN %	ABSORCIÓN			
11	118.4	138.3	16.81	16.13	15.06		
12	100.0	116.4	16.40	16.13			
13	85.0	99.6	17.18				
21	82.3	96.8	17.62	17.60			
22	80.2	93.8	16.98				
23	60.9	72.0	18.22				
31	92.2	114.0	14.92				
32	70.4	81.3	15.48	15.73			
33	79.2	92.5	16.79				
EDAD 28 DIAS							
11	267.8	305.0	13.93	14.46			
12	262.0	301.0	14.89				
13	299.5	343.1	14.56				
21	232.0	267.1	15.13	15.60			
22	239.9	278.0	15.88				
23	231.0	267.5	15.80				
31	245.9	282.5	14.88				
32	214.8	247.6	15.27	14.86			
33	216.0	247.2	14.44				
41	237.8	275.3	15.77				
42	246.5	285.3	15.74	15.39			
43	196.2	228.9	15.65				
51	181.7	210.3	15.74				
52	244.5	283.2	15.83	14.55			
53	316.9	354.5	12.18				
61	204.0	236.6	15.98				
62	309.9	360.6	16.36	16.25			
63	166.5	193.8	16.40				
71	247.7	285.0	15.06	15.37			
72	179.0	206.5	15.36				
73	316.4	366.0	15.68				
81	285.5	325.6	14.05				
82	279.2	321.5	15.15	14.58			
83	220.3	252.3	14.53				
91	241.5	278.5	15.32				
92	248.2	283.9	14.38	15.12			
93	309.7	358.2	15.66				
101	396.8	455.5	14.79				
102	304.5	348.5	14.08	14.41			
103	262.3	300.0	14.37				

No. DE MUESTRA	W _s (grs)	W _{ese} (grs)	ABSORCION %	ABSORCION PROMEDIO	ABSORCION GENERAL PROMEDIO	
EDAD 14 DIAS						
11	53.8	60.5	12.45	12.48	12.23	
12	83.3	93.9	12.72			
13	93.3	111.5	12.28			
21	74.9	83.9	12.00	11.57		
22	94.6	105.0	10.99			
23	75.9	84.8	11.73			
31	120.3	135.5	12.73	12.65		
32	79.2	89.3	12.75			
33	82.5	92.8	12.48			
EDAD 28 DIAS						
11	292.5	324.7	11.00	12.17		11.62
12	296.5	334.2	12.71			
13	205.5	231.8	12.79			
21	233.0	262.5	12.66	12.49		
22	199.3	225.4	13.10			
23	339.7	379.5	11.72			
31	269.1	292.6	8.73	9.67		
32	223.3	241.5	8.15			
33	169.7	190.3	12.14			
41	169.1	145.3	14.25	12.26		
42	311.6	343.3	9.85			
43	306.8	349.1	12.69			
51	291.5	328.6	12.73	12.95		
52	286.0	323.1	12.97			
53	276.8	313.2	13.15			
61	356.6	376.3	5.52	8.35		
62	256.3	287.7	12.25			
63	330.0	354.0	7.27			
71	297.7	336.0	12.86	12.64		
72	311.8	350.7	12.48			
73	394.8	444.5	12.59			
81	272.4	303.9	11.56	11.85		
82	177.3	198.5	11.96			
83	223.4	250.3	12.04			
91	340.0	380.6	11.94	11.86		
92	277.6	310.9	12.00			
93	238.7	266.5	11.65			
101	282.9	316.9	12.02	11.91		
102	310.3	348.1	12.18			
103	240.5	268.5	11.64			

No. DE MUESTRA	W _a (grs)	W _{wee} (grs)	ABSORCION %	ABSORCION PROMEDIO	ABSORCION GENERAL-PROMEDIO
EDAD 14 DIAS					
11	252.1	285.4	13.21	14.77	15.15
12	288.9	333.4	15.40		
13	268.2	310.3	15.70		
21	246.8	284.0	15.07	14.92	
22	174.4	201.7	15.65		
23	195.9	223.4	14.04		
31	351.2	408.2	16.23	15.77	
32	326.0	377.4	15.76		
33	275.8	318.1	15.33		
EDAD 28 DIAS					
11	389.1	441.0	13.34	14.28	14.23
12	389.4	447.3	14.87		
13	232.9	267.0	14.64		
21	231.2	322.8	14.79	15.30	
22	248.2	287.6	15.87		
23	198.2	228.4	15.24		
31	249.7	285.3	14.26	14.20	
32	378.9	432.1	14.04		
33	194.6	222.4	14.29		
41	375.4	424.5	13.10	13.54	
42	368.3	417.5	13.36		
43	159.5	182.1	14.17		
51	189.0	216.8	14.71	15.22	
52	174.5	201.1	15.24		
53	231.6	268.0	15.72		
61	223.5	254.7	13.96	13.91	
62	222.2	254.0	14.31		
63	368.1	417.7	13.47		
71	457.6	522.9	14.27	14.58	
72	354.7	407.6	14.91		
73	286.4	328.1	14.56		
81	326.7	366.8	14.02	14.09	
82	278.7	316.7	13.63		
83	345.6	396.1	14.61		
91	321.4	365.4	13.69	13.36	
92	284.0	319.6	12.54		
93	290.0	330.2	13.86		
101	233.5	266.6	14.18	13.79	
102	274.8	312.3	13.65		
103	334.6	379.9	13.54		

PROPORCIÓN 3:3:1:2.5

No. DE MUESTRA	W _s (grs)	W _{abs} (grs)	EDAD 14 DIAS		ABSORCIÓN GENERAL PROMEDIO
			ABSORCIÓN %	ABSORCIÓN PROMEDIO	
11	153.8	173.9	13.00	13.77	14.73
12	251.1	285.6	13.74		
13	122.1	139.9	14.58		
21	364.3	420.2	15.34	15.05	
22	417.2	478.9	14.79		
23	380.3	437.4	15.01		
31	231.4	266.4	15.13		
32	245.4	283.5	15.53	15.38	
33	302.9	349.8	15.48		
EDAD 28 DIAS					
11	427.6	495.4	15.86	14.92	14.46
12	358.9	409.5	14.10		
13	272.9	272.9	14.80		
21	187.0	215.4	15.19	16.14	
22	345.0	401.1	16.26		
23	323.4	378.3	16.98		
31	406.6	463.6	14.02	14.05	
32	513.3	588.0	14.55		
33	474.8	539.3	13.58		
41	260.0	298.4	14.77	14.20	
42	247.7	281.7	13.73		
43	298.0	340.0	14.09		
51	507.0	590.8	16.53	16.46	
52	498.3	579.5	16.30		
53	389.7	454.2	16.55	13.12	
61	310.9	357.9	15.12		
62	327.8	355.6	8.48		
63	274.0	317.2	15.76	14.19	
71	251.3	286.5	14.00		
72	307.5	349.6	13.69		
73	426.7	490.2	14.88	13.44	
81	329.7	375.5	13.89		
82	285.8	322.4	12.81		
83	277.8	315.6	13.61	13.75	
91	265.7	300.5	13.10		
92	255.3	291.5	14.18		
93	290.1	330.6	13.96	14.37	
101	301.8	345.5	14.48		
102	321.5	367.6	14.34		
103	310.7	355.1	14.29		

No. DE MUESTRA	Ws (grs)	W _{ess} (grs)	ABSORCION %	ABSORCION PROMEDIO	ABSORCION GENERAL PROMEDIO	
EDAD 14 DIAS						
11	287.5	332.3	15.58	15.86	14.29	
12	319.9	370.0	15.66			
13	351.0	408.4	16.35			
21	232.9	265.2	13.87	14.17		
22	310.5	353.0	13.69			
23	359.5	413.2	14.94			
31	316.4	358.7	13.37	12.85		
32	220.5	249.2	13.02			
33	276.4	310.0	12.16			
EDAD 28 DIAS						
11	293.9	338.8	15.28	14.87		13.65
12	309.6	355.8	14.92			
13	232.3	265.8	14.42			
21	422.0	480.2	13.79	11.36		
22	321.9	343.4	6.68			
23	361.6	410.8	13.61			
31	353.7	409.5	15.78	15.36		
32	311.0	359.7	15.66			
33	546.7	626.8	14.65			
41	330.5	374.9	13.43	13.10		
42	511.0	575.7	12.65			
43	448.4	507.7	13.22			
51	182.0	207.8	14.18	13.80		
52	219.9	249.4	13.42			
53	229.8	261.5	13.79			
61	441.8	505.7	14.48	14.46		
62	394.4	451.4	14.45			
63	563.5	645.1	14.48			
71	416.7	477.4	14.57	14.32		
72	374.8	428.8	14.41			
73	419.7	478.4	13.99			
81	450.7	505.5	12.16	12.80		
82	368.5	417.1	13.19			
83	370.8	419.2	13.05			
91	172.8	195.7	13.25	12.72		
92	220.1	248.7	12.72			
93	285.7	320.5	12.18			
101	330.5	375.6	13.65	13.69		
102	295.7	335.7	13.53			
103	310.2	350.2	12.89			

PROPORCION 3:1:2

No. DE MUESTRA	W _s (grs)	W _{see} (grs)	EDAD 14 DIAS		ABSORCION PROMEDIO	ABSORCION GENERAL PROMEDIO
			ABSORCION %			
11	400.5	462.1	15.29			
12	358.6	415.7	15.92		15.00	
13	386.4	439.3	13.79			
21	325.4	372.2	14.38			
22	400.0	460.7	15.17		14.96	14.12
23	304.8	351.5	15.32			
31	582.0	655.0	12.54			
32	571.0	642.0	12.43		12.40	
33	605.0	679.0	12.23			
EDAD 28 DIAS						
11	207.7	239.8	15.45			
12	155.0	179.9	16.06		15.56	
13	209.5	310.4	15.18			
21	245.7	285.0	16.00			
22	282.1	300.0	14.46		15.43	
23	242.0	280.3	15.83			
31	182.6	211.1	15.61			
32	120.2	139.8	16.31		16.24	
33	163.7	191.2	16.80			
41	185.5	214.6	15.69		16.31	
42	125.1	146.1	16.79			
43	278.0	323.7	16.44			
51	273.0	318.4	16.63			
52	309.9	362.2	16.88		16.67	16.13
53	276.6	325.7	16.49			
61	209.2	245.0	17.11			
62	185.2	215.2	16.20		16.75	
63	257.6	301.2	16.93			
71	219.8	255.1	16.08			
72	127.6	149.4	17.08		16.35	
73	179.8	208.4	15.91			
81	287.0	330.6	15.19			
82	283.4	328.9	16.00		15.44	
83	271.3	450.5	15.13			
91	312.6	374.6	16.48			
92	301.5	349.8	16.02		16.52	
93	367.0	429.6	17.06			
101	360.0	415.9	15.53			
102	367.5	426.6	16.08		16.00	
103	292.6	340.6	16.40			

PROPORCIÓN 3.5: 2: 2.5

No. DE MUESTRA	W _b (gr)	W _{ss} (gr)	ABSORCIÓN %	EDAD 14 DIAS		ABSORCIÓN GENERAL PROMEDIO
				ABSORCIÓN PROMEDIO	ABSORCIÓN GENERAL PROMEDIO	
11	354.6	296.4	15.63	15.95	14.47	
12	344.5	400.7	16.31			
13	288.5	334.4	15.91			
21	239.6	333.0	14.99	14.74	14.47	
22	265.8	305.1	14.79			
23	324.5	371.4	14.45			
31	630.0	710.0	12.70	12.73	14.47	
32	516.0	582.0	12.79			
33	614.0	692.0	12.70			
EDAD 28 DIAS						
11	302.6	343.7	13.58	15.93	14.61	
12	328.9	379.6	15.42			
13	318.0	369.2	16.10			
21	278.7	320.4	14.96	14.86	14.61	
22	258.1	295.4	14.45			
23	258.8	298.1	15.18			
31	204.8	237.2	15.82	15.38	14.61	
32	164.5	189.8	15.38			
33	180.8	207.8	14.93			
41	239.5	272.8	13.90	15.15	14.61	
42	283.1	329.7	16.45			
43	226.6	260.8	15.09			
51	353.5	395.9	11.99	14.33	14.61	
52	380.8	441.3	15.89			
53	320.2	368.6	15.12			
61	322.0	368.0	14.29	14.98	14.61	
62	311.0	358.4	15.24			
63	301.5	348.0	15.42			
71	200.0	229.9	14.95	15.98	14.61	
72	216.5	252.1	16.44			
73	168.6	196.5	16.55			
81	270.2	310.9	15.06	14.51	14.61	
82	296.1	340.5	14.99			
83	300.6	341.1	13.47			
91	216.7	248.2	14.54	14.25	14.61	
92	312.8	360.2	15.15			
93	267.9	302.9	13.06			
101	235.7	270.9	14.93	13.66	14.61	
102	289.5	325.1	12.29			
103	250.7	285.2	13.76			

No. DE MUESTRA	W _s (grs)	W _{sss} (grs)	ABSORCION %	ABSORCION PROMEDIO	ABSORCION GENERAL PROMEDIO
EDAD 14 DIAS					
11	334.1	271.0	15.76	15.13	14.19
12	265.0	304.1	14.75		
13	331.8	381.2	14.89		
21	278.4	324.9	16.70	16.35	
22	271.7	317.8	16.97		
23	409.0	462.6	15.39		
31	637.0	708.0	11.15	11.10	
32	623.0	693.0	11.24		
33	614.0	681.0	10.91		
EDAD 28 DIAS					
11	322.5	357.3	10.79	11.58	13.01
12	254.6	285.3	11.98		
13	328.0	367.3	11.98		
21	237.2	267.1	12.60	13.02	
22	293.5	334.4	13.93		
23	472.8	532.1	12.54		
31	298.1	334.9	12.34	12.82	
32	439.5	499.8	13.72		
33	219.0	246.2	12.42		
41	318.4	358.5	12.59	13.46	
42	430.0	489.8	13.90		
43	335.0	381.5	13.88		
51	313.9	355.6	13.28	13.87	
52	272.5	311.9	14.45		
53	276.9	315.3	13.87		
61	435.5	498.4	14.44	14.67	
62	457.7	525.1	14.73		
63	461.5	530.0	14.84		
71	323.5	366.8	13.38	13.37	
72	321.0	360.4	12.27		
73	301.5	345.1	14.46		
81	326.8	368.6	12.79	13.02	
82	336.3	378.9	12.67		
83	312.7	355.2	13.59		
91	384.7	428.5	11.39	11.86	
92	422.0	472.6	11.99		
93	319.9	358.9	12.19		
101	318.9	360.9	13.17	12.45	
102	410.7	460.6	12.15		
103	348.3	390.2	12.13		

CUADRO No. 231 CUADRO RESUMEN PRUEBA DE
 ABSORCION (%) ABSORCION PARA TUBOS DE
 SUELO - CEMENTO - GRAVILLA

DIAMETRO (pulgadas)	EDAD (Dias)	PROPORCION DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA		
		3:1:2	3.5:1:2.5	2:1:3
4	14	14.07	16.49	12.23
	28	13.17	15.06	11.62
6	14	15.15	14.73	14.29
	28	14.23	14.46	13.65
8	14	14.23	14.47	14.19
	28	16.13	14.81	13.01

No. DE MUESTRA	W _u (grs)	W _{usa} (grs)	ABSORCION %	ABSORCION PROMEDIO	ABSORCION GENERAL PROMEDIO	
EDAD 14 DIAS						
11	324.2	257.8	14.90	15.52	18.87	
12	338.9	367.2	14.93			
13	359.9	417.5	18.00			
14	300.4	349.2	18.25			
21	395.4	465.3	17.88	17.80		
22	299.7	355.1	18.49			
23	338.2	394.4	17.31			
24	314.7	370.4	17.70			
31	251.7	275.5	17.40	17.30		
32	277.7	324.0	18.87			
33	349.2	412.7	18.18			
34	354.8	414.9	18.94			
EDAD 28 DIAS						
11	279.9	312.0	13.91	15.24		18.33
12	241.1	278.7	15.45			
13	247.8	287.7	18.20			
14	348.4	399.7	15.39			
21	224.8	281.0	18.10	17.39		
22	203.2	240.3	18.28			
23	208.7	245.5	17.83			
24	257.4	302.8	17.58			
31	258.5	297.8	15.20	14.90		
32	380.8	415.7	15.22			
33	151.8	172.3	13.85			
34	173.1	200.0	15.54			
41	338.2	390.0	15.32	15.78		
42	240.8	278.2	15.83			
43	337.2	274.2	15.80			
44	285.5	309.5	18.57			
51	253.2	299.5	18.29	17.79		
52	224.9	288.0	18.27			
53	233.7	272.8	18.73			
54	222.8	282.4	17.88			
61	222.9	283.3	18.12	17.84		
62	323.0	378.8	18.88			
63	148.3	178.2	18.81			
64	190.2	222.5	18.98			
71	280.9	309.9	19.05	18.49		
72	238.1	278.0	18.20			
73	320.0	378.3	18.22			
74	341.4	408.9	19.77			
81	113.5	130.7	15.15	18.04		
82	237.8	281.9	18.54			
83	159.0	183.8	15.47			
84	198.0	225.4	15.00			
91	371.3	417.8	12.47	12.89		
92	378.1	418.0	10.55			
93	327.7	372.2	13.58			
94	413.5	472.0	14.15			
101	247.3	289.9	17.23	17.35		
102	223.8	281.7	18.93			
103	227.8	287.5	17.43			
104	188.5	219.7	17.80			

No. DE MUESTRA	W _o (grs)	W ₃₀₀ (grs)	ABSORCIÓN %	ABSORCIÓN PROMEDIO	ABSORCIÓN GENERAL PROMEDIO	
EDAD 14 DIAS						
11	309.3	372.3	20.37	19.51	18.36	
12	294.5	358.1	20.92			
13	297.0	352.1	18.55			
14	171.0	202.1	18.19			
21	298.8	271.8	18.81	17.82		
22	288.0	333.0	18.43			
23	289.1	340.0	17.81			
24	284.7	337.1	18.41			
31	340.2	399.9	17.55	17.81		
32	285.8	335.9	17.81			
33	278.8	325.9	17.74			
34	325.8	385.3	18.33			
EDAD 28 DIAS						
11	318.1	358.4	12.72	13.45		15.25
12	280.3	320.7	14.41			
13	219.5	248.5	13.21			
14	207.5	235.4	13.45			
21	202.0	235.9	18.78	17.53		
22	194.0	228.4	17.73			
23	201.0	238.4	17.81			
24	214.3	252.9	18.01			
31	259.1	297.5	14.82	12.75		
32	405.4	454.2	12.04			
33	281.8	319.0	13.20			
34	277.0	307.3	10.94			
41	285.0	338.4	14.03	14.81		
42	270.5	310.4	14.75			
43	244.0	278.9	13.48			
44	309.2	381.7	18.98			
51	278.8	323.5	18.03	15.97		
52	340.3	385.0	18.07			
53	251.8	292.0	18.08			
54	247.2	288.0	15.70			
61	188.7	195.9	17.52	17.23		
62	195.9	232.7	18.79			
63	234.2	274.8	17.25			
64	184.1	212.4	15.37			
71	121.5	140.9	15.97	15.91		
72	237.8	279.0	17.33			
73	213.5	248.4	15.41			
74	207.1	238.0	14.92			
81	333.0	390.4	17.24	18.54		
82	334.2	390.3	18.77			
83	252.7	292.9	15.91			
84	302.1	351.2	18.25			
91	339.3	385.5	13.82	14.15		
92	334.5	382.9	14.47			
93	378.2	432.8	14.38			
94	349.5	398.9	14.13			
101	334.3	380.9	13.94	14.18		
102	432.2	493.9	14.28			
103	349.7	400.9	14.84			
104	387.5	440.9	13.78			

No. DE MUESTRA	W _o (grs)	W ₁₀₀₀ (grs)	ABSORCIÓN %	ABSORCIÓN PROMEDIO	ABSORCIÓN GENERAL PROMEDIO	
EDAD 14 DIAS						
11	257.5	300.7	18.78	18.88	18.13	
12	244.0	287.9	17.99			
13	200.3	229.8	14.73			
14	338.2	398.7	18.00			
21	224.8	258.5	15.09	18.28		
22	223.8	281.8	18.89			
23	298.9	344.7	18.10			
24	284.1	308.9	18.98			
31	250.8	285.1	13.77	15.23		
32	21.8	248.0	18.88			
33	257.2	294.1	14.35			
34	297.2	344.5	15.92			
EDAD 28 DIAS						
11	202.0	299.2	18.42	15.88		14.48
12	248.8	288.9	17.15			
13	215.0	244.4	13.87			
14	328.5	372.9	14.21			
21	248.2	289.0	17.38	15.73		
22	317.8	372.1	17.18			
23	138.1	154.8	11.93			
24	259.5	302.1	18.42			
31	174.8	198.1	12.31	12.85		
32	141.0	159.8	13.33			
33	149.8	188.0	12.30			
34	153.7	174.4	13.47			
41	219.5	250.4	14.08	15.10		
42	203.1	232.3	14.38			
43	247.0	285.8	15.83			
44	193.2	224.7	18.30			
51	283.8	325.2	14.59	14.87		
52	187.2	218.4	16.87			
53	154.8	178.7	15.44			
54	281.3	294.7	12.78			
61	197.2	229.8	18.43	17.09		
62	215.0	252.3	17.34			
63	288.8	314.2	18.89			
64	225.7	285.8	17.88			
71	373.7	424.8	13.82	11.75		
72	348.1	388.8	11.08			
73	311.8	347.3	11.39			
74	215.8	239.4	10.94			
81	320.8	370.3	15.50	15.40		
82	228.7	280.3	14.82			
83	214.8	250.0	18.39			
84	270.4	310.8	14.87			
91	340.7	388.9	14.15	15.31		
92	310.1	358.9	15.74			
93	288.7	332.9	15.31			
94	270.8	314.2	18.03			
101	312.2	364.2	18.85	15.82		
102	288.5	344.5	15.41			
103	318.8	369.2	15.88			
104	325.8	375.3	15.33			

PRUEBA DE ABSORCION PARA BALONAS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA DE 6"

No. IE	Muestra	W _s (grs)	W _{abs} (grs)	Absorcion %	Absorcion Promedio	Absorcion General Promedio
11	485.2	477.8	12.32	12.32	12.38	13.88
12	422.2	422.8	11.98	11.98		
13	383.3	401.0	10.38	10.38		
14	278.0	318.7	14.75	14.75	18.89	18.80
21	317.3	370.0	18.61	18.61		
22	310.3	360.0	18.05	18.05		
23	381.9	425.8	17.80	17.80	18.14	17.59
24	283.8	322.9	12.28	12.28		
31	443.2	483.8	9.18	9.18		
32	376.8	426.1	13.00	13.11	17.01	14.88
33	365.0	448.8	13.11	13.53		
34	358.8	404.9	13.53	13.53		
EDAD 28 DIAS						
11	390.3	413.4	11.04	11.04	13.00	14.88
12	369.5	411.8	11.39	11.39		
13	425.9	485.5	13.99	13.99		
14	298.0	342.1	15.57	15.57	15.57	15.97
21	448.8	510.1	13.41	13.41		
22	480.4	545.1	13.47	13.47		
23	357.5	414.1	15.63	15.63	10.89	11.27
24	445.5	515.4	15.89	15.89		
31	385.5	457.8	18.75	18.09		
32	321.2	379.3	18.09	18.34	15.97	15.88
33	374.5	443.3	18.34	17.38		
34	347.3	407.8	17.38	17.48		
41	341.9	401.7	17.48	17.55	15.88	15.80
42	389.9	387.8	17.55	17.42		
43	289.2	318.1	17.42	17.89		
44	300.7	354.5	17.89	18.81	10.89	11.27
51	407.5	478.0	18.81	17.40		
52	448.8	527.0	17.40	17.24		
53	308.2	363.5	17.24	18.59	12.88	12.88
54	248.9	290.2	18.59	15.01		
61	249.3	290.2	18.41	15.58		
62	303.4	349.8	15.29	15.29	10.89	10.89
63	408.0	471.5	15.58	11.42		
64	289.9	310.4	15.01	11.08		
71	285.8	333.0	18.80	15.85	12.88	12.88
72	195.2	227.0	16.29	15.02		
73	221.7	347.3	15.02	15.85		
74	245.8	255.0	15.85	10.14	12.88	12.88
81	437.7	285.0	10.14	10.14		
82	442.8	482.1	10.14	11.42		
83	352.1	487.5	11.42	11.08	12.88	12.88
84	444.0	493.1	11.08	12.45		
91	505.7	580.9	10.92	12.92		
92	423.0	489.2	11.18	12.45	12.88	12.88
93	384.8	410.2	12.45	12.92		
94	481.7	543.5	12.92	12.58		
101	314.9	355.8	12.92	12.92	12.88	12.88
102	348.7	389.3	12.92	12.92		
103	298.2	338.3	12.78	12.58		
104	281.3	327.9	12.58	12.58		

No DE MUESTRA	W _s (grs)	W _{agua} (grs)	ABSORCIÓN %	ABSORCIÓN PROMEDIO	ABSORCIÓN GENERAL PROMEDIO	
EDAD 14 DIAS						
11	289.0	339.2	17.37	17.19	17.99	
12	183.3	21.9	18.84			
13	271.8	321.1	18.14			
14	343.2	400.2	18.81			
21	328.8	379.1	18.00	18.97		
22	341.7	399.1	18.00			
23	297.8	349.1	17.31			
24	319.2	375.9	17.78			
31	289.9	347.0	19.70	19.82		
32	305.3	367.8	20.41			
33	257.8	307.5	19.37			
34	224.8	289.1	19.81			
EDAD 28 DIAS						
11	418.0	483.8	10.91	10.80		12.75
12	284.4	295.3	11.89			
13	277.9	307.8	10.78			
14	389.8	428.2	9.85			
21	205.0	234.8	14.54	13.01		
22	253.8	281.5	10.91			
23	230.4	257.1	11.59			
24	221.8	254.8	14.98			
31	302.2	353.2	13.43	14.17		
32	279.1	321.2	15.00			
33	242.8	277.7	14.37			
34	245.8	279.7	13.79			
41	338.9	378.1	12.23	12.39		
42	350.8	391.4	11.57			
43	187.0	211.0	12.83			
44	304.0	343.3	12.93			
51	239.5	287.5	11.89	11.95		
52	381.4	410.8	13.87			
53	298.8	329.8	10.38			
54	284.0	295.8	12.05			
61	344.5	393.8	14.31	13.12		
62	257.8	291.8	13.11			
63	226.1	256.1	12.28			
64	258.7	291.7	12.78			
71	240.3	280.8	18.85	15.01		
72	295.4	334.2	13.13			
73	324.5	370.5	14.18			
74	341.9	398.2	15.88			
81	352.8	395.2	12.02	13.28		
82	312.8	355.2	13.83			
83	308.7	348.9	13.78			
84	321.4	385.2	13.89			
91	280.1	315.2	12.53	11.75		
92	245.2	270.8	10.38			
93	310.8	350.8	12.81			
94	298.7	330.2	11.29			
101	382.8	408.9	12.50	12.08		
102	310.3	345.5	11.34			
103	280.7	315.5	12.40			
104	305.1	341.9	12.08			

