

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI (AMERICAN
CONCRETE INSTITUTE), EN MEZCLAS DE RELLENOS FLUIDOS DE
RESISTENCIA CONTROLADA (LODOCRETO), VARIANDO
PORCENTAJES Y TIPOS DE CEMENTOS**

PRESENTADO POR:

JOSÉ SALVADOR GRANADOS MEJÍA

ALEXANDER WILFREDO LANDAVERDE GONZÁLEZ

ALEX EDGARDO PINEDA ARÉVALO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE 2003

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rectora:

Dr. Maria Isabel Rodríguez

Secretaria general:

Licda. Lidia Margarita Muñoz Vela.

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Decano:

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

Secretario:

Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Director:

Ing. Luis Rodolfo Nosiglia Durán

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

Trabajo de graduación previo a la opción al Grado de:
INGENIERO CIVIL

Título:

**APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI (AMERICAN
CONCRETE INSTITUTE), EN MEZCLAS DE RELLENOS FLUIDOS DE
RESISTENCIA CONTROLADA (LODOCRETO), VARIANDO
PORCENTAJES Y TIPOS DE CEMENTOS**

Presentado por:

**JOSÉ SALVADOR GRANADOS MEJÍA
ALEXANDER WILFREDO LANDAVERDE GONZÁLEZ
ALEX EDGARDO PINEDA ARÉVALO**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

ING. EDGAR ALFREDO GAVIDIA PAREDES

ING. JOSÉ RANULFO CÁRCAMO Y CÁRCAMO

San Salvador, Diciembre 2003
Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

ING. EDGAR ALFREDO GAVIDIA PAREDES

ING. JOSÉ RANULFO CÁRCAMO Y CÁRCAMO

AGRADECIMIENTOS:

Expresamos nuestros mas sinceros agradecimientos por la ayuda brindada en el desarrollo del presente trabajo de graduación; a la UES y muy en especial a la Facultad De Ingeniería Y Arquitectura; y además queremos dejar plasmado nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas o entidades que de alguna u otra forma contribuyeron a la realización de nuestro trabajo de graduación.

En especial a:

- A nuestro coordinador y asesor, ***Ing. Edgar Alfredo Gavidia Paredes e Ing. José Ranulfo Cárcamo Y Cárcamo*** quienes nos orientaron y brindaron toda la ayuda necesaria durante la realización del presente trabajo de graduación.
- ***Ing. Ignacio francés fadón***, por habernos proporcionado todo el equipo necesario, así como el préstamo de su laboratorio para el ensaye de los especimenes de prueba, sin los cuales el presente trabajo de graduación no se hubiera podido llevar a cavo.
- A todas aquellas personas que siempre estuvieron pendientes de la realización de este trabajo.

GRACIAS.

El grupo.

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo a:

DIOS TODOPODEROSO:

Por darme la sabiduría necesaria para cumplir con éxito este paso trazado en mi vida, y por acompañarme en cada momento de mi vida, confiando que nada es posible si el no lo permite.

A MI PADRE:

JOSÉ SALVADOR GRANADOS, por estar pendiente del desarrollo de mi trabajo de graduación, por brindarme sus consejos, apoyo y guiarme de manera correcta durante mi carrera a lo largo de mi vida.

A MI MADRE:

CARMEN ALICIA MEJIA DE GRANADOS, por estar pendiente de mí a lo largo de mi vida.

A MIS HERMANOS Y HERMANAS:

EDWIN, WIL, GIOVANNI, SANDRA, RAQUEL Y ROSA.

A MIS AMIGOS:

Muy en especial a **ALEXANDER F., VÍCTOR Y TANIA**, por estar pendientes de mi trabajo de graduación y por brindarme momentos de alegría durante el tiempo que los he conocido.

GRACIAS.

SALVADOR.

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo a:

DIOS TODO PODEROSO:

Esta meta alcanzada en mi vida no se hubiera podido realizar sin la ayuda de un ser supremo que siempre me ha acompañado en todo momento de mi existencia, al lado de mis seres queridos a los que siempre ha protegido.

A MI MADRE:

ESMERALDA DE LANDAVERDE. Por darme el regalo más precioso que es la vida, y haberme guiado por el buen camino durante mi existencia, por su inapreciable e incondicional apoyo en todos los momentos de mi vida. Y por haber creído siempre en que llegaría a alcanzar mis metas. Por lo que estoy profundamente agradecido y el logro de todas mis metas siempre se las dedicare.

A MI PADRE:

GODOFREDO LANDAVERDE. Tengo mucho que agradecerle ya que el ha sido y será un ejemplo a seguir en mi vida. Siempre me ha apoyado en todas las decisiones tomadas por mi persona así como su infinita confianza en que lograría realizar mis metas .por lo que esta meta alcanzada por mi persona se la dedico con mucho amor y respeto.

A MI HERMANA:

ESMERALDA LANDAVERDE. Por que en todo momento estuvo a mi lado para brindarme su cariño y apoyo. Ya que nunca dejo de creer que lograría mis metas. Por lo que deseo para ella la misma felicidad y cariño brindada por mis seres queridos, y expresándole mi más sincero agradecimiento. Y deseando que todas sus metas se lleguen a realizar.

A MIS AMIGOS:

Todas aquellas personas que se han encontrado a mi lado compartiendo todos los momentos de mi vida .agradeciendo a los profesores que me sirvieron de ejemplo para seguir adelante con mis estudios. Así como a todos mis amigos que en ningún momento dejaron de creer en mí brindándome todo su apoyo y respeto.

GRACIAS

WILFREDO LANDAVERDE.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

DIOS TODOPODEROSO:

Por iluminar siempre mí camino, darme la sabiduría y confianza necesaria para el logro de mis metas y de estar seguro que; cada paso que doy no sería posible si él no estuviera en mi vida.

A MI MADRE:

MARIA LEONOR ARÉVALO DE PINEDA, por darme la vida, amor y comprensión, estando siempre pendiente de lo que pudiera necesitar, si esta en sus manos poderlo hacer. Por sus consejos y consuelos en los momentos que más lo necesite y creer en mí, que lograría esta meta.

A MI PADRE:

RAFAEL ANTONIO PINEDA, por el apoyo y consejos en los momentos que lo necesito y creer en mí.

A MIS HERMANOS:

ANTONIO Y ROSARIO, por el apoyo que siempre encuentro cuando lo necesito.

A MI ABUELA:

CATALINA HERRERA, por sus consejos y cariño.

A MIS TÍOS:

**DAGO, DOUGLAS, NAPO, ALICIA, GERARDO, LUIS,
JOAQUIN, SALVADOR.**

A MIS AMIGOS:

Por estar con migo en momentos de tristeza y alergia.

GRACIAS.

ALEX

ÍNDICE

Pag.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.

Resumen.....	XVIII
Introducción.....	XXI
Antecedentes.....	4
Planteamiento del problema.....	12
Delimitación.....	14
Objetivos.....	15
Alcances.....	16
Limitaciones.....	17
Justificación.....	18

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

2.1	Definiciones.....	20
2.2	Clasificación del suelo cemento según consistencia.....	25
2.3	Propiedades de los componentes del suelo cemento.....	28
2.4	Propiedades del RFRC.....	34
2.5	Efectos de vibración.....	65

2.6	Factores que afectan las mezclas de suelo cemento.....	65
-----	--	----

CAPITULO III:

ANÁLISIS QUE SE REALIZA A LOS SUELOS QUE SE EMPLEAN EN MEZCLAS DE RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.

3.1.1	Reconocimiento o exploración.....	69
3.1.2	Muestreo.....	70
3.1.3	Preparación.....	72
3.1.4	Clasificación.....	79

CAPITULO VI:

PARÁMETROS DE CONTROL ACI 229R-99 (AMERICAN CONCRET INSTITUTE) EN MEZCLAS DE RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.

4.1	Materiales.....	87
4.2	propiedades.....	89
4.3	Mezclado, transporte y aplicación.....	98
4.4	Control de calidad.....	102

**CAPITULO V:
PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS
ESPECÍMENES REALIZADOS.**

5.1 Pruebas.....	107
5.1.1 Pruebas Realizadas.....	107
5.1.2 Elaboración de la mezcla.....	129
5.1.3 Elementos de Prueba.....	139
5.1.4 Sometimiento de los especimenes a prueba.....	140
5.2 Análisis de los Resultados.....	141
5.2.1 Representatividad de los resultados.....	313
5.3 Análisis económico comparativo entre el suelo cemento tradicional y el suelo cemento semi fluido.	314

**CAPITULO VI:
PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA
ELABORACIÓN, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DEL SUELO
CEMENTO SEMI FLUIDO EN LA OBRA.**

6.1 Elaboración del RF en el campo.....	326
6.2 Propuesta de procedimientos a seguir para transporte del RFRC....	332
6.3 Propuesta del procedimiento a seguir para la colocación del RFRC.	335
6.4 Colocación del RFRC para diferentes condiciones.....	339

CAPITULO VII:**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

7.1	Conclusiones.....	344
7.2	Recomendaciones.....	349
	7.2.1 Glosario técnico.....	351
7.3	Bibliografía.....	357
7.4	Anexos	

ÍNDICE DE TABLAS.

	# Pag.
2.1 Clasificación de una mezcla según su consistencia.....	23
2.2 Características que deben cumplir los cementos Pórtland.....	29
2.3 Características, usos y normas de los tipos de cemento más empleados en la construcción.....	34
2.4 Humedad relativa de los diferentes tipos de suelos.....	55
2.5 Perdida de suelo cemento.....	56
3.1 Tamaño de los tamices según las ASTM.....	75
3.2 Carta de plasticidad de la AASHTO.....	83
3.3 Clasificación de suelos según AASHTO.....	86
4.1 Resistencia del RFRC de acuerdo a su utilización.....	95
4.2 Consistencia y masa unitaria del RFRC.....	105
5.1 Resultados de granulometría del banco # 2.....	113
5.2 Calibración del hidrómetro.....	115
5.3 Propiedades del agua destilada.....	118
5.4 Granulometría de los finos del banco de préstamo 2.....	121
5.5 Resultados de granulometría del banco 2.....	124
5.6 Humedad de banco de préstamo 1.....	131
5.7 Humedad de banco de préstamo 2.....	131
5.8 Resultados de los diseños de mezcla del banco de préstamo 1.....	136
5.9 Resultados de los diseños de mezcla del banco de préstamo 2.....	137

5.10- 5.45 Resultados de los ensayos a compresión.....	148
5.46- 5.81 Resultados de los ensayos a tensión.....	204
5.82- 5.117 Resultados de los ensayos a flexión.....	260
5.118 Grado de representatividad de los resultados.....	316
5.118 – 5.121 Costos unitarios de los elementos en estudio.....	314

ÍNDICE DE GRAFICAS.

	# Pag.
2.1 Influencia de la relación de esbeltez en los especimenes.....	54
3.1 Carta de plasticidad de la SUCS.....	78
3.2 Carta de plasticidad de la ASSHTO.....	83
5.1 Curva granulométrica del banco de préstamo 2.....	114
5.2 Calibración de hidrómetro.....	115
5.3 Peso unitario del agua a diferentes temperaturas.....	119
5.4 G de la parte fina del banco de préstamo 2.....	122
5.5 Curva granulométrica del banco de préstamo 1.....	125
5.6 – 5.14.3 Graficas de los resultados a compresión de los especimenes ensayados.....	189
5.15 – 5.23.1 Graficas de los resultados a tensión de los especimenes ensayados.....	245
5.24 – 5.32.3 Graficas de los resultados a flexión de los especimenes ensayados.....	301

ÍNDICE DE FIGURAS.

	# Pag.
2.1 Equipo empleado para la toma de revenimiento.....	24
2.2 Colocación del RFRC.....	26
2.3 Maquina empleada para la ruptura de cilindros.....	39
2.4 maquina empleada para la ruptura de cilindros.....	40
2.5 Llenado del cono de abrams.....	42
2.6 Levantamiento del cono de revenimiento.....	43
2.7 Toma de revenimiento.....	44
2.8 Moldes empleados para la elaboración de las muestras.....	47
2.9 Proceso de llenado de los moldes testigos.....	47
2.10. Aplicación de golpes para la liberación de aire de los moldes testigos	48
2.11 Varillado de los moldes.....	48
2.12 Enrasado de los cilindros.....	49
2.13 Maquina empleada para la tensión de los cilindros.....	61
2.14 Forma de colocación de los cilindros en la prueba a tensión.....	62
2.15 Falla típica de los cilindros sometidos a tensión.....	62
2.16 Prueba de adherencia en especímenes de suelo cemento.....	63
3.1 Juego de mallas empleado para el análisis granulométrico.....	74
3.2 Equipo empleado para la obtención de los límites de consistencia.....	77
3.3 Agrietamiento en especímenes.....	79
4.1 Excavación del RFRC a resistencias menores que 21kg/cm ²	97

4.2 Mezcladora de una bolsa.....	98
4.3 Camión mezclador empleado para volúmenes grandes de RFRC.....	99
4.4 Bomba empleada para transporte del RFRC.....	100
4.5 Colado de una pila a base de RFRC.....	101
4.6 Colado de base de pavimento con RFRC.....	101
4.7 Transporte y colocación del RFRC.....	103
5.1 Banco de préstamo 1.....	110

Resumen.

Un RFRC es un material cementante, de consistencia fluida que permite su auto compactación, de resistencia menor a 85kg/cm^2 , que se usa primordialmente como material de relleno.

La mayoría de las aplicaciones requiere resistencias a la compresión por debajo de los 20 kg/cm^2 para permitir una posible reexcavación futura del material. Estos materiales han recibido diversos nombres en ingles; flutable fill, Unshrinkable fill, Controlled density fill, etc. En estados unidos el ACI lo reconoce con el nombre de Controlled Low Strength Materials (comité ACI 229), el cual incluye aspectos como aplicaciones, de diseño de mezcla, mezclado, transporte, colocación y control de calidad. También existen diversas normas ASTM que rigen los RFRC; tales como ASTM D-4832, ASTM D-1196, ASTM D-4429.

En el salvador, este material ha sido popularmente conocido como lodocreto, utilizándose hasta la fecha en muchas obras con muy buenos resultados. Es imposible mencionar que este material no debe de ser considerado como un concreto de baja resistencia sino como un material de relleno autonivelante que se usa un reemplazo de los rellenos granulares compactados, tampoco se le debe considerar como un suelo cemento, ya que este material no requiere de compactación y curado.

Uno de los aspectos básicos que ayudan a comprender el comportamiento de un RFRC es que su resistencia a compresión oscila entre 3.5 a 20 kg/cm^2 las cuales en el contexto

de concreto son muy bajas, sin embargo en el contexto de capacidad de carga de un suelo son muy elevadas.

La mezcla convencional de RFRC contiene agua, cemento y arena y grava, cenizas volantes y/o agentes inclusotes de aire. Las proporciones varían según los materiales que se emplean y aplican para la que se va a emplear la mezcla, pudiéndose dar diferentes rangos de resistencias.

Los RFRC tienen muchas propiedades tales como la fluidez, segregación, pequeños cambios de volumen, tiempo de endurecimiento, bombeabilidad, resistencia, densidad, asentamiento, retracción, entre otras.

Es imposible recordar que los RFRC han sido concebidos para no ser vibrados y para que puedan ser consolidados bajo su propio peso, lo cual se realiza con las características de la maza conglomerada de un RFRC, la cual no tiene las mismas del concreto hidráulico convencional, que es menos fluido y sus componentes poseen un mayor peso.

Las principales aplicaciones que presentan los RFRC son para relleno, rellenos estructurales, rellenos aislantes térmicos, bases para pavimentos, soportes de conductos, rellenos de agujeros o cavidades, etc. Este material presenta una serie de ventajas, de las cuales podemos mencionar: ahorro en el uso de maquinarias, tiempo y ,mano de obra,

facilidad de entrega, versatilidad, resistente y durable, puede ser excavado, requiere menos inspección, permite una rápida puesta en marcha del trafico, no se asienta, reduce los costos de excavación, mejora la seguridad del personal, reduce la necesidad de maquinaria, evita los acopios, entre otras ventajas.

INTRODUCCIÓN

El suelo ha sido el primer material de construcción que el hombre comenzó a transformar, sacando provecho de sus bondades y abundancias en el medio, lo ha empleado para la elaboración de simples utensilios para su hogar hasta los templos y ciudades, que en la actualidad todavía se pueden apreciar.

La necesidad de alcanzar mayor durabilidad y resistencia al intemperismo para las primeras construcciones hechas por los primeros usuarios del suelo como material de construcción hizo que éstos se preocuparan por obtener mejores resultados al mezclarlo con otros materiales para fortalecer sus propiedades.

La experimentación en el área de ingeniería ha comprobado que el suelo mejora sus propiedades (resistencia al corte, permeabilidad, capacidad de deformación, etc.) si éste se mezcla con cemento en ciertas proporciones.

En anteriores estudios se ha logrado establecer que el 85% de suelos estabilizados con cemento, modifican sus propiedades convenientemente con un porcentaje del 10% o menos de cemento, también es cierto que más del 50% de los mismos requieren solamente el 3% de cemento para ser estabilizados, por lo que hace necesario estudiar diferentes tipos de suelo y variadas proporciones.

En nuestro país se ha utilizado suelo cemento a base de tierra blanca satisfactoriamente, pero, los porcentajes de cemento en las mezclas se ha mantenido generalmente como una sola “recomendación” para cualquier situación y restringida a un solo tipo de cemento. Esta situación conlleva en algunos casos, a estar sobrados con las resistencias requeridas, lo que resulta en incremento innecesario de los costos en el suelo cemento.

El otro caso que podría darse es aquel en el cual la resistencia obtenida sea menor que la requerida lo que volvería poco funcional un elemento o estructura. Es por esto y basado en otras situaciones, que se pretende conocer las mejoras en los suelos, al combinarlos con cementos.

En esta investigación se han empleado dos tipos de suelo (Arena Limosa y Limo Arenoso) y dos tipos de cemento (Pórtland tipo I y Cemento de albañilería; normas ASTM C 595 y C 91, respectivamente). Se elaboraron especímenes en diferentes proporciones (1:10, 1:20, 1:30), a base de Relleno Fluido de Resistencia Controlada (RFRC) o simplemente Relleno Fluido (RF), estos términos son empleados por la norma ACI 229, los cuales comprenden tres tipos de consistencia; baja, media o semi fluida y alta o fluida. Para la obtención de los especímenes se empleó el RF de fluidez normal (con revenimiento de 6" a 8", obtenido con el cono de Abrams, ASTM C 143).

Los RFRC están compuestos a base de suelo, cemento y agua que al mezclarse adecuadamente resulta ser un material de características parecidas al mortero (mezcla de cemento y arena), por sus características como mezclas han sido aceptados en gran manera en la construcción debido a los excelentes resultados que se han tenido con su aplicación. En la medida en que a un material se le conocen más exhaustivamente sus propiedades se obtiene un grado de mayor confianza en su empleo ya que las incertidumbres estarán más restringidas (controladas), obteniéndose con este material proyectos con las condiciones óptimas, es decir, aquellas en las cuales se equilibra lo técnico con lo económico. Para poder estudiar el comportamiento del cemento como estabilizador de distintos suelos se han seleccionado dos bancos en el territorio nacional,

a los cuales se les realizará algunas pruebas tales como: análisis granulométricos y límites de consistencia (límites de Atterberg), para ser clasificados bajo los dos sistemas más utilizados para la clasificación de suelos (SUCS Y AASHTO). Estos bancos seleccionados se utilizarán para la elaboración de los diseños de mezcla de RFRC que servirán para cumplir con la finalidad de la investigación.

Este documento consta de siete capítulos, los cuales se describen a continuación: En el capítulo I se muestra los lineamientos generales de cómo se desarrolló este trabajo de graduación. En el capítulo II contiene el marco teórico de los aspectos técnicos que servirán de base para la comprensión de esta investigación. Este capítulo contiene definiciones, propiedades y aspectos de mecánica de suelos necesarios para la comprensión e interpretación de los RFRC, objeto de estudio de esta investigación.

El capítulo III muestra la manera de proceder para el análisis de los suelos que se emplean en la elaboración de mezclas de rellenos semi fluidos. En esta parte se presentan las etapas lógicas que se deben seguir para establecer la aceptabilidad o no de un suelo para la producción de RFRC.

En el IV capítulo de este documento se detallan los parámetros de control que el ACI establece (en su designación ACI 229) para la elaboración de las mezclas de RFRC, aplicadas tanto a los materiales utilizados para su fabricación, así también, a las propiedades físicas y mecánicas que el RFRC posee. También se hace mención de la forma de mezclado, transporte y colocación de éste.

En el capítulo V, se presenta el análisis de los resultados obtenidos de los especímenes ensayados; aquí se hace mención de las pruebas realizadas, la manera de cómo se

realizaron, se presenta además el diseño de la mezcla, tabla y graficas de los resultados obtenidos, así como también, se muestra un análisis económico comparativo de la aplicación de la compactación tradicional y la colocación del RFRC.

En el capítulo VI se presenta una propuesta del procedimiento a seguir para la elaboración, transporte, y colocación del RFRC en el campo; aquí se propone un procedimiento opcional para la colocación del RF, los métodos que se pueden emplear para su transporte, forma de colocación, entre otros aspectos, los cuales cumplen con lo establecido por el ACI en su designación ACI 229 en lo referente a los Rellenos Fluidos. Por último, en el capítulo VII, se presentan las conclusiones, recomendaciones, bibliografías y anexos referentes a esta investigación.

ANTECEDENTES.

El suelo ha sido el primer material de construcción que el hombre comenzó a transformar, sacando provecho de sus bondades y abundancias en el medio, lo ha empleado para la elaboración de simples utensilios para su hogar hasta los templos y ciudades, que en la actualidad todavía se pueden apreciar.

La necesidad de alcanzar mayor durabilidad y resistencia al intemperismo para las primeras construcciones hechas por los primeros usuarios del suelo como material de construcción hizo que éstos se preocuparan por obtener mejores resultados al mezclarlo con otros materiales para fortalecer sus propiedades.

La experimentación en el área de ingeniería ha comprobado que el suelo mejora sus propiedades (resistencia al corte, permeabilidad, capacidad de deformación, etc.) si éste se mezcla con cemento en ciertas proporciones.

No hay datos exactos del inicio del empleo de mezclas de suelo con el cemento como tales, pero sin embargo, sí se pueden dar algunos datos de referencia:

-En los EE.UU. la primera información oficial se refiere a una patente registrada en 1917 con el nombre de “SOILAMIES”, para uso en cementeras.

- En 1920 se registro la patente “SOILCRETE”, en la misma área y el mismo país.

-En 1932 es la fecha que demarca oficialmente el inicio del empleo de este material, cuando el departamento de cementeras del estado de California, en la búsqueda de un material que habilitara los caminos para cualquier época del año, pero que al mismo tiempo fuera de bajo costo, empezó a hacer investigaciones con las mezclas de suelo y

cemento bajo la dirección de su jefe el Dr. C. H. Moorefiel, iniciaron pruebas en caminos entre los años de 1933 y 1934 con varios espesores, obteniendo siempre un material endurecido, en el que no se formaban zanjas o se desplazaba en invierno, no se desintegraba ni formaba fangales ni polvaredas, quedando claro que estos dos materiales se podían mezclar.

Debido a que obtuvieron buenos resultados con el uso de este nuevo material, se realizaron estudios teóricos incrementándose su aplicación^{1/}.

Dado que la resistencia del suelo cemento se basa principalmente en dos hechos, la presencia del cemento que sirve como elemento aglutinante químico y en la compactación mecánica del suelo o mezcla; se posibilita el sustituir este ultimo procedimiento por un método vibratorio, que produciendo el mismo efecto que la compactación mecánica, la disminución de vacíos, facilite el trabajo en ciertos elementos; siendo necesario trabajar en mezclas semifluidas o fluidas para que respondan a la vibración^{2/}.

El suelo cemento semi fluido (SCSF) presenta una serie de ventajas en su empleo como material de relleno. Algunas ventajas de su aplicación se presentan a continuación^{3/}

1 - "Estudio de suelo cemento semifluido para la construcción de muros de retención y pilas"; Por Ing. José Javier Cardoza López, Ing. Sergio Alonso Castillo Fabián, y Ing. Rodolfo Antonio Guadrón Figueroa. Trabajo de Graduación UES, 1995.

2 - "Aplicación de suelo cemento a la vivienda mínima"; Por. Ing. Ignacio Francés Fadón e Ing. Jaime Antonio Sánchez. Trabajo de Graduación UES, 1976.

3- Folleto técnico de "asociación colombiana de productos de concreto" (asocreto) ; e-mail: asocreto @ aponway.com.co

- Disponibilidad
 - Empleando materiales disponibles localmente. Los proveedores del concreto pueden producir rellenos fluidos que cumpla con la mayoría de las especificaciones del proyecto.
- Fácil entrega
 - Los mezcladores de camión pueden entregar cantidades específicas en el lugar de trabajo cuando quiera que el material se necesite.
- Fácil de colocar
 - Dependiendo del tipo y colocación del espacio vacío hasta el llenado el SCSF puede ser colocado por medio de rampas, bandas transportadoras, bombas o baldes. Dado que el SCSF es autonivelante necesita no ser esparcido o compactado. Esto aumenta la velocidad de la construcción y reduce los requerimientos de la mano de obra.
- Versatilidad
 - Los diseños de mezclas de Rellenos Fluidos de Resistencia Controlada (RFRC) pueden ser ajustados para cumplir con los requerimientos de rellenos específicos. Las mezclas pueden ser ajustadas para mejorar la fluidez.
- Fuerte y durable
 - Las capacidades portantes del RFRC son mayores que aquellas del suelo compactado o del relleno granular. Además el relleno fluido es menos permeable y por lo tanto más resistente a la erosión. Para uso como relleno estructural

permanente el RFRC puede ser diseñado para alcanzar una resistencia a la compresión de 84 kg/cm^2 a los 28 días.

- Puede ser excavado
 - El RFRC con resistencia de 3.5 kg/cm^2 puede ser fácilmente excavado con equipos convencionales siendo de todas maneras lo suficientemente fuerte para la mayoría de necesidades de relleno.
- Requiere menos inspección
 - Durante la colocación el relleno de suelo puede ser ensayado en cada capa para verificar que la compactación sea suficiente. El relleno fluido se auto compacta y no necesita grandes ensayos de campo.
- Permite rápida puesta en servicio
 - Dado que muchos tipos de RFRC pueden ser colocados rápidamente y soportar cargas de tráfico en pocas horas, el tiempo fuera de servicio para reparación de pavimentos es mínimo.
- No se asienta
 - El RFRC no deja espacios vacíos durante la colocación y no se asienta bajo la acción de cargas. Esto es especialmente significativo si el relleno va a ser cubierto por una capa de pavimento. El suelo o relleno granular si no se consolida apropiadamente puede asentarse después de que la losa de pavimento a sido colocada formando grietas en la guía.
- Reduce costos de excavación

- El RFRC permite zanjas más estrechas puesto que elimina la necesidad de ampliarlas para acomodar el equipo de compactación.

- Mejora la capacidad de los operarios
 - Los trabajadores pueden colocar el RFRC en una zanja sin entrar en ella reduciendo su exposición a posibles derrumbes.

- Permite construcción en todos los climas
 - El RFRC desplaza el agua que se encuentra en la zanja después de lluvia o deshielo reduciendo la necesidad de utilización de bombas para la extracción del agua. Para colocar el RFRC en clima frío se debe calentar el material usando el mismo método de calentamiento para el concreto mezclado.

- Reduce la necesidad de equipo
 - A diferencia del relleno de suelo granular el RFRC puede ser colocado sin necesidad de cargadores, cilindros y compactadores.

- No requiere almacenamiento
 - El almacenamiento del material en el lugar no es necesario dado que los camiones mezcladores proveen el material en la cantidad necesaria, además no hay desperdicios de relleno por votar.

La principal aplicación de los RFRC es como relleno estructural o relleno en lugar de suelo compactado. Puesto que el RFRC no requiere de compactación y que puede ser diseñado para que sea muy fluido, es ideal para ser usado en áreas donde el acceso es restringido o estrecho, donde es difícil de colocar y compactar un relleno. Si se ha

anticipado que en el futuro será necesaria una excavación, la máxima resistencia a compresión a largo plazo no debe exceder de 21 kg/cm^2 .

APLICACIONES DE LOS RFRC

- Rellenos

Los RFRC pueden ser fácilmente colocados en zanjas, huecos u otro tipo de cavidades. Puesto que no requiere compactación, el ancho de la zanja o el tamaño de la excavación puede reducirse cuando las tuberías sean de diámetros menores de 12" y plásticas, las cuales pueden ser ensambladas fuera de las excavaciones.

- Rellenos Estructurales

El RFRC también puede ser empleado como soporte de cimentación. Las resistencias de compresión pueden variar desde 7 hasta 84 kg/cm^2 dependiendo de la magnitud de las cargas a soportar por el RFRC que la obra civil proyectada le transmitirá.

- Bases de Pavimentos

Las mezclas de RFRC pueden ser usadas para bases de pavimentos, subbases y nivelación de subrasantes. Las mezclas pueden ser colocadas directamente del camión mezclador sobre el suelo utilizando las paredes de la excavación existente como confinamiento.

- Relleno de tuberías

El RFRC es un excelente material para rellenos de tuberías de agua, electricidad y otros tipos de conductos. Las características de fluidez del material permiten al relleno fluido llenar los vacíos bajo la tubería y proveer de soporte uniforme.

- Control de la erosión

El RFRC resiste la erosión mejor que otros materiales de relleno. Ensayos comparativos con varios materiales de relleno de arenas y arcillas mostraron que el relleno fluido expuesto a agua a una velocidad de 51.8 cm/s, tiene un mejor desempeño que los otros materiales, tanto en la cantidad de material perdido como de material suspendido.

- Relleno de vacíos

- Túneles y alcantarillas

- En el relleno de túneles y alcantarillas es muy importante usar una mezcla muy fluida.

- Sótanos y estructuras bajo las superficies

- Se pueden rellenar sótanos con rellenos fluidos por medio de bombas o bandas transportadoras a través de una ventana o puerta.

Algunas de las investigaciones que se han realizado sobre el suelo cemento con mezclas semi fluidas se tienen:

“Suelo cemento de cenizas volcánicas; Utilización de suelo cemento en la construcción de viviendas”.

Por ing. Roberto Arango Quezada, Ing. Mauricio Corlin, Ing. Ana Leticia Padilla y Ing. Carlos Solano. Trabajo de Graduación UES, 1972.

“Aplicación de suelo cemento a la vivienda mínima”.

Por. Ing. Ignacio Francés Fadón e Ing. Jaime Antonio Sánchez. Trabajo de Graduación UES, 1976.

“Estudio de suelo cemento semifluido para la construcción de muros de retención y pilas”, Por Ing. José Javier Cardoza López, Ing. Sergio Alonso Castillo Fabián, y Ing. Rodolfo Antonio Guadrón Figueroa en 1995.

“Suelo Cemento Fluido para la estabilización de suelos”, Por Cruz Aníbal Nájera Montoya. Trabajo de Graduación UPES, 1992

El suelo cemento fluido ha recibido diversos nombres en ingles tales como⁴: flawabte fill, unshrinkable fill. controlled density fill. flowable mortar, flowable fly ash, fly ashslurry, plastic soil-cement, soil-cement slurry, K-Krele y otros. En EEUU el ACI (American Concrete Institute) adoptó el nombre de “Controlled low strength materials”, existiendo ya una recomendación por esta institución sobre su uso contemplado en el comité ACI 229, la cual se modifico en el año de 1994.

⁴ Recomendación ACI 229R-94, “ Controlled low strength materials (CLSM)”

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un Relleno Fluido de Resistencia Controlada (RFRC) es un material cementante (que esta hecho a base de cemento) de consistencia fluida que permite su auto compactación, de resistencia inferior a los 85 kg/cm^2 , que se usa primordialmente como material de relleno. La mayoría de las aplicaciones requieren resistencias a compresión por debajo de los 20 kg/cm^2 para permitir la reexcavación futura del material.

El termino RFRC describe una familia de mezclas para una variedad de aplicaciones, siendo este autocompactable. Este material no es un suelo cemento, pues este requiere de compactación y curado en tanto que el RFRC no requiere ni compactación ni curado. Además el suelo cemento compactado excede a menudo el limite máximo de la resistencia establecida de para el RFRC de 85 kg/cm^2 .

Resistencias a compresión de RFRC de entre 3.5 y 20 kg/cm^2 son muy bajas en el contexto del concreto. Sin embargo, en términos de capacidad portante (que es un criterio usual para los suelos), 3.5 a 7.0 kg/cm^2 de resistencia a compresión equivalen a un relleno bien compactado.

Últimamente, es notable el incremento de los RFRC en obras viales y de construcción. Siendo una alternativa que permite llevar a cabo los trabajos en tiempos relativamente más cortos comparados con los requeridos por la compactación tradicional.

Actualmente, tanto consultores como los constructores tienden a uniformizar la resistencia de la mezcla de suelo cemento semifluido a esfuerzos de compresión

superiores a los 20 kg/cm² a los 28 días para todos los casos o aplicaciones, y a utilizar los RFRC como un sustituto del concreto pobre, cuando en realidad estos se han concebido como alternativa a los rellenos granulares compactados. Se vuelve necesario obtener el comportamiento de las mezclas de rellenos fluidos de resistencias controladas en diferentes porcentajes y tipos de cementos, el cual tendrá soporte técnico aplicando los parámetros de control proporcionados por el ACI en su comité 229R y las normas ASTM D 4832 para su ensayo. De esta manera se podrá contar con alternativas en cuanto al proporcionamiento, de tal forma que se adecue al problema particular sin perder de vista el equilibrio entre lo económico y lo técnico del material objeto de estudio.

Con el estudio que realizaremos sobre esta mezcla pretendemos además complementar las investigaciones ya realizadas dado que en ninguna de éstas han incluido el comportamiento de los RFRC variando porcentajes, tipos de suelos y tipos de cemento.

DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Esta investigación se limitará al comportamiento de las mezclas de suelo cemento semifluido empleando dos tipos de suelo y dos tipos de cemento. Los tipos de suelo serán: un Arena limosa (SM) y un Limo arenoso (ML). Para los cuales se empleará un banco de préstamo para cada suelo. Los cementos serán:

- 1-) Portland Tipo I (ASTM C-595)
- 2-) Cemento Cuscatlán Tipo M (ASTM C-91) y

El revenimiento de la mezcla será de tipo normal (6" - 8") según la norma (ASTM C 143).

OBJETIVOS

Objetivo general:

- ✓ Aplicar los parámetros de control del ACI, en mezclas de rellenos fluidos de resistencia controladas (lodocreto) para las resistencias a compresión que más frecuentemente se emplean en la construcción en cuanto a porcentajes y los tipos de cemento.

Objetivos específicos:

- ✓ Aplicar los criterios propuestos por el ACI para el diseño de mezclas fluidas empleando materiales locales (suelos) mezclados con cemento.
- ✓ Estudiar las características que deben de tener el suelo, cemento y agua para la lograr las resistencias establecidas en el lodocreto a partir de los especímenes elaborados y sometidos a prueba en el laboratorio (para los dos tipos de suelo y las dos clases de cemento).
- ✓ Proponer el procedimiento a seguir para la elaboración y colocación del suelo cemento fluido en el campo, tomando en consideración las condiciones prevalecientes y de acuerdo a lo que sugiere el ACI y que se adecue a las condiciones prevalecientes en El Salvador.

ALCANCES

En esta investigación se pretende obtener la resistencia a compresión del suelo cemento semifluido en las resistencias (de 7 a 30 kg/cm²) que se emplean con mayor frecuencia en la construcción, verificando las proporciones volumétricas (1:10; 1:20; 1:30). Se emplearán dos tipos de suelo: “Limo Arenoso” y “Arena Limosa”. Los cementos a emplearse serán de dos clases: Cemento Pórtland CESSA PÓRTLAND TIPO I (ASTM C 595) y Cemento Cuscatlan TIPO M (ASTM C 91). Se aplicarán el resto de parámetros de control que proporciona el ACI 229 para las mezclas de rellenos fluidos de resistencias controladas de acuerdo a las condiciones locales de nuestro país en lo concerniente a suelo, cemento y agua.

LIMITACIONES

- No se emplearán aditivos para esta investigación debido a que en nuestro medio no se hace uso de ellos para la realización de RFRC, así también, su empleo implica tomar en cuenta otras consideraciones en nuestro planteamiento del problema y además un incremento de inversiones (costos).
- La prueba de contenido de orgánicos que se realiza a los suelos (prueba de calcinación) es importante para determinar el contenido de materia orgánica la cual afecta directamente a la resistencia a la compresión del RFRC (a presencias mayores del 3% de materia orgánica la resistencia a la compresión se ve reducida grandemente de tal manera que a un valor del 6% de materia orgánica dicha resistencia se ve reducida en un 100% del valor que poseería sin presencia de orgánico), no se realizara debido a que los bancos de préstamo utilizados para la elaboración de este trabajo de graduación consisten en un corte mayor de 15 mt para el primer banco de préstamo (carretera a comalapa km 34) y un corte mayor de 2 mt para el segundo banco de préstamo (villas de miralvalle II), profundidad a la cual el contenido de materia orgánica no se encuentra presente en el suelo.

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la construcción es común tener que rellenar zanjas, formar bases para cimientos, etc. Antes de entregar una obra lista para su uso, la manera tradicional de hacerlo es rellenarlas con material granular que se coloca en capas, esparciendo cada capa y compactándola a modo de evitar futuros asentamientos. Este procedimiento se emplea con mucha frecuencia, en la vía pública cuando es necesario rellenar zanjas abiertas para el tendido o mantenimiento de tuberías, conductos de cables, desagües, etc.

Esta técnica presenta las siguientes desventajas:

- Es lenta y laboriosa, especialmente cuando los espacios a rellenar son estrechos, poco accesibles o de forma irregular.
- Es de difícil ejecución en espacios limitados o debajo de tuberías y conductos.
- Es difícil de lograr una compactación uniforme y adecuada y su control es problemático.
- Los asentamientos del relleno causan severos problemas, por ejemplo deterioros en los pavimentos, pisos o veredas que se apoyan sobre él.

En muchos casos los volúmenes por cubrir sobrepasan los cientos de metros cúbicos, así también las condiciones climáticas, reducido espacio para trabajar, y el período programado para la ejecución del proyecto, hacen que, tanto el constructor como el consultor se vean obligados a contar con procesos que le permitan resolver estas problemáticas sin perder de vista la funcionabilidad; los RFRC se han convertido en una de las alternativas de solución más viables que satisfacen las

expectativas de ambas partes (constructor y consultor) ya que el tiempo empleado para su colocación es más corto y fácil en comparación con la compactación tradicional. Por la aceptación que ha tenido este material y su empleo frecuente, surge la necesidad de tener parámetros que garanticen su eficaz aplicación bajo el respaldo de criterios de una reconocida institución internacional (ACI); para cada tipo de mezclas propuestas con el propósito de satisfacer y garantizar los mejores resultados (económicos y técnicos) en cada situación particular que se pretenda resolver. De tal manera que los resultados que se obtengan de éste trabajo de graduación sirvan de base y puedan ser aplicados en el campo.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Definiciones

2.1.1 Relleno Fluido de resistencia controlada o Relleno Fluido.

Es un material con características que corresponden a un suelo mejorado y que tiene propiedades tales como alta fluidez y baja resistencia controlada. Sus componentes son cemento Pórtland o cementos adicionados, agregado fino, agua, aditivos y/o adiciones, y es dosificado y mezclado previamente, para ser entregado en estado fresco y listo para colocar en la obra. Se utiliza primordialmente como material de relleno ya que alcanza resistencias hasta 85kg/cm^2 .

2.1.2 Suelo.

Se define, en ingeniería, como cualquier material compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos productos de la desintegración mecánica o descomposición química de rocas pre existentes, éstas pueden acumularse en lugar de origen o ser transportados a otros sitios^{1/}.

Los suelos se originan por la desintegración y/o alteración física y/o química de la roca madre, (sean éstas ígneas, sedimentarias o metamórficas), que por el intemperismo cambian su composición química y mineralógica, así como sus propiedades físicas o mecánicas, en el tiempo.

¹ Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones de Sowers B George y Sowers F. George, Editorial Limusa, 1990

Entre los agentes físicos que provocan cambios en las rocas figuran la temperatura, el viento, el agua y los glaciales.

Algunos agentes químicos principales que podemos mencionar como causantes de cambio en la roca son la oxidación, la carbonatación y la hidratación.

2.1.3 Estabilización de suelos.

Es el mejoramiento de la resistencia mecánica y la durabilidad de los suelos, o sea la capacidad para soportar la exposición a elementos climáticos y externos.

La estabilización de suelos se logra con diferentes métodos, tales como:

- a) Mecánicos: (compactación, vibración, etc.)
- b) Granulométricos: (adición de material fino o grueso)
- c) Químico: (adición de sales, cemento, etc.)
- d) Mixtos: (combinación de dos métodos o más)

La selección del método más adecuado, dependerá de un sin número de factores, particularmente del tipo de suelo, grado de estabilización requerido, clima, del equipo disponible y de factores no menos importantes como la tradición y prejuicios.

2.1.4 Suelo cemento

El suelo cemento se define como el resultado de combinar en proporciones volumétricas o en pesos el suelo con el cemento y el agua bajo condiciones determinadas, con el fin de mejorar las propiedades mecánicas del suelo.

De forma diferente a la que sucede en el concreto, en donde los granos de cemento rodean a las partículas de los agregados, en el suelo cemento las partículas de suelo son las que rodean a los granos de cemento. Al hidratarse el cemento se observa un efecto de

coagulación del suelo que produce un aumento de la fricción interna, disminución en la cohesión y plasticidad del suelo, hasta que finalmente la mezcla se vuelve una masa sólida.

Por medio de estudios petrográficos se ha demostrado que la estructura interna del suelo cemento endurecido, está formada por “cadenas rígido-plásticas” originadas por la cristalización del cemento. Por esto, muchos tecnólogos opinan que el suelo-cemento debe ser considerado como otro material que posee propiedades específicas y que puede ser utilizado para diferentes usos en el campo de la ingeniería civil.

2.1.5 Curado

Es modificar, mediante riego, inmersión, recubrimientos por superficies húmedas y/o aditivos las condiciones del ambiente que rodea la pieza, o bien, aislarla del exterior mediante recubrimientos que impidan la emisión del agua libre necesaria, para que los Rellenos Fluidos alcancen la resistencia deseada, mediante la cual se garantice el proceso de fraguado.

2.1.6 Trabajabilidad

Es la facilidad con que se puede movilizar la masa de suelo cemento fresco y depende de la cantidad de agua presente en la mezcla.

Una mezcla trabajable es la que se esparce fácilmente en la unidad donde se esta aplicando y se coloca de una manera sencilla. La trabajabilidad es también una medida de la consistencia, depende de un número de propiedades interrelacionadas e interdependientes; las propiedades interrelacionadas que se considera tienen una gran

influencia en una buena trabajabilidad son: consistencia, retención de agua, tiempo de colocación, peso, adhesión y permeabilidad.

2.1.7 Consistencia

Es la menor o mayor facilidad que presenta un compuesto de ser mezclado, transportado y colocado. Es otra de las consideraciones a tener en cuenta para clasificar una mezcla, la cual puede variar desde fluida hasta plástica (ver tabla # 2.1)

Consistencia	Utilización
Plástica	Colocación en pendientes
Fluida	Autonivelante

Tabla # 2.1 Clasificación de una mezcla según la consistencia

Estos tipos de consistencia se deben manejar cuando se necesite que el relleno sea auto nivelante o cuando se necesita colocar en pendientes como las bases para pavimentos

2.1.8 Revenimiento

Es una medida de la trabajabilidad de una mezcla, obtenido con el cono de revenimiento (cono de Abrams, ver fig. 2.1). Éste es el método más utilizado para medir la trabajabilidad, consistencia y plasticidad de una mezcla.

El procedimiento de esta prueba se realiza bajo la norma ASTM C-143. En el capítulo IV se describe detalladamente el procedimiento a seguir en esta prueba.

La norma ACI 229 clasifica de acuerdo a la fluidez de los Rellenos Fluidos (RF), obtenida mediante el ensayo con el cono de Abrams tres tipos de relleno; de baja fluidez (menor de 6 pulg.), de fluidez normal o semi fluido (de 6 pulg. a 8 pulg.) y de alta

fluidez (mayor de 8 pulg.). En el contexto de esta norma, el término Relleno Fluido de Resistencia Controlada (RFRC) o simplemente RF, comprende todos los tipos de consistencia (los tres anteriormente mencionados) y los parámetros establecidos en ésta norma, son aplicables a ellos.



Fig. 2.1, Equipo para toma de revenimiento (Cono de Abrams)

2.1.9 Fraguado.

Se define al tiempo de fraguado como el período entre el estado plástico y el endurecido de una mezcla, en el que no tiene todavía suficiente resistencia como para soportar el peso de una persona. Depende de la cantidad de agua y de la velocidad de exudación. Si

el agua desaparece, las partículas sólidas se reacomodan y se ponen en contacto íntimo, brindando rigidez a la mezcla.

Los factores que afectan el tiempo de fraguado son los correspondientes a un producto cementante, los cuales podemos mencionar:

- El contenido de humedad de la mezcla.
- Temperatura.
- El tipo y la cantidad de los materiales cementante.
- La permeabilidad y el grado de saturación del suelo circundante.