N ^o DE MUESTRA	Peso (grs)	Peso (grs)	EDAD 14 DIAS		ABSORCIÓN GENERAL PROMEDIO
			W ₁₄	ABSORCIÓN %	
11	3332	3857	1394		
12	2435	2794	1474	14.48	
13	3988	3430	1487		
14	3485	3980	1428		
21	2340	2640	1262		
22	3545	4030	1388		
23	3880	4369	1318		
24	4491	5085	1323		14.81
31	3755	4404	1728		
32	3671	4544	1739	16.75	
33	3718	4324	1830		
34	2783	3228	1803		
EDAD 28 DIAS					
11	3173	3844	1484		
12	4052	4831	1429	13.88	
13	3889	4187	1298		
14	2909	3188	1342		
21	2482	2802	1289	13.12	
22	2578	2927	1354		
23	1779	1998	1231		
24	1280	1458	1375		
31	4898	5198	1084		
32	4954	5529	1290	11.59	
33	3514	2783	1070		
34	2477	2777	1211		
41	3628	4109	1332		
42	4224	4855	1020	11.82	
43	3602	4215	1088		
44	2707	3058	1289		
51	3388	3859	1456		
52	3098	3478	1227	12.97	
53	3777	4233	1207		
54	5170	5839	1294		
61	3889	4300	1114		
62	4202	4784	1385	12.10	
63	4732	5334	1272		
64	4120	4580	1088		
71	4228	4758	1258		
72	3007	3408	1327	11.83	
73	5575	6197	1118		
74	3711	4023	1028		
81	3998	4452	1138		
82	3008	3375	1220	11.84	
83	4155	4835	1155		
84	4550	5070	1143		
91	3980	4388	1078		
92	3212	3425	983	9.74	
93	4812	5032	911		
94	5068	5544	944		
101	3510	3905	1125		
102	3883	4285	984	10.21	
103	4148	4589	1020		
104	4228	4829	954		

No. DE MUESTRA	W _a (grs)	W _{asa} (grs)	ABSORCIÓN %	ABSORCIÓN PROMEDIO	ABSORCIÓN GENERAL PROMEDIO	
EDAD 14 DIAS						
11	504.7	547.8	8.50	7.54	9.00	
12	387.7	411.8	8.22			
13	882.0	739.0	8.38			
14	335.5	352.9	7.09			
21	874.0	737.8	9.44	10.23		
22	873.0	740.2	9.99			
23	598.4	859.7	10.24			
24	537.5	597.9	11.24			
31	389.8	418.5	7.38	9.23		
32	532.1	588.8	10.84			
33	581.4	819.2	10.30			
34	581.1	811.4	8.98			
EDAD 28 DIAS						
11	315.4	350.0	10.97	11.37		12.58
12	418.3	453.7	8.98			
13	328.3	370.0	13.39			
14	588.3	837.0	12.12			
21	388.4	409.4	11.74	11.43		
22	291.9	327.3	12.13			
23	318.7	352.1	10.48			
24	501.1	558.1	11.37			
31	419.0	481.8	10.17	10.74		
32	502.2	550.8	9.84			
33	407.4	484.0	13.89			
34	489.8	535.0	9.27			
41	404.9	454.4	12.23	13.89		
42	425.8	491.8	15.55			
43	431.9	494.5	14.49			
44	390.2	442.0	13.28			
51	478.9	531.8	7.29	11.88		
52	455.0	509.1	8.89			
53	387.4	417.3	13.58			
54	470.5	535.7	13.84			
61	314.8	354.3	12.82	12.72		
62	479.8	539.0	12.38			
63	473.8	527.5	11.38			
64	520.2	595.5	14.48			
71	493.8	584.3	14.28	13.87		
72	538.0	608.2	13.05			
73	491.3	582.5	14.49			
74	578.8	651.0	12.88			
81	523.7	581.1	12.87	14.13		
82	521.8	588.5	12.83			
83	487.9	557.8	14.33			
84	508.7	592.5	16.47			
91	800.0	908.5	13.58	12.83		
92	898.0	778.3	11.82			
93	384.3	411.0	12.82			
94	831.0	708.8	12.30			
101	478.7	545.9	13.91	13.80		
102	387.8	440.5	13.82			
103	348.3	398.8	13.87			
104	398.1	449.9	13.01			

PRUEBA DE ABSORCIÓN PARA BALONAS DE SUELO-CEMENTO GRAVILLA DE 8" PROPORCIÓN 3.5 : 1 : 2.5

No. DE MUESTRA	W _o (grs)	W _{abs} (grs)	ABSORCIÓN %	ABSORCIÓN PROMEDIO	ABSORCIÓN GENERAL PROMEDIO
EDAD 14 DIAS					
11	358.7	395.5	10.88	1134	1152
12	481.8	510.9	10.63		
13	510.3	570.9	11.68		
14	383.3	440.3	11.25	1202	1152
21	530.1	590.7	11.43		
22	470.8	525.9	11.70		
23	439.7	483.3	12.87	1120	1152
24	510.4	572.1	12.09		
31	553.5	511.2	11.25		
32	368.1	405.5	10.78	1120	1152
33	528.7	581.2	11.82		
34	524.9	582.4	10.95		

11	712.1	802.3	12.87	1582	1392
12	484.4	577.4	18.79		
13	420.0	487.3	18.02		
14	802.3	704.8	18.98	1114	1392
21	550.3	620.0	12.87		
22	590.2	659.0	11.88		
23	512.4	582.0	9.88	1345	1392
24	573.8	634.0	10.53		
31	498.2	571.5	15.18		
32	545.3	628.8	14.91	1572	1392
33	418.0	481.0	15.83		
34	437.0	511.9	17.14		
41	307.2	358.8	18.18	1543	1392
42	508.4	585.3	15.13		
43	389.8	448.9	14.71		
44	500.7	579.3	15.70	1548	1392
51	559.0	646.0	15.40		
52	579.0	646.0	11.57		
53	418.8	483.9	15.54	1205	1392
54	538.5	597.0	11.28		
81	741.3	825.0	11.29		
82	534.0	598.9	11.78	1205	1392
83	488.4	532.8	13.71		
84	815.7	888.0	11.42		
71	403.1	484.4	18.45	1548	1392
72	428.7	493.4	15.83		
73	491.8	584.5	14.78		
74	487.8	580.8	14.87	1183	1392
81	858.2	735.4	11.73		
82	431.0	479.8	11.32		
83	578.5	644.5	11.11	1488	1392
84	824.5	890.8	12.85		
91	485.3	553.9	14.14		
92	492.1	582.8	14.33	1488	1392
93	520.8	598.8	14.98		
94	512.3	590.8	15.28		
101	438.7	449.9	13.95	1458	1392
102	478.2	550.3	15.08		
103	412.4	473.5	14.82		
104	510.1	583.5	14.39		

No. DE MUESTRA	W _o (grs)	W ₂₈ (grs)	ABSORCIÓN %	ABSORCIÓN PROMEDIO	ABSORCIÓN GENERAL PROMEDIO	
EDAD 14 DIAS						
11	859.9	719.8	8.08	11.82	11.24	
12	534.8	593.8	11.04			
13	388.1	439.7	13.88			
14	441.8	497.1	12.49			
21	475.0	528.1	11.20	11.12		
22	491.9	548.3	11.08			
23	491.4	552.4	12.41			
24	841.8	704.7	8.80			
31	301.8	338.1	11.44	10.97		
32	797.0	872.4	9.48			
33	454.8	509.7	12.12			
34	592.7	857.0	10.85			
EDAD 28 DIAS						
11	471.8	511.8	8.44	8.14		9.82
12	512.3	582.8	9.82			
13	585.7	625.0	8.71			
14	219.8	238.5	7.80			
21	375.8	410.2	9.15	10.45		
22	535.5	595.9	10.81			
23	448.5	492.3	9.77			
24	541.8	608.0	12.28			
31	423.1	480.3	8.79	9.30		
32	403.5	443.8	9.94			
33	483.8	508.8	9.27			
34	542.0	591.8	9.19			
41	709.7	771.0	8.84	9.78		
42	432.2	489.5	8.83			
43	552.3	612.0	10.81			
44	442.0	490.8	11.04			
51	452.3	495.8	9.57	9.40		
52	702.8	788.0	9.31			
53	331.5	384.8	9.98			
54	288.9	314.1	8.72			
61	872.8	735.3	9.29	10.47		
62	478.2	530.8	11.00			
63	521.7	578.4	10.87			
64	812.1	877.8	10.70			
71	854.3	715.3	9.32	10.42		
72	508.1	583.4	10.88			
73	585.3	649.8	11.02			
74	802.8	885.8	10.45			
81	707.7	772.5	9.18	9.41		
82	718.7	783.8	9.33			
83	285.0	310.9	9.09			
84	554.8	610.5	10.04			
91	611.0	675.8	10.57	11.78		
92	852.5	737.8	13.04			
93	519.3	572.8	10.28			
94	747.5	845.9	13.18			
101	739.5	805.7	8.95	9.07		
102	789.1	841.5	9.41			
103	741.0	808.0	9.04			
104	757.4	824.5	8.88			

CUADRO No. 241 CUADRO RESUMEN PRUEBA DE
 ABSORCION (%) ABSORCION BALONES PARA DE
 SUELO - CEMENTO - GRAVILLA

DIAMETRO (pulgadas)	EDAD (Dias)	PROPORCION DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA		
		3:1:2	3.5:1:2.5	2:1:3
4	14	16.87	18.38	16.12
	28	16.33	15.25	14.48
6	14	13.80	17.99	14.81
	28	14.68	12.75	11.89
8	14	9.00	11.52	11.24
	28	12.58	13.99	9.82

2.6.3 PRUEBA DE PERMEABILIDAD.

Esta prueba es un ensayo de control de calidad, para establecer el hecho de que el acabado de tuberías de conducción presenta los límites de filtración o goteo establecido en las especificaciones.

Esta prueba consiste en llenar con agua una sección de la tubería por un tiempo especificado y la superficie exterior es ensayada por humedad⁴⁵. De acuerdo a la norma ASTM C-14M, la superficie externa en no menos del 80% del tubo ensayado no deberá mostrar humedad o manchas mojadas al final del período, debido al agua que pasa a través de las paredes del tubo.

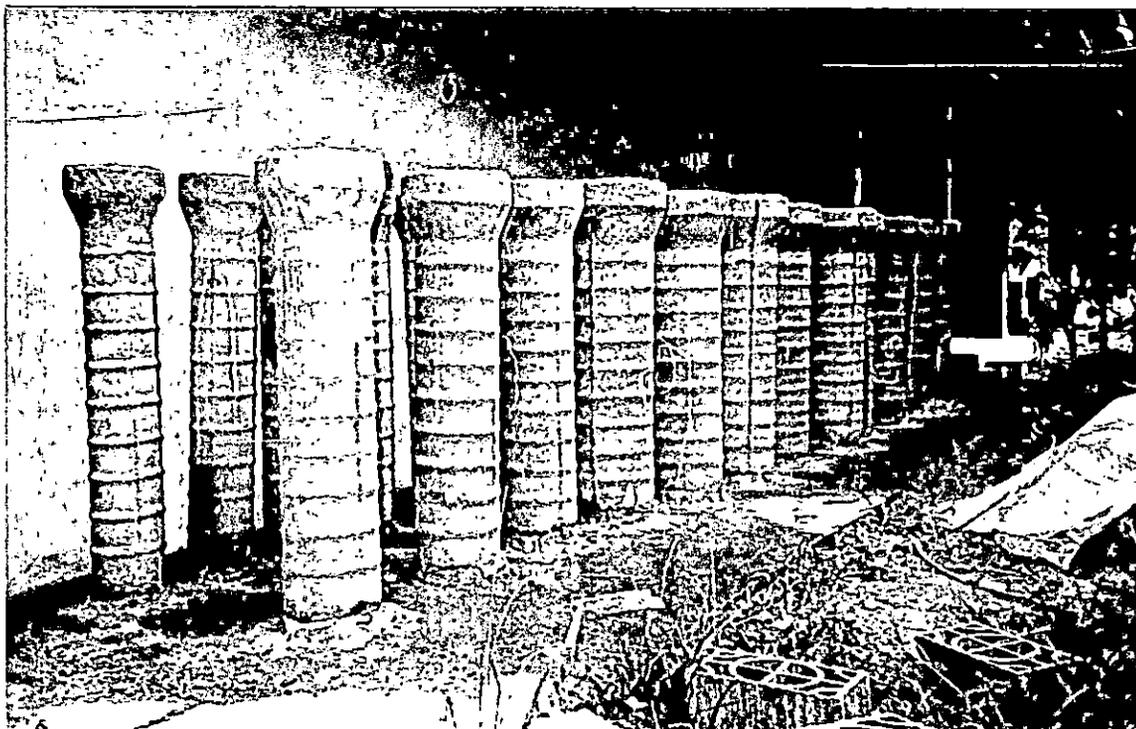
El procedimiento empleado para determinar la permeabilidad de los tubos de suelo-cemento-gravilla, se puede resumir como sigue:

- 1- Se escogieron al azar 3 tubos de cada mezcla y cada diámetro, totalizando 9 tubos por cada diámetro.
- 2- Se procedió a fijar sobre una superficie lisa de concreto cada tubo, ordenándolos en hilera (ver fotografía N° 2.32 en página 158), el proceso de fijación y taponeado de espiga se realizó usando una mezcla pobre de arena y cemento.

⁴⁵ Estrada Hernández, José Eduardo [At A1]
Estudio sobre Fabricación de Tuberías de Suelo -
Cemento I Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
Universidad de El Salvador 1989, pag 154.

- 3- 24 horas después se procedió al llenado de los tubos con agua potable, usando para ello una manguera. El llenado se realizó hasta el borde superior de las balonas (ver fotografía No. 2.33 en página 159).
- 4- Después del llenado de tubos, se cronometraron 15 minutos para hacer la primera observación visual a la superficie exterior de los tubos, con el objeto de determinar porcentajes de sudado superficial, después se hicieron observaciones a 1 hora, 24 horas, 2,3,4,5,6 y 7 días de llenado.

Dichos resultados se muestran en los cuadros No. 2.42 al No. 2.44 ver páginas 160 a la 162.



FOTOGRAFIA Nº 2.32 Tuberías de Suelo-Cemento-Grávilla sometidas a la prueba de permeabilidad.



FOTOGRAFIA Nº 2.33 Tuberias de Suelo-Cemento-Gravilla, sometidas a la prueba de permeabilidad.

CUADRO No 2.42 PERMEABILIDAD EN TUBOS DE 4" DE DIAMETRO

PORCENTAJE DE SUDADO SUPERFICIAL PARA CADA EDAD DE OBSERVACION									
No TUBO	15 Min	1h	24h	2d	3d	4d	5d	6d	7d
PROPORCION 2 : 1 : 3									
A *	10 - 15 %	10 - 25%	10%	10%	5%	0%	0%	0%	0%
B *	20 - 25 %	25%	15%	5%	5%	0%	0%	0%	0%
C	10%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PROPORCION 3.5 : 1 : 2.5									
D	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
E	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
F	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PROPORCION 3 : 1 : 2									
G	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
H	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
I	5%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

* Zona de permeabilidad localizada, en puntos en junta de construcción del tubo, o balona.

CUADRO No 2.43 PERMEABILIDAD EN TUBOS DE 6" DE DIAMETRO

PORCENTAJE DE SUDADO SUPERFICIAL PARA CADA EDAD DE OBSERVACION									
No TUBO	15 Min	1h	24h	2d	3d	4d	5d	6d	7d
PROPORCION 2 : 1 : 3									
A *	5%	20%	10%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
B *	5%	10 - 15%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
C	5%	20%	15%	5%	2%	0%	0%	0%	0%
PROPORCION 3.5 : 1 : 2.5									
D	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
E	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
F	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PROPORCION 3 : 1 : 2									
G	5%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
H	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
I	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

* Zona de permeabilidad localizada, en puntos en junta de construcción del tubo.

2.6.4 COMENTARIOS DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO Y SELECCIÓN DE MEZCLAS OPTIMAS.

En los cuadros N^o 2.45 al N^o 2.47 que se presentan en la página 164 se resumen los resultados de las pruebas de laboratorio: resistencia al aplastamiento y absorción (para paredes y balonas) realizadas a los tubos de suelo - cemento - gravilla a los 28 días, los cuales nos permiten establecer comparaciones entre las diferentes mezclas para poder desechar aquellas que ofrecen resultados desfavorables de acuerdo a los requisitos requeridos para cada prueba, y de esta manera seleccionar la mezcla óptima para cada diámetro en estudio, la cual será la que además de ser la más económica, es decir; requiera menor cantidad de cemento y gravilla y mayor cantidad de suelo cumpla con los requisitos físicos establecidos por la norma ASTM C-14M.

Analizando el cuadro N^o 2.17 y N^o 2.45 (ver páginas 115 y 164) se observa que la resistencia máxima obtenida en la fabricación de tuberías es de 2437.92 kgs/m y la mínima requerida por la norma ASTM C -14M es de 2242.61 kgs/m, podemos clasificar la tubería producida como: TUBERIAS DE CLASE 1.

CUADRO Nº 2.45 PRUEBA DE RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO A LOS 28 DIAS (Kgs/ml)

DIAMETRO (Pulgadas)	PROPORCION: SUELO - CEMENTO - GRAVILLA			REQUISITO NORMA ASTM C-140 CLASE 1
	3:1:2	3.5:1:2.5	2:1:3	
4	2445.11	2123.86	2437.92	2242.61
6	2377.32	2123.40	2156.30	2242.61
8	2291.12	2287.46	2380.04	2242.61

CUADRO Nº 2.46 PRUEBA DE ABSORCION PARA PAREDES DE TUBOS A LOS 28 DIAS (% absorción)

DIAMETRO (Pulgadas)	PROPORCION: SUELO-CEMENTO-GRAVILLA			REQUISITO NORMAS DE ANDA
	3:1:2	3.5:1:2.5	2:1:3	
4	13.17	15.06	11.62	13
6	14.23	14.46	13.65	13
8	16.13	14.81	13.01	13

CUADRO Nº 2.47 PRUEBA DE ABSORCION PARA BALONAS DE TUBOS A LOS 28 DIAS (% absorción)

DIAMETRO (Pulgadas)	PROPORCION: SUELO-CEMENTO-GRAVILLA			REQUISITO NORMA ANDA (X)
	3:1:2	3.5:1:2.5	2:1:3	
4	16.33	15.25	14.48	13
6	14.68	12.75	11.89	13
8	12.58	13.99	9.82	13

De los resultados de los cuadros N^o 2.45 al N^o 2.47 podemos comentar lo siguiente:

- Del cuadro N^o 2.45 la proporción 3:2:1 presentan una resistencia superior a la mínima requerida por la norma C - 14M para los tubos de los 3 diámetros, la proporción 3.5:1:2.5 solo cumple para los diámetros de 8" con el requisito, y para ninguno de los otros diámetros, y la proporción 2:1:3 solo cumple los requisitos para los tubos de 4" de diámetro y de 8".

- Del cuadro N^o 2.46 podemos observar que la absorción es mejorada notablemente con respecto al estudio II sobre tuberías de suelo - cemento, siendo la proporción 2:1:3 que presenta valores que se acercan más a lo establecido por la norma de ANDA.

- Del cuadro N^o 2.47 se observa que en los valores de absorción obtenidos para las balonas de los tubos de suelo-cemento-gravilla, se destaca también la mezcla 2:1:3 en cuanto a valores bajos de absorción. Es de hacer notar que en las balonas se obtienen valores mayores de absorción debido a que en estas zonas de los tubos la consistencia de la mezcla es más porosa, especialmente en los tubos de menor diámetro.

En cuanto a la permeabilidad, se observó que los resultados fueron cumplidos por las 3 proporciones, ya que al observarse los tubos más de 7 días, siempre presentaban una superficie seca bastante menor que el 80% de la superficie del tubo.

De los comentarios anteriores y tomando en cuenta los factores económicos: considerando que a mayor proporción de suelo en una mezcla de suelo - cemento - gravilla se obtiene mayor economía, requisitos de resistencia y considerando más los resultados de la permeabilidad que los de la absorción por considerarla como más representativa, se procedió a la selección de la mezcla óptima para cada diámetro, obteniéndose:
Mezcla óptima para tubos de suelo - cemento - gravilla de 4" y 6" de diámetro: 3:1:2.

Mezcla óptima para tubos de suelo - cemento - gravilla de 8" de diámetro: 3.5:1:2.5.

La variación o ganancia de resistencia que adquieren las tuberías en estudio según la edad, se representa en los gráficos del N^o 2.9 al N^o 2.11 en páginas 127 a la 129 en los cuales se establece una comparación entre las resistencias de las tuberías de mortero y suelo - cemento (mezclas óptimas)⁴⁸ con las de suelo - cemento - gravilla y además con los valores que establece la norma ASTM C-14M.

De dichos gráficos se puede comentar:

- Los tubos de mortero tienen una resistencia mayor que la de los tubos de suelo - cemento y de suelo - cemento - gravilla y además cumplen con los requisitos de la norma ASTM C-14M.

⁴⁸ Colón Villalta, Rafael A. [Et Al]
Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo-Cemento II Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Universidad de El Salvador 1989, página 75-77.

Es de hacer notar que para las tuberías de 4" cumple con los requisitos a edades temprana (14 días) y los de 6" y 8" a los 21 días.

- Para los tubos de suelo - cemento de 8" la mezcla óptima que cumple con los requisitos de las normas ASTM C-14M es la 3:1 a los 28 días, mientras que los tubos de 4" y 6" no la cumplen.

- Para los tubos de suelo - cemento - gravilla solo la mezcla 3:1:2 cumple con la resistencia requerida por la norma ASTM C-14M para los diámetros en estudio a los 28 días, es de hacer notar que solo el diámetro de 4" cumple con la resistencia requerida a los 14 días.

La mezcla 2:1:3 solamente cumple con los requisitos de la norma para los diámetros de 4" y 8" y la mezcla 3.5:1:2.5 solo cumple con dichos requisitos el diámetro de 8".

2.7 COMPARACION DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO PARA TUBOS DE MORTERO, SUELO - CEMENTO Y TUBOS DE SUELO - CEMENTO - GRAVILLA.

En la página 168 se presentan los cuadros comparativos N^o 2.48 y N^o 2.49 de los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio de las mezclas óptimas del estudio II y del presente estudio a los 28 días, con el propósito de analizar las propiedades físicas de ambas tuberías.

CUADRO Nº 2.48 CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO A LOS 28 DIAS (Kgs/m)

DIAMETRO (Pulgadas)	SUELO-CEMENTO	MORTERO	SUELO - CEMENTO - GRAVILLA	REQUISITO NORMA ASTM C-14 M
4	2055.93	2529.61	2445.11	2242.61
6	1943.94	2706.69	2377.32	2242.61
8	2307.26	2883.61	2287.46	2242.61

CUADRO Nº 2.49 CUADRO COMPARATIVO DE ABSORCION A LOS 28 DIAS (% Absorción)

DIAMETRO (Pulgadas)	SUELO-CEMENTO-	MORTERO	SUELO - CEMENTO - GRAVILLA	REQUISITO NORMA ANDA
4	20.62	13.53	13.17	13
6	19.11	11.43	14.23	13
8	16.79	10.18	14.81	13

De los resultados presentados en los cuadros anteriores se puede comentar:

-La resistencia de los tubos de mortero fabricados por el mismo método que los tubos en estudio (vibrado) cumplen con los requisitos de la norma ASTM C-14M a los 28 días, superando siempre a los de suelo - cemento - gravilla en un porcentaje menor que en el estudio anterior (parte II), dicho incremento de resistencia expresado en porcentajes es de 3.45% para de 4" 13.85% para de 6" y 26.10% para de 8" de diámetro.

- La resistencia de los tubos de suelo - cemento es mejorada al agregarle gravilla a la mezcla de suelo - cemento,

utilizando siempre el mismo método de fabricación (vibrado).

En este estudio se obtuvieron resultados satisfactorios en cuanto a la resistencia, con respecto al estudio II, para tubos de 4" y 6" de diámetro y una disminución para el diámetro de 8"; esto es debido a que se selecciona la mezcla más pobre en cemento pero que cumple con la norma ASTM C-14M. Los respectivos incrementos y disminución en porcentaje de la resistencia son los siguientes: 18.93%, 22.29%, 0.85% para 4", 6" y 8" respectivamente.

- Para la absorción de los tubos de suelo - cemento - gravilla se obtuvo una mejoría con respecto a los tubos de suelo - cemento, los cuales todavía no cumplen con lo establecido por las normas de ANDA que es del 13% obteniéndose una disminución de absorción en porcentaje es de 36.13%, 25.45% y 11.79%, para los diámetros de 4", 6" y 8" respectivamente. En cuanto a los tubos de mortero, si cumplen con lo establecido por ANDA.

De los anteriores comentarios, se puede concluir que con la incorporación de la gravilla a la mezcla de suelo - cemento para la fabricación de tubos se mejoran sus propiedades físicas especialmente la resistencia y la absorción, solamente para la absorción no cumplió con lo requerido.

CAPITULO III

ESTUDIO DE COSTOS

3.1 INTRODUCCION

En el análisis de todo proyecto nuevo es necesario hacer un estudio de los beneficios y costos del mismo, para poder asignar recursos de una manera óptima a la producción de bienes y/o servicios, combinando adecuadamente una serie de factores o elementos humanos, mecánicos y materiales indispensables que permitan el logro del objetivo o sea la producción; es aquí donde se presenta la necesidad de establecer un sistema de análisis de costos que proporcione el conocimiento previo de los costos de producción.

En el presente capítulo se presenta un análisis de costos necesarios para la ejecución del proyecto consiste en la producción de los tubos de suelo-cemento-gravilla, así como también el análisis de costos para tubos de mortero con el objeto de hacer una comparación de costos unitarios entre ambos tubos y así comprobar si la fabricación de tubos de suelo-cemento-gravilla es factible económicamente, ya que si los costos unitarios de estos son menores o iguales a los correspondientes para los tubos de mortero, entonces se justifica el proyecto desde el punto de vista técnico y económico.

3.2 ANALISIS DE COSTOS

La determinación del costo consiste en señalar cada uno de los elementos que intervienen en su realización, en su justa medida, estableciéndose métodos que clasifiquen y analicen a todos los factores que intervienen en la producción.