2.2 Clasificación del suelo cemento según consistencia.

El suelo cemento en su estado fresco de acuerdo a las condiciones físicas que posee, puede clasificarse de la siguiente manera:

- a) Suelo cemento rígido
- b) Suelo cemento semi fluido
- c) Suelo cemento fluido

Estos tipos de suelo cemento difieren unos de los otros por la cantidad de agua presente en la mezcla ya que al aumentarla, se incrementa la trabajabilidad, lo que provoca la ventaja de requerir menor energía mecánica de compactación, pero si se mantiene constante la cantidad de cemento se provoca una disminución en la resistencia por lo que para mantener constante la resistencia, es necesario incrementar el cemento según aumente la trabajabilidad. Las normas ACI, al referirse a los rellenos fluidos, incluye tanto los que tienen un revenimiento menor de 6 in como los que poseen un

revenimiento arriba de éste; sin embargo, en el desarrollo de este trabajo de graduación se tratará únicamente de los rellenos semi fluidos, es decir, el RFRC cuyo revenimiento se encuentra entre el intervalo de 6 a 8 pulgadas.

2.2.1 Suelo cemento rígido

Es una mezcla semi-seca ya que sólo requiere de una cantidad de agua necesaria para mantenerla compacta mediante equipos convencionales, que se utilizan en la compactación de suelos, tales como rodillo liso, rodillo pata de cabra, apisonadoras de impacto (bailarinas), etc. Sus usos principales son: la construcción de carreteras, como bases para fundaciones, pistas para aeropuerto, etc.



Fig. 2.2 Colocación de Relleno Semi Fluido

2.2.2 Suelo cemento semi fluido

Es una mezcla homogénea compuesta por suelo y cemento, variando de la anterior por contener una cantidad de agua mayor la cuál la hace más fluida (ver fig. 2.2), hasta

formar una mezcla cuya trabajabilidad sea tal que con el efecto del vibrado facilita el reacomodo de ésta, eliminando los vacíos que se formen en las mezclas para el uso que se le pretenda dar.

2.2.3 Suelo cemento fluido

Es una mezcla cuya trabajabilidad se obtiene mediante el incremento del agua, hasta el punto que no se requiere de mayor acción externa para acomodarse en el lugar que se necesite ya que no requiere de vibrado de acuerdo a lo establecido en la norma ACI 229, para que tome la forma requerida hasta endurecer y alcanzar la resistencia deseada.

Algunos de los procedimientos de ensayos para poder determinar la consistencia en mezclas fluidas y semi fluidas son:

- “Flujo de grout para concreto con agregado de pre-colados” ASTM C 939.

Se recomienda un tiempo de flujo de 30 ± 5 seg. Este procedimiento no se recomienda para mezclas de relleno fluido que contenga agregados mayores a 6mm. (1/4 pulg.)

- Flujo modificado.

Este procedimiento consiste en colocar un cilindro vertical de extremos abiertos de 3 pulg de diámetro por 6 pulg de alto sobre una superficie nivelada para luego llenarlo por el extremo superior con el relleno fluido. Luego se levanta el cilindro para dejar que el material fluya sobre la superficie nivelada. Un buen flujo se logra cuando no se observa segregación y el material esparcido tiene por lo menos 20 cm (4 pulg.) de diámetro.

- Cuerpo de ingenieros CRD-C611 “Método de ensayo para el flujo de grout”

Se recomienda un tiempo de flujo para el mortero de aproximadamente de 12 seg. La medida de flujo se hace con material que pasa el tamiz de 6.33 mm.

- “Asentamiento de concreto de cemento Pórtland” ASTM C 143.

El rango de asentamiento recomendado para mezclas plásticas es de 15 y 20 cm. (6 y 8 pulgadas respectivamente).

El procedimiento establecido por ésta norma se describe en el numeral 2.4.1.2

2.3 Propiedades de los componentes del suelo cemento

2.3.1 Suelo como material de mezcla.

Es uno de los tres materiales básicos que forman el suelo cemento, comprende aproximadamente entre el 75% y 95% en peso de la mezcla seca. Casi todos los suelos se pueden estabilizar y no es necesario que sean bien graduados, porque la estabilización del suelo no depende de la fricción interna ni de la cohesión, sino de la hidratación del cemento, pero por lo general mientras más finos y plásticos son los suelos, requieren mayor cantidad de cemento para endurecer satisfactoriamente.^{6/}

2.3.2 Cemento como material de mezcla.

Es el material básico de la estabilización del suelo, comprende un promedio de 5 al 25% en peso de la mezcla seca. La selección del tipo de cemento y el porcentaje a emplearse en la mezcla dependerá de las condiciones particulares de cada proyecto (principalmente la resistencia requerida) y de la economía.

⁶ Joaquín Humberto Montenegro Aragón, “Suelo Cemento Fluido para la Estabilización de suelos” Trabajo de Graduación UPES, 1992

En la tabla # 2.2 se presenta las características que deben cumplir los cementos Pórtland.

Requisitos físicos de los cementos Pórtland	ASTM A-150	ASTM A-595
Finura (superficie específica)		
Método del turbidímetro		
Valor promedio mínimo (cm ² /gr)	1600	1600
Valor mínimo por muestra (cm ² /gr)	1500	1500
Método permeabilidad al aire (blaine)		
Valor promedio mínimo (cm ² /gr)	2800	2800
Valor mínimo por la muestra (cm ² /gr)	2600	2600
Sanidad (prueba en autoclave)		
Expansión mínima en porcentaje	0.80	0.50
Tiempo de fraguado		
Método de Gilmore		
Fraguado inicial no menos de (min)	60	60
Fraguado final no menos de (horas)	10	10
Método de vicat		
Fraguado no menos de (min)	45	45
Resistencia a la compresión		
(cubos de mortero, con arena de Ottawa, Proporción 1:2.75 en peso)		
Valor mínimo a los tres días (kg/cm ²)	125	125
Valor mínimo a los 7 días (kg/cm ²)	200	200
Valor mínimo a los 28 días (kg/cm ²)	280	250
Resistencia a la tensión		
(especímenes de mortero, con arena de ottawa, Proporción 1:3 en peso)		
Valor mínimo a los 3 días (kg/cm ²)	11	
Valor mínimo a los 7 días (kg/cm ²)	20	
Valor mínimo a los 28 días (kg/cm ²)	25	

Tabla # 2.2 Características que deben cumplir los cementos Pórtland.

El cemento Pórtland está definido por la norma ASTM C-150- 89, como el producto de silicatos de calcio hidráulico. La composición de las materias primas principales son: Materiales calcáreos y materiales arcillosos, de los cuales se derivan los principales constituyentes que son: cal, sílice y alúmina, además con pequeñas cantidades de oxido de hierro, magnesia, trióxido de sulfuro, álcalis y bióxido de carbono.

Los elementos cal, sílice, alúmina y hierro se combinan para formar el siguiente compuesto: silicato tricálcico; cuyas propiedades influyen en las características más importantes del cemento, las cuales son: Tiempo de fraguado y resistencia.

Tipos de cementos Pórtland.

Se fabrican diferentes tipos de cemento para determinar propiedades físicas y químicas para casos especiales.

La norma ASTM C-150 describe ocho tipos de cemento Pórtland:

- **Tipo I:** para uso general en las construcciones que no especifiquen propiedades especiales.
- **Tipo II:** resistencia al ataque moderado de los sulfatos
- **Tipo III:** obtiene una alta resistencia a la edad temprana
- **Tipo IV:** es un cemento de bajo calor de hidratación y se debe usar donde el grado y la cantidad de calor generado debe reducirse al mínimo.
- **Tipo V:** resiste el efecto externo de los sulfatos
- Los Tipos I A, II A y III A: corresponden en composición a los tipos I, II, y III respectivamente; contienen cantidades de inclusores de aire mezclados con lala escoria durante su manufactura ^{7/}. En el cuadro # 2.3 se presenta una descripción

⁷ Materiales y métodos constructivos para la vivienda marginal y rural (parte III). Gustavo Alejandro Calderón, 1988 tesis UES

de las características de los cementos que se fabrican en nuestro país, así como también se muestran sus aplicaciones, entre otras características.

2.3.3 Agua como material de mezcla.

Es el tercer material básico del suelo cemento, comprende del 10% al 20% por peso de la mezcla seca (para suelo cemento compactado), y en cantidades suficientes para obtener la trabajabilidad deseada en mezcla de RFRC.

Cualquier agua libre de cantidades perjudiciales de álcalis, ácidos o materia orgánica se puede emplear; en general el agua potable es adecuada para el suelo cemento. Se puede emplear agua salada siempre que se demuestre que no contiene las sustancias nocivas anteriores.

Por sus efectos sobre el suelo cemento, la calidad del agua interesa bajo dos aspectos diferentes:

- a) Como agua de mezclado a la hora de elaborar el suelo cemento fresco.
- b) Como agua de contacto con el suelo cemento endurecido, ya sea como agua de curado o como elemento que forma parte del medio que lo rodea.

Como agua de mezclado, sus impurezas pueden tener efectos principales sobre el tiempo de fraguado y resistencia del cemento.

Al ser aplicada como agua de curado, sus posibles efectos son más bien de apariencia por contener sales que manchen o produzcan eflorescencia sobre la superficie del suelo cemento.

Finalmente como agua que forma parte del medio que rodea al suelo cemento; cuando contiene sustancias agresivas, sus efectos son más decisivos, pudiendo llegar a extremos en que se produzcan la destrucción del suelo cemento si no se toman las precauciones debidas.

Con frecuencia se menciona que el agua que es buena para ser bebida (agua potable), es útil para elaborar el suelo cemento pero esto no siempre es valido. Algunas aguas con pequeñas cantidades de azúcar o con cierto sabor pueden ingerirse pero no sirven para el suelo cemento, y de la misma forma hay algunas que sin ser potables pueden ser utilizadas para mezclas de suelo cemento según la cantidad y calidad de las impurezas que contenga.^{8/}

La resistencia mecánica del suelo cemento además de depender de la granulometría del material, de la dosificación de la mezcla, de la compactación y del curado también depende de la cantidad de agua en la mezcla.

El agua junto con el cemento reacciona para generar propiedades mecánicas apropiadas; sin embargo utiliza una cantidad determinada para hidratarse (aprox. $\frac{A}{C} = 0.23$) y toda la que excede se evapora posteriormente, produciendo vacíos que disminuyen la resistencia.^{9/}

2.3.4 Aditivos como material opcional de mezcla.

⁸ Manual del concreto. Jorge Alberto Aguilar, Parte I, México 1960, pag # 12

⁹ Estudio del Suelo Cemento Semi Fluido Para la Construcción de Muros de Retención y Pilas. José Javier Cardoza López, 1995 tesis UES

Es un material que aparte del cemento, el agregado, y el agua son incluidos antes o durante el mezclado. Estos se emplean con el objeto de mejorar y/o modificar algunas de las propiedades de la mezcla en la forma deseada.

Estos materiales no son básicos en la fabricación del suelo cemento, al igual que el concreto se recomienda que antes del uso de cualquier aditivo se compruebe que la mejora que se persigue no afecte las propiedades primarias del suelo cemento (resistencia y durabilidad).

Aditivos que permitan la inclusión de aire pueden ser constituyentes valiosos en la construcción de Rellenos Fluidos.

El aire genera vacíos y mejora la fluidez, desempeño y economía. También puede ser utilizado para aumentar las características de aislamiento y reducir la densidad.

De igual manera se puede utilizar como medio para limitar la resistencia máxima del RF.

Aditivos reductores de agua se han utilizado en las mezclas de RF con bajo contenido de finos. El objeto es reducir el contenido de agua y acelerar el fraguado a la vez que disminuye el asentamiento

Se debe tener mucho cuidado cuando los contenidos de aire excedan el 6% ya que se puede incrementar la segregación. Sin embargo cuando la mezcla esta diseñada con suficientes finos que promuevan la cohesión^{10/}, se pueden obtener contenidos de aire del 15 al 20% sin riesgos de segregación.

¹⁰ Rellenos Fluidos de Resistencia Controlada, Robert J. Torrent.

La norma ASTM C 1017 es la que rige la especificación para los aditivos químicos utilizados en la producción de RF.

Aunque los aditivos químicos se han utilizado normalmente en las mezclas de RF, se deben efectuar ensayos preliminares para determinar su aceptabilidad.^{11/}

El uso de los aditivos no se ha tomado en cuenta en el desarrollo de este trabajo de graduación debido a que su empleo involucra otras variables que no están contempladas en los objetivos de esta investigación.

2.4 Propiedades del RFRC.

El suelo cemento semi fluido posee propiedades mecánicas, las cuales permiten que sea utilizado en diferentes maneras, como la elaboración de bloques, bases de carreteras, en cimentaciones, soportes de ductos, rellenos de huecos, relleno de muros de contención, rellenos de tanques subterráneos, etc.

¹¹ Ministerio de Obras Publicas, unidad de de investigación y desarrollo vial ,WWW. MOP.GOB.SV

PRODUCTO	CARACTERISTICAS	USOS	NORMA
Cemento Portland tipo Ip	Cemento hidráulico puzolanico, el cual posee la misma composición del cemento tipo I pero con la adición de puzolana en proporciones específicas en la molienda final, la cual tiene que cumplir con los requisitos de capacidad de reaccionar químicamente con el Clinker alcanza resistencias mayores a los 4000 Psi a los 28 días	Recomendado para cualquier tipo de uso en las construcciones en general.	ASTM C-595
Cemento Cuscatlan tipo M	Se fabrica de la misma manera que el cemento tipo I, con la diferencia de que en la molienda final se añade caliza y una resina plastificante incluso de aire, con el fin de producir mezclas más trabajables . La resistencia a la compresión es superior a los 3000 psi a los 28 días, sin embargo no es recomendable para la fabricación de concretos estructurales.	Ideal para ser usado en el pegamento de bloques, ladrillos, tubería de concreto, fundaciones de piedra, elaboración de aceras, cunetas y cordones, repello y texturizados, mezclas de suelo cemento y otros trabajos que requieran de menores resistencia a la compresión.	ASTM C 91
Maya Supercemento tipo GU	Cemento hidráulico de uso general, el cuál posee la misma composición del cemento tipo I, pero con la adición de puzolana en proporciones específicas en la molienda final. La puzolana es una ceniza volcánica proveniente de bancos naturales. desarrolla resistencia mayores a los 4000 Psi a los 28 días, por lo que es recomendado para cualquier tipo de uso en las construcciones en general.	Debido a sus características de desempeño, este cemento puede ser usado en la construcción en general, sobre todo en aquellas que no requieran de altas resistencias a edades tempranas.	ASTM C 1157

Cuadro # 3. Características, usos y normas de los tipos de cemento más empleados en la construcción.

PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS	USOS	NORMA
Cemento Pórtland Cessa 5000 tipo I	Cemento hidráulico sin adiciones ,compuesto únicamente de clinker y un pequeño porcentaje de yeso en la molienda final. Desarrolla resistencia a los 28 días arriba de 5000 psi ,lo que lo hace ideal cuando se requiere de estructuras con altas resistencias que serán sometidas a grandes cargas.	Usado por los fabricantes industriales de concreto premezclado y productos prefabricados de concreto. Pueden ser utilizados en construcción de grandes obras tales como :puentes, pasos a desnivel, edificios ,elementos de concreto pre y potenzado	ASTM C 150
Cessablock	Cemento hidráulico que posee la misma composición del cemento tipo I ,pero con la adición de puzolana en proporciones específicas en la molienda final. Las características de fineza de este producto hacen que obtenga altas resistencias a edades tempranas. Alcanza resistencias mayores a los 4000 psi a los 28 días , por lo que es recomendable para la fabricación de prefabricados.	Recomendado para la fabricación de productos de concreto como pilas, bloques, ladrillos, tubos, adoquines, celosías ,etc. Puede ser utilizado en la construcción de obras de concreto en donde se requiera el retiro de moldes a tempranas edades, como el caso de viviendas de concreto reforzado .	ASTM C 1157
Cessapav tipo HE	Cemento hidráulico que posee la misma composición del tipo I, pero con la adición de puzolana y filler en proporciones específicas en la molienda final. Alcanza resistencias mayores a los 4200 psi a los 28 días, por lo que es recomendado para la fabricación de concretos estructurales para pavimentos.	Utilizado para la construcción de pavimentos de concreto, estabilización de suelos y bases granulares.	ASTM C 1157 H

PRODUCTO	CARACTERISTICAS	USOS	NORMA
Cemento blanco tipo I	Cemento hidráulico sin adiciones, se fabrica con clinker y yeso pero que difiere del cemento gris en cuanto a su color. Fabricado con materias primas que contienen cantidades insignificantes de óxidos de hierro y de manganeso. (sustancias que dan el color gris al cemento). Desarrolla resistencias mayores a los 4200 psi a los 28 días.	Recomendado en cualquier tipo de obra arquitectónica donde se requiera mezclas de mortero o de concreto con dicho color. Ideal para la elaboración de pre-fabricados tales como: ladrillos de piso, columnas, bancas, fuentes, macetas, etc. puede ser utilizado para fabricar concreto estructural en donde el color blanco es deseado.	ASTM C 150

De estas propiedades se estudian aquellas que tienen mayor incidencia en la construcción, tal es caso de la resistencia a la compresión, resistencia a la tensión, cortante, resistencia al desgaste o durabilidad, además de la adherencia y la absorción; que son las que garantizan prácticamente la resistencia y durabilidad del material.

2.4.1 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es la propiedad que debe tener un suelo cemento endurecido para soportar los esfuerzos derivados de las diferentes condiciones de carga a las que puede estar sometido; ésta se deduce en razón de la magnitud del esfuerzo que produce la falla de la probeta sometida a un ensayo de compresión (ver fig. # 2.3 y # 2.4). La resistencia a la compresión, permite que el suelo cemento sea utilizado para resistir carga, siendo esta la principal característica que se analiza para su empleo en diferentes aplicaciones.

La resistencia del RF puede ser medido por varios métodos. Los más comunes son los ensayos de resistencia a compresión no confinada; sin embargo otros métodos tales como el penetrómetro o los ensayos de plato de carga se pueden utilizar.

A continuación se numeran algunos métodos de ensayo de la ASTM:

- ASTM D 4832 “Preparación y ensayo de cilindros de lechada de suelo cemento”.

Este ensayo es usado para preparar cilindros y determinar la resistencia a la compresión de Rellenos Fluidos endurecidos.

- ASTM D 1196 “Ensayo no repetitivo de carga sobre plato estático de suelo y componentes de pavimentos flexibles para uso en la evaluación y diseño de pavimento para aeropuertos y autopistas”.

Este ensayo es usado para determinar el módulo de reacción de los estratos del terreno.

- ASTM D 4429 “Relación de soportes de suelos colocados”

Este ensayo se utiliza para determinar la resistencia relativa del RF colocado



*Fig. 2.3 Máquina empleada para ruptura de cilindros probados a compresión.
(En laboratorio CPK)*

2.4.1.1 Obtención de muestras de suelo cemento semi fluido fresco

Los procedimientos descritos a continuación tienen por objeto indicar la forma de cómo deben tomarse las muestras de SUELO CEMENTO SEMI FLUIDO, destinadas al ensayo de revenimiento y a la elaboración de cilindros para ser sometidos posteriormente al ensayo de resistencia a la compresión (f_c').



*Fig. 2.4 Máquina empleada para ruptura de cilindros probados a compresión.
(En laboratorio FC)*

La norma ASTM D-4832 establece que como mínimo se debe de tomar 3 muestras para un colado determinado. Cada muestra se debe tomar de diferentes revolturas (entendiéndose por revoltura cada cantidad de RF que se tiene por ejemplo en una mezcladora de una bolsa, un trompo o camión mezclador, etc.) inicialmente se hace la toma de revenimiento y luego se elaboran los especímenes del mismo material de donde fue obtenido el revenimiento. A los especímenes tomados se les coloca una numeración correlativa que los identifique, fecha, ubicación de colocación de RF, entre otros aspectos de interés. Posteriormente se envían al laboratorio para la realización de sus respectivos ensayos (tensión, compresión, flexión, etc).

2.4.1.2 Revenimiento (ASTM C – 143)

El método que se describe a continuación para medir el asentamiento o revenimiento de las mezclas de SUELO CEMENTO SEMI FLUIDO, es el mismo que se aplica directamente a mezclas (de concreto) con agregado grueso de no mayor de 5 cm. (2") de tamaño. Cuando las mezclas contienen partículas de tamaño mayor que la indicada (2") estas deben ser retiradas manualmente antes de proceder al ensayo.

El molde debe tener forma de un cono truncado con las siguientes dimensiones:

- Diámetro en la base mayor igual a 20 ± 0.2 cm.
- Diámetro en la base menor igual a 10 ± 0.2 cm.
- Altura igual a 30 ± 0.2 cm.

Debe ser fabricada de lámina galvanizada calibre 18 y sin protuberancias o remaches en el interior.

La varilla para compactar debe ser de acero, lisa de 5/8" de diámetro y de 60 cm de largo; el extremo compactador debe tener forma semi esférica; en ningún caso se usará acero corrugado.

Procedimiento:

- 1) Se humedece el interior del cono y la base sobre la cual se va a realizar el ensayo, y ésta debe ser: firme, plana, no absorbente, deberá estar nivelada y de por lo menos 30 x 60 cm.
- 2) Se sujeta el molde firmemente con los pies, luego se llena aproximadamente un tercio del volumen del cono, se golpea 25 veces con la varilla compactadora, evitando que ésta toque la base sobre la cual se realiza el ensayo, el primer tercio

del volumen correspondiente a una altura sobre la base de 6.5 cm aproximadamente. (ver fig. 2.5)



Fig. 2.5 Llenado del cono de Abrams

Se coloca la segunda capa, de un tercio aproximadamente del volumen, y se golpea 25 veces, teniendo el cuidado de que la varilla penetre ligeramente en la capa anterior. (El

segundo tercio del volumen corresponde a una altura sobre la base de 15.5 cm.

Aproximadamente). Se llena el molde, colocando un poco más de SUELO CEMENTO SEMI FLUIDO necesario, y se golpea 25 veces penetrando ligeramente la capa anterior.

Si durante la compactación de la última capa de mezcla, ésta baja, se debe agregar un poco más, para que siempre halle mezcla sobre el molde.

- 3) Se elimina el exceso de mezcla usando una cuchara de albañil y se retira la mezcla que se halla depositada al pie del molde.

- 4) Se levanta el molde verticalmente en un tiempo de 5 a 10 segundos, sin imprimirle movimiento lateral o de torsión. (ver fig. 2.6)



Fig. 2.6 Levantamiento del cono de revenimiento

- 5) Se coloca el molde a un lado de la mezcla displayada y se mide la distancia vertical entre la varilla colocada sobre el molde y la cara superior de la muestra, esta altura dada en centímetros o pulgadas, es lo que se denomina “revenimiento”. (ver fig. 2.7)
- 6) Si ocurre un derrumbamiento pronunciado o desprendimiento del RF hacia un lado de la muestra, el ensayo debe repetirse desechando la porción de mezcla del ensayo anterior.

- 7) El ensayo de revenimiento debe comenzarse a más tardar 5 minutos después de tomada la muestra.



Fig. 2.7 Toma de revenimiento

La porción usada para medir el revenimiento, no debe ser usado para la elaboración de cilindros

2.4.1.3 Elaboración de especímenes (ASTM C-31)

El método para fabricar cilindros de suelo cemento semi fluido descrito a continuación, es el mismo que se aplica en mezclas (de concreto) con agregado grueso no mayor de 5 cm. Cuando la mezcla contenga partículas de tamaño mayor que la dimensión indicada, deben ser retiradas antes de proceder al ensayo.

El equipo requerido es el siguiente:

MOLDES: Los cilindros usados para la prueba de compresión, a las muestras de suelo cemento semi fluido pueden ser de varios tamaños:

- a) Tamaño estándar: deben ser cilíndricos, con un diámetro de 15 ± 0.2 cm. y con una altura de 30 ± 0.2 cm (ver fig. 2.8).
- b) Tamaños menores: siempre y cuando se conserve una relación de altura/diámetro = 2 (relación de esbeltez).
- c) También se pueden usar moldes cúbicos como los usados para las pruebas a los cementos hidráulicos y a los morteros usados en mampostería.

El procedimiento a seguir para la elaboración de los especímenes es el siguiente:

- 1) Al molde y su base se le debe colocar una capa delgada de aceite o desmoldante antes de usarlo; esto es para facilitar el desmoldado.
- 2) Se coloca el molde sobre una superficie firme y nivelada.
- 3) Si se trata de cilindros estándar se llena el molde en tres capas iguales, compactando cada una 25 veces con la varilla (ver fig. 2.9); (Si los cilindros son de tamaño menor se permite llenar en dos capas y compactarla con una varilla de 3/8") en la primera capa la varilla no debe tocar la base del cilindro. Al compactar la segunda y tercera capa, la varilla debe penetrar ligeramente la capa anterior. Si después de dar los golpes requeridos la superficie presenta huecos, éstos deben cerrarse golpeando suavemente con la varilla las paredes del molde; esto también se puede hacer con un martillo de hule (ver fig. 2.10)., el cual es más recomendable porque no deteriora. Si durante la compactación de la última

capa de la mezcla, ésta baja, se debe agregar un poco más para que siempre halla mezcla por encima del borde del molde (ver fig. 2.11).

- 4) Después de compactar la última capa, se debe enrasar la superficie usando una cuchara de albañil o la misma varilla utilizada para el compactado de los mismos (ver fig. 2.12).

Cuando se elaboran varios cilindros al mismo tiempo, es conveniente colocar en todos los moldes la primera capa y compactarla; luego la segunda cara y así sucesivamente hasta terminarlos todos simultáneamente.

Los especímenes deberán retirarse del molde entre dos y tres días a veces más, (dependiendo del tipo de suelo que se está ensayando y de la cantidad de cemento empleado), después de elaborados e inmediatamente después de terminado el moldeado; se deben almacenar sobre una superficie horizontal, evitando golpes o vibraciones y se debe prevenir la evaporación por la cara superior, manteniéndola protegida con madera, bolsas de cemento húmedas o algún otro material adecuado.



Fig. 2.8 Moldes empleados para la obtención de muestras.



Fig. 2.9 Proceso de llenado de los moldes testigos



Fig. 2.10 Aplicación de golpes con almódana de hule para liberación de aire atrapado.



Fig. 2.11 Varillado de los moldes.



Fig. 2.12 Enrasado de los cilindros.

2.4.1.4 Energía de moldeo.

En los casos de mezclas con revenimientos bajos y con poca manejabilidad (suelos plásticos) el simple varillado es insuficiente y es permitido el golpear los moldes con una almádana de hule hasta asegurar el cierre superficial de la mezcla

2.4.1.5 Curado de los especímenes (ASTM C – 192)

Después de retirar el molde, los cilindros deben almacenarse a temperaturas permanentes entre los 21 y 25°C y bajo condiciones de humedad tales que, no queden expuestos al contacto directo con el agua como sucede con el concreto (sumergidos totalmente en agua); en ningún caso se debe permitir que los especímenes queden expuestos a goteras, golpes o corrientes de agua.

2.4.1.6 Ensayo a la compresión de especímenes (ASTM C-39)

El ensayo a la compresión es la prueba más sencilla y rápida de realizar y que además brinda resultados confiables, porque se efectúa sobre especímenes que siguen una serie de rigurosas especificaciones de tal manera que cumpla con la resistencia mecánica deseada.

Es necesario que las muestras se obtengan, elaboren, curen y se rompan bajo condiciones normalizadas para que los resultados obtenidos en diferentes épocas, lugares y distintos mecanismos sean comparables o representativos.

El ensayo consiste en someter los especímenes al cabo de un cierto tiempo de haber sido elaborados a una carga creciente que produzca esfuerzos de compresión en toda el área transversal de una probeta, hasta alcanzar el máximo esfuerzo que pueda resistir el espécimen, conocido este como esfuerzo máximo de ruptura (f'_c)

Para un suelo cemento semi fluido dado un f'_c puede variar de acuerdo a muchos factores tales como la energía de moldeo, método de curado, edad del ensayo, dimensiones del espécimen, aplicación de carga, etc.

2.4.1.7 Edad de prueba:

Salvo los suelos arenosos, que es posible desmoldar a las 24 horas, los demás tipos de suelo necesitan un tiempo mayor para ser desmoldados y poder ser sometidos al ensayo de compresión a edades tempranas (antes de 7 días) y así poder obtener la resistencia requerida, entonces el ensayo se debe efectuar a los 28 días.

En la terminología corriente f'_c es la resistencia que debe presentar una mezcla a los 28 días de edad.

2.4.1.8 Relación de esbeltez de los especímenes:

Ejercen una gran influencia en los resultados por lo tanto debe tenerse en cuenta la siguiente consideración:

- ❖ Relación de altura-diámetro: conocida también como esbeltez y que debe ser igual a 2 ($H/D = 2$), en cualquier tamaño de cilindro usado; cuando lo anterior no se cumple debe hacerse una correlación al resultado obtenido. La siguiente grafica # 2.1 nos permite obtener un factor por relación de esbeltez^{12/}.

2.4.1.9 Aplicación de la carga:

Durante el ensayo deben de prevalecer ciertas condiciones que garanticen la obtención de buenos resultados, es conveniente señalar los efectos que produce el estado en que se encuentran las superficies de las caras de los especímenes donde será aplicada la carga, para que ocurra una distribución uniforme de esfuerzos en toda la sección transversal del espécimen, es requisito indispensable que las superficies extremas (cabezas) sean perfectamente planas, paralelas y normales a la generatriz.

Para obtener lo anterior se acostumbra cubrir las cabezas con un material elaborado con polvo de azufre y polvo de roca que al endurecer resulte perfectamente plano y alcance mayor resistencia, este proceso se denomina CABECEO.

2.4.2 Durabilidad o desgaste

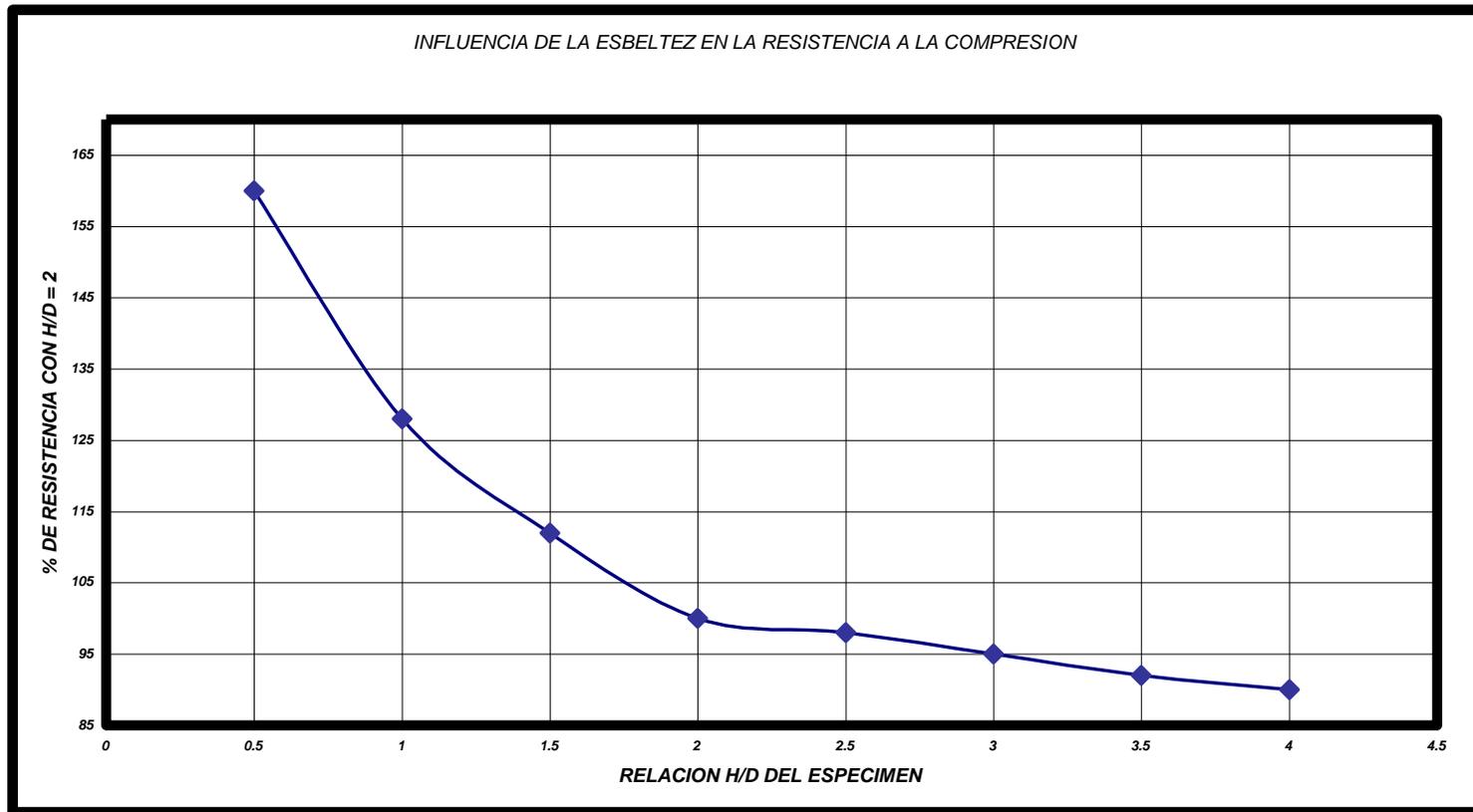
¹² Tomado de: Suelo Cemento fluido Para la Estabilización de Suelos, Joaquín Humberto Montenegro Aragón, Trabajo de Graduación UPES. 1992

La resistencia al intemperismo es la propiedad más crítica de la estabilización de los suelos y por lo tanto es el criterio básico para determinar la calidad del suelo cemento.

La ASTM D-559 describe un método conocido como “ciclos de saturación y secado de mezclas en suelo cemento” del cual se describe a continuación los principales pasos:

- 1) Se curan los especímenes durante 7 días en una atmósfera de alta humedad.
- 2) Se sumergen en agua corriente los especímenes y a temperatura ambiente durante cinco horas.
- 3) Se colocan los especímenes en un horno a una temperatura de 71°C durante 24 horas.
- 4) Se procede a raspar con un cepillo de alambre normado, aplicando una fuerza de 1360 grs. (esto se consigue colocando el espécimen en una báscula para controlar la fuerza de aplicación), el número de pasadas deberá ser de 18 a 20 para raspar al menos dos veces toda la superficie lateral y cuatro veces en cada base.
- 5) Se repiten los pasos de los numerales del 2 al 4, hasta completar DOCE ciclos de hundimiento y secado.
- 6) Después de finalizar los doce ciclos se secan los especímenes en un horno a 110 °C durante un mínimo de 18 horas para obtener los pesos secos de los especímenes.
- 7) Se procede al cálculo de la pérdida de suelo cemento con la siguiente fórmula:

$$W_{SC} = \frac{W_{S(110^{\circ}C)} * 100}{100 + W_r}$$



Grafica # 2.1. Influencia de la relación de esbeltez en los especímenes^{13/}

¹³ Tomado de: Suelo Cemento fluido Para la Estabilización de Suelos, Joaquín Humberto Montenegro Aragón, Trabajo de Graduación UPES. 1992

W_s (110°C): peso seco del espécimen.

W_r : % de humedad retenida por el tipo de suelo (tabla # 2. 4)

Clasificación		Contenido promedio de humedad retenida después de secado a 110°C (W_r)
AASHTO	SUCS	
A-1 A-3	GW, GP, GM SW, SP, SM	1.5
A-2	SC	2.5
A-4 A-5	ML, CL OL, MH	3.0
A-6 A-7	CH, OH, PT	3.5

Tabla # 2.4 Humedad relativa de los diferentes tipos de suelos.

Luego se procede a calcular la pérdida de suelo cemento, en porcentaje del peso original mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{(W_{si} - W_{sc}) * 100}{W_{si}}$$

W_{si} : peso seco original del espécimen.

W_{sc} : peso seco final corregido por agua de hidratación del cemento.

Los valores obtenidos de “P” se comparan con los de la tabla #2.5 para determinar la durabilidad de la mezcla.

Clasificación		Pérdida de suelo cemento no mayor que (%)
AASHTO	SUCS	
A-1		
A-2	GW, GP, GM,	
A-3	SW, SC, SP,	14
A-2-4	SM	
A-2-5		
A-2-6		
A-2-7	ML, CL,	10
A-4	OL, MH	
A-5		
A-6	CH, OH,	7
A-7	PT	

Tabla # 2.5 Pérdida de suelo cemento

En algunos casos puede ser necesario determinar la pérdida de suelo cemento del espécimen antes de que se termine totalmente el ensayo de durabilidad, para estimar aproximadamente el contenido de cemento requerido por el suelo. Esto se puede hacer después del período de secado de cualquiera de los ciclos. Se pesa el espécimen y se corrige el peso seco por agua retenida por hidratación del cemento; la cantidad de agua retenida en el espécimen después de secarse a 70°C, es ligeramente mayor que la de la temperatura de 110°C. Se sugiere que se aumente en este caso un 3% los valores del contenido promedio de humedad (W_r) retenida correspondiente al suelo, después de

secado a 110°C. Los demás cálculos se hacen aplicando las ecuaciones anteriores. De esta forma se obtiene la pérdida aproximada de suelo cemento correspondiente a un ciclo determinado.

2.4.3 Tiempo de fraguado.

Dado que el endurecimiento de las mezclas con cemento son procesos graduales cualquier definición de tiempo de fraguado es necesariamente arbitraria.

La ASTM C-403 especifica un procedimiento para determinar el tiempo de fraguado de concretos con revenimientos mayores que cero basado en la velocidad de endurecimiento hecho por medio de agujas de penetración. Dicho proceso es aplicable a los RFRC de acuerdo con la designación ACI 229R.

En este trabajo no se aplicará este método sin embargo hablaremos de ello.

En el fraguado se distinguen dos etapas:

- a) Tiempo de fraguado inicial: que es el tiempo requerido después del contacto entre el cemento y el agua para que la mezcla de suelo cemento semifluido alcance una resistencia a la penetración del 15% de la resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días de curado.
- b) Tiempo de fraguado final: es el tiempo requerido después del contacto inicial entre cemento y agua, para que la mezcla de suelo cemento semi fluido alcance una resistencia a la penetración igual a la obtenida por la resistencia a la compresión a los 28 días de curado.

El principal equipo que se emplea para este ensayo es:

- Recipiente para los especímenes de la mezcla, rígidos, no absorbentes, ni aceitados, pueden ser cilíndricos o rectangulares y a dimensiones mínimas laterales de 15 cm y de altura de 15 cm o más.
- Aparato para la resistencia a la compresión.
- Agujas removibles con las áreas de contacto de 1, 1/2, ¼, 1/10, 1/30, y 1/40 pulgadas cuadradas (6.45, 3.23, 1.61, 0.65, 0.32, 0.16 cm², respectivamente).

El procedimiento que generalmente se aplica para la determinación de este ensayo es el siguiente:

- 1) Los especímenes deben de almacenarse y mantenerse a la temperatura de ensayo deseada, para evitar la evaporación excesiva de humedad deben de mantenerse cubiertos con paños húmedos durante todo el ensayo, también deberán protegerse del sol.
- 2) De acuerdo con el estado de endurecimiento de la mezcla se coloca una aguja de tamaño conveniente en el aparato de resistencia a la penetración, luego la superficie de apoyo de la aguja se pone en contacto con el espécimen. Gradual y uniformemente se aplica una fuerza vertical hacia abajo en el aparato hasta que la aguja penetre una profundidad de 2.5 cm (1 pulgada), la cual se determina por una marca grabada en las agujas.

El tiempo requerido para esta penetración deberá ser de 10 segundos aproximadamente. A continuación se registra la fuerza necesaria y el tiempo aplicado, medido éste como el lapso transcurrido desde el contacto inicial del cemento y el agua.

En las siguientes penetraciones deben evitarse áreas en que el espécimen se haya alterado por otras penetraciones anteriores o previas. La distancia libre entre impresiones de la aguja será por lo menos dos diámetros de esta, pero no menor de 1.3 cm, la distancia libre entre cualquier penetración y la pared del recipiente no será menor de 2.5 cm (1 pul.).

- 3) Los ensayos de penetración deben efectuarse a intervalos de una hora para mezclas y temperaturas normales haciendo el ensayo inicial después de transcurridas cuatro horas (a veces más dependiendo del tipo de suelo y la proporción de cemento usada). Las penetraciones siguientes pueden efectuarse a intervalos de una hora o menos dependiendo de la velocidad del incremento de la resistencia a la penetración de la mezcla.
- 4) En cada ensayo deben hacerse al menos 6 penetraciones y los intervalos de tiempo serán tales que conduzcan a una curva de velocidad de endurecimiento versus tiempo que resulte definida por puntos espaciados más o menos uniformemente. La penetración debe continuarse hasta que se alcance una resistencia superior a la obtenida en un ensayo de resistencia a la penetración de 28 días.
- 5) La resistencia a la penetración debe calcularse como el cociente de la fuerza requerida para que la aguja penetre 2.5 cm, entre el área de la superficie de contacto de la aguja.

$$\text{Resistencia a la penetración} = \frac{\text{Fuerza Requerida}}{\text{Área de Contacto}} .$$

- 6) Los tiempos de fraguado inicial y final se calculan promediando los tiempos transcurridos, determinados de la curva tiempo resistencia de penetración y se registran en horas y minutos.

2.4.4 Resistencia a la tensión.

La resistencia a la tensión es una propiedad mecánica muy importante para verificar el comportamiento en el suelo cemento, ya que da un parámetro de la capacidad de corte y la compresión de la estructura.

La prueba de resistencia a la tensión por agrietamiento establecida por la norma ASTM 496 (conocida como prueba brasileña), se hace a los RFRC; Dicha prueba sirve para establecer el desarrollo de las características de resistencia del suelo cemento semi fluido a la tensión por compresión, ensayado en una máquina empleada para pruebas de elementos a compresión (ver fig. 13).

El material presenta la ventaja de usar los mismos elementos que la prueba a compresión, lo que evita dificultad de interpretación por diferencias entre las probetas por su forma de elaboración. El equipo a utilizar en esta prueba es la máquina universal. (o la que se muestra en la fig. 2.13). En esta prueba se coloca el cilindro horizontalmente y se aplica la carga diametral (ver fig.2.14), dándose una falla común como la mostrada en la fig. 15; aplicando la fórmula siguiente para calcular el esfuerzo a tensión:

$$\sigma_t = \frac{2 * P}{\pi * D * l}$$

Donde:

σ_t : esfuerzo de tensión.

P: carga aplicada en kg.

D: diámetro del espécimen de prueba.

L: altura del espécimen de prueba.

2.4.5 Cortante

La resistencia al cortante es la capacidad que tienen los elementos para evitar agrietamiento a lo largo de su estructura originada por tensiones diagonales.

La falla de un cuerpo por este tipo de esfuerzo ocurre generalmente a través de grietas inclinadas debido a tensiones diagonales.



Fig. 2.13 Máquina empleada para prueba a tensión de los cilindros (Laboratorio FC)



Fig.2.14 Forma de colocación de los cilindros probados a tensión (Prueba brasileña)



Fig.2.15 falla típica de los cilindros probados a tensión (prueba brasileña)

2.4.6 Adherencia

Esta es una propiedad del suelo cemento semi fluido ya que con ella se analiza al esfuerzo de adherencia que se desarrollará en una junta fría (unión de una mezcla de suelo cemento semi fluido endurecido con otra fresca, ver fig. 2.16)

Para el ensayo de adherencia se toma de base la norma ASTM C-952 y el equipo que se utiliza es una máquina PT-15 y marco metálico para sujetar los prismas.



Fig. 2.16 Prueba de adherencia en especímenes de suelo cemento.

2.4.7 Absorción

Es la propiedad que mide la cantidad de agua retenida por el suelo cemento que es capaz de incorporar hasta llenar completamente sus poros permeables después de permanecer sumergidos en el agua y es expresada en porcentajes del peso del material seco.

La absorción adquiere importancia en aquellos casos en que la estructura se encuentra en contacto con agua que contiene sustancias dañinas que pudieran agredir al cemento, que es el elemento que liga. Las especificaciones ASTM C-90 para bloques establecen que el tiempo de absorción es de 24 horas, tiempo sobre el cuál se considerará que el material se satura. La absorción del material depende de su porosidad y de la intercomunicación de sus poros, por lo que la velocidad de absorción o el tiempo de saturación varían de un lugar a otro.

2.4.8 Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión es un medio directo para evaluar el comportamiento de un elemento bajo fuerzas flexionantes, se emplea particularmente para determinar los límites de estabilidad estructural de las vigas de varios tamaños y formas.

La resistencia a la flexión puede determinarse por los siguientes métodos:

- a) Vigas simplemente apoyadas con cargas al centro (ASTM C-293)
- b) Vigas simplemente apoyadas con cargas al tercio medio del claro (ASTM C-78)

El efecto del tipo de carga lo ilustran los resultados numerosos de ensayos de concreto, los cuales han indicado que las magnitudes relativas del módulo de ruptura para los tipos comunes de carga son los siguientes:

- 1) En un claro simple el máximo valor del módulo de ruptura se obtiene de la carga central

- 2) La carga en los tercios sobre un claro simple arroja resultados invariablemente un poco menores que la carga central (En términos generales entre el 10 y 25%). Parece razonable que como la resistencia del material varia un poco a lo largo de toda la viga, en la carga en los tercios es más débil.^{14/}

2.5 Efectos de vibración

El Relleno Fluido puede ser colocado por medio de una rampa, bandas, baldes, o bombas dependiendo de la aplicación y accesibilidad. En una mezcla de suelo cemento fluida, no se requiere vibración interna ni compactación, puesto que éste se consolida bajo su propio peso. Sin embargo, para los rellenos semi fluidos es necesaria la vibración para eliminar de esta manera el aire atrapado el cual provoca una menor densidad, la cual disminuye la resistencia.

Se puede usar un vibrador, cuya potencia y diámetro de vástago variarán dependiendo de las dimensiones de la zona a colar.