El costo de un bien, sea productivo o servicio, es simplemente la inversión que deberá hacerse para producirlo, estando representada esta inversión por recursos de capital, esfuerzo o trabajo y tiempo.⁴⁷

En una forma general podemos definir el costo como la suma de todos los gastos o desembolsos realizados al preparar un proyecto y ejecutar.⁴⁸

Para hacer un análisis de costos de producción, se debe comenzar por obtener, una serie de datos: Precios de materiales, mano de obra, costos básicos del equipo a usar, rentabilidad del mismo, etc.

Los costos se clasifican en dos grandes grupos: Costos

⁴⁷ Ing. Edmundo Roeder [Et Al]
Primer Seminario en la Industria de la Construcción
Cámara Salvadoreña de la Industria de la
Construcción. Casalco 1987 página 12

⁴⁸ José Pregedy, Garcilazo Cedillo [Et Al];
Aplicación de la Computación en el Análisis y
Elaboración de Costos y Presupuestos, en la
Construcción de Edificaciones Habitacionales y
Urbanizaciones. Facultad de Ingeniería y
Arquitectura Universidad de El Salvador 1992 página
19

Directos y Costos Indirectos.

3.3 COSTOS DIRECTOS.

Los costos directos son los que representan las inversiones que aparecen en realizaciones físicas de ejecución. También podemos definir los costos directos como la suma de material, mano de obra y equipo necesario para la realización de un proceso productivo.⁴⁹

Los costos directos se caracterizan porque aumentan proporcionalmente con el aumento mismo de la producción; a mayor producción mayor costo directo.

Para el análisis de costos directos de tubos de mortero y tubos de suelo - cemento - gravilla, se toman en cuenta solamente los costos correspondientes a mano de obra, materiales y mantenimiento de maquinaria.

3.3.1 COSTOS DIRECTOS PARA TUBOS DE MORTERO.

Para la realización del análisis de costos directos para tubos de mortero, se siguió la misma metodología usada en el estudio II sobre la fabricación de tuberías de suelo - cemento,

⁴⁹ Ing. Edmundo Roeder [Et Al]
Primer Seminario en la Industria de la
Construcción. Cámara Salvadoreña de la Industria de
la Construcción. Casalco 1987 página 12.

en su mayor parte está obedece a datos recopilados en la fábrica de tubos "La Lechuza".

- El cálculo de costos de mano de obra diaria para producción de tubos de mortero de 4", 6" y 8", es como se indica a continuación.

<u>OCUPACION</u>	<u>SALARIO/DIA</u>	<u>SALARIO/AÑO</u>
Operador de maquinaria	¢ 65.92	¢ 24.060.80
Operador de mezcladora	¢ 61.36	¢ 22,761.40
Ayudante de Operador del Equipo.....	¢ 58.88	¢ 21,491
Auxiliadores (12)	¢ 654.72	<u>¢ 238,972.80</u>
	Sub-Total	¢ 306,921.20
Aguinaldo		<u>¢ 20,925.00</u>
	Total	¢ 327,846.20

Costo de mano de Obra diaria = $\frac{¢ 327,846.20}{205 \text{ días} *}$ = ¢ 1,599.25/día

* Los días laborales al año son calculados en el análisis de costos indirectos en página 182.

La estimación de costos directos para los tubos de mortero de 4", 6" y 8" se indican en los literales A,B y C siguientes:

A. Costos directos para un tubo de mortero de 14".

A.1 Mano de Obra

Costo de mano de Obra diaria: ₡ 1,599.25

Producción diaria de tubos: 300 tubos

Costo de mano de obra por tubo = $\frac{\text{₡ } 1,599.25}{300} = \text{₡ } 5.33$

A.2 Materiales.

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Cemento.....	0.070.....	Bolsa.....	₡ 32.00	₡ 2.24
Arena.....	0.006.....	Mts.....	₡ 60.00	₡ 0.36
Gravilla...0.005.....		Mts.....	₡ 150.00	₡ 0.75
Energía eléctrica				₡ 0.20
Agua Potable				₡ 0.12
Costo de materiales				₡ 3.67

A.3 Mantenimiento de maquinaria.

Costo de mantenimiento de maquinaria..... ₡ 0.30

Costo directo para un tubo de mortero de 4" ₡ 9.30

B. Costo directo para un tubo de mortero de 6"

B.1 Mano de Obra

Costo de mano de obra diaria ϕ 1,599.25

Producción diaria de tubos : 275 tubos.

$$\text{Costo de mando de obra por tubo} = \frac{\phi 1,599.25}{275} = \phi 5.81$$

B.2 Materiales

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	PRECIO
			UNITARIO	TOTAL
Cemento.....	0.110.....	Bolsa.....	ϕ 32.00	ϕ 3.52
Arena.....	0.009.....	Mts.....	ϕ 60.00	ϕ 0.54
Chispa.....	0.008.....	Mts.....	ϕ 150.00	ϕ 1.20
Energía eléctrica				ϕ 0.22
Agua Potable				ϕ 0.15
Costo de materiales				ϕ 5.63

B.3 Mantenimiento de maquinaria.

Costo de mantenimiento de maquinaria..... ϕ 0.33

Costo directo para un tubo de mortero de 6" ϕ 11.77

C. Costo directo para un tubo de mortero de 8"

C.1 Mano de Obra

Costo de mano de obra diaria ϕ 1,599.25

Producción diaria de tubos : 250 tubos.

$$\text{Costo de mano de obra por tubo} = \frac{\phi 1,599.25}{250} = \phi 6.40$$

C.2 Materiales

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Cemento.....	0.180.....	Bolsa.....	ϕ 32.00	ϕ 5.76
Arena.....	0.015.....	Mts.....	ϕ 60.00	ϕ 0.90
Chispa.....	0.013.....	Mts.....	ϕ 150.00	ϕ 1.95
Energía eléctrica				ϕ 0.24
Agua Potable				<u>ϕ 0.25</u>
			Costo de materiales	ϕ 9.10

C.3 Mantenimiento de maquinaria.

Costo de mantenimiento de maquinaria..... ϕ 0.36Costo directo para un tubo de mortero de 8" ϕ 15.86

3.3.2 COSTOS DIRECTOS PARA TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA

Para el análisis de costos directos de tubos de suelo-cemento-gravilla se ha usado la metodología empleada en el estudio sobre la fabricación de tuberías de suelo-cemento II, así como también se han tomado en cuenta los criterios usados para la realización de un análisis de costos directos.

Entre los criterios tomados en cuenta para la realización del análisis de costos directos están los siguientes:⁵⁰

- Conocer la producción diaria de tubos de cada diámetro en estudio, y el costo total de mano de obra diaria; para así poder obtener el costo de mano de obra por tubo.
- Se establece que el proceso de fabricación de tubos de suelo-cemento-gravilla es el mismo empleado para la fabricación de tubos de mortero, debido a que los tubos en estudio no requieren de ningún tratamiento especial para su fabricación.
- Se supone que en caso de producir tubos de suelo-cemento-gravilla en serie, se tendrá una producción similar o mayor a la de tubos de mortero. Esta suposición es válida, debido a que los tubos de suelo-cemento-gravilla en su estado fresco tienen un mejor comportamiento que los de

⁵⁰ Colón Villalta Rafael A. [Et Al]
Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo -
Cemento II. Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Universidad de El Salvador, 1989, páginas 91 y 92.

mortero al momento de el desmoldado, minimizando notablemente cualquier atraso en la fase más crítica de el proceso constructivo.

- En el entendido de que se supone una producción similar entre tubos de mortero y suelo-cemento-gravilla, así también se establece un consumo de mano de obra similar, por lo tanto, sus costos de mano de obra también serán iguales.

- Debido a que el suelo es un material abundante en el área metropolitana de San Salvador y que se obtiene de bancos de préstamo en estado natural, únicamente se tomará en cuenta el costo del transporte, cuyo valor es de ₡ 20.00 por mt³ de suelo.

A. Costo directo para un tubo de suelo-cemento-gravilla de 4"

A.1 Mano de obra.

Costo de mano de obra por tubo ₡ 5.33

A.2 Materiales (mezcla óptima 3:1:2)

<u>MATERIAL</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>PRECIO TOTAL</u>
Cemento...	0.0760.....	Bolsa.....	₡ 32.00	₡ 2.43
Arena.....	0.0065.....	Mts.....	₡ 20.00	₡ 0.13
Chispa....	0.0043.....	Mts.....	₡ 150.00	₡ 0.64
Energía eléctrica				₡ 0.20
Agua Potable				<u>₡ 0.12</u>
			Costo de materiales	₡ 3.52

A.3 Mantenimiento de maquinaria.

Costo de mantenimiento de maquinaria.....¢ 0.30

A.4 Total de Costo directo (A1 + A2 + A3) para

un tubo de mortero de 4" ¢ 9.15

B. Costo directo para un tubo de suelo-cemento-gravilla de 6"

B.1 Mano de obra.

Costo de mano de obra por tubo ¢ 5.81

B.2 Materiales (mezcla óptima 3:1:2)

<u>MATERIAL</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>PRECIO TOTAL</u>
Cemento.....	0.110.....	Bolsa.....	¢ 32.00	¢ 3.52
Suelo.....	0.010.....	Mts.....	¢ 20.00	¢ 0.20
Gravilla...	0.006.....	Mts.....	¢ 150.00	¢ 0.90
Energía eléctrica				¢ 0.22
Agua Potable				<u>¢ 0.15</u>
Costo de materiales				¢ 4.99

B.3 Mantenimiento de maquinaria.

Costo de mantenimiento de maquinaria.....¢ 0.33

B.4 Total de Costo directos (B1 + B2 +B3)

para un tubo de suelo-cemento-gravilla de 6"..... ¢ 11.13

C. Costo directo para un tubo de suelo-cemento-gravilla de 8"

C.1 Mano de obra.

Costo de mano de obra por tubo ¢ 6.40

C.2 Materiales (mezcla óptima 3.5:1:2.5)

<u>MATERIAL</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>PRECIO TOTAL</u>
Cemento...	0.0170.....	Bolsa.....	¢ 32.00	¢ 5.44
Arena.....	0.0017.....	Mts.....	¢ 20.00	¢ 0.34
Chispa.....	0.0012.....	Mts.....	¢ 150.00	¢ 1.80
Energía eléctrica				¢ 0.24
Agua Potable				<u>¢ 0.25</u>
			Costo de materiales.	¢ 8.07

C.3 Mantenimiento de maquinaria.

Costo de mantenimiento de maquinaria..... ¢ 0.36

C.4 Total de Costo directos (C1 + C2 + C3)

para un tubo de suelo-cemento-gravilla de 8" ¢ 14.83

3.4 COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos son los gastos generales de una empresa aplicados por sus oficinas centrales, que se prorratearán entre la diversas obras que realiza y se determinan para la propia obra siendo considerados solo en ella.⁵¹

Los costos indirectos se caracterizan, principalmente, porque se realizan haya o no producción, pero que tienen siempre una relación con ella; son los costos correspondientes a alquiler de oficina, gastos de propaganda, teléfono, secretarias, gerente, etc. Con relación a la unidad de producción, los costos indirectos disminuyen si se produce más.

Para la realización del análisis de costos indirectos para tubos de mortero tubos de suelo-cemento-gravilla se sigue la misma metodología empleada en el estudio sobre la fabricación de tuberías de suelo-cemento II, ya que se espera que en caso de cumplir la factibilidad técnica y económica se realice una producción en serie similar a la de tubos de mortero, por lo tanto el costo indirecto será el mismo para ambos tubos.

Para el siguiente análisis de costos indirectos solamente se tomará en cuenta los costos de funcionamiento y sin tomar en

⁵¹ Ing. Edmundo Roeder [Et Al]
Primer Seminario en la Industria de la
construcción. Cámara Salvadoreña de la Industria de
la construcción, Casalco 1987, página 14.

cuenta ningún otro costo ya que la fábrica posee la maquinaria, equipo y plantel administrativo - técnico para la producción de tubos.

El costo indirecto de cada diámetro en estudio se obtendrá dividiendo el costo indirecto total diario entre tres.

3.4.1 CALCULO DE COSTOS INDIRECTOS.

- Cálculo de días laborales por hombre al año.

Días no trabajados pero con goce de sueldo:

Domingo.....	52
Sábados.....	51
Asuetos.....	25
Permisos.....	5
Días de Pago.....	12
Mal tiempo.....	5
Imprevisto	10

160 días

Días laborales al año : $365 - 160 = 205$ días.

- Calculo de costos indirectos total anual:

<u>OCUPACION</u>	<u>SALARIO AL DIA</u>	<u>SALARIO AL AÑO</u>
Jefe de fábrica	¢ 121.50	¢ 44,347.50
Segundo Jefe	¢ 86.66	¢ 32,630.90
Encargado de Kártex	¢ 81.66	¢ 29,805.90
Auxiliar de Oficina	¢ 64.66	¢ 23,600.90
Apuntador	¢ 62.89	¢ 22,954.85
Ayudante de apuntador	¢ 54.15	¢ 19,764.75
Bodeguero	¢ 70.06	¢ 25,571.90
Ayudante de bodeguero(2)	¢ 125.78	¢ 45,909.70
Ordenanza (2)	¢ 125.78	¢ 45,909.70
Sereno	¢ 62.02	¢ 22,637.30
Vigilante	¢ 62.02	¢ 22,637.30
Maestro de Obra	¢ 77.74	¢ 28,375.10
Caporal	¢ 62.04	¢ 22,644.60
Operador de montecarga	¢ 65.45	¢ 23,889.25
Mecánico Soldador	¢ 70.57	¢ 25,758.05
Ayudante de mecánico	¢ 62.89	¢ 22,954.85
	Sub-Total	¢ 458,392.55
Aguinaldo		¢ 25,110.00
	Total	¢ 483,502.55

- Cálculo de costo indirecto total diario:

Costo indirecto total anual : ¢ 483,502.55

Días laborales: 205 días

Costo indirecto total diario: $\frac{\text{¢ } 483,502.55}{205} = \text{¢ } 2,358.55$

205

- Cálculo de costo indirecto para cada diámetro de producción:

Costo indirecto para cada diámetro : $\frac{\text{¢ } 2,358.55}{3} = \text{¢ } 786.18$

Los costos indirectos unitarios por tubo para cada diámetro son los siguientes:

A. Costo indirecto para un tubo de 4"

Costo indirecto para cada diámetro: ¢ 786.18

Producción diaria : 300 tubos.

Costo indirecto intensidad para un tubo de 4": $\frac{\text{¢ } 786.18}{300} = \text{¢ } 2.62$

B. Costo indirecto para un tubo de 6"

Costo indirecto para cada diámetro: ¢ 786.18

Producción diaria : 275 tubos.

Costo indirecto para un tubo de 6": $\frac{\text{¢ } 786.18}{275} = \text{¢ } 2.86$

C. Costo indirecto para un tubo de 8"

Costo indirecto para cada diámetro: ₡ 786.18
Producción diaria : 250 tubos.

Costo indirecto para un tubo de 8": $\frac{₡ 786.18}{250} = ₡ 3.14$

3.5 COSTO UNITARIOS TOTALES

El costo unitario es el importe de la remuneración o pago total correspondiente a la unidad de producción.⁵²

El costo o precio unitario se integra sumando todos los costos directos correspondientes al concepto de trabajo en este análisis comparativo se incluye, además, los costos indirectos.

Por lo consiguiente los costos unitarios para los tubos de diámetro de 4", 6" y 8" estarán definidos por la suma de los costos directos e indirectos involucrados en cada uno de los tubos mencionados anteriormente.

Después de obtener los costos unitarios para los tres diámetro en estudio, se hace una comparación de dichos costos entre los tubos de mortero y de suelo-cemento-gravilla con el objeto de determinar si es factible la fabricación de los segundos.

⁵² Ing. Edmundo Roeder [Et Al]
Primer Seminario en la Industria de la
Construcción. Cámara Salvadoreña de la Industria de
la Construcción, Casalco 1987, página 14.

Si los costos unitarios de los tubos de suelo-cemento-gravilla son iguales o menores a los de mortero, entonces resulta que es factible su fabricación, puesto que los beneficios son los mismos para ambos casos.

3.5.1 COSTOS UNITARIOS PARA TUBOS DE MORTERO.

Los costos unitarios para tubos de mortero son obtenidos a partir de los costos directos y de los costos indirectos calculados en los numerales 3.3.1 y 3.4 respectivamente. (página 172 y 181). El resumen es el siguiente:

A. Costo unitario para tubos de mortero de 4"

Costo directo:	¢ 9.30
Costo indirecto:	¢ <u>2.62</u>
Costo unitario:	¢ 11.92

B. Costo unitario para tubos de mortero de 6"

Costo directo:	¢ 11.77
Costo indirecto:	¢ <u>2.86</u>
Costo unitario:	¢ 14.63

C. Costo unitario para tubos de mortero de 8"

Costo directo:	¢ 15.86
Costo indirecto:	¢ <u>3.14</u>
Costo unitario:	¢ 19.00

3.5.2 COSTOS UNITARIOS PARA TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA

Los costos unitarios para tubos de suelo-cemento-gravilla son obtenidos a partir de los costos directos y de los costos indirectos calculados en los numerales 3.3.2 y 3.4 respectivamente (página 177 y 181). El resumen es el siguiente:

A. Costo unitario para tubos de suelo-cemento-gravilla de 4"

Costo directo:	¢ 9.15
Costo indirecto:	¢ <u>2.62</u>
Costo unitario:	¢ 11.77

B. Costo unitario para tubos de suelo-cemento-gravilla de 6"

Costo directo:	¢ 11.13
Costo indirecto:	¢ <u>2.86</u>
Costo unitario:	¢ 13.99

C. Costo unitario para tubos de suelo-cemento-gravilla de 8"

Costo directo: ₡ 14.83

Costo indirecto: ₡ 3.14

Costo unitario: ₡ 17.97

En el siguiente cuadro comparativo se resumen los costos obtenidos para tubos de suelo-cemento-gravilla y para tubos de mortero para los diámetros en estudio.

CUADRO No. 3.1 RESUMEN DE COSTOS PARA TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA Y DE MORTERO.

DIAMETRO (Pulgadas)	COSTOS DIRECTOS				COSTOS INDIRECTOS	COSTOS UNITARIOS
	MANO DE OBRA	MATERIALES	MANTENIMIENTO DE MAQUINA	TOTALES		
TUBOS DE MORTERO						
4	5.33	3.67	0.30	9.30	2.62	11.92
6	5.81	5.63	0.33	11.77	2.86	14.63
8	6.40	9.10	0.36	15.86	3.14	19.00
TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA						
4	5.33	3.52	0.30	9.15	2.62	11.77
6	5.81	14.99	0.33	11.13	2.86	13.99
8	6.40	18.07	0.36	14.83	3.14	17.97

3.6 COMPARACION DE COSTOS UNITARIOS ENTRE TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA Y TUBOS DE MORTERO.

De acuerdo al cuadro No: 3.1 puede verse que los costos directos de mano de obra, mantenimiento de maquinaria y los costos indirectos de tubos de suelo-cemento-gravilla son iguales, esto es debido a que se ha supuesto una producción similar para tubos de suelo-cemento-gravilla y mortero.

Tomando en cuenta los costos unitarios obtenidos, puede verse que los tubos de suelo-cemento-gravilla ofrecen ventajas económicas con respecto a los tubos de mortero, dichas ventajas varían de un diámetro a otro y pueden observarse en el cuadro siguiente.

CUADRO No. 3.2 CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS UNITARIOS

DIAMETRO (PULGADAS)	COSTOS UNITARIOS		VENTAJAS ECONOMICAS
	TUBOS DE MORTERO	TUBOS DE SUELO-CEMENTO- GRAVILLA	
4	¢ 11.92	¢ 11.77	¢ 0.15
6	¢ 14.63	¢ 13.99	¢ 0.64
8	¢ 19.00	¢ 17.97	¢ 1.03

Entonces se concluye que los costos unitarios para la fabricación de tubos de suelo-cemento-gravilla para los diámetros de 4", 6" y 8" son menores que los de tubos de mortero por lo que dicha fabricación es factible económicamente.

Con el fin de analizar la factibilidad financiera, desde el punto de vista de ingresos y egresos, y considerando el tamaño del proyecto, en el acápite siguiente se analice el punto de equilibrio para cada tubo de suelo-cemento-gravilla.

3.7 PUNTO DE EQUILIBRIO PARA LA PRODUCCION DE TUBERIAS DE SUELO - CEMENTO - GRAVILLA

Una vez determinados los costos unitarios de la producción de tubos de suelo - cemento - gravilla, así como también los costos directos e indirectos, se procedió a encontrar el PUNTO DE EQUILIBRIO para la producción de tubos de suelo - cemento-gravilla para cada diámetro en estudio por año.

El punto de equilibrio (P.E), es un indicador utilizado en la evaluación de proyectos de inversión.

El punto de equilibrio se define como: el punto en el que los ingresos obtenidos por las ventas de los bienes o servicios son iguales a los gastos. En este nivel de punto de equilibrio no se obtienen pérdidas ni ganancias. Sin embargo todo el volumen de producción o ventas que sobrepase este punto

indicará del punto de equilibrio producirá pérdidas.

Para encontrar el punto de equilibrio se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- La maquinaria de la fábrica de tubos de Lechuza trabaja a un tercio de los días laborales al año para la producción de cada diámetro.
- Se trabaja a un 100% de eficiencia, ya que el personal encargado en la fabricación de tubos tiene una gran experiencia en esa rama, y la maquinaria produce normalmente 300 tubos de 4" por día, 275 tubos de 6" por día y 250 tubos de 8" por día.
- Para los tubos de suelo - cemento - gravilla se estableció un precio de venta inferior a los precios del mercado, en dicho precio se estima una ganancia o utilidad equivalente al 10% de el costo unitario de producción para cada diámetro.
- No se toma en cuenta para el análisis ningún tipo de inversiones adicionales, sino solamente los rubros utilizados hasta el momento: mano de obra, materiales, mantenimiento de maquinaria y personal administrativo, partiendo para ello de el hecho de que toda la infraestructura física de la fabrica de tubos, ya existe en la fabrica de tubos "La Lechuza".

3.7.1 CALCULO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO PARA CADA DIAMETRO.

A. PUNTO DE EQUILIBRIO PARA TUBOS DE SUELO - CEMENTO - GRAVILLA DE 4"

Días laborales al año = 205 días

Producción diaria = 300 tubos

Producción de tubos/año

= días laborales/diámetro* producción diaria

= $\frac{205}{3}$ (300) = 20,500 tubos/año

Costo unitario de producción = ₡ 11.77 / tubo

Precio de venta = ₡ 13.00 / tubo

Ingresos Anuales por ventas

= Producción de tubos/año * Precio de venta/tubo

= 20,500 tubos/año * ₡ 13.00 /tubo

= ₡ 266,500 /año

Utilidades anuales

= Ingresos Anuales - Producción Anual*Costo Unitario

= ₡ 266,500/año - (20,500 tubos/año * ₡ 11.77/tubo)

= ₡ 25,215 / año.

Costo directo por tubo (CV) = ₡ 9.15 / tubo *

Costo indirecto por tubo (CF) = ₡ 2.62 / tubo *

Ecuaciones para determinar el punto de equilibrio

1. Ecuación de la línea costo total (CT)

CT = Costo Indirecto anual + Costo Directo/tubo * Producción
Anual (x)

En donde:

Costo indirecto Anual

= Costo Indirecto/tubo * Producción Anual

= ₡ 2.62/tubo * 20,500 tubos/año

= ₡ 53,710 /año

CT = 53,710 + 9.15 * X = 53,710 + 9.15 X

* Calculados en análisis de costo directo e indirecto para
tubos de suelo - cemento - gravilla, páginas 172 y 181.

2. Ecuación de ingresos por ventas (IV)

$$IV = \text{Precio de venta} * \text{Producción anual (x)}$$

$$= 13.00 * x = 13 x$$

El punto de equilibrio se da cuando los ingresos por ventas son iguales a los gastos o costos totales, es decir:

$$IV = CT$$

$$13x = 53,710 + 9.15x$$

$$13x - 9.15x = 53,710$$

$$3.85x = 53,710$$

$$x = 13,950.65 \text{ tubos}$$

La producción de equilibrio para tubos de 4" es de 13,950 tubos/año.

B. Punto de equilibrio para tubos de suelo - cemento - gravilla de 6"

Días laborales año = 205 días

Producción diaria = 275 tubos

Producción de tubos/año

$$= \frac{205}{3} (275) = 18,791.66 = 18,792 \text{ tubos/año}$$

Costo Unitario de producción = ₡ 13.99

Precio de venta = ₡ 15.50

Ingresos Anuales por venta = $18,792 * 15.50 = \text{¢ } 291,276.00$

Utilidades Anuales = $291,276 - (18,792 * 13.99) = \text{¢ } 28,375.92$

Costo directo por tubo (CV) = $\text{¢ } 11.13$

Costo indirecto por tubo (CF) = $\text{¢ } 2.86$

Ecuaciones para determinar el punto de equilibrio

$$1. \text{ CT} = (2.86 * 18,792) + 11.13 * x = 53,745.12 + 11.13 x$$

$$2. \text{ IV} = 15.50 * x = 15.50 x$$

$$\text{IV} = \text{CT}$$

$$15.50x = 53,745.12 + 11.13x$$

$$15.50x - 11.13x = 53,745.12$$

$$4.37x = 53,745.12$$

$$x = 12,298.65$$

La producción de equilibrio para tubos de 6" es de 12,298 tubos/año

C. Punto de equilibrio para tubos de suelo - cemento - gravilla de 8"

Días laborales al año = 205 días

Producción diaria = 250 tubos

Producción de tubos /año

$$= \frac{205}{3} (250) = 17,083.33 = 17,083 \text{ tubos/año}$$

Costo unitario de producción = ₡ 17.97

Precio de venta = ₡ 20.00

Ingresos anuales por Venta = 17,083 (20.00) = ₡ 341,660.00

Utilidades Anuales = 341,660 - (17,083 * 17.97) = ₡ 34,678.49

Costo directo por tubo (CV) = ₡ 14.83

Costo indirecto por tubo (CF) = ₡ 3.14

Ecuaciones para determinar el punto de equilibrio

$$1. CT = (3.14 * 17,083) + 14.83 * x = 53,640.62 + 14.83 x$$

$$2. IV = 20.00 * x = 20x$$

$$IV = CT$$

$$20x = 53,640.62 + 14.83x$$

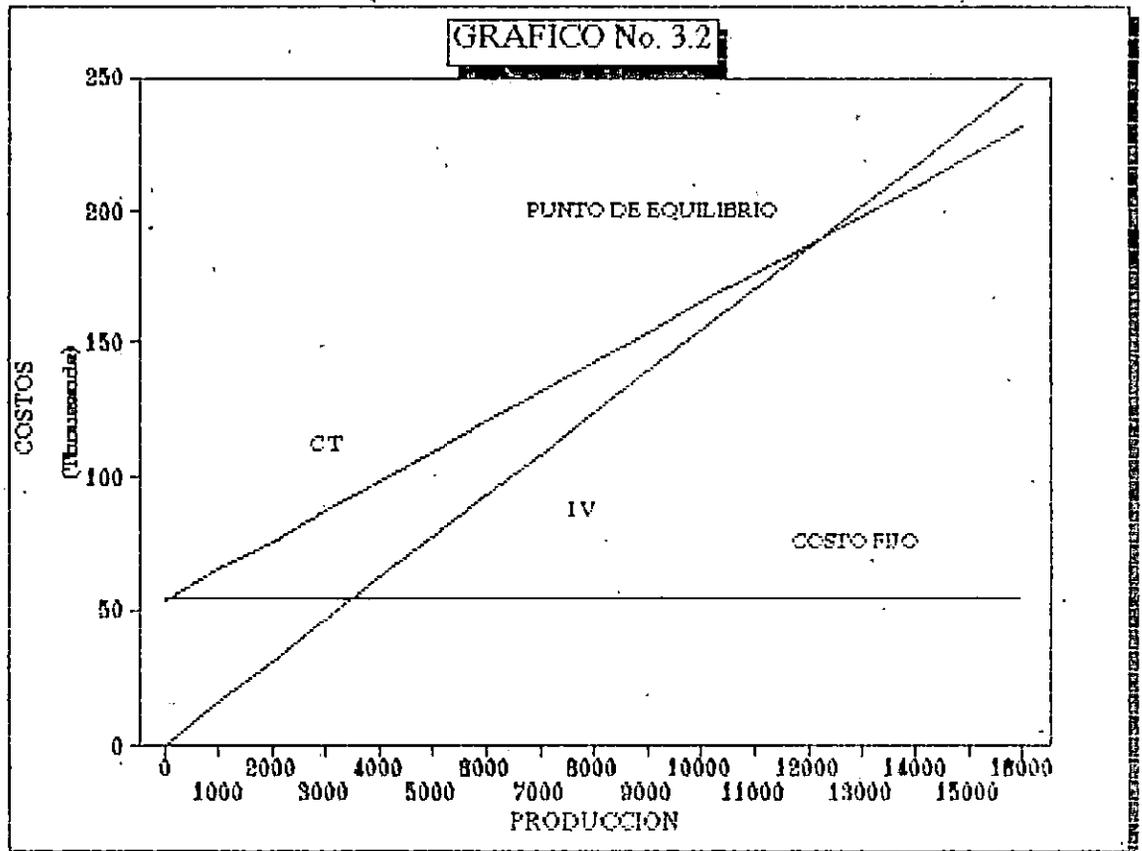
$$20x - 14.83x = 53,640.62$$

$$5.17x = 53,640.62$$

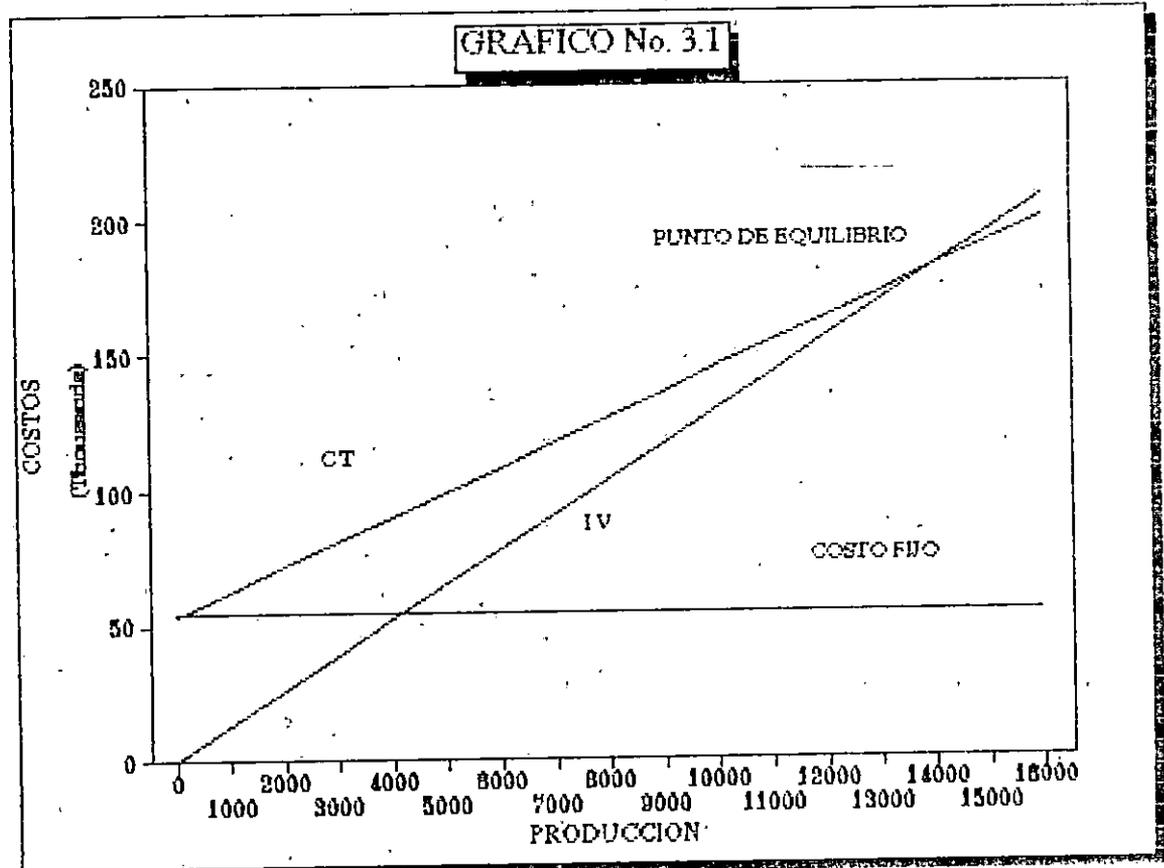
$$x = 10,375.36$$

La producción de equilibrio para tubos de 8" es de 10,375 tubos/año

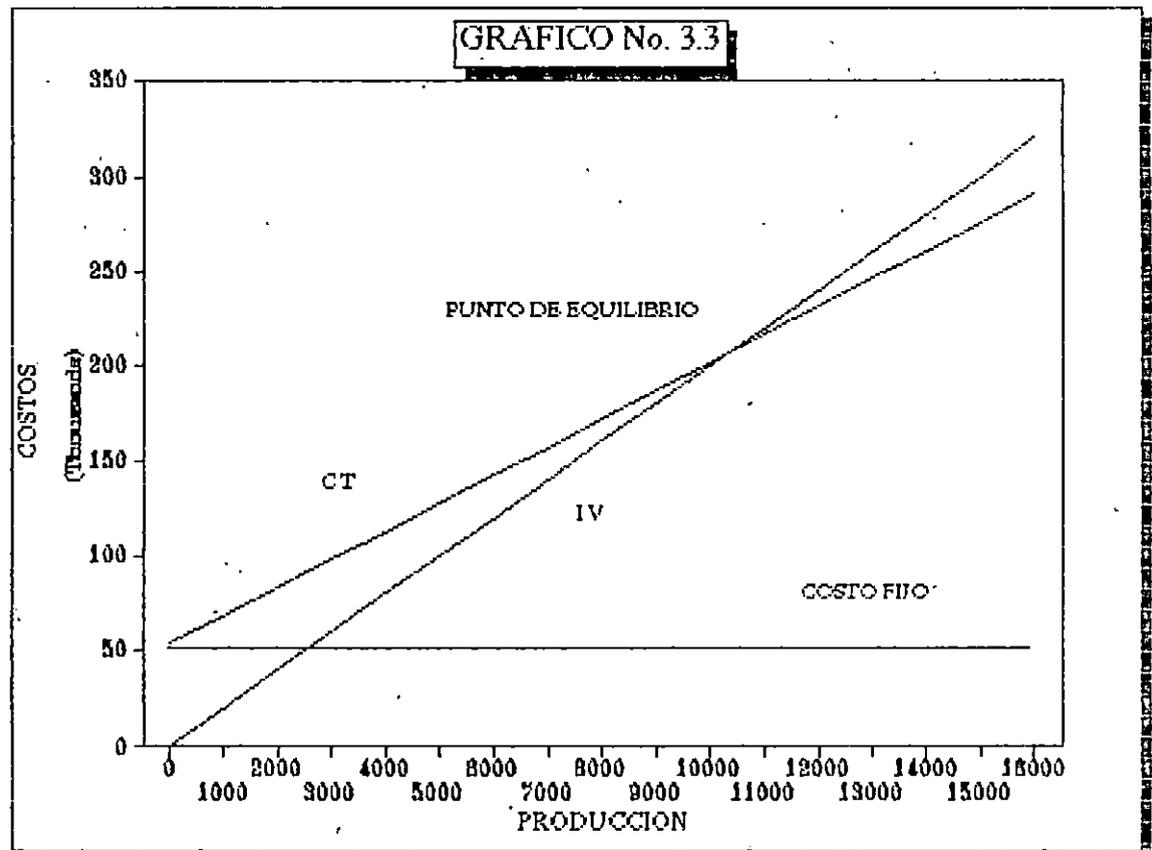
A continuación se presentan los gráficos N° 3.1 al N° 3.3 en páginas 197 a la 199, donde se muestran los puntos de equilibrio para los tres diámetros en estudio.



CURVAS DE COSTOS TOTALES Y VENTAS PARA 1 AÑO DE OPERACIONES EN LA PRODUCCION DE TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA (6" DE DIAMETRO)



CURVAS DE COSTOS TOTALES Y VENTAS PARA 1 AÑO DE OPERACIONES EN LA PRODUCCION DE TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA (4" DE DIAMETRO)



CURVAS DE COSTOS TOTALES Y VENTAS PARA 1 AÑO DE OPERACIONES EN LA PRODUCCION DE TUBOS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA (8" DE DIAMETRO)

En los gráficos producción contra costos (página 197 y 199) se estima que para tubos de suelo - cemento - gravilla las producciones y los costos de equilibrio son de: 13950 tubos de 4" vs ¢ 181350.00; 12298 tubos de 6" vs ¢ 190619.00 y 10375 tubos de 8" vs ¢ 207500.00. Estas cantidades son el equivalente a lo producido en 8, 7.8 y 7.4 meses de operaciones de la fabrica.

De acuerdo a lo anterior a la altura de el octavo mes de trabajo se habrá recuperado con lo vendido sencillamente lo que se ha gastado hasta ese momento en el funcionamiento de la fabrica. En otras palabras a partir de el octavo mes de trabajo se empezará a percibir cierto margen de ganancias o utilidades para los tres diámetros producidos.

Tomando en cuenta que este análisis es de interés social, solo se establecieron ganancias equivalentes al 10% de los costos (aunque si se comparan los C.V de los tubos en análisis con los precios de venta en el mercado, podría aumentarse el margen de utilidades de los mismos). A raíz de esto las utilidades anuales para cada diámetro oscilan en ¢ 25215.00, 28375.92 y ¢ 34678.49 respectivamente, haciendo un total de ¢ 88269.4 / año, si expresamos esto en utilidades por cada mes de operación se tendrían ganancias de ¢ 7355.78 / mes.

Por todo lo dicho anteriormente se deduce que al fabricar tubos de bajo costo para el consumidor, se estaría beneficiando a un gran porcentaje de población y al mismo tiempo se contaría

con utilidades que prorrateadas a cada mes oscilan en ¢ 7355.78, haciendo que el proyecto de producción de tubos de suelo - cemento - gravilla sea rentable a corto plazo.

3.8 COMPARACION DE COSTOS DE VENTA DE TUBERIAS TRADICIONALES PARA DRENAJES CON LAS DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA.

En el cuadro Nº 3.3 se presentan los precios de venta de tuberías existentes en el mercado (tuberías de mortero o concreto, PVC) y suelo-cemento-gravilla, con el propósito de visualizar las ventajas económicas que presentan las de tuberías suelo-cemento-gravilla con respecto a las presentes en el mercado.

CUADRO Nº 3.3 COMPARACION DE PRECIOS DE VENTA.

DIAMETRO (pulgadas)	PRECIO DE VENTA			
	TUBOS S.A	TROPICAL	PVC *	S-C-G
4	¢ 14.00	¢ 15.25	¢ 39.00	¢ 13.00
6	20.00	21.99	68.74	15.50
8	23.55	29.02	109.62	20.00

* Debido a que los precios de venta de la tubería de PVC están dados para longitudes de 6.00 mts. fue necesario encontrar el precio de venta para unidades de 0.80 mts de longitud.

Se puede concluir de los datos del cuadro anterior que las tuberías de suelo-cemento-gravilla para diámetros de 4", 6" y 8", podrían venderse a precios razonablemente bajos en comparación a los precios de venta de las tuberías tradicionales, logrando con esto poner a disposición de las comunidades de bajos recursos tuberías que cumplan las especificaciones técnicas.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de el estudio realizado sobre la fabricación de tuberías de suelo-cemento-gravilla se obtienen las siguientes Conclusiones y Recomendaciones:

4.1 CONCLUSIONES

- Debido a que no existen normas y procedimientos aplicables a suelo-cemento-gravilla, para el desarrollo de el presente estudio se adoptaron normas y procedimientos propios de el concreto o sus derivados. Entre las normas presentes se tienen : ASTM C-14M, ASTM C-118 y normas técnicas de ANDA; y entre los procedimientos se adoptaron: Fabricación de especímenes de prueba de resistencia a la compresión (ASTM C-192), fabricación de tubos de mortero por el método de vibrado.

- Al momento de la "hechura de la mezcla", se determinó que puede hacerse mezcla de suelo-cemento-gravilla de forma manual, sin que se presenten dificultades en la manejabilidad de la misma, al final del mezclado se tiene un producto con una apariencia y consistencia semejante a la de un mortero.

- Las cinco mezclas de suelo-cemento-gravilla ensayadas a la compresión y absorción en el presente estudio, mostraron en su estado fresco un comportamiento reológico excelente, a pesar de trabajar las mezclas con un revenimiento de 3.00 cm. (poco más de 1 pulgada) ya que no fue necesario mucho tiempo de vibración mecánica al momento de la consolidación en los moldes.

- Se determinó que el tiempo de vibrado al momento de la consolidación, adoptado de aproximadamente 10 seg. por capa, es suficiente para expulsar de manera eficiente el aire atrapado en los moldes, prueba de ello se tuvo al observar los especímenes ensayados a la compresión: matrices endurecidas sin burbujas o colmenas.

- El material conocido como suelo-cemento es un material de naturaleza puzolánica, y para este estudio se usó como cementante el cemento CESSA Portland tipo I (PM) (ASTM C-595) que es un cemento con puzolana incluida, todo esto explica el comportamiento atípico que presentan las mezclas de suelo-cemento-gravilla con respecto a los incrementos en la resistencia a la compresión a edades mayores a los 28 días (desde 14.6% hasta un 67.5% de incremento de resistencia a 60 días de prueba).

- El comportamiento que presentan las curvas de Resistencia vrs. Edad para las cinco proporciones ensayadas de suelo-cemento-gravilla, nos permite concluir que las mezclas que presentan mayores porcentajes de gravilla en su dosificación ofrecen mayores resistencias y pocos incrementos en las mismas entre edades de prueba. Y las mezclas que en su dosificación presentan mayor porcentaje de suelo ofrecen valores de resistencia menores, pero mayores incrementos de resistencia entre edades de prueba.
- Los valores máximos de resistencia a la compresión para mezclas ensayadas de suelo-cemento-gravilla se registraron a la edad de prueba de 60 días y oscilan en los siguientes valores: 136.4 Kg/cm para la mezcla D (4.5:1:3.5) y 179.37 Kg./cm para la mezcla E (2:1:3).
- Para cada una de las cinco mezclas ensayadas a la compresión se dejó en este estudio un registro de por lo menos 18 resultados de prueba a la compresión, consecutivos para una edad de 28 días, con el objeto de tener los datos iniciales para una base de datos históricos, en el caso de que en un futuro se adopten para estas mezclas las ordenanzas para la evaluación del concreto del comité ACI 214.

- Los tubos de suelo-cemento-gravilla pueden ser fabricados por el método de vibrado-desenmoldado rápido, utilizando para ello cualquier tipo de gravilla o chispa, a diferencia de lo que sucede con los tubos de mortero que requieren para su fabricación de gravilla sucia (con contenidos de arcillas) para poder ser desenmoldados sin problemas.

- Las superficies interna y externa de las tuberías de suelo-cemento-gravilla presentan acabados libres de porosidades excesivas, anulando prácticamente la necesidad de resanes con lechada de cemento, contrariamente a lo que sucede con los tubos de mortero.

- Tomando en cuenta los valores de resistencia al aplastamiento a la edad de 28 días, obtenidos para tubos de suelo-cemento-gravilla y las dimensiones físicas de los mismos, las tuberías de suelo-cemento-gravilla para 4", 6" y 8" de diámetro se clasifican como tuberías de CLASE 1, según clasificación de la norma ASTM C - 14 M.

- Los porcentajes de Absorción que presentan los tubos de suelo-cemento-gravilla cumplen ligeramente con el requisito exigido por las Normas Técnicas de ANDA (13%), ya que solamente la mezcla con mayor contenido de gravilla

(2:1:3) presenta valores aceptables de absorción: 11.62%, 13.65% y 13.01% para 4", 6" y 8" de diámetro respectivamente. El contenido de pómez presente en el suelo sigue siendo un factor determinante en los porcentajes altos de absorción obtenidos.

- La textura lisa que presentan las superficies internas de los tubos de suelo-cemento-gravilla da lugar al excelente comportamiento a la permeabilidad observado en los mismos, especialmente en las mezclas más ricas en suelo (3:1:2 y 3.5:1:2.5).

De manera concluyente los tubos de suelo-cemento-gravilla pasan holgadamente la prueba de la permeabilidad para tuberías de mortero.

- Analizando los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a los tubos de suelo-cemento-gravilla se escogieron como mezclas óptimas las siguientes:

tubos ϕ 4" : mezcla 3:1:2

tubos ϕ 6" : mezcla 3:1:2

tubos ϕ 8" : mezcla 3.5:1:2.5

Para la escogitación de estas mezclas o proporciones se tomó en cuenta principalmente los resultados de los ensayos de resistencia al aplastamiento y permeabilidad (la cual es más representativa que la absorción), en

segundo lugar se seleccionaron las mezclas con menos contenido de gravilla o cemento con el objeto de disminuir los costos.

- Los resultados de las pruebas de laboratorio para mezclas óptimas obtenidos en el presente estudio pueden compararse con los obtenidos en el estudio anterior (Estudio sobre la fabricación de tuberías de suelo-cemento II, FIA - UES, 1989), en este estudio solo se realizaron pruebas de resistencia al aplastamiento y absorción debido a que ambos estudios tienen en común el hecho de que las tuberías ensayadas fueron fabricados de la misma manera (vibrado mecánico) en la misma planta y en igualdad de condiciones.

- En la fabricación de tuberías de pequeños diámetros, la inclusión de gravilla a una matriz de suelo-cemento, se mejoran sus propiedades físicas específicamente la resistencia al aplastamiento y absorción.

- Para los tubos de suelo-cemento-gravilla de 4" y 6" de diámetro su resistencia al aplastamiento aumenta notablemente con respecto a los tubos de suelo-cemento: 18.93% y 22.29% respectivamente. Mientras que para los de 8" se obtiene una disminución del 0.85%, esto es debido a

que se ha seleccionado como mezcla óptima (3.5:1:2.5) la menos rica en cemento, pero que cumple con los requisitos de la norma ASTM C-14 M.

- La absorción de los tubos de suelo-cemento-gravilla disminuye en buen porcentaje con respecto a los tubos de suelo-cemento: 36.13%, 25.45% y 11.79% para 4", 6" y 8" de diámetro respectivamente.
- Para tuberías de suelo-cemento-gravilla se podría esperar una producción diaria mayor que la registrada para tubos de mortero, debido a que ofrecen más facilidad en el momento de el desmoldado y no requieren características adicionales en la gravilla a usar (gravilla limpia o sucia), agilizando notablemente el acopio de material útil para producir.
- Las ventajas económicas que presentan los tubos de suelo-cemento-gravilla con respecto a los tubos de mortero, se deben únicamente a los costos de materiales, ya que los costos de mano de obra y costos indirectos son los mismos para ambos tipos de tubo, debido que para el análisis de costos se supuso una producción similar para tubos de suelo-cemento-gravilla y tubos de mortero.

- La fabricación de tubos de suelo-cemento-gravilla presenta ventajas económicas con respecto a los tubos de mortero, del análisis de costos unitarios de producción se tiene que para tubos de 4", 6" y 8" las ventajas económicas son: ₡ 0.15, ₡ 0.64 y ₡ 1.03 respectivamente.

- Si se fabricaran tuberías de suelo-cemento-gravilla para los diámetros de 4", 6" y 8" se podría esperar al venderlas favorecer a un buen porcentaje de población de bajos recursos, ya que el precio de venta de la tubería puede fijarse inferior al precio de las tuberías bajo norma presentes en el mercado.

- La producción de tuberías de suelo-cemento-gravilla para los diámetros en estudio es factible económicamente, ya que minimizando el porcentaje de ganancias (con el objeto de bajar los precios de venta al consumidor) se obtendrán para el primer año de operaciones utilidades de ₡ 7355.78 mensuales.

4.2 RECOMENDACIONES

- Sería conveniente que la fabrica de tubos "La Lechuza" (al reabrirse) retome el proyecto de la fabricación de tubos de suelo - cemento - gravilla para 4", 6" y 8", ya que la

tubería presenta adecuadas características técnicas y además como proyecto económico en factible a corto plazo (de 8 meses a 1 año de operaciones). El proyecto de producción de tubos puede ser retomado también por fabricas de naturaleza privada, que tengan infraestructura similar a la fabrica de tubos "La Lechuza".

- De acuerdo a lo concluido en el presente estudio se recomienda la fabricación de tuberías de suelo-cemento-gravilla, ya que en cuanto a normativas de calidad y economía son factibles para su producción. Podría en primer lugar llevarse a cabo un proyecto piloto de construcción de tuberías, usando para ello la fábrica de tubos "La Lechuza" (cuando sea reabierta), coordinando para esto con los titulares de DUA u otro tipo de instancias con un proyecto de ayuda a comunidades, el proyecto piloto daría a conocer otro tipo de características de la tubería, ya que teniendo instalada la tubería en una comunidad inicial podrían evaluarse otros parámetros de calidad tales como duración mínima de la instalación (desde el punto de vista de el desgaste) y otros.

- Debido a que las mezclas de suelo-cemento-gravilla presentan excelentes características técnicas es recomendable continuar a corto plazo con la investigación específica de las mezclas de suelo-cemento-gravilla con el objeto de ampliar el marco de referencia que hasta aquí se ha planteado en cuanto a las características y propiedades que presentan las mezclas de suelo-cemento-gravilla y su uso en obras de Ingeniería Civil. Sería útil conocer por ejemplo el comportamiento de la mezcla con respecto a esfuerzos cortantes, a flexión, la interacción : mezcla suelo-cemento-gravilla y diferentes tipos de refuerzo, interacción entre la mezcla en estudio y repellos o concretados de espesor variable, etc.

- De continuar estudiando las mezclas de suelo-cemento-gravilla, conviene proponer nuevas proporciones para mezclas, específicamente dosificaciones mayores de gravilla ya que se ha comprobado que la resistencia a la compresión en este tipo de mezclas es bastante grande, y puede ser aprovechada esa propiedad de una manera adecuada, teniendo en cuenta para ello la disminución en costo que pueda presentar la mezcla de suelo-cemento-gravilla, y también los valores bajos de absorción que presenta.

- Sería útil retomar las mezclas de suelo-cemento-gravilla ensayadas a la compresión en el presente estudio, como mezclas de prueba para estudios futuros, con el objeto de enriquecer con más datos de resultados de prueba a la compresión el banco de datos histórico, para fines de configurar apropiadamente una metodología de diseño para mezclas de suelo-cemento-gravilla, tomando como parámetro las ordenanzas para evaluación de resultados de pruebas al concreto del comité ACI 214.

- Se recomienda establecer para el caso de mezclas de suelo-cemento-gravilla, como edad de prueba base a la compresión, la edad de 60 días, debido a que se observa que a esta edad el comportamiento de los gráficos Resistencia vrs. Edad es todavía creciente. Además a una edad de prueba de 60 días se ha comprobado que se tienen aumentos importantes de resistencia con respecto a la edad de 28 días. De lo anterior se deduce que es necesario determinar el comportamiento total de la resistencia, ensayando para ello a edades de 90 días como mínimo.

- Cuando se necesite conocer con bastante exactitud los porcentajes de absorción que presenta un material o elemento sujeto a investigación, se recomienda emplear para el ensayo, cualquiera de los dos métodos de absorción

por hervido para paredes de tubos (métodos A y B, Norma ASTM C-497 M) ya que se pudo observar por simple inspección que se obtienen datos más confiables con respecto a otros métodos en uso. (se observaron diferencias importantes en los resultados de absorción para mezclas de suelo-cemento-gravilla y las obtenidas para las mismas mezclas ya en paredes de tubos.)

- Para los tubos de suelo-cemento-gravilla se recomienda la prueba de la permeabilidad como ensayo alternativo a la absorción, debido a que en la prueba de permeabilidad, las condiciones de uso del tubo se representan mejor. En cambio en el ensayo de la absorción se exponen al agua zonas internas de la pared del tubo que están confinadas cuando el tubo está en funcionamiento, de esta manera las partículas de pómez presentes en el suelo quedan expuestas a la penetración del agua y así se obtienen datos de absorción mayores a lo exigido en las normas de A.N.D.A. Por otro lado si se regulara para este tipo de tuberías un valor máximo de absorción de un 15%, A.N.D.A tendría esto como un parámetro de calidad que lo relacionaría con valores aceptables de permeabilidad.

RESUMEN

La situación de la escasez de vivienda en El Salvador, es un problema bastante arraigado, especialmente para la población de bajos recursos económicos, problema que ha sido agravado últimamente por factores políticos, sociales y económicos. La Universidad de El Salvador como organismo consciente de esta realidad social que se vive en nuestro país, ha impulsado a través de la Escuela de Ingeniería Civil una serie de estudios, encaminados a la investigación y uso de recursos naturales locales como materiales de construcción, con el objeto de proporcionar alternativas económicas de vivienda para la población marginal y rural. El presente trabajo, forma parte de dichos estudios.

El estudio sobre la fabricación de tuberías de suelo-cemento-gravilla, es el tercero de los estudios realizados en esta temática, y se puede tomar como continuación directa de los dos anteriores.

En el primer estudio (enero 1989) se trabajó solamente con la mezcla suelo-cemento, fabricándose tuberías para los diámetros de 4", 6" y 8" usando para ello el método manual de construcción. Los resultados obtenidos fueron económicamente satisfactorios, pero en el aspecto técnico los requisitos físicos no fueron cumplidos a cabalidad (La resistencia al aplastamiento cumplió las normas establecidas para los tubos de

4", no así para los de 6" y 8", la absorción esperada o fue cumplida por ningún diámetro).