2.6 Factores que afectan las mezclas de suelo cemento

2.6.1 Tipos de suelo

Influye principalmente por su composición química y su granulometría. Aunque la mayoría de los suelos pueden ser tratados con cemento, se obtienen mejores resultados:

¹⁴ Tomado del comportamiento del cemento como estabilización de los distintos suelos, Tesis UES, Mario Edgardo Aquino, 1999

- a) Cuando el suelo no contiene partículas mayores de dos pulgadas (5cm) y menos del 50% de la muestra que pasa la malla # 200.
- b) Cuando el límite líquido sea inferior a 40 y el índice plástico menor de 15^{15/}
- c) Además como ya se indicó, el suelo debe estar libre de materia orgánica y sulfatos menor a un 3%

2.6.2 Cantidad de cemento

La dosificación del cemento es un aspecto fundamental, por cuanto el cemento es un ingrediente de costo elevado y por consiguiente determina la factibilidad económica de la estabilización; es decir, existirá un límite superior que estará fijado por la economía de cada proyecto, siendo éste del orden del 15% de cemento en peso (respecto al peso de la mezcla seca) para fines prácticos; sin embargo, éste límite es muy elástico porque en algunas circunstancias especiales el análisis de costos del proyecto puede permitir un límite superior hasta del 25% o más^{16/}

Por el contrario, entre más gruesos y menos plásticos sean los suelos, comúnmente requerirán menos contenido de cemento para endurecer satisfactoriamente; en este caso, existirá un orden inferior del 5% en peso (1:20 proporción en volumen) y en casos muy extraordinarios hasta del 3% en peso (1:30 proporción en volumen). Lo anterior no es una regla general, porque los suelos con alto contenido de materia orgánica requerirán

¹⁵ Tomado de: Suelo Cemento fluido Para la Estabilización de Suelos, Joaquín Humberto Montenegro Aragón, Trabajo de Graduación UPES. 1992

¹⁶ Ministerio de Obras publicas, unidad de investigación y desarrollo vial

mayores consumos de cemento que otros suelos con granulometrías y plasticidades idénticas que aquéllos, pero sin materia orgánica. Además los suelos pueden contener otras sustancias nocivas a la acción de la hidratación del cemento y sólo un análisis cuidadoso del laboratorio podrá detectar cuando un suelo aparentemente adecuado para suelo cemento, sea un suelo de reacción pobre.

Estos límites para comprobar el endurecimiento satisfactorio del suelo cemento los fijarán los ensayos de rutina de laboratorio, los cuales pueden ser: ensayos de resistencia a la compresión de cilindros moldeados (ASTM C-39), ensayo de saturación y secado (conocido como ensayo de durabilidad), (ASTM D-559 y ASTM D-560 y sus equivalencias AASHTOT-135 y T-136)^{17/}, entre otros.

2.6.3 Cantidad de agua

En el caso del suelo cemento compactado el efecto de la humedad tiene su mayor importancia durante la compactación, ya que ésta sólo se obtiene cuando se logra la humedad óptima de diseño, por medio del ensayo de densidad-humedad óptimas conocidos como ensayos Proctor (ASTM D-598, AASHTO T-134); y al mismo tiempo se emplea como ensayo de control.

En cambio para el diseño de mezclas RFRC la cantidad de agua que se añade a la mezcla debe estar en función de la relación agua-cemento (A/C) con la cual se garantiza la resistencia de diseño y una buena trabajabilidad.

¹⁷ Asociación Americana del Estado de Autopistas Y Oficiales del Transporte

2.6.4 Tiempo de colocación de la mezcla

Una mezcla satisfactoria de suelo cemento sólo puede obtenerse si se coloca en un tiempo no mayor de dos horas. Las demoras entre el mezclado y la colocación producen una disminución de la resistencia que debe alcanzarse al colocar la mezcla en su tiempo adecuado, por esta razón nunca debe pasarse más de dos horas (tiempo teórico del fraguado inicial) entre el mezclado y la colocación.

En la norma ASTM C-403 se describe un procedimiento para medir el tiempo de fraguado del cemento por medio de la resistencia a la penetración.

2.6.5 Curado del Relleno Fluido

Siempre que sea posible, se recomienda proporcionar un curado después del fraguado inicial, ya que como ocurre con el concreto, esto favorece la resistencia. El curado debe hacerse por lo menos durante 7 días.

CAPITULO III

Análisis que se realiza a los suelos que se emplean en mezclas de Rellenos Fluidos de Resistencia Controlada.

En los capítulos anteriores se ha expresado a nivel teórico las forma de proceder para la ejecución de pruebas a los tipos de suelos y cementos para emplearse en mezclas de suelo cemento semi fluido, así también que porcentajes de estos materiales pueden emplearse. De manera general, todos los suelos pueden ser estabilizados con cemento pero la cantidad necesaria para lograr las propiedades físicas requeridas (principalmente la resistencia) dependerá de las características del suelo a emplear y para ello se hace necesario realizar un análisis de los suelos en la elaboración de los RFRC.

3.1 Análisis de los suelos empleados en mezclas

El análisis de los suelos empleados es muy importante para poder determinar la aceptabilidad o rechazo de un suelo que se pretende emplear en la elaboración de los RF.

Para realizar un análisis es necesario efectuar las siguientes etapas.

- Reconocimiento o exploración.
- Muestreo.
- Preparación.
- Clasificación.

3.1.1 Reconocimiento o exploración

El reconocimiento de los suelos es necesario para obtener información rápida y adecuada respecto a los diferentes tipos de suelo y a las extensiones que ocuparán dentro

de la zona de influencia del proyecto.^{18/} En un primer paso deberán obtenerse los mapas regionales de los suelos superficiales que se encuentran en instituciones de nuestro país tal como el Centro Nacional de Registro (CNR), la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS), el Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio del Medio Ambiente, entre otras. Posteriormente se deberá construir mapas de los suelos superficiales que están sobre o en las cercanías de la obra con el objeto de emplearse en el proyecto, si éste posee características aceptables para tomar la decisión si vale la pena continuar analizándolos. De ser posible debe determinarse las extensiones horizontales como verticales del banco en estudio

En las etapas de diseño y construcción de un proyecto civil es fundamental realizar un reconocimiento o exploración del lugar en el cuál se implementará la obra dado que de la elección del sitio y de sus características dependerá el diseño de la estructura y los procesos constructivos por aplicar en el momento de su construcción. El estudio de suelo proporciona una valiosa información para las dos etapas de un proyecto (diseño y construcción). Así también la selección de los materiales del lugar (principalmente suelo) que se pueden emplear en la construcción es una fase muy importante y tiene gran influencia en los costos del proyecto.

3.1.2 Muestreo

Consiste en obtener porciones o cantidades representativas de cada suelo, éste es el

¹⁸ Tomado de: Suelo Cemento fluido Para la Estabilización de Suelos, Joaquín Humberto Montenegro Aragón, Trabajo de Graduación UPES. 1992

proceso final de campo. Se hace con el propósito que en el laboratorio se determine la calidad de los suelos a emplearse. El número de muestras dependerá del tamaño de la obra, de la variedad de los suelos encontrados a lo largo del proyecto, de la experiencia y confianza que tenga la persona responsable para explorar, identificar y muestrear.

Las muestras que se envíen al laboratorio deben ser representativas y que con el menor número de estas se abarquen todos los tipos de suelo por estudiar. Para que se cumpla lo anterior el muestreo debe estar totalmente apoyado en las exploraciones, identificaciones y localizaciones adecuadas de cada suelo.

Para suelos finos se requiere efectuar un muestreo de un mínimo de 50 Kg. y para suelos gruesos se requiere de 80 a 120 Kg. Puede ser suficiente tomar una muestra por cada tipo que se tenga, y ésta se puede tomar directamente de los cortes naturales o de los sondeos preliminares (pozos a cielo abierto, sondeos de penetración estándar, etc.)

Las muestras recogidas de cada suelo se envían al laboratorio incluyéndose la información siguiente:

- a) Fecha de muestreo
- b) Nombre de la persona que efectuó el muestreo
- c) Localización del proyecto
- d) Localización del punto exacto de donde se tomó la muestra
- e) Nombre de el laboratorio, nombre la empresa o persona interesada
- f) Clave de la muestra
- g) Tipo de suelo
- h) Color, textura aparente, etc.

Para propósitos de emplear el suelo como material de construcción que formará rellenos, no se necesita que la muestra sea inalterada dado que éste se debe desmenuzar. La norma ASTM D-420 trata sobre las exploraciones y muestreos de suelos.

3.1.3 Preparación

Esta etapa comprende la preparación de los suelos para determinar las características físicas principales de cada suelo para ser analizado en el laboratorio, estas básicamente son la granulometría y los límites de consistencia. Para la preparación del suelo se han seguido los pasos que se describen en la norma ASTM D-421 los cuales se describen a continuación:

- 1) La muestra se seca hasta que se pueda desmenuzar fácilmente. Este proceso se puede hacer secando al aire las muestras, o por medio de hornos a los cuales se les pueda controlar la temperatura a 60°C.
- 2) La muestra es separada por las mallas 2", $\frac{3}{4}$ " y No. 4; se rompen o pulverizan los grumos evitando reducir el tamaño de las partículas sólidas.
- 3) El material pulverizado se pasa por la malla No.4 se mezcla bien y se almacena en un recipiente cubierto durante todos los ensayos para evitar cambios de humedad.
- 4) El material que queda retenido en la malla de 2" se descarta.
- 5) Si existe material retenido en las mallas de $\frac{3}{4}$ " y No.4 se anotan los pesos para incluirse en el análisis granulométrico de la muestra total del suelo. El material retenido en la malla de $\frac{3}{4}$ " se almacena hasta que todos los especímenes de suelo cemento se han colado, dado que si hace falta material se puede volver a pulverizar.

6) El material que pasa la malla de $\frac{3}{4}$ " y se retiene en la No.4 se incorporará más tarde a la condición de saturado superficialmente seco, para pruebas de densidad-humedad (Proctor) en caso de ser necesarias, humedecimiento y secado (durabilidad) en la misma proporción que se encuentra la mezcla original.

7) El material que pasa la malla No 4 se separa en cantidades iguales (cuarteo) para efectuar las pruebas de laboratorio.^{19/}

3.1.3.1 Análisis granulométrico

La determinación de las dimensiones de las partículas y su distribución por tamaños constituye la técnica de la granulometría. Para un suelo consiste en la determinación de los contenidos de: piedra, grava, arena y finos que hay en una cierta masa de éstos. Si el material es predominantemente granular los porcentajes de piedra, grava y arena puede determinarse fácilmente en forma mecánica mediante el empleo de tamices; en cambio si el suelo contiene un porcentaje apreciable de material fino que pasa el tamiz N° 200, habrá que considerar el empleo de métodos basados en el principio de sedimentación (Método del Hidrómetro ASTM D-422). Se dice que un material posee buena o mala granulometría según los tantos por cientos, en peso, de los diferentes grupos de partículas guardando o no la relación adecuada.

Para ordenar las partículas por tamaño se sigue el procedimiento de cribar el suelo a través de rejillas de malla cuadrada con dimensiones estándares que permiten formar la

¹⁹ Tomado de: Suelo Cemento fluido Para la Estabilización de Suelos, Joaquín Humberto Montenegro Aragón, Trabajo de Graduación UPES. 1992

curva granulométrica de cada suelo. Es frecuente utilizar para el análisis granulométrico la serie Americana ASTM que consta de diez tamices, siendo la abertura de cada una el doble de la siguiente y mitad de la anterior.



Fig. 3.1 Juego de mallas empleado para el análisis granulométrico de los suelos.

La muestra de suelo se hace pasar sucesivamente a través de un juego de tamices (ver fig. 3.1) de aberturas descendentes, hasta llegar al tamiz N° 200; lo retenido en cada malla se pesa y el porcentaje que representan respecto al peso de la muestra total, se suma a los porcentaje retenidos en todas las mallas o tamices de mayor tamaño; el complemento al 100% de esa cantidad da el porcentaje de suelo que es menor que el tamaño representado por la malla en cuestión.

La tabla # 3.1 contiene los tamaños de las aberturas de los tamices utilizados para el análisis granulométrico.

La gráfica granulométrica se dibuja con los porcentajes acumulados del material que pasa determinada malla como ordenadas y el tamaño de las partículas en escala logarítmica, como abcisas.

MALLA N°	ABERTURA(mm)
3"	76.60
2"	50.80
1"	25.40
¾"	19.10
½"	12.70
3/8"	9.520
N°4	4.760
N°8	2.380
N°16	1.190
N°30	0.590
N°40	0.420
N°50	0.297
N°60	0.250
N°100	0.149
N°200	0.074

Tabla # 3.1 Tamaño de los tamices según ASTM

3.1.3.2 Límites de consistencia (plasticidad)

La mecánica de suelos define la plasticidad como la propiedad de un suelo para deformarse rápidamente sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

Para medir la plasticidad se han seguido varios criterios, de los cuales, el de Atterberg, es el más empleado, según Atterberg la plasticidad no era una propiedad permanente sino circunstancial y dependiente de su contenido de agua; en segundo lugar hizo ver que la plasticidad de un suelo exige la utilización de dos parámetros en lugar de uno sólo como se había creído hasta su época. Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible, de ser plástico puede estar en cualquiera de los estados de consistencia, definidos por Atterberg como sigue:

1. Estado líquido, con las propiedades y apariencia de una suspensión.
2. Estado semi fluido, con las propiedades de un fluido viscoso.
3. Estado plástico, en el que el suelo se comporta plásticamente.
4. Estado semi sólido, en el que el suelo tiene la apariencia de un sólido pero sin disminuir su volumen al estar sujeto al secado.
5. Estado sólido, en que el volumen del suelo no varía con el secado.

La frontera convencional entre los estados semi líquido y plástico fue llamada por Atterberg límite líquido (LL). La frontera convencional entre los estados plásticos y semi sólidos fue llamada por Atterberg límite plástico (LP). A las fronteras anteriores, que se definen en el intervalo plástico del suelo se les llama límites de plasticidad, conocido como Índice Plástico (IP).

El límite plástico, es el contenido de humedad que tiene un suelo en el momento de pasar del estado plástico al semi sólido, se ha convenido en que esta humedad sea la que permita amasar un suelo a mano, en rodillos de 3 mm de diámetro, sin que presente signos de ruptura.

El límite líquido, indica el contenido de agua para el cual el suelo tiene una resistencia al corte de 25 kg/cm^2 empleándose para su determinación la Copa de Casa Grande (ver fig. 3.2).

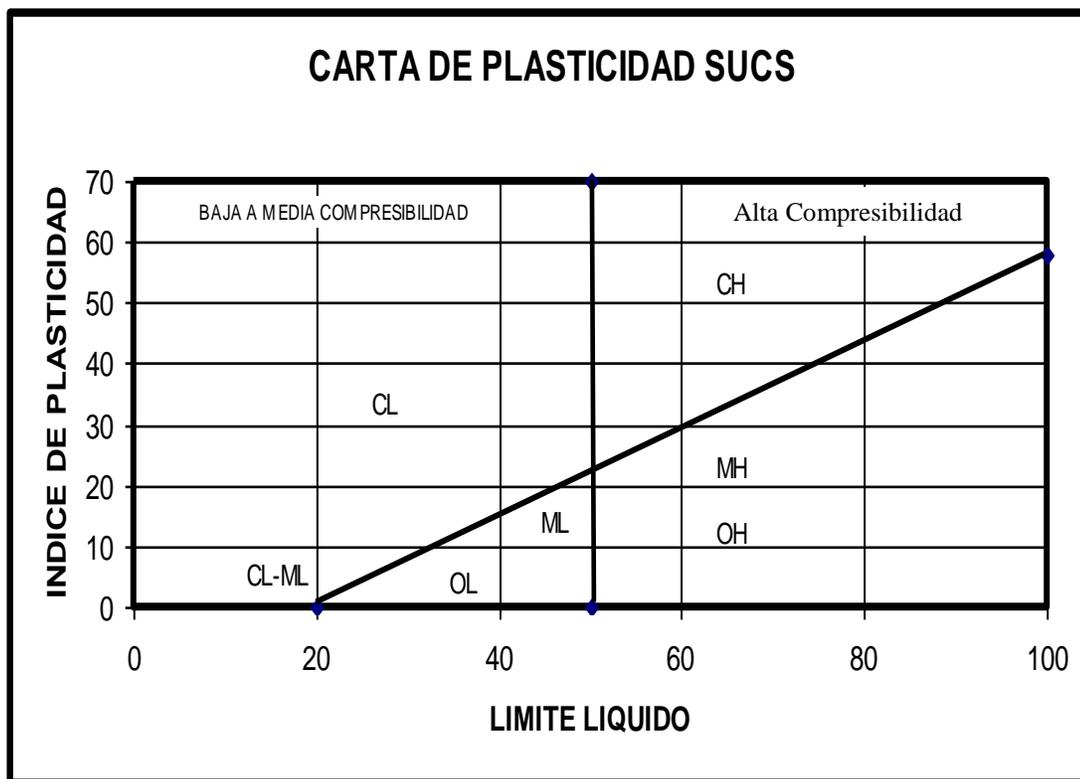
Atterberg demostró que la plasticidad de una arcilla puede describirse en términos de dos parámetros: el límite líquido y el índice plástico (ver gráfica #3.1).

El equipo para obtener los límites de consistencia se muestra a continuación, algunas de las aplicaciones de los límites de Atterberg son:

- a) Para la clasificación de suelos finos.
- b) Para determinar la plasticidad de los suelos.
- c) Para determinar los asentamientos de forma indirecta.



Fig. 3.2 Equipo para obtener los límites de consistencia (Atterberg)



Gráfica # 3.1. Carta de plasticidad de la SUCS

3.1.3.3 Contenido de materia orgánica.

El contenido de materia orgánica es un ensayo que permite determinar el porcentaje de materia orgánica que los suelos poseen. Cuando se tiene duda en la clasificación visual manual es necesario efectuar dicho ensayo ya que la presencia de materia orgánica en los suelos los hace compresibles, ocasionando esta característica que los suelos sufran considerables asentamientos causando daños severos en las estructuras.

El porcentaje de materia orgánica permisible es del 2 al 3% en peso; a valores mayores que éstos, los elementos elaborados presentan agrietamiento entre otros defectos (ver fig. 3.3), aunque en las normas ASTM no existe un porcentaje definido.



Fig.3.3 Agrietamiento en especímenes (viguetas) de suelo cemento.

3.1.4 CLASIFICACIÓN

La clasificación de los suelos es comúnmente confundida con la identificación de los mismos. Es cierto que algunos factores de la identificación se emplean para la clasificación, pero la diferencia está en que la primera se usa con fines agrícolas y esta última se aplica para los fines de la ingeniería civil.

Un sistema de Clasificación pretende agrupar a los diferentes suelos según sus características y comportamiento. Es evidente que un sistema de clasificación, además de estar basado en propiedades puramente granulométricas debe incluir también la plasticidad, ya que es ésta una característica que no queda definida por el tamaño y la distribución de los granos.

Existen diversos sistemas de clasificación de los suelos en el mundo, pero son dos los más ampliamente usados por el ingeniero civil:

- a) Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)
- b) Sistema AASHTO

3.1.4.1 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS).

Este sistema de clasificación es el más empleado por los ingenieros civiles. Este sistema es una revisión que inicialmente presentó A. Casagrande y lo designa como clasificación Unificada de los Suelos (Unified Soil Classification System) y divide los suelos en dos grupos:

- a) Suelos Granulares (gruesos): Son suelos gruesos aquellos que queda más del 50% en peso del material retenido en el tamiz N°. 200
- b) Suelos finos: Son aquellos que más del 50% en peso de material pasa en el tamiz N°. 200. Y se subdividen en:
 - 1) Limos
 - 2) Arcillas
 - 3) Limos y/o arcillas con materia orgánica

EL SUCS divide a los suelos granulares de los finos por medio del tamiz N° 200 (0.075mm).

Los suelos granulares (gruesos) se subdividen en:

- a) Gravas: Las gravas son aquellas que pasan el tamiz 3" y son retenidas en el tamiz N°. 4 (4.76 mm).
- b) Arenas: Las arenas son los suelos que pasan el tamiz N°. 4 y son retenidas en el tamiz N°.200.

En el grupo de los suelos granulares se hallan las gravas, las arenas y los suelos gravosos o arenosos, con pequeña cantidad de material fino (limo o arcilla), y son designados de la siguiente forma:

Gravas ó suelos gravosos:

GW (grava bien graduada)

GP (grava mal graduada)

GC (grava arcillosa)

GM (grava limosa)

Arenas ó suelos arenosos:

SW (arena bien graduada)

SP (arena mal graduada)

SC (arena arcillosa)

SM (arena limosa)

En el segundo grupo se hallan los materiales finos limosos o arcillosos, de bajo o alta compresibilidad, y son designados de la siguiente forma:

- Suelos de baja o mediana compresibilidad:

ML (limo de baja compresibilidad)

CL (arcilla de baja compresibilidad)

OL (limo o arcilla con materia orgánica)

- Suelos de alta compresibilidad:

MH (limo de alta compresibilidad)

CH (arcilla de alta compresibilidad)

OH (limo y/o arcilla con materia orgánica y alta compresibilidad).

Simbología:

G: (gravel) grava o suelo gravoso

S: (sand) arena o suelo arenoso

M: (mo-jala) limo inorgánico (ceniza volcánica)

C: (clay) arcilla inorgánica

O: (organic) materia orgánica

W: (well) bien graduado

L: (low) baja a mediana compresibilidad

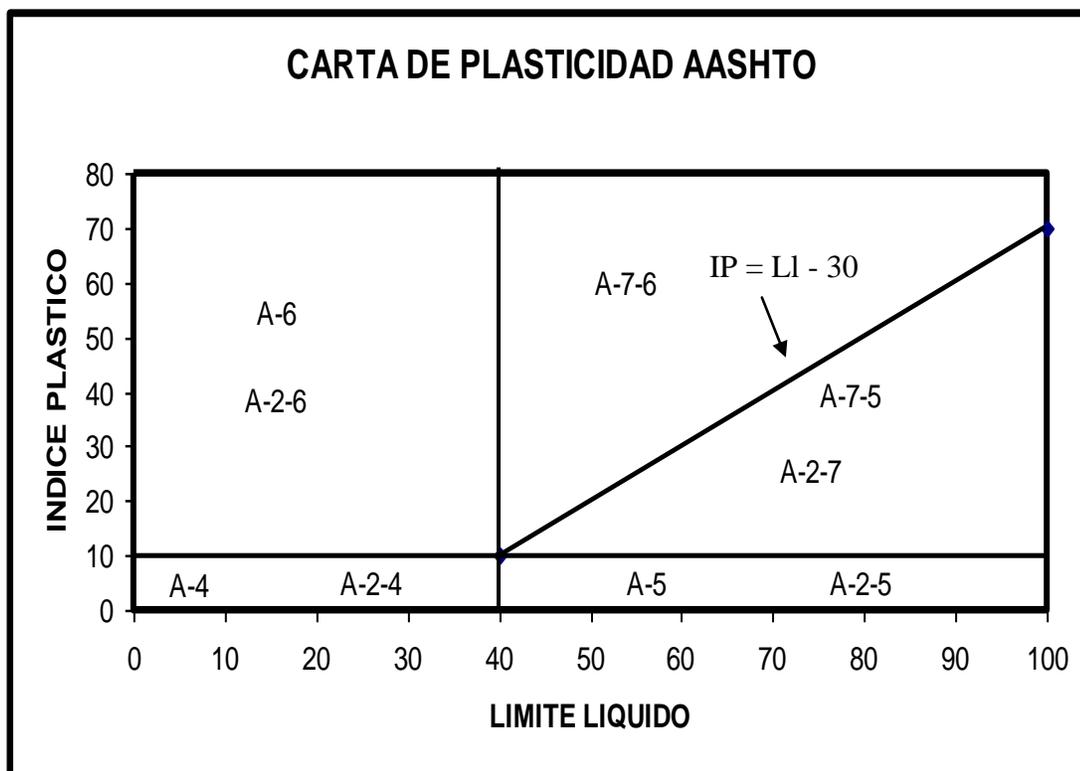
H: (high) alta compresibilidad

3.1.4.2 CLASIFICACIÓN AASHTO

La AASHTO, que representa a todos los Departamentos de carreteras de los E.E.U.U. ha adoptado esta clasificación.