El segundo estudio (diciembre 1989) tuvo como idea medular, el cambio de método de construcción para las tuberías en estudio (tuberías de suelo - cemento) con el objeto de mejorar las características técnicas de los tubos; por recomendación de el estudio I, se fabricaron tubos de suelo-cemento por el método de vibrado, usando para ello la máquina vibradora de la fábrica de tubos "La Lechuza".

Se fabricaron además tubos de mortero, para establecer comparaciones entre ambas tuberías.

En base a los ensayos realizados a las tuberías de suelo - cemento se determinó que con el método de vibrado se mejoró notablemente la resistencia al aplastamiento de los tubos con respecto al estudio I (incrementos del 14.21%, 72.44% y 138.23% para 4", 6" y 8" respectivamente), la absorción también fue mejorada (16.92%, 16.55% y 25.24% para 4", 6" y 8" respectivamente de decrementos en la absorción), aunque para ningún diámetro se cumplió con el porcentaje de absorción buscado (13%).

El mayor problema que presentaron estos tubos fue que económicamente eran más desventajosos que los tubos de mortero, debido a que para elevar la resistencia al aplastamiento fue necesario elevar el porcentaje de cemento en las mezclas, lo cual la encareció.

Como recomendación directa del estudio II se tomó como punto de partida de el presente estudio la suposición de que al agregar a la mezcla de suelo - cemento porcentajes de gravilla o chispa se mejorarían las propiedades técnicas de los tubos y se disminuiría la cuantía de cemento en las mismas, produciendo así una disminución en los costos.

En la presente investigación como en las dos anteriores, se adoptaron normas aplicables o tubos de concreto no reforzado para la aceptación de las tuberías de suelo - cemento - gravilla, ya que no existen normas aplicables a dichos tubos que controlen su calidad, las normas aplicadas fueron: ASTM C - 14M, ASTM C- 118 y Normas técnicas de A.N.D.A.

Para seleccionar las tres mezclas de suelo - cemento - gravilla pone la fabricación de tubos, primeramente se fabricaron cilindros standard con 5 diferentes mezclas propuestas : 3:1:2, 3.5:1:2.5, 4:1:3, 4.5:1:3.5 y 2:1:3 con el objeto de evaluar la resistencia a la compresión que presentaban dichas mezclas a diferentes edades, simultáneamente se fabricaron cilindros de 4" x 8" para determinar cual es la capacidad de absorción que presentaban las mezclas y en base a los resultados obtenidos se seleccionaron las tres mezclas para la fabricación de tubos de 4", 6" y 8" de diámetro.

El criterio que se tomó para la propuesta de las cinco mezclas fue tomar como base una proporción similar en dosificación a la usada en la fabricación de tubos de mortero

(arena - cemento - gravilla) y deducir de ella otras proporciones disminuyendo el contenido de cemento. Como puede observarse de las cinco mezclas, dos tienen el mismo contenido de cemento en las cuales se ha variado en igual proporción de suelo y gravilla, con el objeto de estudiar el comportamiento de la mezcla al mantener constante el contenido de cemento e incrementando el volumen de gravilla con respecto a la matriz.

Para la prueba de resistencia a la compresión, los cilindros premoldeados se elaboraron y se curaron de acuerdo a la norma ASTM C- 192.

Los cilindros de suelo - cemento - gravilla fueron ensayados a los 7, 14, 28 y 60 días para seleccionar las tres mezclas que presentan mejores resultados y calcular sus respectivas desviaciones y coeficientes de variación para registrar los grados de variación que tuvieron entre sí los datos.

Se determinó que las mezclas que presentaban mayores valores de resistencia y adecuados porcentajes de absorción fueron las mezclas: 3:1:2, 3.5:1:2.5 y 2:1:3, por lo tanto se eligieron como las mezclas más adecuadas para la fabricación de tubos de suelo - cemento - gravilla.

Seleccionadas las proporciones de suelo - cemento - gravilla para la fabricación de tuberías, se continuó con la producción de tubos por método de vibrado, como en el estudio II se adoptó el proceso de fabricación utilizada en la

fabricación de tubos de concreto no reforzado empleado en la fábrica de tubos "LA LECHUZA".

De las normas empleadas ASTM C-14M y ASTM C-118, las pruebas de Laboratorio elegidas para la aceptación de las propiedades de las tuberías son:

1. Esfuerzo al aplastamiento para carga externa
2. Absorción
3. Permeabilidad

Por considerarlas como las más representativas como parámetros de calidad en tuberías los ensayos fueron realizados a 14, y 28 días de edad, excepto la prueba de permeabilidad que fue realizada a las tuberías solo a la edad de 28 días.

En los cuadros siguientes se resumen los resultados obtenidos de las pruebas de resistencia al aplastamiento y absorción (método B) a los 28 días.

**PRUEBA DE RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO
A LOS 28 DIAS (Kgs/m).**

DIAMETRO (pulgadas)	EDAD (Días)	PROPORCION DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA		
		3:1:2	3.5:1:2.5	2:1:3
4	14	2338.54	1080.92	1688.97
	28	2445.11	2123.86	2437.92
6	14	1786.46	1694.51	1914.86
	28	2377.32	2123.40	2156.30
8	14	1491.54	1891.70	2027.62
	28	2291.12	2287.46	2380.04

PRUEBA DE ABSORCION PARA PAREDES DE TUBOS
A LOS 28 DIAS (% absorción).

DIAMETRO (pulgadas)	EDAD (Dias)	PROPORCION DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA		
		3:1: 2	3.5:1:2.5	2: 1: 3
4	14	14.07	16.49	12.23
	28	13.17	15.06	11.62
6	14	15.15	14.73	14.29
	28	14.23	14.46	13.65
8	14	14.23	14.47	14.19
	28	16.13	14.81	13.01

PRUEBA DE ABSORCION PARA BALONAS DE TUBOS
A LOS 28 DIAS (% absorción)

DIAMETRO (pulgadas)	EDAD (Dias)	PROPORCION DE SUELO-CEMENTO-GRAVILLA		
		3:1: 2	3.5:1:2.5	2: 1: 3
4	14	16.87	18.38	16.12
	28	16.33	15.25	14.48
6	14	13.80	17.99	14.81
	28	14.68	12.75	11.89
8	14	9.00	11.52	11.24
	28	12.58	13.99	9.82

De la prueba de permeabilidad, se concluyó que los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que los tubos fabricados presentaron una superficie exterior seca mucho menor que el 80% de la superficie del tubo, después de los 7 días de prueba, es decir que se cumplió a cabalidad el requisito establecido en la norma ASTM C-14M.

De los resultados obtenidos en los cuadros anterior y tomando en cuenta los factores económicos : considerando que a mayor proporción de suelo - cemento - gravilla se obtiene mayor economía, requisitos de resistencia y considerando más los resultados de permeabilidad que los de absorción, se procedió a la selección de cada diámetro, obteniéndose:

Para tubos de 4" y 6" mezcla óptima 3:1:2

Para tubos de 8" mezcla óptima 3.5:1:2.5

En base a pruebas de laboratorio para la mezcla óptima de cada diámetro, se estableció una comparación de resultados obtenidos en el estudio II y en la presente investigación, de esta comparación se concluyó:

- La resistencia de los tubos de suelo - cemento es mejorada al agregarle gravilla a la mezcla de suelo - cemento, obteniéndose un incremento de resistencia en porcentaje de : 18.93% y 22.29% para tubos de 4" y 6" respectivamente y para los tubos de 8" se obtuvo una disminución de resistencia de 0.88%, esto es debido a que se seleccionó la mezcla más pobre en cemento, pero que cumple con la

norma ASTM C - 14M.

- La absorción de los tubos de suelo - cemento - gravilla es mejorado con respecto a los de suelo - cemento, la cual no se llega a cumplir con lo establecido por la norma de ANDA (13%), obteniéndose una disminución en porcentaje para tubos de 4", 6" y 8" de 36.13%, 25.45% y 11.79% respectivamente.

Por los comentarios anteriores se concluyó que con la incorporación de la gravilla a la mezcla de suelo - cemento para la fabricación de tubos se mejoran sus propiedades físicas.

Se realizó un análisis comparativo de costos unitarios entre tubos de suelo - cemento - gravilla y tubos de mortero, dichos costos comprenden costos directos como indirectos, los resultados obtenidos se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS UNITARIOS

DIAMETRO (pulgadas)	TUBOS DE MORTERO			TUBOS DE SUELO-CEMENTO- GRAVILLA		
	COSTO DIRECTO	COSTO INDIRECTO	COSTO UNITARIO	COSTO DIRECTO	COSTO INDIRECTO	COSTO UNITARIO
4	¢9.30	¢2.62	¢11.92	¢9.15	¢2.62	¢11.77
6	11.77	2.86	14.63	11.13	2.86	13.99
8	15.86	3.14	19.00	14.83	3.14	17.97

Al analizar el cuadro anterior se determinó que los costos indirectos para ambos tipos de tubos son iguales, ya que se supuso una producción similar para tubos de suelo - cemento - gravilla y de mortero.

Los costos unitarios de los tubos de suelo - cemento - gravilla son menores que los correspondientes a los de mortero, por lo tanto, comparativamente se cumple la factibilidad económica ya que presentan ventajas económicas.

Con el fin de analizar la factibilidad financiera desde el punto de vista de ingresos y egresos, y de acuerdo al tamaño del proyecto se procedió a encontrar el punto de equilibrio para la producción de tubos de suelo - cemento - gravilla, tomando un año como período de estudio. De acuerdo a este análisis se determinó que a la altura de el octavo mes de operaciones se habrá recuperado con las ventas, lo que se ha invertido en las operaciones de la fábrica, esperándose entonces que a partir de el octavo mes se percibirán ganancias para la fábrica.

Se concluyó que la fabricación de tuberías de suelo - cemento - gravilla es factible técnica y económicamente, por lo tanto se recomendó la fabricación de este tipo de tuberías. El proyecto puede ser retomado por la fábrica "La Lechuza" (cuando sea reabierta) o por alguna otra empresa que tenga una infraestructura adecuada para fabricar tubos por el método de vibrado. También es recomendable iniciar la producción de este tipo de tubos mediante un proyecto piloto de ayuda a comunidades de bajos recursos, con el objeto de investigar el comportamiento de los tubos ya en uso.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar Coto, José Alfredo [Et Al]. tesis "Estudio de Concretos con Alta Resistencia a la Agresión provocada por la Contaminación del Medio Ambiente".
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador, 1994.
- Calderón Calderón, Gustavo Alejandro [Et Al]. tesis "Materiales y Métodos constructivos para la Vivienda Marginal y Rural III".
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador, 1988.
- Colón Villalta, Rafael Arturo [Et Al]. tesis "Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo - Cemento II". Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador, 1989.
- Estrada Hernández, José Eduardo [Et Al]. tesis "Estudio sobre la Fabricación de Tuberías de Suelo - Cemento I". Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador, 1989.
- Francés Fadón, Ignacio [Et Al]. tesis "Aplicación del Suelo - Cemento a la Construcción de la Vivienda Mínima". Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador, 1976.

Garcilazo Cedillo, José Pregedy [Et Al]. tesis "Aplicación de la Computación en el Análisis y Elaboración de Costos y Presupuestos, en la Construcción de Edificaciones Habitacionales y Urbanizaciones". Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador, 1992.

Kosmatka, Stevn H. y Panarese, William C. "Diseño y Control de Mezclas de Concreto", Editorial del IMCYC, la Impresión, México, 1992.

Lagos Porfirio, "Diseño de Mezclas de Concreto", Curso teórico - práctico: "Tecnología del Concreto", ASIA - FEPADE, 1992.

Staff Portland Cement Association. "Proyecto y Control de Mezclas de Concreto", Editorial Limusa, la Impresión, México, 1978.

Roeder, Edmundo [Et Al] "Primer Seminario en la Industria de la Construcción", CASALCO, 1987.

A N E X O S

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 GRUESO

Norma ASTM C 127-59

ADOPTADA, 1939; REVISADA, 1942, 1959.

Alcance

1. (a) Este método de ensaye se deberá usar al hacer determinaciones de la gravedad específica aparente y la gravedad específica de la masa, y de la absorción (después de 24 horas de estar sumergido en agua) del agregado grueso. La gravedad específica de la masa es el valor que se necesita 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 5 kg o más y una sensibilidad de 0.5 gr o menos.

(b) *Canasta de Alambre*.—Una canasta de alambre del No. 6 o del No. 8, de aproximadamente 20 cm (8") de diámetro y 20 cm (8") de altura.

(c) Un recipiente adecuado para sumergir la canasta de alambre en el agua, y un aparato adecuado para suspender dicha canasta del centro del platillo de la balanza.

Muestra

3. Selecciónese por el método de cuarteo aproximadamente 5 kg de agregados de la muestra que se vaya a ensayar, rechazando

todo el material que pase por la malla No. 4 (4.76 mm).

Procedimiento

4. (a) Después de lavar cuidadosamente la muestra para remover el polvo u otras capas de la superficie de las partículas, séquese la muestra hasta peso constante a una temperatura de 100 a 110° C (212 a 230° F) (Nota) y después sumérgase en el agua por un período de 24 horas. Retírese la muestra del agua y enróllese en una tela grande absorbente hasta que todas las películas visibles de agua se hayan removido, aunque las superficies de las partículas aparezcan todavía húmedas. Séquense los fragmentos de mayor tamaño individualmente. Téngase cuidado para evitar la evaporación durante la operación de secado superficial. Obténgase el peso de la muestra en la condición saturada y superficialmente seca. Determinéense éste y todos los pesos subsecuentes con una aproximación de 0.5 gramos.

NOTA.—Cuando los valores de la absorción y la gravedad específica se vayan a utilizar como base para proporcionar mezclas de concreto con agregados normales usados en la condición húmeda, puede eliminarse el requisito de secado a peso constante.

(b) Después del pesado, colóquese inmediatamente la muestra saturada y superficialmente seca en la canasta de alambre y determínese su peso sumergido en agua a una temperatura de 20 a 25° C (68 a 77° F).

(c) Séquese la muestra hasta peso constante a una temperatura de 100 a 110° C (212 a 230° F), déjese enfriar a la temperatura del cuarto y pésese.

Gravedad Específica de la Masa

5. Calcúlese la gravedad específica de la masa, según se define en las Definiciones E 12, como sigue:

$$\text{Gravedad específica de la masa} = \frac{A}{B - C}$$

donde:

A = peso en gramos de la muestra secada en horno,

B = peso en gramos de la muestra saturada y superficialmente seca, y

C = peso sumergido en gramos de la muestra saturada.

Gravedad Específica de la Masa (Condición Saturada y Superficialmente Seca)

6. Calcúlese la gravedad específica de la masa tomando como base el peso del agregado saturado y superficialmente seco, como sigue:

$$\text{Gravedad específica de la masa} = \frac{B}{B - C}$$

Gravedad Específica Aparente

7. Calcúlese la gravedad específica aparente según se define en las Definiciones E 12, como sigue:

$$\text{Gravedad específica aparente} = \frac{A}{A - C}$$

Absorción

8. Calcúlese el porcentaje de absorción como sigue:

$$\text{Absorción por ciento} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Posibilidad de Reproducir los Resultados

9. Las determinaciones que se hagan por duplicado no deberán diferir en más de 0.02 en el caso de gravedad específica ni de 0.05 por ciento en el caso del porcentaje de absorción.

ASTM DESIGNACION: C 131 - 87

METODO ESTANDAR DE ENSAYO PARA RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MENOR POR ABRASION E IMPACTO EN LA MAQUINA LOS ANGELES

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).

1. ALCANCE.

- 1.1. Este método cubre un procedimiento para ensayar agregado grueso de tamaño más pequeño que 1 1/2 pulgada (37.5 mm) por resistencia al desgaste usando la máquina Los Angeles.

Nota 1. Un procedimiento para ensayo de agregado grueso mayor de 3/4 pulgada (19 mm) es cubierto en el método de ensayo C 535.

2. DOCUMENTOS REFERENCIADOS.

2.1 Normas ASTM:

- C 136 Método para Análisis por malla del Agregado Fino y grueso.
C 535 Método de Ensayo para resistencia al desgaste del Agregado Grueso de tamaño grande por abrasión e impacto en la máquina Los Angeles.
C 670 Práctica para preparación de los términos Precisión y Métodos de Ensayo para materiales de construcción.
C 702 Práctica para reducir muestras de campo a tamaños de ensayo en los Agregados.
D 75 Práctica para Muestreo de Agregados.
E 11 Especificación para mallas de alambre para propósitos de ensayo.

3. RESUMEN DEL METODO.

- 3.1. El ensayo Los Angeles es una medida del

desgaste en agregados minerales de graduación normal, resultando de una combinación de acciones incluyendo abrasión o reducción, impacto y trituración en un tambor rotatorio de acero conteniendo un especificado número de esteras de acero, el número depende de la graduación de la muestra de ensayo. Como el tambor es rotativo, una placa recoge la muestra y las esferas de acero, llevándolas alrededor hasta que se dejan caer en el lado opuesto del tambor, creando un efecto de trituración por impacto. Entonces, el contenido circula dentro del tambor con una acción abrasiva y trituradora hasta que la placa de arrastre impacte y el ciclo se repita. Después de un número prescrito de revoluciones, el contenido es removido del tambor y la porción de agregado es tamizado para medir el desgaste como porcentaje perdido.

4. SIGNIFICADO Y USO.

- 4.1. El ensayo Los Angeles ha sido usado extensamente como un indicador de la calidad relativa o competencia de varias fuentes de agregados teniendo una composición mineral similar. Los resultados no permiten automáticamente una comparación válida para ser hecha entre fuentes distintas o diferentes en origen, composición o estructura. Los límites de la especificación basados en este ensayo pueden ser asignados con extremo cuidado en consideración del tipo de agregados disponibles y la historia de su desempeño en usos específicos.

5. APARATOS.

- 5.1. Máquina de Los Angeles - Deberá usarse la máquina de ensayo al desgaste Los Angeles, conforme a todas sus características esenciales al diseño mostrada en la figura 1. La máquina consistirá en un cilindro hueco de acero, cerrado en ambos extremos, teniendo un diámetro interno de 28 ± 0.2 pulgadas (711 ± 5 mm) y una longitud interna de 20 ± 0.2 pulgadas (508 ± 5 mm). El cilindro debe estar montado en ejes parciales instalados en los extremos del cilindro pero sin entrar en él, estará montado de tal manera que pueda ser girado con el eje en posición horizontal con una tolerancia en inclinación de 1 en 100. Estará provista de una abertura en el cilindro para la introducción de la muestra de ensayo. Para la abertura se ha de proveer una cubierta adecuada hermética al polvo con medios para empernarla en el lugar. La cubierta estará diseñada como para mantener el contorno cilíndrico de la superficie interna, a menos que la placa de acero que arrastra el material en cada vuelta este localizada de modo que la carga no caiga en la cubierta o quede en contacto con ella durante el ensayo. Una placa de acero removible que se extiende en toda la longitud del cilindro y se proyecta internamente 3.5 ± 0.1 pulg. (89 ± 2) será montado en el interior de la superficie cilíndrica. De tal manera que en un plano centrado entre las caras coincida con un plano axial. La placa será de un espesor determinado y se montará con pernos u otro medio apropiado, para estar firme y rígida. La posición de la placa será tal que la distancia de la platina a la abertura, medido a lo largo de la circunferencia exterior del cilindro en la dirección de rotación, no sea menor de 50 pulgadas (1.27 m).

Nota 2. Es preferible el uso de una platina de arrastre de acero resistente al desgaste, de sección rectangular y montada independiente de la cubierta. Sin embargo puede usarse una platina de arrastre consistente en una sección de angular laminado, montado apropiadamente en el interior de la placa de cubierta toda vez que la dirección de rotación sea tal que la carga sea atrapada en la cara exterior del angular. Si la platina

se vuelve distorsionada de su forma original, de tal manera que no cumple con los requisitos dados en X1.2 del apéndice de este método, la platina será reparada o reemplazada antes de hacer ensayos adicionales.

- 5.1.1. La máquina será manejada y contrabalaceada para mantener una velocidad periférica sustancialmente uniforme (Nota 3). Si una pieza angular es usada como platina, la dirección de rotación será tal que la carga es atrapada en la superficie exterior del angular.

Nota 3. La marcha lenta o deslizamiento en el mecanismo propulsor es muy probable que proporcione resultados diferentes a las de otra máquina Los Angeles con una velocidad periférica constante.

5.2. Mallas, de acuerdo a la especificación E 11.

- 5.3. Balanza - Una balanza o báscula adecuada con 0.1% del ensayo de carga sobre el rango requerido para este ensayo.

- 5.4. Carga - La carga consistirá de esteras de acero promediando aproximadamente 1 27/32 pulgadas (46.8 mm) de diámetro y pesando cada una entre 390 y 445 gr.

- 5.4.1. La carga, dependiendo de la graduación de la muestra de ensayo, como se describe en la sección 7, será como sigue:

Graduación	No. de esferas	Peso de la Carga (gr.)
A	12	5000 \pm 25
B	11	4584 \pm 25
C	8	3330 \pm 20
D	6	2500 \pm 15

Nota 4. Bolas de acero con tamaños 1 13/16 pulgadas (46.0 mm) y 1 7/8 pulgadas (47.6 mm) de diámetro, pesando aproximadamente 400 y 440 gr. cada uno, respectivamente, están rápidamente disponible. Esteras de Acero de 1 27/32 pulgadas (46.8 mm) de diámetro, pesando aproximadamente 420 gr. pueden ser obtenidas. La carga puede consistir de una mezcla de

esos tamaños conforme a las tolerancias en peso de 5.4. y 5.4.1.

6. MUESTREO.

6.1. La muestra de campo será obtenida de acuerdo con la práctica D 75 y reducida a tamaño de ensayo de acuerdo con el método C 702.

7. MUESTRA DE ENSAYO.

7.1. La muestra de ensayo será lavada y secada al horno de 221 a 230°F (105 a 110°C) a sustancialmente peso constante (nota 5), separando en fracciones de tamaño individual y recombinando a la graduación de la Tabla 1, los que más cercanamente corresponden con el rango de tamaños en el agregado suministrado para la obra. El peso de la muestra a ensayar deberá ser registrado con una precisión de 1 gr.

8. PROCEDIMIENTO.

8.1. Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de ensayo Los Angeles y haga girar la máquina a una velocidad de 30 a 33 rpm hasta 500 revoluciones. Después del número de revoluciones prescritas, descargue el material de la máquina y haga una separación preliminar de la muestra en una malla más gruesa que 1.70 mm (No. 12). Tamice la porción más fina en una malla de 1.70 mm de una manera acorde con el método C 136. Lavar el material más grueso que la malla 1.70 mm (nota 5), secar al horno de 221 a 230°F (105 a 110°C) a sustancialmente peso constante y pesar con una precisión de 1 gr. (nota 6).

Nota 5. Si el agregado está esencialmente libre de capas adheridas y polvo, se puede desistir de los requisitos de lavado antes y después del ensayo. La eliminación del lavado después del ensayo, raras veces reducirá las pérdidas por más del 0.2% del peso original de la muestra.

Nota 6. Puede obtenerse información valiosa concerniente a la uniformidad de la muestra que se ensaya, mediante la determinación de las pérdidas

después de 100 revoluciones. Esta pérdida puede ser determinada sin lavar el material más grueso que la malla de 1.70 mm. La relación entre la pérdida después de 100 revoluciones y las pérdidas después de 500 revoluciones, no deberá exceder 0.20 para materiales de dureza uniforme. Cuando se haga esta determinación, se ha de tener cuidado para evitar la pérdida de alguna parte de la muestra; la muestra completa, incluyendo el polvo de desgaste, debe retornar a la máquina de ensayo para las 400 revoluciones finales, requeridas para completar el ensayo.

9. CALCULOS.

9.1. Expresar la pérdida (diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra de ensayo) como un porcentaje del peso original de la muestra de ensayo, informe este valor como el porcentaje de pérdida.

Nota 7. El porcentaje de desgaste determinado por este método no tiene ninguna relación consistente con el porcentaje de desgaste para el mismo material cuando es ensayado por el método de ensayo C 535.

10. PRECISION.

10.1. Para el tamaño nominal máximo del agregado grueso 19.0 mm (3/4 pulgadas), con el porcentaje de desgaste en el rango de 10 a 45%, el coeficiente de variación en laboratorio múltiple ha sido establecido en 4.5%. Por lo consiguiente, el resultado de dos ensayos conducidos, adecuadamente de dos laboratorios diferentes en muestras del mismo agregado grueso, no deben diferir del otro en más de 12.7% de su promedio. El coeficiente de variación para un operador simple ha sido establecido en 2.0%. Por lo consiguiente, resultados de dos ensayos conducidos adecuadamente por el mismo operador en el mismo agregado grueso. No deberá diferir de la otra en más de 5.7% de su promedio.

Estos números representan, respectivamente los límites (15%) y (D25%) como se describe en la práctica C 670.

TABLA 1 GRADUACION DE LA MUESTRA DE ENSAYO

Tamaño Malla (Aberturas Cuadradas)		Peso de los Tamaños indicados (gr)			
		Grado			
Pasa	Retenido	A	B	C	D
1 1/2" (37.5 mm)	1" (25.0 mm)	1 250 ± 25			
1" (25.0 mm)	3/4" (19.0 mm)	1 250 ± 25			
3/4" (19.0 mm)	1/2" (12.5 mm)	1 250 ± 10	2 500 ± 10		
1/2" (12.5 mm)	3/8" (9.5 mm)	1 250 ± 10	2 500 ± 10		
3/8" (9.5 mm)	1/4" (6.3 mm)			2 500 ± 10	
1/4" (6.3 mm)	No. 4 (4.75 mm)			2 500 ± 10	
No. 4 (4.75 mm)	No. 8 (2.38 mm)				5 000 ± 10
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

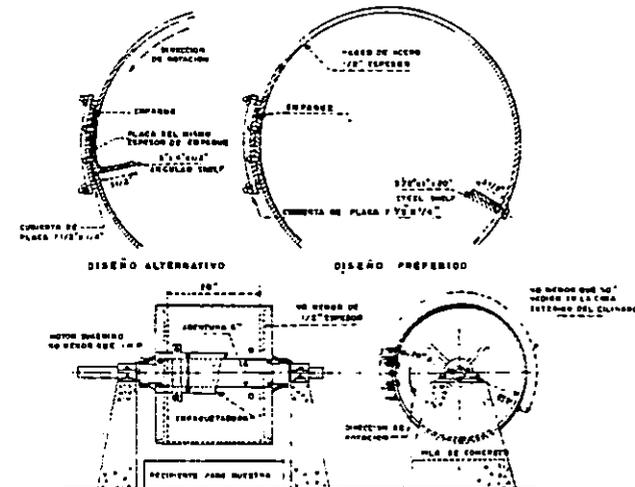


FIG. 1 - MAQUINA DE DESGASTE LOS ANGELES

EQUIVALENCIAS METRICAS										
Pulg.	1/4"	1/2"	1"	3 1/2"	4"	6"	7 1/2"	20"	25"	30"
mm.	6.4	12.7	25.4	89	102	152	190	508	711	1270

ASTM DESIGNACION: C 39 - 86 (AASHTO T 22)

METODO ESTANDAR DE ENSAYO PARA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO

Esta sección está a cargo del Ing. Ricardo Burgos Oviedo, con la colaboración del cuerpo Asesor y Personal de CI
(Centro Salvadoreño de información del Cemento y Concreto).