Esta clasifica a los suelos en siete grupos, (A-1, ..., A-7) basándose en la composición granulométrica, en el límite líquido y el Índice de plasticidad de un suelo (ver graf. #3.2).

La evaluación de cada grupo, se hace por medio de su “Índice de grupo”, el cual es calculado mediante la fórmula empírica siguiente:



Grafica # 3.2. Carta de plasticidad da la AASHTO

$$I_G = [F-35] [0.20 + 0.005 (LL-40)] + [0.01(F'-15) (IP-10)]$$

F: Porcentaje que pasa el tamiz N° 200, ($75 > F > 35$)

F': " " " ($55 > F > 15$)

LL: Límite líquido, ($60 > LL > 40$)

IP: Índice de plasticidad ($30 > IP > 10$)

I_G: Índice de grupo

Esta clasificación divide los suelos en dos grupos:

- Suelos granulares y
- Suelos de granulometría fina

SUELOS GRANULARES: Son aquellos que tienen 35% o menos, del material fino que pasa el matiz N° 200 (0.075 mm). Estos suelos forman los grupos A-1, A-2 Y A-3.

GRUPO A-1: Comprende las mezclas bien graduadas, compuestas de fragmentos de piedra, grava, arena y material poco plástico; y aquellas mezclas bien graduadas sin material ligante.

- Sub-grupo A-1a: Son aquellos suelos formados predominantemente por piedra o grava, con o sin material ligante.
- Sub- grupo A-1b: Son aquellos suelos formados predominantemente por arenas gruesas y con, o sin, material ligante bien graduado.

GRUPO A-2. Incluye una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% de material fino.

- Sub-grupos A-2-4 Y A-2-5, Son aquellos materiales cuyo contenido fino es igual o menor del 35% y cuya fracción que pasa el tamiz N° 40 tiene las mismas características de los suelos A-4 y A-5, respectivamente. Estos suelos incluyen los suelos gravosos y arenosos (arena gruesa), que tenga hasta un 35% de limo, Incluye las arenas finas con un contenido no plástico en exceso al indicado en el grupo A-3.
- Sub-grupos A-2-6 Y A-2-7, los suelos de estos subgrupos son semejantes a los anteriores, pero la fracción que pasa el tamiz N° 40 tiene las mismas características de los suelos A-6 y A-7, respectivamente.

GRUPO A-3. Estos suelos son las arenas finas, de playa y aquellas con pocos finos no plásticos. Este grupo incluye, además las arenas de río que contengan poca grava y arena gruesa.

SUELOS FINOS: Contienen más del 35% del material fino que pasa el tamiz N°

200. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

GRUPO A-4: Pertenecen a este grupo los suelos limosos poco o nada plástico, que tienen un 75% o más del material fino que pasa el tamiz N° 200, además, se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta un 64%.

GRUPO A-5: Los suelos comprendidos en este grupo son semejantes a los del anterior, pero contienen material micáceo o diatomáceo, son plásticos y tienen un límite líquido elevado.

GRUPO A-6: Este suelo es la arcilla plástica, por lo menos el 75% de estos suelos debe pasar el tamiz N° 200, pero se incluyen también las mezclas arcillo-arenosa cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior en un 64%. Estos materiales presentan, grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.

GRUPO A-7: Son semejantes a los del grupo A-6; pero son plásticos. Sus límites líquidos son elevados.

- Sub-grupo A-7-5: Incluye aquellos suelos cuyos IP no son muy altos con respecto a sus límites líquidos.
- Sub-grupo A-7-6: Comprende aquellos suelos cuyos Índices de plasticidad son muy elevados con respecto a sus límites líquidos y que, además

experimentan cambios de volumen muy grandes entre sus estados “seco” y “húmedo”.

Para calificar los suelos en el sistema AASHTO se hace uso del cuadro #3.3.

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES MENOS DE 35% PASA LA N° 200						LIMOS Y ARCILLAS MAS 35% PASA N° 200			
	A-1	A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
CLASIFICACIÓN DE GRUPO	A-1-a b	A-1-	A.2.4	A.2.5	A.2.6	A.2.7				A.7.5
% DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N° 10 N° 40 N° 200	50 max 30 max 50max									A-7-6
	15 max max	25 10 max	51 min 35 max		35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
PLASTICIDAD DEL MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 40 LIMITE LIQUIDO PLÁSTICO	6 max max	6 NP	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min	41 min 10 max	40 max 10 min	41 min 10 max	41 min 11 min
ÍNDICE DE GRUPO	0 0	0	0	0	4 max	4 max	8 max	12 max	16 max	20 max

Tabla # 3.3. Clasificación de suelos AASHTO^{20/}

²⁰ Tomado De Carreteras Calles Y Aeropistas, Raúl Valle De Rodas

CAPITULO IV

PARÁMETROS DE CONTROL DEL ACI 229 (AMERICAN CONCRET INSTITUTE) EN MEZCLAS DE RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.

La siguiente información se ha obtenido directamente de la edición en inglés del comité ACI 229 y parte de la “Norma Técnica Colombiana” ésta última tiene como base el mismo comité para su formulación.

4.1 Materiales

4.1.1 Generalidades

Las mezclas convencionales de rellenos fluidos consisten usualmente de cemento Pórtland, agregados finos y/o gruesos, agua y aditivos. Algunas mezclas consisten solamente de agua, cemento Pórtland y material selecto (tierra blanca). La selección de los materiales debe basarse en la disponibilidad, costo, tipo de aplicación y características necesarias de la mezcla incluyendo fluidez, resistencia, Excavabilidad, densidad, contenido de aire, etc.

4.1.2 Tipos de cemento que se emplean en los Rellenos Fluidos

Para la mayoría de las aplicaciones, se usa normalmente el cemento Pórtland Tipo I, otros tipos de cemento adicionados especificados en la norma ASTM C 595, pueden ser empleados si los ensayos preliminares muestran resultados aceptables.

4.1.3 Cenizas volantes

Los materiales tales como las cenizas volantes son usados algunas veces para mejorar la fluidez. Su empleo también incrementa el esfuerzo y reduce la exudación, goteo, fuga,

retracción y permeabilidad. Un alto grado de cenizas volantes en las mezclas, resultan de una menor densidad del Relleno Fluido (RF) comparado con mezclas con alto contenido de agregados. La mayoría de las cenizas volantes utilizadas cumplen con la norma ASTM C 618. Sin embargo, cenizas volantes no descritas en esta norma también pueden ser utilizadas. En todos los casos, sin importar si las cenizas cumplen o no con las especificaciones de la norma ASTM C 618, se deben preparar muestras para ensayar si estas cumplen con los requerimientos especificados.

4.1.4 Agua para la mezcla.

El agua que sirve para producir mezclas de concreto también lo es para las mezclas de RF. La norma ASTM C94-92 Concreto Premezclado, provee información sobre los requerimientos de calidad del agua.

4.1.5 Agregados

Los agregados son frecuentemente el mayor constituyente de las mezclas de RF. El tipo, grado y forma de los agregados pueden afectar las propiedades físicas tales como fluidez y resistencia a compresión.

Los materiales granulares de excavación con propiedades de menor calidad que los agregados para el concreto pueden generar variaciones indeseables en las propiedades físicas de los componentes de la mezcla y tendrán un efecto significativo en el desempeño de ésta. Suelos con finos de arcilla han mostrado problemas de mezclado incompleto, mezcla pegajosa, exceso en la demanda de agua, contracción y resistencia variable. Estos tipos de suelos no se deben considerar para producir RF.

4.1.6 Materiales no normalizados

Los materiales no normalizados, los cuáles pueden estar disponibles y ser más económicos, también pueden ser utilizados en las mezclas de RF dependiendo de los requerimientos del proyecto. Estos materiales, sin embargo, deben ser ensayados antes de su uso para determinar su aceptabilidad en las mezclas de RF.

Algunos ejemplos de los materiales no normalizados que pueden ser usados como materiales de RF son: cenizas de fondo producidas en el proceso de combustión del carbón, arena descartada en procesos de fundición y concreto reciclado.

Se deben evitar los agregados o mezclas que se expandan por absorción de agua una vez se pongan al servicio debido a reacciones expansivas u otros mecanismos, además, astillas de madera u otros materiales orgánicos pueden no ser apropiados para los RF. Las cenizas volantes con contenido de carbón hasta del 22% han sido usadas exitosamente en los RF.

En todo caso las características de los materiales no normalizados deben determinarse y se debe ensayar si el material es apropiado para la mezcla de RF en cuanto al cumplimiento de las especificaciones requeridas. En ciertos casos, las regulaciones ambientales solicitan una precalificación de la materia prima o la mezcla de RF o ambos antes de ser usados.

4.2 Propiedades

Las propiedades de los RF cruzan los límites entre un suelo y un concreto. El RF es fabricado a partir de materiales similares a los empleados en la producción de concreto y además su aplicación se realiza de manera similar a la del concreto. Pero una vez en

servicio, el RF posee características similares a las de los suelos. Las propiedades del RF están afectadas por las constituyentes de la mezcla y su dosificación. Dado que hay muchos factores que afectan el RF, puede existir en amplio rango de valores para las diferentes propiedades que se discuten a continuación

4.2.1 Propiedades plásticas

4.2.1.1 Fluidez

La fluidez es la propiedad que hace al RF único como material de relleno. Permite que el material se auto nivele, fluya dentro de un espacio vacío y lo llene, y que se auto compacte, sin necesidad de emplear el equipo convencional de aplicación y compactación. Esta propiedad representa la mayor ventaja del relleno fluido comparado con los materiales granulares de relleno que deben ser colocados en capas y compactados mecánicamente. Dada su similitud con el concreto y con materiales grout en su estado plástico, la fluidez se puede estudiar mejor en términos de la tecnología para concreto y grout.

Una consideración importante a tener en cuenta en el uso del RF altamente fluido, es la presión hidrostática que ejerce. Cuando la presión del fluido es una preocupación, el RF debe ser colocado en capas, permitiendo que cada capa endurezca antes de colocar la siguiente. Este procedimiento se debe realizar cuando se debe contener material o cuando los objetos que flotan tales como tuberías están embebidos en el RF.

La fluidez puede variar desde rígido hasta fluido dependiendo de los requerimientos. Los métodos para expresar la fluidez son:

Cono de Abrams (ASTM C143)

Cono de flujo (Corp of Engineers Spec. CDR-C611, o ASTM C-939)

Ensayo de flujo modificado con cilindro de extremos abiertos de 7.62x15.24cm.

Los intervalos de fluidez asociados con el ensayo de cono de Abrams pueden ser expresados así:

Baja fluidez: 15 cm o menos

Fluidez normal: entre 15 y 20 cm

Alta fluidez: más de 20 cm

El ensayo para determinar el flujo de grout, ASTM C-939, se utiliza en mezclas muy fluidas que contienen agregados de tamaño máximo 6.35mm. Se recomienda un tiempo de flujo de 30 ± 5 seg medidos por este método.

El ensayo modificado de flujo, utiliza un cilindro de 7.62x15.24 cm con un extremo abierto y se adapta mejor a las mezclas que contienen principalmente agregados finos. Para una buena fluidez el diámetro del material esparcido debe ser por lo menos de 20cm.

4.2.1.2 Segregación

La separación de los materiales de la mezcla puede ocurrir a niveles muy altos de fluidez cuando ésta es ocasionada principalmente por la adición de agua. Esta situación es parecida a la que se presenta con algunas mezclas de concreto altamente fluidas. Haciendo una dosificación adecuada que puede obtener un alto grado de fluidez sin segregación.

A fin de obtener una alta fluidez sin segregación, se requieren finos adecuados que provocan una buena cohesividad. Generalmente estos finos corresponden a cenizas

volantes aunque se han utilizado limos y otros finos no cohesivos hasta en 20% del total del agregado. Se deben evitar los agregados finos plásticos como la arcilla, porque pueden provocar resultados adversos como incremento de la retracción.

4.2.1.3 Contracción

La contracción tiene que ver con la reducción de volumen del RF a medida que elimina el agua contenida y el aire atrapado a través de la consolidación de la mezcla. El agua en exceso empleada para dar fluidez además de la requerida para consolidar e hidratar, es generalmente absorbida por los suelos de los alrededores o se elimina a través de la superficie como agua de exudación.

El valor típico de contracción se encuentra entre 3.1 y 6.35 mm por cada 30 cm de profundidad.

Este valor se encuentra generalmente para mezclas con un alto contenido de agua. Las mezclas con menores contenidos de agua poseen poca o ninguna contracción y los cilindros tomados para la evaluación de la resistencia no experimentan cambios en su altura desde el momento de su elaboración hasta el ensayo.

4.2.1.4 Tiempo de fraguado

El tiempo de fraguado es el periodo aproximado de tiempo requerido para que el RF pase de un estado plástico a un estado endurecido con suficiente resistencia para soportar el peso de una persona. Este tiempo está influenciado por la cantidad y velocidad de salida del agua. Cuando este exceso de agua deja la mezcla, las partículas sólidas se alinean en contacto íntimo y la mezcla se vuelve rígida. El tiempo de fraguado depende

en gran medida del tipo y calidad del cemento. Los factores normales que afectan el tiempo de fraguado son:

- Permeabilidad y grado de saturación del suelo de los alrededores que están en contacto con el RF.
- La fluidez del RF.
- La dosificación del RF.
- Temperatura de la mezcla y el ambiente.
- Humedad.
- Espesor del relleno.

El tiempo de fraguado puede ser tan corto como una hora, pero generalmente tarda de 3 a 5 horas bajo condiciones normales.

Se puede realizar el ensayo de penetración de acuerdo con la norma ASTM C 403 para medir el tiempo de fraguado o la capacidad de soporte aproximada del RF dependiendo del tipo de aplicación.

4.2.1.5 Bombeo

El RF puede ser bombeado. Al igual que un concreto, la dosificación es un factor crítico. Los espacios vacíos deben ser llenados adecuadamente con partículas sólidas para proveer la cohesividad adecuada para el transporte a través de la línea de bombeo, bajo presión y sin segregación. Un llenado inadecuado de los espacios vacíos resulta de una mezcla que puede segregarse en la bomba y causar el taponamiento de la línea. También es importante mantener un flujo continuo a través de la línea de bombeo. El flujo

interrumpido causa segregación, la cual a la vez restringe el flujo y puede resultar en taponamiento.

El RF con alto contenido de aire puede ser bombeado aunque se debe de tener la precaución de mantener presiones de bombeo bajas. Un incremento en las presiones de bombeo puede causar pérdidas del contenido de aire reduciendo la capacidad de bombeo de la mezcla.

La capacidad de bombeo se puede aumentar haciendo una buena dosificación que brinde un llenado adecuado de los espacios vacíos en la mezcla. Se puede adicionar cemento para ayudar a la capacidad de bombeo actuando como micro agregados que llenan los espacios vacíos. Sin embargo, cuando se adicionan materiales cementantes se debe tener cuidado en limitar el nivel de resistencia máxima, si se considera una excavación futura.

4.2.2 Propiedades en estado endurecido

4.2.2.1 Resistencia (Capacidad de soporte)

La resistencia a la compresión no confinada es una medida de la capacidad de Relleno Fluido para distribuir cargas. Una resistencia a compresión de 3,5 a 7 kg/cm² es equivalente a capacidad de soporte de un suelo bien compactado. Los métodos de curado que se especifican para el concreto no son esenciales para el Relleno Fluido.

Para aquellos proyectos en los que se requieren una futura excavación, se debe mantener la resistencia en un nivel bajo. Valores de resistencia a compresión para futura excavación se dan en la sección 4.2.5 de éste documento.

Las resistencias pueden clasificarse de acuerdo con su utilización (ver tabla # 4.1) Zanjas	5 kg/cm ²
Bases de andenes	Entre 10 y 20 kg/cm ²
Bases de pavimentos	Entre 21 y 85 kg/cm ²

Tabla # 4.1 Resistencia de acuerdo a su utilización.^{21/}

4.2.2.2 Densidad

Los valores normales de densidad de Relleno Fluido están en un intervalo de 1.842 a 2.322 kg/m³, los cuales son superiores que la mayoría de los materiales compactados. Utilizando otros agregados ligeros, cemento y agua se pueden obtener densidades entre 1.441-1.602 kg/m³.²²

4.2.2.3 Contracción

Cuando se utilizan materiales granulares compactados, normalmente se prestan asentamientos futuros, debido a deficiencias en los niveles de compactación. El Relleno Fluido no tiene asentamiento una vez se ha endurecido.

4.2.2.4 Permeabilidad

²¹ Según el Ing. Diego A. Jaramillo Porto, del Instituto Nacional del Cemento de Ecuador, 2001

²² ACI, comité ACI 229

La permeabilidad de la mayoría de los Rellenos Fluidos excavables es similar a la de los rellenos granulares compactados. Los valores típicos se encuentran en el intervalo de 10^{-4} a 10^{-5} cm/segundo. Las mezclas de Relleno Fluido con mayores resistencias y contenido de finos logran permeabilidades tan bajas como de 10^{-7} cm/segundo. La permeabilidad aumenta a medida que el contenido de material cementante se reduce y el de agregados aumenta (particularmente por encima del 80 por ciento). Los materiales que se emplean para reducir la permeabilidad, tales como la arcilla bentonítica y tierras diatomáceas, pueden afectar otras propiedades y deben ser ensayados y aprobados antes de su aplicación.

4.2.2.5 Excavabilidad

La retracción o agrietamiento no afecta el desempeño del Relleno Fluido en capas posteriores en una consideración importante en muchos proyectos. En general, el Relleno fluido con una resistencia a compresión menor de 7 kg/cm^2 se puede excavar manualmente. Para resistencias a la compresión de 7 a 21 kg/cm^2 deben utilizar equipos mecánicos tales como retroexcavadoras y de 21 a 85 kg/cm^2 se emplea aserrado y demolición. Los límites de la excavabilidad son arbitrarios dependiendo de la mezcla de Relleno Fluido.

Las mezclas que emplean altos grados de agregados gruesos pueden ser muy difíciles de remover manualmente aún con bajas resistencias. Las mezclas con agregados de relleno de sólo arena fina pueden ser excavadas con retroexcavadora aún si la resistencia es hasta de 21 kg/cm^2 . (ver fig. 4.1)

Cuando existe la preocupación de una excavación en el futuro, el tipo y cantidad de cemento es importante. Se ha obtenido un desempeño a largo plazo aceptable con contenidos de cemento de 24 hasta 60 kg/m³ con suelos limosos y arenosos. Cuando no se desea un incremento de la resistencia a largo plazo, el contenido de cal viva en las cenizas volantes por encima del 10 por ciento en peso puede no ser conveniente.

Dado que el Relleno Fluido continuará ganando resistencia más allá del período de prueba convencional de 28 días, se sugiere, especialmente para Relleno Fluido con alto contenido de cemento, que se realicen ensayos a mayores edades para estimar la excavabilidad potencial en el futuro.

A fin de mantener una baja resistencia a compresión se puede, además de limitar el contenido de cemento, utilizar aditivos inclusores de aire.



Fig. 4.1 Excavabilidad del RFRC a resistencias mayores de 21 kg/cm²

4.3 MEZCLADO, TRANSPORTE Y APLICACIÓN

4.3.1 Generalidades

El mezclado, transporte y aplicación del Relleno Fluido sigue generalmente los métodos y procedimientos dados en ACI 304. Sin embargo, otros métodos son aceptables si se cuenta con la experiencia y datos de desempeño previos. Sin importar los métodos y procedimientos utilizados, el criterio principal es que el Relleno Fluido sea uniforme, consistente y que cumpla con los requisitos del proyecto.

4.3.2 Mezcla

El Relleno Fluido se produce en plantas de concreto premezclado y si es producido en bajas cantidades, se puede elaborar en concretaras de una bolsa (ver fig. 4.2) además se transporta en camiones mezcladores y/o agitadores (ver fig. 4.3).

La dosificación y comercialización del Relleno Fluido se debe realizar por peso y no por volumen. Similar a lo utilizado para el concreto.



Fig. 4.2 Mezcladora de una bolsa para volúmenes pequeños de RFRC elaborados en campo.



Fig. 4.3 Camión mezclador empleado para volúmenes grandes de RFRC y transporte desde planta de fabricación hasta la obra.

4.3.3 Transporte

Las mezclas del Relleno Fluido se transportan en camiones mezcladores (ver fig. 22). Se requiere que la mezcla de Relleno Fluido sea agitada constantemente durante el transporte y el tiempo de espera para mantener el material en suspensión. Bajo algunas circunstancias el Relleno Fluido ha sido transportado en distancias cortas sin equipo de agitación en volquetas. Los camiones agitadores aunque proveen alguna acción de mezclado no previenen el asentamiento de material sólido.

El Relleno Fluido ha sido transportado eficientemente por bombeo (ver fig. 4.4) y por banda transportadora.

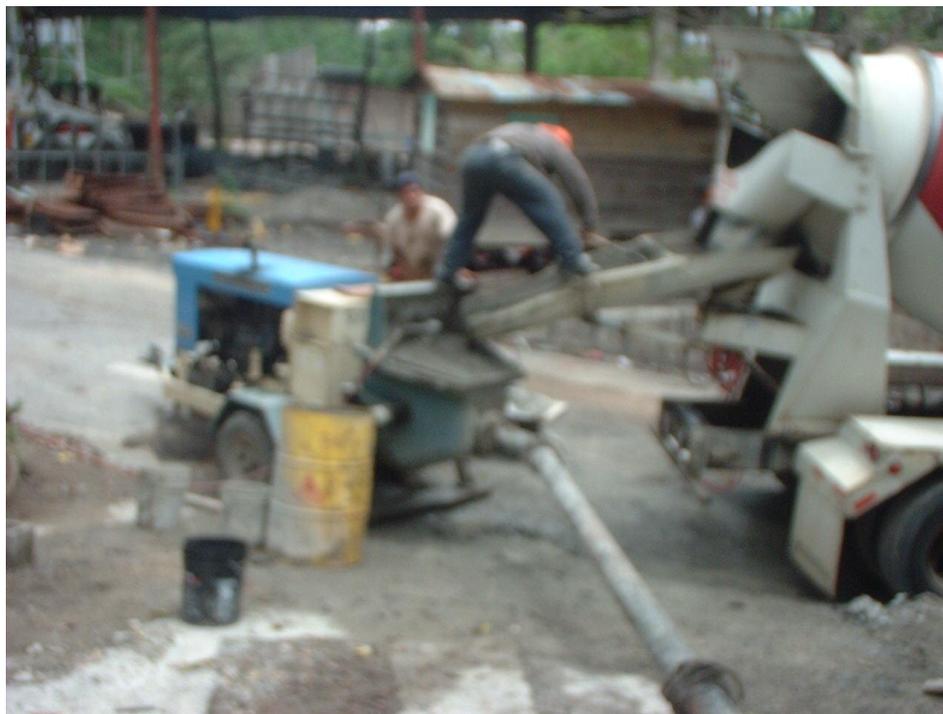


Fig. 4.4 Bomba utilizada para transportar concreto empleada de igual forma para el transporte del RFRC.

4.3.4 Colocación

El Relleno Fluido puede ser colocado por medio de una rampa, carretas de mano, bandas, baldes, o bombas dependiendo de la aplicación y accesibilidad (ver fig. 4.5, 4.6 y 4.7). No se requiere vibración interna ni compactación puesto que el relleno fluido se consolida bajo su propio peso.

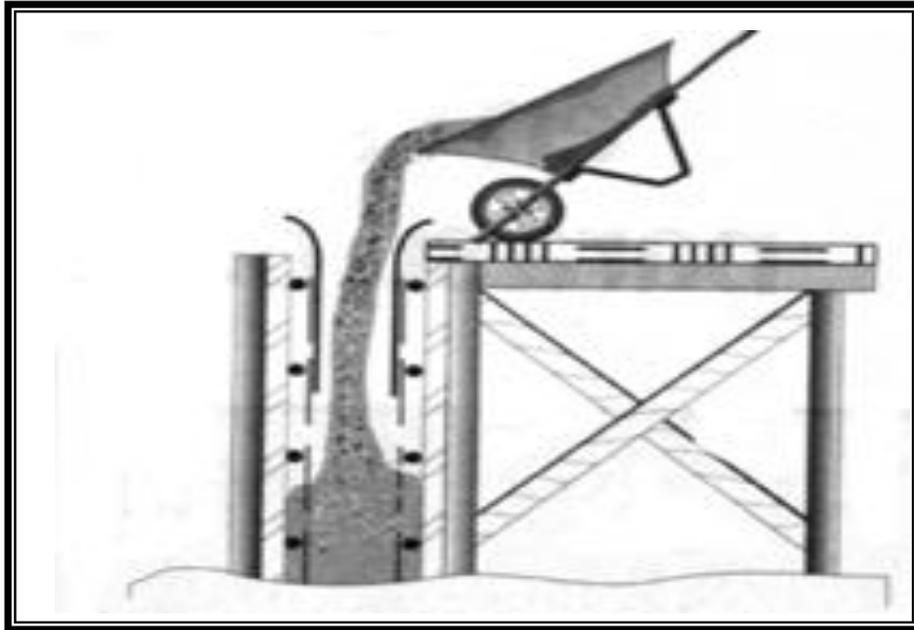


fig. 4.5 Colado de una pila a base de RFRC

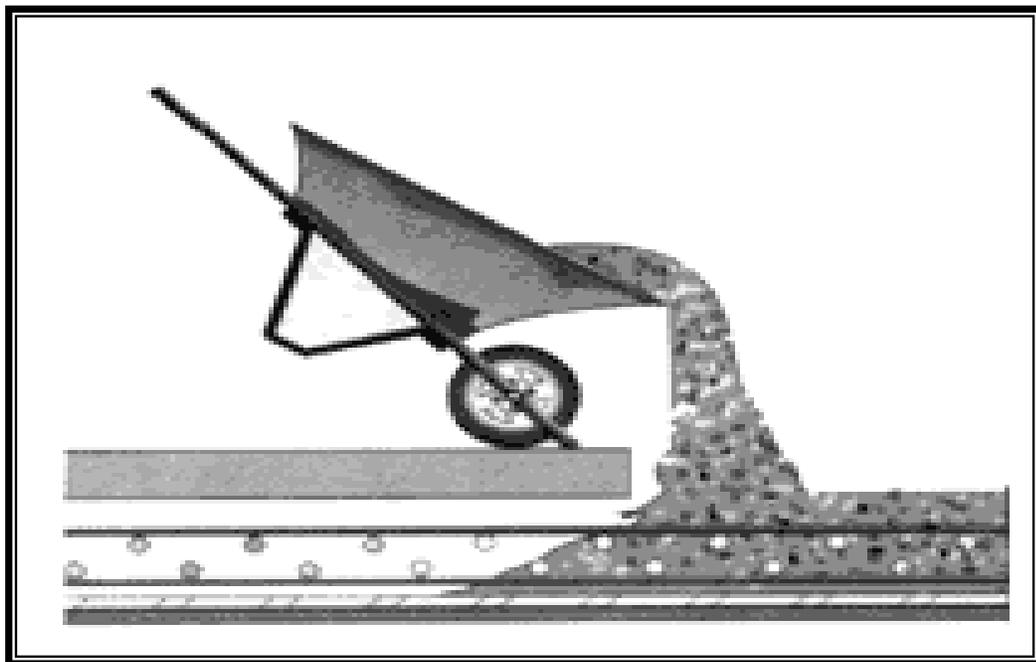


fig. 4.6 Colado de base para pavimento

Para las camas de tuberías, el RF puede ser aplicado en capas para prevenir que la tubería flote. Se debe dejar que cada capa endurezca antes de aplicar la siguiente. Otros métodos de prevenir la flotación incluyen la colocación de sacos de arena sobre la tubería, cintas alrededor de la tubería para anclarla al suelo o el uso de RF de rápida colocación ubicado en lugares estratégicos sobre la tubería.

El RF no es auto soportante y adiciona carga sobre la tubería. Cuando se tienen tuberías largas y flexibles, el RF debe ser aplicado en capas para que se desarrolle un soporte lateral a lo largo de la tubería antes de colocar el Relleno Fluido fresco sobre la tubería. El relleno de muros de contención también requiere que el Relleno Fluido sea colocado en capas de modo que se prevenga una sobrecarga del muro.

El Relleno Fluido se puede colocar directamente sobre el agua sin que ocurra segregación. En áreas confinadas el Relleno Fluido desplaza el agua hacia la superficie donde puede ser removida fácilmente. Dada su alta fluidez, el Relleno puede fluir grandes distancias para llenar espacios vacíos y cavidades de difícil acceso. Los espacios vacíos no necesitan limpieza pues la lechada llena las irregularidades y encapsula cualquier material suelto.

4.4 CONTROL DE CALIDAD

4.4.1 Generalidades

La extensión del programa de control de calidad para RF varía de acuerdo con la experiencia previa, aplicación, materia prima y nivel de calidad deseado. Un programa de control de calidad puede ser tan simple como una inspección visual de todo el trabajo



Fig 4.7 Transporte y colocación del RFRC con camión mezclador

cuando se emplean mezclas normalizadas y ensayadas. Cuando se hace una aplicación crítica, los materiales no están normalizados o cuando la uniformidad del producto es cuestionada, es apropiado efectuar ensayos de consistencia y resistencia.

Las propiedades tanto en servicio como en la mezcla pueden ser medidas para evaluar la consistencia y desempeño de la mezcla. En la gran mayoría de proyectos, el Relleno Fluido se ensaya previamente, utilizando las materias primas para desarrollar un diseño de mezcla que tenga ciertas características plásticas (fluidez, consistencia, peso unitario) y de fraguado (resistencia, durabilidad, permeabilidad). Una vez realizado el programa de ensayo inicial, los ensayos de campo pueden consistir en simples inspecciones

visuales o pueden incluir mediciones de consistencia o ensayos de resistencia a compresión.

Es responsabilidad del productor determinar un programa apropiado que asegure que el producto sea adecuado para el uso que se requiere. Los siguientes procedimientos y métodos de ensayo han sido utilizados para evaluar las mezclas de Relleno Fluido.

4.4.2 Consistencia y Masa Unitaria

Dependiendo de los requerimientos de aplicación y colocación, las características de flujo pueden ser importantes. La consistencia del Relleno Fluido puede variar considerablemente desde el plástico a fluido, por lo tanto se puede realizar varios métodos de medición.

La mayoría de las mezclas de relleno fluido se desempeñan bien bajo condiciones variables de flujo y masa unitaria. A continuación se describen los métodos que se pueden utilizar para medir la consistencia y la masa unitaria del Relleno Fluido (ver tabla # 4.2).

Procedimientos de ensayo para determinar la consistencia y masa unitaria del Relleno Fluido.

4.4.3 Ensayos de resistencia

El Relleno Fluido se puede utilizar en una gran variedad de aplicaciones que requieren diferentes características de soporte de carga. Se deben identificar las cargas máximas que deberá soportar el Relleno Fluido para poder ser limitado en su resistencia máxima, sobre todo, cuando se requiere una futura excavación o remoción del material.

CONSISTENCIA

Mezclas Fluidas

ASTM C-939 “Flujo de grout con agregado precolodado”

Se recomienda un tiempo de flujo de 30seg. \pm 5seg. Estos se recomiendan para mezclas de Relleno Fluido que contengan agregados mayores a 6 mm.

❖ **Fluido Modificado**

Este procedimiento consiste en colocar un cilindro vertical de extremos abiertos de 7.62 cm de diámetro por 15.24 cm de alto sobre una superficie nivelada, para luego llenarla por el extremo superior con el Relleno Fluido. Luego se levanta el cilindro para dejar que el material fluya sobre la superficie nivelada. Un buen flujo se logra cuando no se observa segregación y el material esparcido tiene por lo menos 20 cm de diámetro.

❖ **Cuerpo de Ingenieros CRD- C611 “Métodos de ensayo para flujo de grout”**

Se recomienda un tiempo de flujo para el mortero de aproximadamente 12 segundos. La medida de flujo se hace con material que pasa por el tamiz de 6.35 mm.

Mezclas Plásticas

NTC 396 “Asentamiento de concreto de cemento Pórtland”

El rango de asentamiento recomendado para mezclas plásticas es entre 15 y 20 cm.

MASA UNITARIA

❖ **NTC 1926 “Masa unitaria, tensión de fluencia y contenido de aire de concreto”**

ASTM d4380 “Densidad de lechadas bentonóticas”

Este ensayo no se recomienda para Relleno Fluido que contenga agregados mayores a 6.35 mm.

Tabla # 4.2 Consistencia y masa unitaria del Relleno Fluido

La resistencia del relleno fluido puede ser medida por varios métodos. Los más comunes son los ensayos de resistencia a compresión no confinada, sin embargo otros métodos tales como el penetrómetro o los ensayos de plato de carga se pueden utilizar.

Los espécimen para el ensayo pueden variar en tamaño desde cubos de 2x2x2 pulg hasta cilindros de 4x8 pulg y 6x12 pulg (de diámetro y altura respectivamente). Es necesario tener especial cuidado al remover las mezclas de Relleno Fluido de muy baja resistencia de los moldes de ensayo.

CAPITULO V

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ESPECIMENES

REALIZADOS.

5.1. Pruebas:

Para poder realizar esta investigación, se seleccionaron dos bancos de préstamo, de tal manera que se tuviera un banco de préstamo de arena limosa y un banco de préstamo de limo arenoso, cumpliéndose de esta manera con la delimitación de nuestra investigación. A los bancos de préstamo antes mencionados se les realizó pruebas de laboratorio tales como los límites de consistencia (límites de Atterberg) y los análisis granulométricos; dichas pruebas proporcionan datos básicos para clasificar un suelo de acuerdo con los métodos SUCS y AASHTO. Así también se realizaron ensayos de laboratorio para poder determinar la resistencia a la compresión, flexión y tensión de los RFRC en proporciones establecidas en el planteamiento del problema.

5.1.1 Pruebas Realizadas.

Las pruebas realizadas a los suelos en estudio fueron las siguientes:

- ❑ Clasificación manual visual (de acuerdo a la norma ASTM D-2488)
- ❑ Análisis granulométrico (de acuerdo a la norma ASTM D-422)
- ❑ Límites de consistencia (de acuerdo a la norma ASTM D-243 y D-424)

Las pruebas se realizaron de la siguiente manera:

➤ Reconocimiento o exploración: para poder determinar que bancos de préstamo se podrían emplear en el desarrollo de nuestra investigación fue necesario realizar una exploración o reconocimiento de diferentes lugares de nuestro país; entre los cuales se visitaron los siguientes lugares:

- ❁ Carretera que conduce a Quezaltepeque km , a la altura de Nejapa, contiguo al pozo # 8 de anda.
- ❁ Carretera CA-8 Armenia, municipio de Sonsonete.
- ❁ Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador (Comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa, Km 34.
- ❁ 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

A los bancos de préstamo antes mencionados se les realizó un análisis manual visual IN SITU, con el objeto de determinar de manera rápida de que tipo de suelo se trataba.

➤ Clasificación visual manual: esta prueba se llevó a cabo de acuerdo a los lineamientos establecidos por la ASTM en su designación ASTM D-2488, de lo cuál se obtuvo lo siguiente:

- ❁ Para el banco de préstamo ubicado en la carretera que conduce a Quezaltepeque, a la altura de Nejapa, contiguo al pozo # 8 de ANDA, mediante el análisis visual manual se determinó que era una arena limosa color café claro no plástica sana (aparentemente libre de materia orgánica).

- ❁ Para el banco de préstamo localizado en Armenia, municipio de Sonsonate, se estableció que el suelo que posee este banco de préstamo es un limo arenoso, color amarillo no plástico sano (aparentemente libre de materia orgánica).
- ❁ El banco de préstamo carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador (Comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa, Km 34, se pudo determinar que el suelo presente en este lugar era una arena limosa color roja no plástica sana (aparentemente libre de materia orgánica).
- ❁ El suelo ubicado en el banco de préstamo localizado en 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador. que era un limo color amarillo no plástico sano (aparentemente libre de materia orgánica).

Después de haber finalizado la clasificación visual manual de los diferentes lugares visitados, se eligieron dos bancos de préstamo con el objeto de tener dos tipos de suelo (arena limosa SM y un limo arenoso); que es lo establecido en nuestras delimitaciones, sin elecciones arbitrarias se tomaron los siguientes bancos de préstamo para poder desarrollar nuestra investigación:

- ❖ Banco # 1: Carretera al aeropuerto internacional de El Salvador, ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34 (ver fig. 5.1 a y b).

(Banco que corresponde a un corte mayor de 15m profundidad a la cual el contenido de materia orgánica es inexistente.^{23/})

²³ Ing Miguel Ángel Landaverde, jefe del departamento de geotecnia de la UES.

❖ Banco # 2: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador..

(Banco que corresponde a un corte mayor de 2.0m, profundidad a la cual el contenido de materia orgánica es inexistente^{1/})



Figura 5.1 a



Figura 5.1 b
 Banco # 1: Carretera al aeropuerto internacional de El Salvador,
 ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34

- Muestreo: mediante la realización de este ensayo, se determinó la cantidad de suelos necesaria para la realizarle las pruebas de laboratorio, y de esta manera establecer si son adecuados para ser empleados en nuestro trabajo de investigación, concluyéndose que se necesitaba una cantidad de 20kg de cada suelos para poder determinar la calidad de los mismos.
- Análisis granulométrico: este análisis se realizó a los suelos de los dos sitios empleados como bancos de préstamo, de los cuáles los resultados de la

granulometría del banco de préstamo # 2, 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador. se muestra en la tabla 5.1 y en la grafica 5.1

75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ENSAYO GRANOLUMETRICO
ASTM C 4222-90**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETRO DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESRA # 1

PROFUNDIDAD: 2.0MT

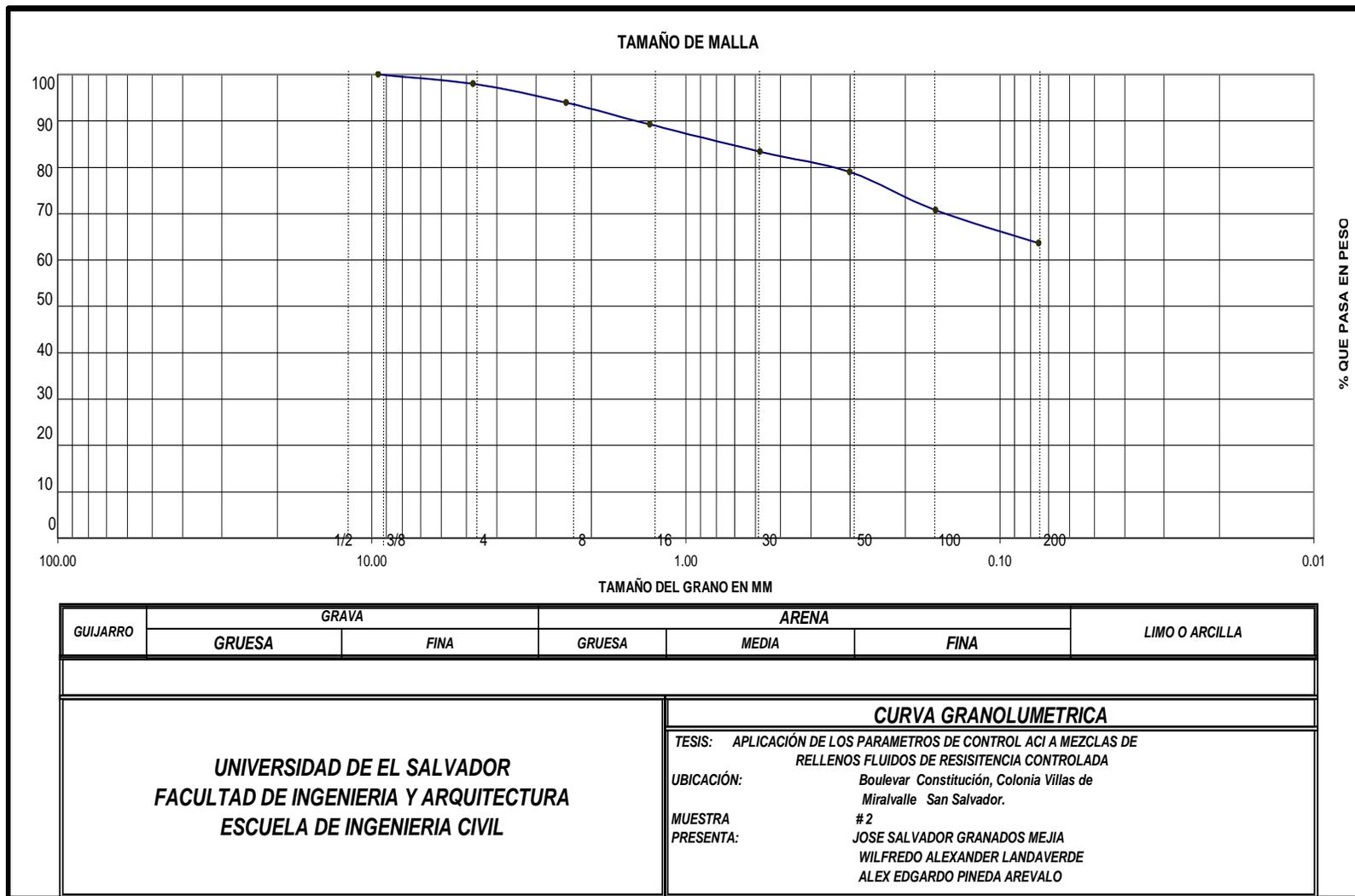
FECHA:10/2/2003

PESO NETO: 500GR

MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
		PARCIAL	ACUMULADO	
3/8	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	9.40	1.88	2	98
N° 8	21.10	4.22	4	94
N° 16	23.40	4.68	5	89
N° 30	29.40	5.88	6	83
N° 50	21.82	4.36	4	79
N° 100	41.18	8.24	8	71
N° 200	35.70	7.14	7	64
PASA N° 200	318.00	63.60	64	0
SUMA	500.00			

**OBSERVACIONES: La cantidad de material que pasa la malla # 200
fue determinado por lavado.**

Grafica 5.1 "Grafica granulometrica del banco de prestamo # 2"
75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.



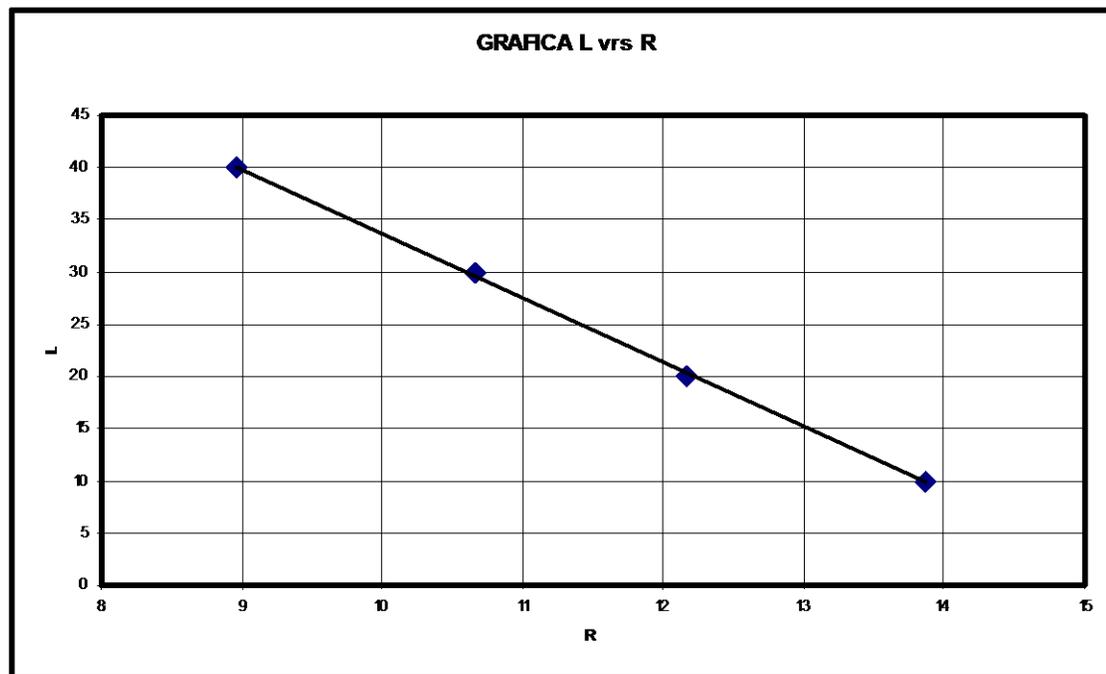
Dado que más del 50% del material pasa la malla # 200, fue necesario realizarle un análisis granulométrico mediante el método de sedimentación, haciendo uso del método del hidrómetro; resultados que se muestran a continuación:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
(MÉTODO DEL HIDRÓMETRO ASTM D421 Y D422)

Calibración del hidrómetro (ver tabla 5.2 y grafica 5.2)

R	L
10	13.86
20	12.16
30	10.66
40	8.96

Tabla 5.2



Grafica 5.2

Corrección por defloculante (silicato de sodio).

Corrección por defloculante = 0.0

Corrección por menisco.