1. ALCANCE

1.1 Este Método cubre la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto tales como cilindros moldeados y núcleos. Está limitado al concreto que tenga un peso unitario mayor de 50 lb/ft³ (800 kg/m³).

1.2 Los valores estipulados en libras-pulgadas deben ser considerados como las unidades estándar.

1.3 Esta norma puede involucrar materiales, operaciones y equipos peligrosos. Esta norma no pretende dar todas las direcciones de los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien use esta norma consultar y establecer la seguridad apropiada, prácticas sanas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias prioritarias para su uso.

2. DOCUMENTOS REFERENCIADOS

2.1 Estándares ASTM:

C 31 Práctica para elaboración y curado de especímenes de concreto en el campo.

C 42 Obtención y ensayo de núcleos y vigas de concreto aserradas de concreto.

C 192 Método de elaboración y cura de especímenes de concreto, en el laboratorio.

C 617 Práctica para cabecear especímenes cilíndricos de concreto.

C 873 Método de ensayo para resistencia a la compresión del concreto colado in situ en moldes cilíndricos.

E 4 Práctica para verificación de la carga de máquinas de ensayo.

E 74 Práctica para calibración de instrumentos de medición de fuerza para verificación del indicador de carga de Máquinas de ensayo.

2.2 Otras:

Manual de Agregados y Ensayo al Concreto

3. SUMARIO DEL METODO

3.1 Este Método de Ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a un cilindro moldeado o núcleo, a una razón de carga que está dentro del rango prescrito antes de que la falla ocurra. El esfuerzo de compresión del espécimen es calculado dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo por el área de la sección transversal del espécimen.

4. SIGNIFICADO Y USO

4.1 Se necesita ser cuidadoso en la interpretación del significado para determinar la resistencia a la compresión por este Método de Ensayo, porque la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del concreto hecho con materiales dados. Los valores obtenidos dependerán del tamaño y forma del espécimen, batchada, procedimiento de mezclado, los métodos de muestreo, moldeo, fabricación y edad, temperatura, condiciones de humedad durante el curado.

4.2 Este Método de Ensayo puede ser usado para determinar el esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos preparados y curados de acuerdo con los métodos C 31, C 42 y C 192, Práctica C 617 y Método de Ensayo C 873.

4.3 Los resultados de este Método de Ensayo pueden ser usados como una base para el control de calidad de las operaciones de proporcionamiento, mezclado y colocación del concreto; determinación de concordancia con la especificación, control para evaluación de efectividad de las mezclas y usos similares.

i. APARATOS

5.1 Máquina de Ensayo.- La Máquina de ensayo será de un tipo que tenga suficiente capacidad y que pueda proporcionar la razón de carga prescrita en 7.5

5.1.1 Se requiere la verificación de la calibración en las Máquinas de Ensayo de acuerdo con la práctica E 4 bajo las siguientes condiciones

5.1.1.1 Después de transcurrir un inter-

valo desde la verificación previa de 18 meses máximo, pero preferiblemente después de un intervalo de 12 meses.

5.1.1.2 En instalación original o reubicación de la Máquina

5.1.1.3 Inmediatamente después de hacer una reparación o ajuste, la cual puede en alguna forma afectar la operación del sistema de pesado o los valores visualizados, excepto para ajustes del cero, que será compensado por el peso de la herramienta, o del espécimen, o de ambos.

5.1.1.4 Cuando hay una razón para dudar de la precisión de los resultados, se considerará el intervalo de tiempo desde la última verificación.

5.1.2 Diseño.- El diseño de la Máquina puede incluir las siguientes características:

5.1.2.1 La Máquina puede ser operada con energía y aplicará la carga continuamente, más bien que intermitentemente y sin choque. Si ésta tiene únicamente una razón de carga (reuniendo los requisitos de 7.5) estará provista de medios suplementarios para cargar a una razón apropiada para verificación. Estos medios suplementarios de carga pueden ser operados por energía o manualmente.

5.1.2.2 El espacio provisto para el ensayo del espécimen será largo, suficiente para acomodar en la posición requerida, un dispositivo de calibración elástico, el cual es de suficiente capacidad para cubrir el rango de carga potencial de la Máquina de Ensayo y que cumpla con los requisitos de la práctica E 74.

Nota 1. El tipo de dispositivo para calibración elástica está disponible generalmente

y es común usar para este propósito el anillo de carga circular.

5.1.3 Precisión.- La precisión de la Máquina de Ensayo estará de acuerdo con las siguientes provisiones:

5.1.3.1 El porcentaje de error para las cargas con el rango de uso propuesto para la Máquina de Ensayo no deberá exceder $\pm 1.0\%$ de la carga indicada.

5.1.3.2 La precisión de la Máquina de Ensayo deberá ser verificada mediante la aplicación de cinco ensayos de carga en aproximadamente cuatro incrementos iguales en orden ascendente. La diferencia entre dos ensayos de carga sucesivos no deberá exceder un tercio de la diferencia entre el máximo y el mínimo ensayo de carga.

5.1.3.3 La carga indicada por la Máquina de Ensayo y la carga aplicada calculada de las lecturas de verificación, deberán ser registradas en cada punto de ensayo. Calcule el error, E, y el porcentaje de error, Ep, para cada punto de esos datos como sigue:

$$E = A - B$$

$$E_p = 100 (A-B) / B$$

Donde:

A = Carga, lbs. (N) indicado por la máquina que se está verificando

B = Carga Aplicada, lbs. (N) indicado por el aparato de calibración

5.1.3.4 El informe de la verificación de una Máquina de Ensayo establecerá con qué rango de carga fue encontrada confor-

me a los requerimientos de la especificación, en vez de informar un cubrimiento de aceptación o rechazo. En ningún rango de carga deberá ser declarado, incluyendo cargas abajo del valor, el error puede ser estimado en el mecanismo de carga de la Máquina de Ensayo. Las cargas contenidas en la porción del rango por debajo del 10% del máximo rango de capacidad.

5.1.3.5 En ningún caso el rango de ensayo será declarado como incluyendo cargas fuera del rango de cargas aplicadas durante el ensayo de verificación.

5.1.3.6 La carga indicada por una Máquina de Ensayo no deberá ser corregida por cálculo o por el uso de un diagrama de calibración para obtener valores con una requerida variación permisible.

5.2 La Máquina de Ensayo estará equipada con dos placas de carga metálicas con caras endurecidas (Nota 2), una de las cuales tendrá asiento esférico y se apoyará en la parte superior del espécimen y la otra será una placa rígida donde descansará el espécimen. Las caras de carga de las placas tendrán una dimensión mínima de al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ser ensayado. Excepto por los círculos concéntricos descritos adelante, las caras de carga no deberán diferir de un plano por más de 0.001 pulg. (0.025 mm) en placas de 6 pulg. (152 mm) de diámetro o mayores, o por más de 0.001 pulg. en diámetro de cualquier bloque menor; las placas nuevas deberán ser fabricadas con la mitad de éstas tolerancias. Cuando el diámetro de la cara de carga de la placa de asiento esférico exceda al diámetro del espécimen por más de 1/2 pulg. (13 mm)

círculos concéntricos de no más que 1/32 pulg. (0.8 mm) de profundidad y no más que 3/64 pulg. (1.2 mm) de ancho serán inscritos para facilitar su propio centrado.

Nota 2. Es deseable que las caras de carga de las placas usadas para el ensayo de compresión del concreto tenga una dureza Rockwell no menor de 55 HRC.

5.2.1 La placa de carga inferior cumplirá con los siguientes requisitos:

5.2.1.1 La placa de carga inferior esta especificado para el propósito de proveer una superficie lisa endurecida para mantener la condición superficial especificada (Nota 3). Las caras superiores e inferiores deberán ser paralelas una a la otra. Las placas pueden ser sostenidas a la plataforma de la Máquina de Ensayo. Su dimensión horizontal será al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ensayar. Círculos concéntricos como los descritos en 5.2 son opcionales en la placa superior.

5.2.1.2 El concentrado final puede ser hecho con referencia al bloque esférico superior. Cuando el bloque de carga inferior es usado para ayudar en el centrado del espécimen, el centro de los anillos concéntricos, cuando se provea, o el centro del bloque mismo puede estar directamente bajo el centro del cabezal esférico. Provisionalmente puede ser hecha en la placa de la Máquina para asegurar una posición fija.

5.2.1.3 El bloque de carga inferior será de al menos 1 pulg. (25 mm) de espesor cuando nuevo, y al menos 0.9 pulg. (22.5 mm) de espesor después de algunas operaciones.

Nota 3. Si la Máquina de Ensayo está diseñada para que la placa pueda mantenerse lista en la condición de contacto especificada, el bloque inferior no es requerido.

5.2.2 El bloque de carga con asiento esférico estará de acuerdo con los siguientes requisitos:

5.2.2.1 El diámetro máximo de la cara de carga del bloque con asiento esférico suspendido, no excederá los valores dados abajo:

Diámetro del espécimen de ensayo, pulg. (mm)	Diámetro máximo de la cara de carga, pulg. (mm)
2 (51)	4 (102)
3 (76)	5 (127)
4 (102)	6 1/2 (165)
6 (152)	10 (254)
8 (203)	11 (279)

Nota 4. Caras de carga cuadradas son permitidas, proporcionando el diámetro del círculo inscrito más grande posible, el cual no excederá el diámetro inferior.

5.2.2.2 El centro de la esfera coincidirá con la superficie de la cara de carga con una tolerancia de $\pm 5\%$ del radio de la esfera. El diámetro de la esfera será al menos 75% del diámetro del espécimen a ser ensayado.

5.2.2.3 La esfera y el soporte serán diseñados por el fabricante, para que el acero en el área de contacto no se deforme permanentemente bajo el uso repetido, con cargas mayores de 12,000 psi (82.7 MPa) en el espécimen de ensayo.

Nota 5. El área de contacto preferida es con

la forma de un anillo (descrita como área de carga preferida) como se muestra en la figura 1.

5.2.2.4 La superficie curvada del soporte y de la porción esférica estará limpia y lubricada con un aceite de tipo petróleo, tal como aceite de motor convencional y no con grasa de presión. No es deseable el contacto del espécimen con la ampliación de una pequeña carga inicial, más allá del acomodamiento de la placa con asiento esférico, no debe intentarse.

5.2.2.5 Si el radio de la esfera es menor que el radio del espécimen a ensayarse, la porción de la cara de carga extendida fuera de la parte esférica deberá tener un espesor no menor que la diferencia entre el radio de la esfera y el radio del espécimen. La menor dimensión de la cara de carga será al menos tan grande como el diámetro de la esfera (ver fig. 1).

5.2.2.6 La porción móvil del bloque de carga estará unida al asiento esférico, pero el diseño será tal que la cara de carga puede ser rotada libremente e inclinada al menos 4° en cualquier dirección.

5.3 Indicador de carga

5.3.1 Si la carga de una Máquina de Compresión usada en ensayos de concreto es registrada en un dial, éste estará provisto con una escala graduada que pueda ser leída con una precisión de 0.1% de la carga total. (Nota 6). El dial será leído con 1% de la carga indicada en algún nivel dado con el rango de carga. En ningún caso el

rango de carga del dial será considerado para incluir carga abajo del valor que es leído en la escala. La escala será vista con una línea de graduación igual a cero y también numerada. El centro de la escala será suficientemente largo para alcanzar las marcas de graduación; el espesor del extremo indicador no excederá la distancia libre entre las divisiones menores. Cada división será equipado con un ajustador a cero que es fácilmente accesible desde la parte superior de la caja del dial y con un dispositivo indicador de carga máxima que pueda ser removido todas las veces, indicará con una precisión de 1% la carga máxima aplicada al espécimen.

Nota 6. Tan cerca como pueda razonablemente ser leída es considerado 1/32" (0.8 mm). A lo largo del arco descrito por el extremo del indicador.

5.3.2 Si la carga de la Máquina de Ensayo esta indicada en forma digital, la representación visual numérica debe ser suficientemente larga para ser leída fácilmente. El incremento numérico debe ser igual o menor que 0.10% de la escala completa de un rango de carga dado. En ningún caso el rango de carga verificado incluirá cargas menores que el mínimo incremento numérico multiplicado por 100. La precisión de la carga indicada puede ser con 1.0% para algún valor desplegado con el rango de carga al verdadero cero del indicador. Se proveerá un indicador de carga máxima, el cual todas las veces será montado de nuevo, indicando con 1% del sistema de precisión, la máxima carga aplicada al espécimen.

9. INFORME

9.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

9.1.1 Número de identificación

9.1.2 Diámetro (y longitud si está fuera del rango 1.8 D a 2.2 D) en pulgadas o milímetros.

9.1.3 Área de la sección transversal, en pulg^2 o cm^2

9.1.4 Carga máxima, en libras fuerza o newtons.

9.1.5 Esfuerzo de compresión, calculado

con una precisión de 10 psi o 69 KPa.

9.1.6 Tipo de fractura, si es diferente que el cono usual (ver fig. 2)

9.1.7 Defectos en el espécimen o en el cabeceado, y

9.1.8 Edad del espécimen

10. PRECISION

10.1 La precisión de este método de ensayo no ha sido determinada todavía, pero la información está siendo colectada, y una precisión declarada será incluida cuando sea formulada.

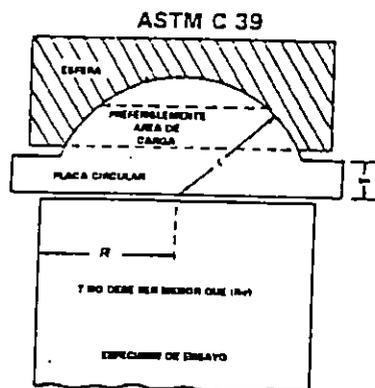


FIG. 1 Esquema de un Bloque de Carga Esférico Típico

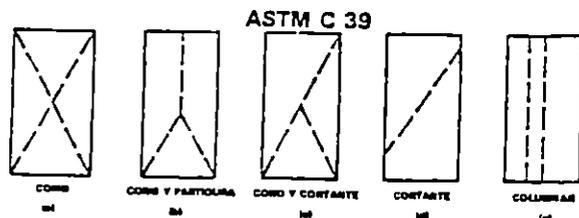


FIG. 2 Esquema de Tipos de Fractura

tos tildados de corrupción y de subjetivismo.

5. No todo está perdido ni es negativo.

Los señalamientos podrían continuar con otros de menor impacto; pero lo importante también es asegurar que si la ingeniería de El Salvador ha venido perdiendo su método y discurso, no necesariamente se va a quedar ahí, pues estamos empeñados por avanzarla y proyectarla.

Los signos recientes son halagadores, como el hecho de que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura ha entrado en conversaciones con los empresarios e industriales salvadoreños, a fin de nutrir los procesos de instrucción con el conocimiento práctico que ellos puedan aportar; la respuesta ha sido positiva.

La Universidad de El Salvador nos ha hecho saber de que tienen conciencia del problema y están receptivos para el cambio, ya sea a nivel de actitudes docentes y estudiantiles, como a la readecuación del currículo y modificación de las estructuras administrativas.

Estamos siendo informados por la UES, respecto a los proyectos de creación de maestrías a nivel de ingeniería civil y de arquitectura, lo cual vendría a crear mayor expectativa de formación.

Tomamos muy en cuenta el proyecto estatal de propender por que las universidades privadas llenen en un plazo prudencial, ciertos requisitos mínimos que garanticen la calidad profesional. Esto viene compartido por varias de esas instituciones que han formulado su compromiso por superar los señalamientos previos.

Hace pocos meses, la empresa privada a través de la fundación FEPADE, ha tomado la dirección y modernización de un Instituto Tecnológico estatal, con el cual estamos configurando un convenio de cooperación curricular en pro de la educación continua de nuestros socios.

De igual manera se tiene en discusión un

proyecto de capacitación gerencial para colegas empresarios, a fin de retomar el paso y la modernización de las mismas.

El proceso de reconstrucción socio económica del país, está siendo resuelto a través de un Plan Nacional, que ya cuenta con importantes aportes y con los primeros hechos concretos.

Hay que señalar que esos primeros pasos realizados para disipar las causas del conflicto, como lo son la tenencia de la tierra y la dotación de oportunidades de ingreso, son correctas y halagüeñas al momento y de continuar así, podremos decirle a la comunidad internacional de que El Salvador cumple con el proceso de pacificación.

La sociedad en general y los gremios profesionales en particular, hemos cambiado y estamos aportando nuestra cuota de compromiso para entronizar la paz en El Salvador.

Recientemente asistimos a la firma de donación de una porción de la deuda externa de El Salvador con Canadá y los Estados Unidos y es alentador ver como importantes sumas de divisas, serán convertidas en proyectos de protección y restauración de los recursos y del medio ambiente.

Cabe observar como positivo el papel que comienza a jugar las ONG's ambientalistas y de desarrollo (ASIA es una de ellas), las que poco a poco van pasando de la época de la denuncia a la de las soluciones concretas.

Vemos con agrado proyectos de recuperación de bosques en varias partes de nuestro país y como el proceso forestal está pasando ser legislado y manejado principalmente por la empresa privada.

Las Secretarías Ejecutiva del Medio Ambiente está encontrando eco en su misión en diversos sectores productivos del país, incluido el sistema bancario e industrial.

ASTM Designación: C 14 M - 88
(AASHTO No. M86M-81)

ESPECIFICACION ESTANDAR PARA TUBERIAS DE CONCRETO PARA AGUAS NEGRAS, AGUAS LLUVIAS Y ALCANTARILLAS

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)

1. ALCANCE

1.1 Esta especificación cubre las tuberías de concreto no reforzadas destinadas a usarse en la conducción de aguas negras, aguas industriales, aguas lluvias y para la construcción de alcantarillas.

1.2 Esta especificación es la contraparte métrica de la Norma C 14.

Nota 1. Esta es una especificación para fabricación y compra, no incluye requerimientos para apoyo, relleno o la relación entre la condición de carga en el campo y la clasificación de resistencia del tubo. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que los comportamientos sucesivos de estos productos dependen de la propia selección de la clase de tubo, el tipo de apoyo y relleno y el cuidado en la instalación conforme a las especificaciones de construcción. El comprador del tubo de concreto especificado acá, está prevenido que puede correlacionar los requisitos de campo con la clase de tubo especificado, previsto para la inspección requerida en el sitio de construcción.

2. DOCUMENTOS REFERENCIADOS

2.1 Estándares ASTM:

C 33 Especificación para agregados para concreto.

C150 Especificación para Cemento Portland.

C309 Especificación para membrana líquida formando compuestos para curado del concreto.

C443M Especificación para Juntas de Tuberías circulares de concreto para aguas negras y alcantarillas, usando junta de hule.

C497 Métodos de ensayo para tuberías de concreto, pozos de visita o baldosa.

C595 Especificación para Cemento Hidráulico mezclado.

C822 Definición de términos relativos a tuberías de concreto y productos similares.

3. DEFINICIONES

3.1 Para definición de los términos relativos a la tubería de concreto, ver definiciones C 822.

4. CLASIFICACION

4.1 Las tuberías fabricadas de acuerdo a esta especificación serán de 3 clases identificadas como "tuberías de concreto no reforzado clase 1, clase 2 y clase 3". Los

correspondientes requisitos de resistencia se indican en la tabla 1.

5. BASE DE ACEPTACION

5.1 La aceptación del tubo será determinada por el resultado del ensayo establecido en esta sección, cuando sea requerido, y por inspección para determinar si el tubo está conforme en esta especificación como al diseño y exento de defectos.

5.2 Propiedad de Resistencia como Aceptación.- El tubo será aceptable bajo ensayos de resistencia cuando reúna los requisitos descritos en 10.3

5.3 Propiedad de absorción como aceptación.- el tubo será aceptable bajo el ensayo de absorción cuando reúna los requisitos prescritos en 10.4

5.4 Propiedad de permeabilidad como aceptación.- El tubo será aceptable bajo el ensayo de permeabilidad cuando reúna los requisitos prescritos en 10.5

Nota 2. Antes de la compra, el comprador puede especificar la prueba hidrostática prescrito en 10.6, en lugar del ensayo de permeabilidad.

5.5 Propiedad Hidrostática como aceptación.- El tubo será aceptable bajo la prueba hidrostática cuando reúna los requisitos prescritos en 10.6

6. MATERIALES

6.1 Cemento.- El cemento portland estará conforme a los requerimientos de la especificación C 150 o estará de acuerdo con los requerimientos de la especificación C 595 cemento portland de escoria de altos hornos o cemento portland puzolánico.

6.2 Agregados.- Los agregados estarán conforme a la especificación C 33, excepto que los requerimientos para graduación no serán aplicados.

6.3 Aditivos y Mezclas.- Aditivos y Mezclas pueden usarse con la aprobación del comprador.

7. DISEÑO

7.1 Tablas de Diseño.- Los requisitos de diseño estarán de acuerdo con la Tabla 1. Los espesores de pared usados pueden ser mayores pero no menores que los valores mostrados, excepto cuando es afectado por la tolerancia aquí especificada y por las provisiones para diseño modificados.

7.2 Diseño Especiales o Modificados.- Los fabricantes pueden someter a aprobación del comprador, antes de la fabricación, espesores de pared diferentes a los mostrados en la Tabla 1. Cada tubo deberá reunir todos los requerimientos físicos listados en la sección 10. Los cuales son especificados por el comprador.

8. JUNTAS

8.1 Las juntas serán según diseño y los extremos de la sección del tubo de concreto formados para que el tubo pueda ser acoplado para formar una línea continua de tubos compatible con la variación permisible dada en la sección 11.

9. FABRICACION

9.1 Mezclado.- Los agregados serán tamizados, graduados, proporcionados y mezclados con tales proporciones de cemento y agua como para producir una mezcla de concreto homogénea, de tal cali-

dad que el tubo estará conforme con los requerimientos de ensayo y diseño de esta especificación. Todo el concreto tendrá una relación agua/cemento que no exceda de 0.53 por peso. Todos los tubos fabricados bajo las previsiones de esta especificación, contendrán un mínimo de 280 Kgs. de cemento/m³ de concreto, a menos que los diseños de mezcla con un contenido de cemento bajo demuestre que la calidad y comportamiento del tubo reúne los requerimientos de esta especificación.

9.2 Curado.- El tubo estará sujeto a alguno de los métodos de curado descritos en 9.2.1 a 9.2.4 o algún otro método o combinación de métodos aprobados por el comprador que den resultados satisfactorios. El tubo será curado por un período de tiempo suficiente para que el concreto desarrolle los requerimientos de resistencia especificada a 28 días o menos.

9.2.1 Curado al Vapor.- El tubo puede ser colocado en una cámara de curado, exento de corrientes de aire externo y curado en una atmósfera húmeda mantenida por la inyección de vapor para tal tiempo y temperatura como pueda ser necesaria para posibilitar que el tubo reúna los requisitos de resistencia. La cámara de curado será construida como para permitir la completa circulación del vapor alrededor del tubo entero.

9.2.2 Curado con agua.- El tubo de concreto puede ser curado con agua cubriéndolo con materiales saturados o por un sistema de tubos perforados, rociadores mecánicos o tubos porosos o por cualquier otro método aprobado que mantenga el tubo húmedo durante el período de curado especificado.

9.2.3 El fabricante puede, en esta opción, combinar los métodos descritos en 9.2.1 y 9.2.2 para preveer que la resistencia especificada será alcanzada.

9.2.4 Membrana de Curado.- Puede aplicarse una membrana selladora conforme a los requisitos de la Especificación C 309 y dejar intacto hasta que los requisitos de resistencia especificados sean alcanzados. Al momento de aplicación el concreto estará a una temperatura atmosférica de 6°C. Todas las superficies serán humedecidas antes de la aplicación del compuesto y estarán húmedas cuando el compuesto sea aplicado.

9.3 Especiales.

9.3.1 Requisitos Generales.- Formas especiales o accesorios tales como curvas y adaptadores para usar con tubos de concreto conforme a esta especificación, estarán de acuerdo con los requisitos aplicables a tubos de concreto, de la clase y diámetro interno correspondiente. Las juntas serán compatibles con aquellas usadas en tubos de concreto contiguos.

9.3.2 Ramales fabricados.- Los ramales fabricados en forma de Y y T serán ligados firmemente a la pared del tubo de tal forma de no restringir o de alguna manera interferir con las características del flujo de la tubería.

10. REQUISITOS FISICOS

10.1 Espécimen de ensayo.- El número especificado de tubos requeridos para el ensayo será suministrado por el fabricante y serán seleccionados al azar por el comprador y será un tubo que no puede de ninguna manera ser rechazado bajo esta especificación. La selección será hecha en el punto o

puntos designados por el comprador cuando coloque la orden. El tubo para ensayo primero será liberado de toda humedad visible. Cuando esté seco, cada tubo será medido e inspeccionado. Los resultados de esta observación serán registrados.

10.2 Número y tipo de especímenes requeridos para ensayo.- El fabricante o vendedor suministrará el tubo para ensayos de aplastamiento y absorción, arriba del 0.5% del número de tubos de cada tamaño incluidos en la orden, excepto que en ningún caso menos de dos tubos serán suministrados. Para el ensayo de permeabilidad, 2% del número de tubos de cada tamaño incluidos en la orden, pero en ningún caso menos de dos tubos serán suministrados. Para la prueba hidrostática, 0.5% del número de tubos de cada tamaño incluidos en la orden, pero en ningún caso menos de dos tubos serán suministrados.

10.3 Requisitos para Aplastamiento por Carga Externa.- La resistencia de aplastamiento de tubos de concreto no reforzado estará de acuerdo a los requisitos prescritos en la Tabla 1. Los resultados individuales de varios ensayos para cada tamaño de tubo y para cada planta y cargamento serán tabulados separadamente. La resistencia al aplastamiento ordinariamente será aplicada a no menos del 75% del tubo recibido para propósito de ensayo. Todos los ensayos serán hechos de acuerdo con el método C 497 M. El tubo será aceptable cuando todos los ensayos cumplan con los requisitos especificados. Si alguno de los ensayos al tubo previstos en 10.2, le faltó reunir los requisitos de resistencia, el fabricante permitirá ensayar dos tubos por cada uno no aprobado y el tubo será aceptable únicamente cuando todos los ensayos adicionales reúnan los requisitos de

resistencia.

10.4 Requisitos de absorción.- Cuando sea requerido por el comprador, una prueba de absorción será ejecutada por ambos métodos (A o B) de acuerdo con la norma C 497 M para el ensayo de absorción por hervido. La absorción no excederá el 9% por el método A y 8.5% por el método B. El resultado individual de varios ensayos para cada tamaño de tubo y para cada planta y cargamento deberá ser tabulado separadamente. Todos los ensayos serán hechos de acuerdo con el Método C 497 M. El número de especímenes para ensayo de absorción será igual al número de tubos proporcionados para ensayo de resistencia al aplastamiento. Estos especímenes serán obtenidos del tubo que sea aceptado para resistencia y será tomado del tubo usado en efectuar el ensayo de resistencia, después de que este sea realizado. Estos especímenes serán marcados con el número o identificación del tubo del cual fueron tomados. Para cada método A, el espécimen tendrá un área de 77 a 129 cm², medidos en una superficie del tubo, un espesor igual a la pared del tubo y estará exento de grietas visibles. El tubo será aceptable cuando todos los ensayos sean conforme con los requisitos de absorción especificados.

10.5 Requisitos de permeabilidad.- Cuando se sujeten al ensayo de permeabilidad como se especifica en el método C 497 M, la superficie externa en no menos del 80% del tubo ensayado no mostrará humedad o manchas mojadas al final del periodo, debido al agua que pasa a través de las paredes del tubo.

10.6 Requisitos hidrostáticos.- Cuando se sujeten al ensayo hidrostático como se describe en el método C 497, el tubo no mostrará pérdida durante 10 minutos a

70 KPa. No se considerará pérdida la humedad que aparezca en la superficie del tubo en forma de parches o gotas adheridas. El tubo para ensayo será llenado con agua, mantenida bajo una presión de 70 KPa por 24 horas antes de la observación, excepto que en la opción del fabricante o vendedor, este tiempo de remojo o presión o ambos, pueden reducirse. El ensayo puede continuarse después de las 24 horas y será considerado que el tubo ha aprobado cuando, durante unos 10 minutos del periodo, ninguna pérdida es observada. Cuando se usa el requisito hidrostático para la aceptación de las juntas del tubo como se especifica en la sección 10 de la especificación C 443, el mismo ensayo de junta puede ser usado como la base de aceptación para los requisitos hidrostáticos permitidos al tubo de acuerdo con 5.5 y 10.6 de esta especificación.

10.7 Ensayos Adicionales.- Si más del 20% de las muestras no reúnen los requisitos especificados para la permeabilidad o no más del 20% de las muestras no reúnen los requisitos especificados para absorción o requisitos hidrostáticos de esta sección, el fabricante puede seleccionar su existencia y eliminar la cantidad de tubos que desee, marcar aquellos tubos que no serán enviados. Los ensayos requeridos serán hechos con base a la orden balanceada, serán aceptados si cumplen con los requisitos especificados. Si la segunda muestra no reúne los requisitos especificados, el lote entero puede ser rechazado.

11. DIMENSIONES Y VARIACIONES PERMISIBLES

11.1 Tamaño y Dimensiones.- El tubo será suministrado del tamaño, diámetro interno y dimensiones prescritas en la Tabla 1.

11.2 Variaciones Permisibles en Dimensiones.- Las variaciones permisibles en las dimensiones serán limitadas a lo siguiente:

11.2.1 Diámetro Interno.- Las variaciones permisibles utilizando unidades SI son como se describe en la Tabla 1 (mínimo y máximo).

11.2.2 Espesor de la Pared.- El espesor de la pared no será menor que el valor mostrado en la Tabla 1, o el espesor designado por el fabricante si es mayor que el mostrado en Tabla 1 por más de 2 mm para tubo de 250 mm de diámetro; por más de 3 mm para tubos de 300 a 600 mm de diámetro y por más de 5 mm para tubos mayores de 600 mm de diámetro; o por más del 5% del espesor de pared tabulado o designado, cualquier que sea mayor. Las variaciones localizadas en el espesor de pared que excedan lo especificado, serán aceptados si se reúnen los requisitos para ensayos físicos.

11.2.3 Longitud.- La longitud de cualquier sección de tubo no variará más que 13 mm de una longitud de diseño especificada o designada.

11.2.4 Longitud de dos lados opuestos. La longitud de dos lados opuestos de cualquier sección del tubo no variará más de 6 mm o 2% del diámetro designado, cualquiera que sea más largo.

11.2.5 Rectitud.- El tubo propuesto a ser ensayado no variará en alineación más de 10 mm/m de longitud.

12. REPARACIONES

12.1 El tubo puede ser reparado, si es necesario, a causa de imperfecciones en la fabricación o daños durante el manejo y puede ser aceptado si, en opinión del comprador, la reparación del tubo esta de acuerdo a los requisitos de esta especificación.

13. INSPECCION

13.1 La calidad de todos los materiales y el tubo terminado estarán sujetos a inspección

y aprobación por el inspector empleado por el comprador. Tal inspección puede efectuarse en el lugar de fabricación o entrega.

14. RECHAZO

14.1 El tubo estará sujeto a informe de rechazo cuando no cumpla cualquiera de los requisitos de la especificación. Esta especificación únicamente es para fabricación y compra. Por lo tanto, los daños al tubo durante la instalación o causados por cargas de campo en las condiciones de instalación no serán causa para rechazo con base en no reunir los requisitos de esta especificación. Ver Nota 2. Secciones individuales del tubo pueden ser rechazadas a causa de cualquiera de lo siguiente:

14.1.1 Fracturas o grietas que pasan a través de la pared o junta, excepto que una grieta simple no exceda de 50 mm de longitud en ambos extremos de un tubo o una fractura simple o astillamiento en las juntas no excedan 75 mm alrededor de la circunferencia del tubo ni 50 mm en la longitud de la junta, no será considerado causa de rechazo a menos

que esos defectos existan en más del 5% del envío total o entrega.

14.1.2 Las caras de los extremos del tubo no son perpendiculares al eje longitudinal, sujeto a los límites de variación mostrados en 11.2.4

14.1.3 Defectos que indican un mezclado y moldeado que no está de acuerdo con 9.1

14.1.4 Suficientes grietas para deteriorar la resistencia, durabilidad o serviciabilidad del tubo.

15. MARCAS

15.1 La siguiente información será marcada legiblemente en cada tubo

15.1.1 La clase de tubo y designación de la especificación

15.1.2 La fecha de fabricación

15.1.3 El nombre del fabricante

15.1.4 Identificación de la planta

15.2 Las marcas serán impresas en la sección del tubo o pintadas allí mismo con pintura de agua.

TABLA 1. REQUISITOS FISICOS Y DIMENSIONES PARA TUBOS DE CONCRETO NO REFORZADO

Diámetro Interno Design. (mm)	CLASE 1		CLASE 2		CLASE 3		
	Espesor mínimo de Pared (mm)	Resistencia mínima KN/m	Espesor mínimo de Pared (mm)	Resistencia mínima KN/m	Espesor mínimo de pared (mm)	Resistencia mínima KN/m	
100	110	18	22.0	19	29.0	19	35.0
150	160	18	22.0	19	29.0	22	35.0
200	210	19	22.0	22	29.0	29	35.0
250	260	22	23.5	25	29.0	32	35.0
300	310	25	26.5	35	33.0	44	38.0
375	390	32	29.0	41	38.0	47	42.0
450	465	38	32.0	50	44.0	57	48.0
525	545	44	35.0	57	48.0	69	56.0
600	620	54	38.0	75	52.5	85	64.0
675	695	82	41.0	94	57.5	94	67.0
750	775	88	44.0	107	63.0	107	69.5
825	850	94	46.0	113	64.0	113	71.0
900	925	100	48.0	119	65.5	119	73.0

ASTM 1991

XIII CONGRESO PANAMERICANO DE ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA

EL PAPEL DE LA COMPUTACION EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA

Dr. Octavio A. Rescón Chávez Director General de Servicios de Cómputo Académico, UNAM, y Director Titular del Comité Permanente de Enseñanza de la Ingeniería, A. C., Tesorero de la Unión Mexicana de Asociaciones de la Ingeniería.
Trabajo presentado en la XX Convención UPADI 88 La Habana, Cuba.

Tomado de Boletín Técnico de UPADI No. 7

1.- INTRODUCCION

En esta era de continuos avances científicos y tecnológicos, la educación juega un papel de primordial importancia, sobre todo en países como el nuestro, que requieren urgentemente disminuir la dependencia tecnológica y reorientar y modernizar el aparato productivo.

El firme desarrollo de la industria mexicana es un objetivo que se debe lograr a corto plazo; para ello, los políticos, educadores, técnicos, empresarios y obreros, deben participar con un espíritu nacionalista y dar a la investigación y al desarrollo tecnológico el impulso que merece y así mejorar la productividad, la eficiencia y la calidad.

Esto, es obvio, no sería posible sin la participación de la ingeniería, enriquecida continuamente en la dinámica de la educación, que le proporciona cuadros académicos de alto nivel. Para apoyar la labor de los ingenieros en su labor renovadora, es cada vez más necesario que estén capacitados en el uso de la computadora, la informática y la automatización, ya que estas áreas del conocimiento, conjuntamente con las comunicaciones, constituyen hoy en día un elemento importante en la vida educativa, política, económica, social y cultural de un

país al haberse convertido en un factor primordial para el almacenamiento, manejo y recuperación de información y, en las universidades especialmente, para soporte de las labores de investigación, docencia y administración escolar.

Por lo tanto, los programas de estudio de todas las carreras de ingeniería deben contemplar, bajo un enfoque sistemático, mecanismos de aprovechamiento de la computadora que, mediante la incorporación de asignaturas de informática, formen ingenieros capaces de emplearla como herramienta de trabajo.

Por otra parte, se deben establecer proyectos de formación y capacitación de profesores, y de desarrollo de software que apoyen el proceso enseñanza-aprendizaje y la investigación educativa. También es necesario evaluar sistemáticamente su efectividad, a fin de modernizar y perfeccionar continuamente las actividades docentes.

En este trabajo se hace énfasis en la importancia de la computación en el proceso enseñanza-aprendizaje, en la problemática que existe para incorporarla en las instituciones de educación, y se dan algunas recomendaciones que pueden contribuir a generar acciones que ayuden a preparar, en este campo, a los futuros

C-14 ESPECIFICACION STANDARD PARA TUBERIAS DE AGUAS
NEGRAS, TUBERIAS DE AGUAS LLOVIAS Y COLECTORES.-

1. A L C A N C E.-

1.1 Esta especificación cubre tuberías de concreto no reforzadas intentadas para ser usadas para la conducción de aguas negras, desechos industriales, aguas lluvias y para la construcción de colectores.

1.2 Una compañera métrica completa a la especificación C-14 ha sido desarrollada C-14 M; por consiguiente no se presentan equivalentes métricos en la misma especificación.

NOTA 1.-

Esta especificación es una especificación para la manufactura y compra solamente y no incluye requerimientos, para los apoyos, rellenos ó la relación entre la condición de carga en el campo y la clasificación de la resistencia de la tubería. Sin embargo la experiencia ha demostrado que el comportamiento exitoso de este producto depende de la apropiada selección de la clase de tubería, tipo de apoyo, relleno y el cuidado de que la instalación se ajuste a la especificación de construcción. El comprador de la tubería de concreto especificada aquí es advertido que él debe correlacionarse con los requerimientos de campo con la clase de tubería especificada y proveer ó requerir inspección en el sitio de la construcción.

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.-

STANDARD : A S T M

C-33, C-150, C-309, C-443, C-497, C-595 y C-822.

3. DEFINICIONES.-

3.1 Para definiciones de términos relativos a la tubería de concreto vea la definición en C-822.

4. CLASIFICACION.-

4.1 La tubería manufacturada de acuerdo con esta especificación deberá ser de tres clases, identificadas como: "TUBERIA DE CONCRETO S/R C-I", TUBERIA DE CONCRETO S/R C-II" y "TUBERIA DE CONCRETO S/R C-III", los correspondientes requerimientos de resistencia estan prescritos en la tabla 1.

5. BASES DE ACEPTACION.-

5.1 La aceptabilidad de la tubería deberá ser determinada por los resultados de la prueba prescrita en esta sección cuando se requieran y por inspección para determinar que la tubería se conforma a esta especificación en cuanto diseño y que esta libre de defectos.

5.2 ACEPTACION EN CUANTO A LAS PROPIEDADES DE RESISTENCIA.-

La tubería será aceptable bajo las pruebas de resistencia cuando estas han cumplido con los requerimientos prescritos en 10.3.

5.3 ACEPTACION EN CUANTO A PROPIEDADES DE ABSORCION.-

La tubería será aceptable bajo las pruebas de absorción cuando estas cumplan con los requerimientos prescritos en 10.4.

5.4 ACEPTACION EN CUANTO A PROPIEDADES DE PERMEABILIDAD.-

La tubería será aceptable bajo las pruebas de permeabilidad cuando cumplan con los requerimientos prescritos en 10.5.

NOTA 2.-

Con anterioridad a la compra el comprador puede especificar las pruebas hidrostáticas prescritas en 10.6 en lugar de la prueba de permeabilidad.

5.5 ACEPTACION EN CUANTO A PROPIEDADES HIDROSTATICAS.-

5.5.1 ACEPTACION EN CUANTO A PRUEBAS HIDROSTATICAS.-

Las tuberías serán aceptables bajo las pruebas hidrostáticas cuando cumplan con los requerimientos prescritos en 10.6.

6. MATERIALES.-

6.1 CEMENTO.-

El cemento portland deberá conformarse con los requerimientos de la especificación C-150 ó será cemento portland de ceniza de altos hornos ó cemento puzzolano conformado con los requerimientos de la especificación C-595.

6.2 AGREGADOS.-

Los agregados deberán conformarse con la especificación C-33 excepto con los requerimientos para graduación no serán aplicables.

6.3 ADITIVOS Y MEZCLAS.-

Los aditivos y las mezclas pueden ser usados con la aprobación del comprador.

7. DISEÑO.-

7.1 TABLAS DE DISEÑO.-

Los requerimientos de diseño deberán estar de acuerdo con la tabla 1. Los espesores de pared usados pueden ser más pero no menos que los valores, excepto como sean afectados por la tolerancia aquí especificada y por las provisiones del diseño modificado.

7.2 DISEÑO ESPECIAL O MODIFICADO.-

Los fabricantes pueden someter al comprador para aprobación, antes de fabricar, espesores de pared diferente a lo mostrado en la tabla 1. Dicha tubería deberá cumplir con todos los requerimientos físicos listados en la sección 10 y que son especificados por el comprador.

8. JUNTAS.-

8.1 Las juntas deberán ser de un diseño tal y los extremos de las secciones de tuberías de concreto de tal manera formados que los tubos pueden ser tendidos para hacer una línea continua de tubos compatibles con las variaciones permisibles dadas en la sección 11.

9. FABRICACION.-

9.1 MEZCLA.-

Los agregados deberán ser clasificados, graduados, proporcionados y mezclados

con tal proporción de cemento y agua para producir una mezcla homogénea de concreto, de tal cualidad que la tubería se conformará a los requerimientos de prueba y descritas en esta especificación. Todo concreto deberá tener una relación de agua-cemento que no exceda de 0.53 por peso. Toda la tubería fabricada bajo las producciones de esta especificación deberá contener un mínimo de 470 libras de cemento por yarda cúbica de concreto a menos que el diseño de mezcla con su contenido más bajo de cemento demuestre que la calidad y el comportamiento de la tubería cumple con los requerimientos de esta especificación.

9.2 CURADO.-

La tubería deberá estar sujeta a cualquiera de los métodos del curado descritos desde 9.2.1 hasta 9.2.4 ó cualquier otro método ó combinación de métodos aprobados por el comprador y que dará resultados satisfactorios. Las tuberías deberán ser curadas por un tiempo suficiente de manera que el concreto desarrolle los requerimientos de resistencia especificados a los 28 días ó menos.

9.2.1 CURADO A VAPOR.-

Los tubos pueden ser colocados en la cámara de curado, libre de corrientes externas y curados en una atmósfera húmeda mantenida por la inyección de vapor por tal tiempo y tal temperatura como fuere necesario para hacer que los tubos cumplan con los requerimientos de resistencia. La cámara de curado debe ser construida de tal manera, para producir la circulación de vapor completa alrededor de todos los tubos.

9.2.2 CURADO HUMEDO.-

Los tubos de concreto pueden ser curados con agua cubriéndoles con un material saturado de agua ó con un sistema de tuberías perforadas, surtidores mecánicos, mangueras porosas ó por cualquier otro método aprobado que mantendrá los tubos mojados durante el período de curado especificado.

9.2.3 El fabricante podrá a su opción combinar los métodos descritos en 9.2.1 y 9.2.2 previsto que la resistencia especificada es obtenida.

9.2.4 CURADO CON MEMBRANA.-

Una membrana sellante conformándose a los requerimientos de la especificación C-309, puede ser aplicada y dejada intacta hasta que los requerimientos de resistencia especificados sean cumplidos. El concreto al tiempo de la aplicación deberá estar dentro de los 10 grados F de la temperatura atmosférica. Todas las superficies deberán ser mantenidas húmedas antes de la aplicación de los compuestos y deberán estar empapadas cuando el compuesto se aplique.

9.3 ESPECIALES.-

9.3.1 REQUERIMIENTOS GENERALES.-

Formas especiales o accesorios tales como yees, tees, codos y adaptadores para uso con tubos de concreto que se conforman con esta especificación deberán conformarse con los requerimientos explicables para los tubos de concreto correspondientes con la clase y los diámetros internos. Las juntas deberán ser compatibles con aquellas usadas en tubos de concreto adyacentes.

9.3.2 RAMALES FABRICADOS.-

Los ramales fabricados para yees y tees deberán ser firmemente asegurados en la pared del tubo en tal manera de no restringir ó interferir con las características del flujo del tubo.

10. REQUERIMIENTOS FÍSICOS.-

10.1 ESPECIMENES DE PRUEBA.-

El número especificado de tubos requerido para la prueba deberá ser suministrado por el fabricante y deberán ser seleccionados al azar por el comprador, deberán ser tuberías que no podrían ser rechazadas bajo esta especificación.

La selección deberá ser hecha en los puntos o punto que el comprador designe cuando ponga la orden.

Los tubos de prueba deberán ser primero librados de toda humedad visible. Cuando estén secos cada tubo deberá ser medido e inspeccionado. Los resultados de esta operación tienen que ser guardados.

10.2 NÚMERO Y TIPO DE ESPECIMENES DE PRUEBA REQUERIDAS.-

El fabricante deberá suministrar tubos para pruebas de aplastamiento y absorción hasta el 0.5% del número de tubo por cada tamaño incluidos en la orden, excepto que en ningún caso no se deberán suministrar menos de dos tubos. Para la prueba de permeabilidad el 2% del número de tubos por cada tamaño incluido en la orden, pero en ningún caso menos de dos tubos deben ser suministrados.

Para las pruebas hidrostáticas el 0.5% del número de tubo por cada tamaño incluido en una orden, pero en ningún caso no menos de dos tubos deberán ser suministrados.

10.3 REQUERIMIENTOS DE CARGAS EXTERNAS DE APLASTAMIENTO.-

La resistencia de aplastamiento de tubería de concreto no reforzado deberá conformarse con los requerimientos prescritos en la tabla 1.

Los resultados individuales de las varias pruebas para cada tamaño de tubo y para cada embarque y planta deberán ser tabulados separadamente.

La resistencia de aplastamiento ordinariamente deberá ser aplicada a no menos del 75% de las tuberías recibidas para los propósitos de prueba.

Todas las pruebas deberán ser hechas de acuerdo con el método C-497. Las tuberías serán aceptables cuando todos los tubos probados se conforman con los requerimientos especificados. Si alguno de los tubos de prueba previsto en 10.2 falla en cumplir los requerimientos de prueba, al fabricante le será permitido probar dos tubos por cada tubo que falló; y los tubos serán aceptables solamente cuando todas esas pruebas adicionales cumplan con los requerimientos de resistencia.

10.4 REQUERIMIENTOS DE ABSORCIÓN.-

Cuando se requiera por el comprador, una prueba de absorción será llevada a cabo ya sea por el método A ó por el método B de acuerdo con los métodos C-497 para los métodos de absorción pasados por agua hirviendo. La absorción no deberá exceder el 9% para el método A ó el 8 1/2% para el método B. Los resultados individuales de las varias pruebas por cada tamaño de tubo para cada embarque o planta deberán ser tabulados separadamente.

Todas las pruebas deberán ser hechas de acuerdo con los métodos C-497. El número de especimen de prueba de absorción deberá ser igual al número de tubos suministrados para la prueba de resistencia del aplastamiento. Estos especímenes deberán ser obtenidos de tubos que sean aceptables para la resistencia y deberán ser tomados de tubos usados para hacer la prueba de resistencia adicional. Estos especímenes deberán ser marcados con el número ó la marca de identificación del tubo del cual fueron tomados. Cada especimen del método A debe tener una área de 12" a 20" cuadradas medido en una superficie de tubo, y un espesor igual a la pared del tubo y deberá estar libre de grietas visibles, los tubos deberán ser aceptables cuando las pruebas cumplan con los requerimientos de absorción especificados.

10.5 REQUERIMIENTOS DE PERMEABILIDAD.-

Quando se someten a las pruebas de permeabilidad como se especifica en los métodos C-497; las superficies externas de no más del 80% del tubo probado no deberá mostrar humedad ó manchas húmedas al final del periodo de prueba y debido al agua que pasa a través de las paredes del tubo.

10.6 REQUERIMIENTOS HIDROSTÁTICOS.-

Quando se someten a las pruebas hidrostáticas como se describe en los métodos C-497, el tubo no deberá mostrar humedad durante 10 minutos a 10 libras por pulgada cuadrada. La humedad apareciendo en la superficie del tubo en la forma de parche o gotas adheridas a la superficie no serán consideradas como filtración:

El tubo de prueba deberá ser llenado con agua y mantenido bajo una presión de 10 libras por 1" cuadrada durante 24 horas previa a la prueba, excepto que a opción del fabricante o vendedor, este tiempo de pre-remojo ó presión, ó ambos pueden ser reducidos. La prueba puede ser continuada hasta 24 horas y el tubo será considerado como haber pasado cuando en cualquier periodo de 10 minutos no se observen filtraciones. Cuando los requerimientos hidrostáticos son usados para la aceptación de las juntas de los tubos como se especifica en la sección 10 de la especificación C-443; la misma serie de pruebas de juntas pueden ser usados como bases de aceptación para requerimientos hidrostáticos de los tubos permitidos de acuerdo en 5.5 y 10.6 de esta norma.

10.7 REPRUEBA.-

Si más del 20% de las muestras fallan en cumplir los requerimientos especificados para la permeabilidad ó no más del 20% de las muestras fallan en cumplir los requerimientos especificados para absorción ó requerimiento hidrostático de esta sección, el fabricante puede escoger su existencia y puede eliminar cualquier cantidad de tubos que él desee y marcar así los tubos que no serán embarcados.

Las pruebas requeridas deberán ser hechas en el saldo de la orden y serán aceptables si cumplen con los requerimientos especificados. Si la segunda muestra falla en cumplir con los requerimientos especificados, todo el lote será rechazado.

11. DIMENSIONES Y VARIACIONES PERMISIBLES.-

11.1 TAMAÑOS Y DIMENSIONES.-

Las tuberías deberán ser suministradas de los tamaños, diámetro interno y dimensiones prescritas en la tabla 1.

11.2 VARIACIONES PERMISIBLES EN DIMENSIONES.-

Las variaciones permisibles en dimensiones deberán estar limitadas a lo siguiente:

11.2.1 DIÁMETRO INTERNO.-

El diámetro interno no deberá ser más ó menos del diámetro diseñado en más de 3/16" para tubos diseñados como de 12" y menos en diámetro; para más de 1/4" por tubería diseñada como de 15" ó 18" de diámetro; por más de 5/16" para tubos diseñados como de 21" de diámetro y por más de 3/8" para tubos diseñados como de 24" y más de diámetro.

11.2.2 ESPESORES DE PARED.-

Los espesores de pared no deben ser menores que los valores mostrados en la tabla 1 ó los espesores diseñados por el fabricante ó si fueran mayores que lo mostrado en la tabla 1, por más de 1/16" para tubos de 10" ó menos de diámetro por más de 1/8" para tubos de 12" a 24" en diámetro; y por más de 3/16" para tubos de 24" de diámetro; ó por más del 5% de los espesores de pared diseñados ó tabulados lo que sea mayor.

Variación localizada en espesores de pared excediendo las que se especificaron arriba deberán ser aceptadas si las pruebas de requerimiento físico aquí especificadas son cumplidas.

11.2.3 LONGITUD.-

La longitud de cualquier sección de tubería no deberá variar menos de 1/2" de una longitud de diseñados ó especificados.

11.2.4 LONGITUD DE DOS LADOS OPUESTOS.-

La longitud de dos lados opuestos de cualquier sección de tubería no deberá variar más de 1/4" del 2% del diámetro diseñado, lo que sea mayor.

11.2.5 RECTITUD.-

Los tubos intentados de ser rectos no deberán variar de 1/8" por pié de longitud.

12. REPARACIONES.-

Los tubos pueden ser reparados si fuese necesario debido a imperfecciones en su fabricación ó daño durante el manejo y serán aceptables, si, en la opinión del comprador, las tuberías reparadas se conforman con los requerimientos de esta especificación.

13. INSPECCION.-

13.1 La calidad de todos los materiales y tuberías terminadas deberán ser sujetas a inspección y aprobación por un inspector, empleado ó por el comprador, tal inspección deberá ser llevada a cabo en el punto de fabricación ó de entrega.

14. RECHAZO.-

14.1 La tubería será sujeta a rechazo debido a las fallas para cumplir con cualquiera de los requerimientos de la especificación. Esta especificación es una especificación para manufactura y compra

REQUERIMIENTOS FISICOS Y DIMENSIONALES PARA TUBERIAS DE CONCRETO NO REFORZADAS.-

DIAMETRO INTERNO DISEÑADO PULG.	CLASE I			CLASE II			CLASE III		
	ESPESOR MINIMO DE LA PARED PULG.	RESISTENCIA MINIMA LBS/PIE LINEAL PRUEBA DE LOS TRES APOYOS	ESPESOR MINIMO DE LA PARED PULG.	RESISTENCIA MINIMA LBS/PIE LINEAL PRUEBA DE LOS TRES APOYOS	ESPESOR MINIMO DE LA PARED PULG.	RESISTENCIA MINIMA LBS/PIE LINEAL PRUEBA DE LOS TRES APOYOS			
4	5/8	1500	3/4	2000	3/4	2400			
6	5/8	1500	3/4	2000	7/8	2400			
8	3/4	1500	7/8	2000	1 1/8	2400			
10	7/8	1600	1	2000	1 1/4	2400			
12	1	1800	1 3/8	2350	1 3/4	2600			
15	1 1/4	2000	1 5/8	2600	1 7/8	2900			
18	1 1/2	2200	2	3000	2 1/4	3300			
21	1 3/4	2400	2 1/4	3300	2 3/4	3650			
24	2 1/8	2600	3	3600	3 3/8	4000			
27	3 1/4	2800	3 3/4	3950	3 5/4	4600			
30	3 1/2	3000	4 1/4	4300	4 1/4	4750			
33	3 3/4	3150	4 1/2	4400	4 1/2	4875			
36	4	3300	4 3/4	4500	4 3/4	5000			

únicamente. Por consiguiente daños a los tubos durante instalación ó causados por carga en el campo en las condiciones de instalación no será causa para el rechazo sobre la base de no cumplir con esta especificación. Secciones individuales de tubería pueden ser rechazadas por lo siguiente:

14.1.1 Fracturas o grietas pasando a través de la pared ó de la junta excepto que sea una sola grieta que no exceda de 2" de longitud en cualquiera de los extremos del tubo ó una sola fractura en las juntas no excediendo de 3" en la circunferencia del tubo ni 2" de longitud dentro de la junta, no será considerada causa para rechazo a menos que esos defectos existan en más de 5% del embarque entero ó entrega.

14.1.2 Los planos del extremo del tubo no son perpendiculares al eje longitudinal, sujetas a los límites de variación que se muestran en 11.2.4.

14.1.3 Defectos que indican mezclado y moldeo en desacuerdo con 9.1.

14.1.4 Grietas suficientes para impedir la resistencia, durabilidad ó la calidad del servicio de la tubería.

15. MARCADO.-

15.1 La siguiente información deberá ser legiblemente marcada:

15.1.1 Clase del tubo y designación de la especificación.

15.1.2 Fecha de fabricación.

15.1.3 Nombre o marca de fábrica del fabricante.

15.1.4 Identificación de la planta.

15.2 El marcado deberá ser indentado en la sección de tuberías ó pintado con pintura a prueba de agua.

**ESPECIFICACION C-497 METODOS STANDARD DE PRUEBA PARA
TUBERIAS DE CONCRETO, SECCIONES DE POZOS DE VISITA O LOSAS.-**

1. A L C A N C E.-

- 1.1 Estos métodos cubren las pruebas de tubería de concreto, pozos de visita y losas, las pruebas descritas son usadas para las pruebas y aceptación para evaluar las propiedades prescritas en esta especificación.
1.2 Las pruebas aparecen en el siguiente orden:

<u>PRUEBAS DE CARGA PARA RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO</u>	<u>SECCION</u>
Pruebas para aplastamiento.....	4
Pruebas de losas planas.....	5
Resistencia de los núcleos.....	6
Absorción.....	7
Hidrostática.....	8
Permeabilidad.....	9
Gradas para pozos de visita.....	10

- 1.3 Los especímenes de prueba no tienen que haber estado expuestos a temperatura abajo de 40 grados F por 24 horas anteriores a la prueba y deben estar libres de toda humedad visible.
1.4 Si cualquier espécimen de prueba falla por razones mecánicas tales como falla en el equipo de prueba ó preparación impropia del espécimen este puede ser descartado y otro espécimen puede ser tomado.
1.5 Los especímenes deberán ser seleccionados de acuerdo con las especificaciones del tipo de tubo ó losa que esta siendo probado.
1.6 Una compañera métrica completa a los métodos C-497 ha sido desarrollada C-497 M; por consiguiente aquí no se darán equivalentes métricos.
1.7 Esta norma puede involucrarse con materiales peligrosos, operación y equipo. Esta norma no intenta dirigir todos los problemas de seguridad que se asocian con su uso. Es la responsabilidad del usuario que esta norma establezca esta práctica apropiada y de seguridad, salud y determinar la aplicabilidad y limitación regulatoria antes de su uso.

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.-

- 2.1 NORMAS: A S T M
C-39, C-42, C-70, C-617, C-822 Y E-4.

3. DEFINICIONES.-

- 3.1 Para definición de los términos relativos a las tuberías de concreto véase la definición C-822.

4. PRUEBA DE APLASTAMIENTO POR CARGA EXTERNA POR EL METODO DE LOS TRES

APOYOS.-

4.1 RESUMEN DEL METODO.-

El espécimen de prueba es probado en una máquina diseñada para aplicar una fuerza aplastante sobre el espécimen en un plano que pasa por el eje vertical extendiendo a lo largo de la longitud del espécimen.

4.2 SIGNIFICANCIA Y USO.-

La prueba de aplastamiento puede ser una prueba de control de calidad efectuada para establecer que la tubería lista para embarque tiene suficiente resistencia para aguantar las cargas de aplastamiento establecidas en la especificación ó una prueba del diseño efectuado para probar lo adecuado del mismo.

4.3 A P A R A T O S.-

4.3.1 La máquina de prueba puede ser de cualquier tipo de suficiente capacidad y capaz de proveer la razón de carga prescrita en 4.5.3.
4.3.2 La máquina deberá ser sustancial y rígida toda ella, de manera que la distribución de la carga no será afectada apreciablemente por la deformación ó ductibilidad de cualquier parte.

4.3.3 El método de carga de los tres apoyos deberá ser usado, el espécimen de prueba deberá estar apoyado en dos cintas paralelas y la carga aplicada a través de una viga de apoyo en la parte superior (fig. 1, 2, 3, 4).
A opción del fabricante, las dos cintas paralelas de la viga superior pueden extenderse en la longitud completa ó cualquier porción de la viga del espécimen.

4.3.4 Los apoyos de abajo serán de madera dura ó de tiras de caucho duro, las cintas de madera deberán ser rectas con una sección transversal de no menos de 2" de ancho y no menos de 1" y no más de 1 1/2" en el alto y deberán tener las esquinas superiores interiores redondeadas, con un radio de 1/2". Las cintas de caucho duro deberán tener una dureza de durómetro no menos de 45 ni más de 60. Deberán ser rectangulares en su sección transversal teniendo un ancho de no menos de 2" y un espesor de no menos de 1" y más de 1 1/2" y deberán tener las esquinas superiores interiores redondeados como un radio de 1/2".

4.3.5 Las tiras inferiores de apoyo deberán estar fijadas a una viga de hierro ó madera ó directamente a una base de concreto cualquiera, deberá tener suficiente rigidez para permitir la aplicación de la carga máxima sin una deflexión mayor de 1/720 de la longitud del espécimen. Los lados interiores verticales de la tira deberán ser paralelas y espaciadas de una distancia de no más de 1" por pie del diámetro del espécimen, pero en ningún caso menos de 1". Las cargas de apoyo de las tiras interiores no deberán variar de una línea recta horizontal ó vertical por más de 1/32" de longitud sin carga.

4.3.6 La viga superior de apoyo deberá ser una viga rígida de madera dura con ó sin una tira de caucho. El bloque de madera deberá ser sólido, libre de nudos y rectos de extremo a extremo, deberá ser fijado a una viga de acero ó forrado de madera de una dimensión tales que las deflexiones bajo la carga máxima no deberá ser mayor de 1/720 de la longitud del espécimen. La cara de apoyo del bloque superior no debe desviarse de una línea recta por más de 1/32" por pie de longitud. Cuando se usen tiras de caucho endurecido en la cara de apoyo deberá tener una dureza no menos de 45 ni más de 60 y deberá tener un ancho no menos de 2" y un espesor de no menos de 1" y no más de 1 1/2" y deberán estar aseguradas con un bloque de madera que cumpla con los requerimientos mencionados.

4.3.7 Si fuera acordado por el fabricante y el comprador antes de las pruebas, antes de que el espécimen sea colocado, un filete de mezcla de cal no excediendo 1" de espesor puede ser fundido en la superficie de los apoyos superiores e inferiores, el ancho del filete, sea arriba ó abajo, no debe ser más de 1" por pie de diámetro del espécimen en ningún caso menos de 1".

4.3.8 El equipc debe ser diseñado de manera que la carga sea distribuida

alrededor del centro del largo total del espécimen (fig. 1, 2, 3, 4) a opción del fabricante el centro de la carga puede ser aplicado en cualquier punto del largo del espécimen la carga puede ser aplicada ya sea en un solo punto ó en múltiples puntos dependiendo de la longitud del espécimen que esta siendo probado y la rigidez del marco de prueba. Múltiples puntos de aplicación de carga en la viga superior permitirá el uso de viga liviana sin deflexión apreciable.

4.4 CALIBRACION.-

El sistema de carga deberá ser uno que provea una exactitud de más ó menos el 2% de las cargas de pruebas especificadas, una curva de calibración puede ser usada. La máquina usada para llevar a cabo la prueba de los tres apoyos debe ser verificada por la práctica E-4.

4.5 PROCEDIMIENTO.-

4.5.1 Coloque el espécimen sobre las dos tiras inferiores de apoyo de una manera tal que el tubo ó la losa descansen firmemente y que el apoyo sea lo más uniformemente posible en cada tira.

4.5.2 Marque los dos extremos del espécimen en un punto fijado en medio de las tiras de apoyo entonces establezca los puntos diametralmente opuestos de cada extremo. Ponga la viga superior de manera que este alineada con esas marcas.

4.5.3 Para tubos de concreto reforzado cualquier relación de carga aplicada hasta un máximo de 7,500 libras pié por pié lineal de tubería por minuto puede ser usada hasta el 75% de la resistencia de diseño especificada y en cuyo momento la razón de carga podrá ser reducida a una proporción uniforme de 3,000 libras pié por pié lineal de tuberías por minuto. Si se esta determinando la resistencia de diseño con la carga última, una relación de carga especificada no es necesario mantenerlos después que la resistencia de diseño ha sido alcanzada; para tubos no reforzados cualquier relación de aplicación de carga hasta un máximo de 7,500 libras pié por pié lineal de tuberías por minuto, pueden ser usadas hasta el 75% de la resistencia última en ese momento la relación de carga puede ser reducida a un máximo uniforme de 3,000 libras pié por pié lineal de tubos por minuto.

4.5.4 Como se define en definición C-822, la resistencia de diseño es la máxima carga aplicada al tubo antes de que una grieta teniendo un ancho de 0.01" aparezca a través de una longitud continua de un pié ó más medido paralelamente al eje longitudinal del barril del tubo. Considere la grieta de 0.01 en ancho cuando los puntos del indicador para medidas podrá penetrar sin ser forzado 1/16", suficientemente cerca a lo largo de la distancia especificada de un pié.

Mida el ancho de la grieta por medio de un indicador hecho de una hoja de 0.01", de espesor (como está en los juegos de calibración para mecánico), limado a un punto de 1/16" de ancho con las esquinas redondeadas y con un cono de 1/4" por 1" como se ve en la figura 5.

NOTA 1.-

Como se usa en esta especificación, la grieta de 0.01 es una prueba de criterio para tubos probados en la prueba de los tres apoyos y no se intenta como una indicación de tubería sobre-esforzada ó fallada bajo la condición de instalación.

4.5.5 Como se define en C-822 la última resistencia en la máxima carga soportada por el tubo.

NOTA 2.-

La última resistencia de los tubos de concreto en condición de enterrado depende de factores que varían con el suelo de apoyo y diferentes modos de falla y pueden no tener relación con la última resistencia como se define bajo las condiciones de los tres apoyos.

4.6 CALCULO.-

4.6.1 Los resultados de la prueba de resistencia deberá ser calculada en función de libras fuerza por pié lineal. El largo nominal usado para calcular los valores de resistencia deberá ser aquel indicado por una L mayúscula en las figuras 1, 2, 3, 4, excepto que para tubos de ramura y lengüeta, el largo nominal L deberá incluirse ya sea la lengüeta ó la ramura el que sea más largo.

4.6.2 La carga en libras por pié lineal requerida para producir la grieta de 0.01 deberá ser calculada dividiendo la carga total sobre el espécimen en el momento que aparece la grieta indicada entre el largo nominal del tubo.

4.6.3 La resistencia del aplastamiento ó última carga en libras por pié lineal deberá ser calculada dividiendo la carga máxima aplicada al espécimen entre el largo nominal.

4.7 PRECISION Y PARCIALIDAD.-

El verdadero valor de la resistencia de un tubo de concreto no puede ser determinado porque el espécimen es probado a la destrucción y un duplicado exacto no se puede obtener; por consiguiente: no hay cálculo de precisión y parcialidad que sean posible. Las especificaciones que incluyen estos métodos de prueba para los varios tipos de tubo de concreto deberán incluir una provisión para pruebas adicionales de tubos, ó de uno ó más especímenes.

6. PRUEBA DE RESISTENCIA DEL NUCLEO.-

6.1 SUMARIO DEL METODO.-

La resistencia de la compresión de concreto de la tubería es determinado efectuando pruebas de aplastamiento de núcleo cortados del tubo.

6.2 SIGNIFICANCIA Y USO.-

La prueba de resistencia de los núcleos es una prueba de control de calidad efectuada para establecer el hecho de que el producto de concreto pre-fabricado y listo para embarcar tiene suficiente resistencia para cumplir con la resistencia establecida en la especificación.

6.3 APARATOS.-

Un taladro para núcleos deberá ser usado para asegurar los especímenes extraídos de la pared del tubo; un taladro de impacto ó taladro de diamante puede ser usado.

6.4 ESPECIMENES DE PRUEBA.-

6.4.1 Un espécimen de núcleo para la determinación de la resistencia de la compresión deberá tener un diámetro de por lo menos 3 veces el tamaño máximo del agregado grueso usado en el concreto si los núcleos son cortados de la pared de un tubo y probado la relación entre la longitud y el diámetro deberá estar entre uno y dos después de que la superficie curva ha sido removida del núcleo cortado.

6.4.2 ACONDICIONAMIENTO PARA HUMEDAD.-

A menos que la agencia para la cual las pruebas se estan efectuando lo pida, de otra manera, los especímenes para prueba de núcleos deberán ser sumergidos en agua saturada de cal de acuerdo a las provisiones de los métodos C-42.

6.5 PROCEDIMIENTO.-

6.5.1 Preparación de los extremos y cabeceado.

Los especímenes de núcleo para ser probado en la compresión deberán tener los extremos que son esencialmente suaves y perpendiculares al eje y del mismo diámetro del cuerpo del espécimen. Antes de hacer las pruebas de compresión, cabecee los extremos del espécimen a fin de cumplir los requerimientos del método C-617.

6.5.2 MEDIDAS.-

Ante de las muestras, mida la longitud del espécimen cabeceado a la más cercana décima de pulgada y determine su diámetro promedio a la más cercana décima de pulgada de dos medidas tomadas en ángulos rectos del centro de la longitud.

6.5.3 Pruebe los especímenes como se prescribe en la sección 5 de los métodos de prueba C-39.

6.6 CALCULOS Y REPORTE.-

Calcule la resistencia de la compresión de cada espécimen en libra fuerza por pulgada cuadrada basado en el diámetro promedio del espécimen si la relación de longitud con el diámetro es menor que 2, permita una tolerancia para la relación de longitud a diámetro multiplicando la resistencia de la compresión por el factor aplicable de la corrección dado de la siguiente tabla para determinar los valores no dados en la tabla por medio de interpolación.

RELACION DE LONGITUD DE CILINDRO AL DIAMETRO l/d.	FACTOR DE CORRECCION DE LA RESISTENCIA.
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.94
1.10	0.90
1.00	0.85

6.7 PRECISION Y PARCIALIDAD.-

Este método para pruebas de resistencia de la tubería de concreto es considerado satisfactorio para prueba de aceptación de embarques comerciales dado que el método ha sido usado extensivamente para pruebas de aceptación. En caso de desacuerdo que aparezcan de diferencias en valores reportados por el comprador y el vendedor cuando usen este método para prueba de aceptación, las parcialidades estadísticas, si las hubiere, entre el laboratorio del comprador y el laboratorio del vendedor deberá ser determinada con cada comparación siendo basada en especímenes de prueba sacados al azar de un tubo del tipo que esta siendo evaluado.

7. PRUEBA DE ABSORCION.-

7.1 RESUMEN DEL METODO.-

Este método cubre las pruebas de un espécimen que es una muestra ó núcleo de la pared del tubo. El espécimen de los tubos es primero sujeto al secado después a inmersión para determinar la absorción de agua de los especímenes cuando es probado por los procedimientos descritos.

Dos procedimientos alternos para efectuar la prueba son presentados:

El método A es la prueba standard y el patrón podrá requerir de 3 a 6 días

para completarse.

El método B es intentado como una prueba acelerada y que requiere alrededor de un día y medio para completarse.

7.2 SIGNIFICADO Y USO.-

El método es una prueba de control de calidad efectuada para establecer el hecho que la tubería determinada y lista para embarcar cumple con los límites de absorción establecidos en las especificaciones.

7.3 ESPECIMENES DE PRUEBA.-

7.3.1 ESPECIMENES PARA EL METODO A.-

Los especímenes para prueba por el método A debe de estar de acuerdo con los requerimientos de las especificaciones para tubería aplicada y deberán ser usados para el procedimiento de absorción que requiere de 5 horas para hervir y un período de enfriamiento de agua natural de 14 a 24 horas.

7.3.2 ESPECIMENES PARA EL METODO B.-

Los especímenes para la prueba de absorción por el método B consistirá de 3 núcleos de 1 1/2" de diámetro tomados de los extremos y del área central de cada tubo.

7.4 PROCEDIMIENTO PARA LA HERVIDA EN LAS PRUEBAS DE ABSORCION.-

7.4.1 SECADO DE LOS ESPECIMENES.-

Seque los especímenes en un horno mecánico de convección ventilado en una temperatura de 221 a 239 grados F.

7.4.1.1 METODO A.-

Seque los especímenes hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de no menos de 6 horas muestren un incremento de pérdidas no mayor del 0.10% de la última masa seca del espécimen; seque especímenes con un espesor de pared de 1 1/2" ó menos por un mínimo de 24 horas; seque especímenes con espesor de pared de 1 1/2" a 3" por un mínimo de 48 horas; seque especímenes excediendo 3" por un mínimo de 72 horas. Use las últimas 6 horas de los períodos mínimos de secado para determinar si la muestra ha obtenido ó no la apropiada masa seca.

7.4.1.2 METODO B.-

Seque los especímenes en un mínimo de 24 horas.

7.4.2 PESADO DE LOS ESPECIMENES SECOS.-

Pese los especímenes secados al horno inmediatamente después de sacarlos y cuando la temperatura de secado sea de 221 a 239 grados F.

7.4.3 INMERSION Y HERVIDO.-

7.4.3.1 ESPECIMEN PARA EL METODO A.-

Dentro de 24 horas, cuidadosamente ponga el espécimen seco que ha sido pesado en un recipiente adecuado que contiene agua limpia a una temperatura de 50 a 75 grados F.

Use agua destilada, agua flocida ó agua de chorro que se sepa que no tiene ningún efecto en los resultados de la prueba. Caliente el agua hasta que hierva en no menos de una hora y no más de 2.

No aplique vapor al agua para acortar el período de pre-hervido deje una hora de calentamiento por gas ó electricidad, continúe hirviendo por 5 horas. Al final del período de 5 horas, apague y deje el espécimen enfriarse en el agua a la temperatura ambiente por pérdida natural del calor por no menos de 14 horas ni más de 24.

7.4.3.2 ESPECIMEN PARA EL METODO B.-

Dentro de 24 horas, cuidadosamente coloque el espécimen seco que ha sido pesado, en un recipiente adecuado que contiene agua limpia a una temperatura de 50 a 75 grados F.

Use agua destilada, agua llovida ó agua de chorro que se sepa que no tienen ningún efecto en los resultados de las pruebas. Caliente agua hasta que hierva en no menos de 1 hora y no más de 2.

No aplique vapor al agua para acortar el período de pre-hervido deje una hora de calentamiento por gas ó electricidad, continúe el hervido por 3 horas. Al final del período de 3 horas de hervido apague el calor y enfríe el espécimen por períodos de 3 horas corriendo agua de chorro fría en el recipiente, ó colocando el espécimen en un contenedor separado de agua.

La temperatura de agua de enfriamiento no deberá exceder de 65 grados F.

7.4.4 REPESADO DE LOS ESPECIMENES MOJADOS.-

Remueva los especímenes enfriados del agua, póngalos en una zaranda para drenaje abierto y deje los drenajes por un minuto.

Remueva el agua superficial remanente secando rápidamente el espécimen con una manta ó un papel absorbente.

Pese el espécimen después de secado.

7.4.5 SENSIBILIDAD DE LA BALANZA.-

Pese los especímenes que pesan menos de un kilo con una exactitud de 0.10% de la masa del espécimen. Pese los especímenes que pesan más de un kilo con una exactitud de un gramo.

7.5 CALCULOS Y REPORTES.-

7.5:1 ESPECIMEN PARA EL METODO A.-

Tome el incremento en masa del espécimen hervido sobre la masa seca como la absorción del espécimen y expréselo como un porcentaje de la masa seca.

Reporte los resultados separadamente para cada espécimen.

7.5.2 ESPECIMEN PARA EL METODO B.-

Tome el incremento en masa del espécimen hervido sobre la masa seca como la absorción del espécimen y expréselo como un porcentaje de la masa seca.

Reporte los resultados como un promedio de los tres núcleos de 1 1/2" tomados de un tubo. La absorción calculada por el procedimiento del método B, deberán ser considerados satisfactorios cuando su valor no exceda del 0.5% de la absorción designada en el procedimiento del método A. Cuando la absorción, calculada con los procedimientos del método B, no cumple con los requerimientos especificados, el fabricante puede usar repueba usando el método A.

7.6 PROCEDIMIENTO PARA LA PRUEBA DE ABSORCION EN 10 MINUTOS DE EMPAPADO.

Los especímenes de prueba para la determinación de la absorción en 10 minutos de empapado pueden ser usados para la prueba de cinco horas en agua hirviendo. Después de secar y pesar como se especifica en 7.4.1 y 7.4.2, sumerja los especímenes en agua limpia durante 10 minutos a la temperatura ambiente. Después remueva los especímenes y péuelos de acuerdo con 7.4.4, calcule el por ciento de absorción y recórtelo de acuerdo con la provisión descrita en la sección 7.5.

7.7. PRECISION Y PARCIALIDAD.-

7.7.1 Precisión con un solo operador:

7.7.1.1 METODO DE PRUEBA A.-

La desviación standard con un solo operador ha sido encontrado de 0.143% por consiguiente los resultados de dos pruebas apropiadamente hecha por el mismo operador sobre el mismo material no deben diferir por más del 0.40%.

7.7.1.2 METODO DE PRUEBA B.-

La desviación standard con un solo operador ha sido encontrado de 0.157% por consiguiente los resultados de dos pruebas aproximadamente por el mismo operador y sobre el mismo material no deben diferir por más del 0.44%.

7.7.1.3 METODO DE EMPAPADO EN 10 MINUTOS.-

La precisión para este método no ha sido determinada pero esta siendo investigada. Una declaración será incluida cuando se obtengan datos apropiados ó analizados.

7.7.2 PRECISION DE MULTI-LABORATORIOS.-

La precisión de los métodos de prueba A y B y la prueba del método de empapado en 10 minutos en varios laboratorios no ha sido determinada pero esta siendo investigada. Se incluirán declaraciones de cada una cuando los datos apropiados hallan sido obtenidos y analizados.

7.7.3 PARCIALIDADES.-

Las parcialidades para los métodos de prueba A y B y 10 minutos de empapado no pueden ser determinadas dado que el verdadero valor de la absorción no es conocido y no puede ser determinado excepto por las aplicaciones de prueba para las cuáles las parcialidades no son conocidas.

8. PRUEBAS HIDROSTATICAS.-

8.1 RESUMEN DEL METODO.-

Una sección de tubería es sujeta a presión hidrostática y observada para filtración en las juntas ó en la superficie de la tubería.

8.2 USO Y SIGNIFICACION.-

El método es una prueba de control de calidad efectuada para establecer el hecho de que los tubos terminados, listos para embarcar cumplen con los requerimientos de filtración establecidos en la especificación para la pared de tubería ó juntas, ó ambas instaladas.

8.3 PROCEDIMIENTO.-

8.3.1 El equipo para hacer la prueba debe ser tal que el espécimen bajo prueba puede ser llenado con agua hasta la exclusión de aire y sujeto a la presión hidrostática requerida sin que haya suficiente filtración en los extremos del tubo sin interferir con la prueba.

8.3.2 No pruebe cuando la temperatura del espécimen, de el aire alrededor del mismo ó el agua dentro del espécimen sea menos de 33 grados F ó un grado C.

8.3.3 Conecte un indicador standarizado de presión al espécimen, si el tubo esta siendo probado en una posición vertical el indicador deberá ser colocado tan cerca como sea posible y que sea práctico arriba de la junta que esta siendo probado. Si el tubo esta siendo probado en una posición horizontal el indicador deberá ser colocado para medir la presión en ó tan cerca como fuera posible sobre el eje horizontal del tubo.

Levante la presión del agua en aproximadamente un minuto al nivel requerido y mantengalo por el tiempo requerido. La presión del agua ó el tiempo para

mantenerla ó ambos pueden ser aumentadas cuando así se especifique.

8.4 PRECISION Y PARCIALIDAD.-

No se puede hacer una declaración justificable ya sea en la precisión ó en las parcialidades en este método de prueba para filtración bajo presión hidrostática dado que el resultado de la prueba meramente establece si hay conformidad con el criterio para el éxito especificado.

9. PRUEBA DE PERMEABILIDAD.-

9.1 RESUMEN DEL METODO.-

Una sección de tubo es mantenido con agua por un tiempo especificado y la superficie externa se prueba para humedad.

9.2 SIGNIFICACION Y USO

El método es una prueba de hecho de que los tubos tienen de permeabilidad establecida.

calidad efectuada para establecer el para embarcar cumplen con los límites de especificación.

9.3 PROCEDIMIENTO

Efectúe las pruebas colocando la tubería con el lado de la espiga hacia abajo en una alfombra suave ó su equivalente, pesada si fuera necesario, y mantengalo lleno de agua hasta el nivel de la base del hueco durante el período de prueba. Haga la inspección inicial aproximadamente 15 minutos después de que la prueba ha comenzado, si la tubería muestra humedad ó manchas de humedad en la superficie externa del tubo en ese momento, continúe las pruebas por un período que no exceda de 24 horas a opción del fabricante. Examine el tubo durante el período prolongado para la existencia de humedad ó manchas de humedad.

9.4 PRECISION Y PARCIALIDAD.-

No se puede hacer declaración justificable ya sea en la precisión ó en la parcialidad de este método de prueba para filtración dado que los resultados meramente, establecen si hay conformidad con el criterio para el éxito especificado.