Corrección por menisco = -1.0

Obtención de la gravedad específica.

a)

de matraz = 1

T°C = 23.5°C

$W_F = 186.9\text{gr}$

$W_{F+A} = 474.8\text{gr}$

$W_{F+A+S} = 574.7\text{gr}$

$W_S = W_{F+A+S} - W_{F+A} = 574.7\text{gr} - 474.8\text{gr} = 99.9\text{gr}$

$W_{F+A+S}(\text{aforado}) = 741.8\text{gr}$

$W_{F+A}(\text{tomado de la carta de calibración}) = 685.3\text{gr}$

$$s_s = \frac{(w_s)}{W_s + W_{f+a(\text{carta de calibración})} - W_{f+s+a(\text{aforado})}} * 100$$

$$s_s = \frac{(99.9\text{gr})}{99.9\text{gr} + 685.3\text{gr} - 741.8\text{gr}} * 100$$

$$s_s = 2.302$$

b)

de matraz = 2

$$T^{\circ}\text{C} = 23.5^{\circ}\text{C}$$

$$W_{\text{F}} = 171.0\text{gr}$$

$$W_{\text{F+A}} = 447.8\text{gr}$$

$$W_{\text{F+A+S}} = 545.0\text{gr}$$

$$W_{\text{S}} = W_{\text{F+A+S}} - W_{\text{F+A}} = 545.0\text{gr} - 447.8\text{gr} = 97.2\text{gr}$$

$$W_{\text{F+A+S (aforado)}} = 726.6\text{gr}$$

$$W_{\text{F+A (tomado de la carta de calibración)}} = 670.7\text{gr}$$

$$s_s = \frac{(w_s)}{w_s + w_{f+a(\text{carta de calibración})} - w_{f+s+a(\text{aforado})}} * 100$$

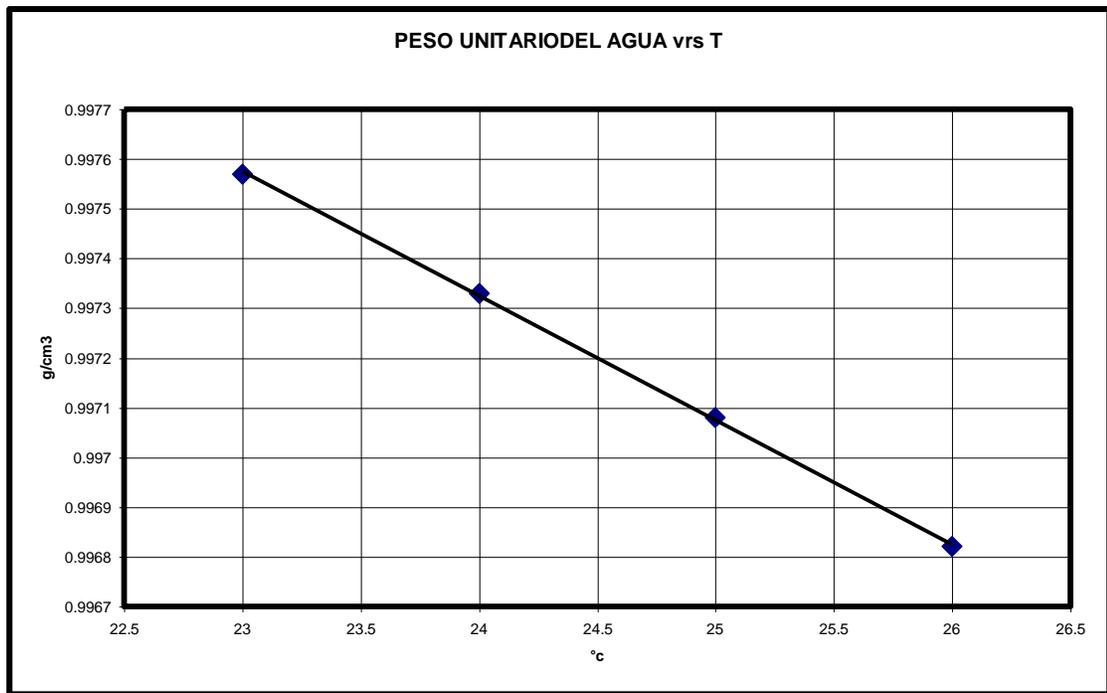
$$s_s = \frac{(97.7\text{ gr})}{97.7\text{ gr} + 670.7\text{ gr} - 726.6\text{ gr}} * 100$$

$$s_s = 2.354$$

Dado que los ensayos no fueron realizados a la temperatura de 20°C es necesario corregir los valores de la Ss obtenida, valores que se muestran en la tabla 5.3 y la gráfica 5.3.

temperatura	Peso unitario del Agua (gr/cm ³)	Viscosidad del agua (poises)
4	1.00000	0.01567
16	0.99897	0.01111
17	0.99880	0.01083
18	0.99862	0.01056
19	0.99844	0.01030
20	0.99823	0.01005
21	0.99802	0.00981
22	0.99780	0.00958
23	0.99757	0.00936
24	0.99733	0.00914
25	0.99708	0.00894
26	0.99682	0.00874
27	0.99655	0.00855
28	0.99627	0.00836
29	0.99589	0.00818
30	0.99568	0.00801

Tabla 5.3. Propiedades del agua destilada.



Grafica 5.3. Peso unitario del agua a diferentes temperaturas.

Error:

$$E = \frac{2.354}{2.302} = 1.02 \leq 1.02 \text{ OK.}$$

$$\frac{(\alpha - 0.9991)}{(24 - 23.5)} = \frac{(0.9993 - 0.9991)}{(24 - 23)}$$

$$\alpha = 0.9992$$

$$S_{s1 \ 20 \ ^\circ\text{C}} = S_{s1} * \alpha = 2.302 * 0.9992 = 2.300$$

$$S_{s2 \ 20 \ ^\circ\text{C}} = S_{s2} * \alpha = 2.354 * 0.9992 = 2.352$$

$$S_{S \text{ PROM}} = \frac{S_{s1 \ 20} + S_{s2 \ 20}}{2} = \frac{2.300 + 2.352}{2}$$

$$S_{S \text{ PROM}} = 2.320$$

La tabla 5.4 muestran los resultados obtenidos del análisis de la parte fina del suelo de villas de Miralvalle (75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle,), de igual forma, en la grafica 5.4 se muestra la curva granulométrica tanto de la parte fina, como de la parte gruesa de dicho banco de préstamo.

Tabla 5.4 Granulometría de la parte fina de 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle,

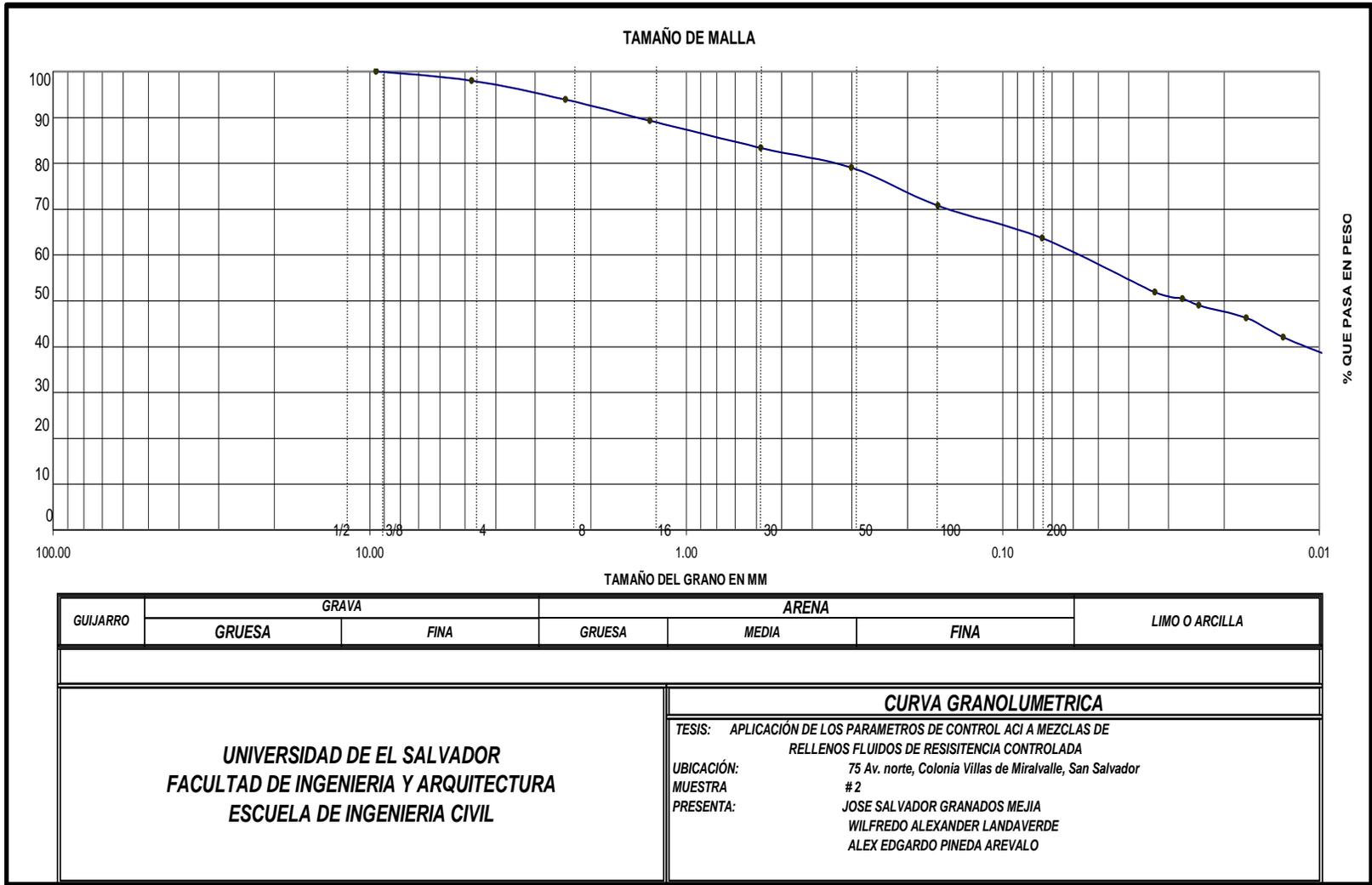
RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DEL HIDRÓMETRO

BANCO # 2: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle,

CLASIFICACIÓN DEL SUELO : LIMO ARENOSO (ML)

Fecha	Hora de lectura	Tiempo transcurrido (minutos)	Temperatura (°C)	Lectura real del Hidrómetro (Ra)	Lectura corregida del Hidrómetro (Rc)	Porcentaje mas fino	porcentaje mas fino (referido a la muestra total)	Hidrómetro corregido por menisco	L	L/T	K	D (mm)
15/05/2003	9.05am	2	24.0	36	37.00	80.98	51.83	35	9.78	4.89000	0.015	0.0330
15/05/2003	9.06am	3	24.0	35	36.00	78.79	50.43	34	9.94	3.31333	0.015	0.0270
15/05/2003	9.07am	4	24.0	34	35.00	76.6	49.02	33	10.1	2.52500	0.015	0.0240
15/05/2003	9.11am	8	24.0	32	33.00	72.23	46.23	31	10.43	1.30375	0.015	0.0170
15/05/2003	9.18am	15	24.0	29	30.00	65.66	42.02	28	10.92	0.72800	0.015	0.0130
15/05/2003	9.33am	30	24.0	26	27.00	59.09	37.82	25	11.41	0.38033	0.015	0.0093
15/05/2003	10.03am	60	24.5	24	25.30	55.37	35.44	23	11.74	0.19567	0.014	0.0088
15/05/2003	11.03am	120	24.5	22	23.30	51	32.64	21	12.1	0.10083	0.014	0.0044
15/05/2003	1.03pm	240	25.5	19	20.65	45.2	28.93	18	12.55	0.05229	0.014	0.0032
15/05/2003	4.03am	420	25.5	17	18.65	40.82	26.12	16	12.88	0.03067	0.014	0.0025
16/05/2003	9.00am	1440	25.0	16	17.30	37.86	24.23	15	13.04	0.00906	0.015	0.0020
17/05/2003	9.00am	2880	24.5	15	16.30	35.68	22.84	14	13.26	0.00460	0.015	0.0010
18/05/2003	9.00am	4320	25.0	14	15.30	33.49	21.43	13	13.37	0.00309	0.014	0.0008

Grafica 5.4 "Grafica granulometrica de las particulas Gruesas mas las particulas Finas del banco de prestamo # 2"
75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle,



De la grafica 5.4 se obtuvo el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura para este suelo, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

$$D_{10} = 0$$

$$D_{30} = 0.0035$$

$$D_{60} = 0.075$$

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$Cu = \frac{0.075}{0.000}$$

$$Cu = 0$$

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}}$$

$$Cc = \frac{(0.0035)^2}{0.00 * 0.075}$$

$$Cc = 0$$

A continuación se presenta en la tabla 5.5 y la grafica 5.5 los resultados obtenidos del banco de préstamo # 1 (Carretera al aeropuerto internacional de El Salvador, ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34)

Tabla # 5.5 Granulometría de Carretera al aeropuerto internacional de El Salvador, ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ENSAYO GRANOLUMETRICO
ASTM C 4222**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: Carretera al aeropuerto internacional de El
Salvador, ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km
MUESTRA # 1 PROFUNDIDAD: 15.0MT**

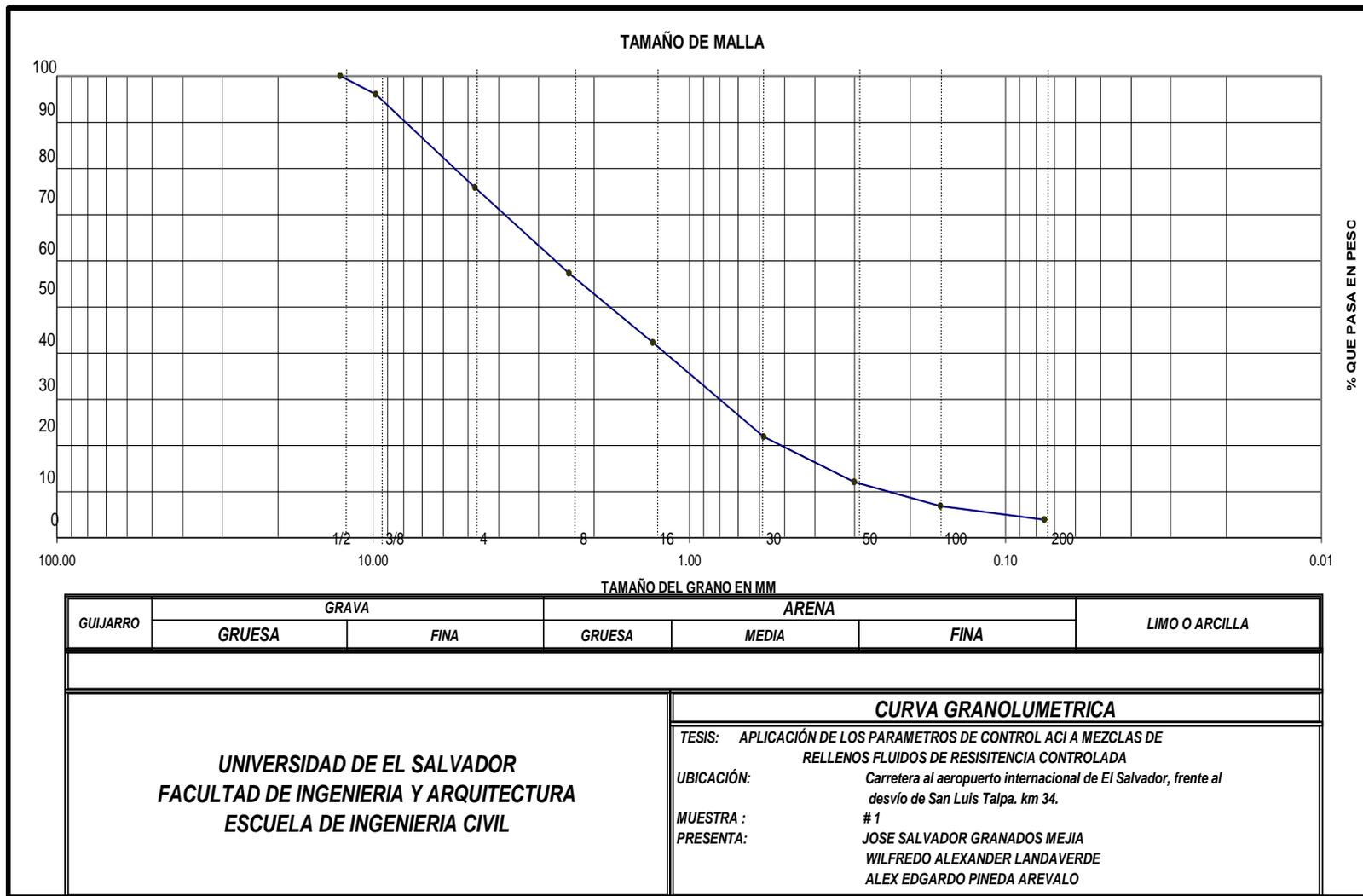
FECHA:10/2/2003

PESO NETO: 500GR

MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO			% ACUMULADO QUE PASA
		PARCIAL		ACUMULADO	
1/2	0	0	0	0	100
3/8	20.00	4.00	4	4	96
N° 4	100.75	20.15	20	24	76
N° 8	92.80	18.56	19	43	57
N° 16	75.10	15.02	15	58	42
N° 30	102.10	20.42	20	78	22
N° 50	49.30	9.86	10	88	12
N° 100	25.57	5.11	5	93	7
N° 200	14.98	3.00	3	96	4
PASA N° 200	19.40	3.88	4	100	0
SUMA	500.00				

OBSERVACIONES:

Grafica 5.5 "Grafica granulometrica del banco de prestamo # 1"
Carretera al aeropuerto internacional de El Salvador, ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34



De la grafica anterior (Grafica 5.5) se procedió a calcular el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura para este tipo de suelo, obteniéndose lo siguiente:

$$D_{10} = 0.23$$

$$D_{30} = 0.80$$

$$D_{60} = 2.4$$

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$Cu = \frac{2.4}{0.23}$$

$$C_u = 10.43$$

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}}$$

$$Cc = \frac{(0.80)^2}{0.23 * 2.4}$$

$$Cc = 1.16$$

- Límites de Atterberg: las muestras (muestras obtenidas mediante muestreo) de suelo obtenidas tanto del banco de préstamo # 1 (Carretera al aeropuerto internacional de El Salvador, ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34) como del banco de préstamo # 2 (75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle), no presentaban plasticidad, por lo cual fue imposible desarrollar dichos límites.

- Contenido de materia orgánica: esta prueba no se realizó durante este trabajo, ya que el banco de préstamo # 1 (Carretera al aeropuerto internacional de El Salvador, ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34) era un corte de aproximadamente 15 mt (ver Fig. 5.1 a), profundidad a la cual el contenido de materia orgánica es inexistente, de igual manera ocurrió con el banco de préstamo # 2 (75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle) que también era un corte mayor de 2 mt.
- Clasificación:

Banco de préstamo # 1: Carretera al aeropuerto internacional de El Salvador, ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34

a) SUCS

- Es un suelo grueso, ya que más del 50% del material fue retenido en la malla # 200 (96%)
- Es una arena, puesto que más del 50% del material fue pasa la malla # 200, y que a la vez pasó la malla # 4.
- El 4% del material que paso la malla # 200 no presenta plasticidad y que pueden ser clasificados como limos inorgánicos
- $C_u = 10.43$ $C_u > 4$
- $C_c = 1.16$ $C_c > 1$ y < 3

Este suelo, se clasifica como una Arena limosa color rojo sin plasticidad bien graduado.

b) AASHTO

Dado que los límites de Atterberg no se pudieron desarrollar para este suelo porque no presentaban plasticidad alguna, es imposible determinar con exactitud a que grupo pertenece, sin embargo podemos decir que este suelo puede pertenecer a los grupos A-1, A-2 Y A-3, ya que más del 35% del material fue retenido en la malla # 200. (96%)

Banco de préstamo # 2: (75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle)

a) SUCS

- Es un suelo fino, ya que más del 50% del material pasa la malla # 200 (64%)
- Es un suelo fino (limo o arcilla), puesto que más del 50% del material pasa la malla # 200.
- De este material se retuvo el 2% en la malla # 4.
- No se detectó la presencia de materia orgánica en el suelo, así como también hubo ausencia de plasticidad en ellos, por lo que no se les pudieron realizar los límites de consistencia.
- De la curva granulométrica fue imposible determinar los coeficientes de uniformidad y de curvatura.

Este suelo lo clasificamos como limo arenoso color amarillo sin plasticidad mal graduado

b) AASHTO

Dado que los límites de Atterberg no se pudieron desarrollar para este suelo porque no presentaban plasticidad alguna, es imposible determinar con exactitud a que grupo

pertenece, sin embargo podemos decir que este suelo puede pertenecer a los grupos A-4, A-5, A-6, A-7, A-7.5Y A-7.6 , ya que más del 35% del material pasa la malla # 200 (64%).

5.1.2 ELABORACIÓN DE LA MEZCLA:

Parámetros necesarios para el diseño de la mezcla:

- a) Peso volumétrico seco suelto
- b) Humedad natural del suelo
- c) Porcentajes de agua

a) Cálculo del Peso volumétrico seco suelto (PVSS).

$$PVSS = \frac{\text{Peso del material}}{\text{volumen del material}}$$

Banco de préstamo # 2: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle

Recipiente:

$$\text{Alto: } h = 15.24 \text{ cm}$$

$$\text{Diámetro: } d = 15.24 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= \frac{\pi}{4} * d^2 * h \\ &= \frac{\pi}{4} * (15.24 \text{ cm})^2 * 15.24 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Volumen} = 2780.01 \text{ cm}^3$$

Peso del suelo seco suelto = 3028.82gr

$$PVSS = \frac{3028.82 \text{ gr}}{2780.01 \text{ cm}^3}$$

$$PVSS = 1.0895 \text{ gr/cm}^3$$

Banco de préstamo # 1: Carretera al aeropuerto internacional de El Salvador,

ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34

$$PVSS = 0.9584 \text{ gr/cm}^3$$

b) Cálculo del contenido de humedad natural del suelo ($\omega\%$). (Tablas 5.6 y 5.7)

El contenido de humedad se determinó mediante la siguiente expresión:

$$\omega\% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde: W_w = peso de agua

W_s = peso de suelo seco

$\omega\%$ = contenido de humedad natural del suelo.

Muestra	1	2	3
Peso húmedo + tara (gr)	93.3	99.1	100.4
Peso de tara (gr)	10.1	9.8	9.6
Peso seco + tara (gr)	87.8	93.6	94.4
Peso seco (gr)	77.7	83.8	84.8
Peso de agua (gr)	5.5	5.5	6.0
$\omega\%$	7.08	6.56	7.08
$\omega\%$ (promedio)	6.91		

Tablas 5.6 Banco de préstamo #1:
Carretera al aeropuerto internacional de El Salvador,
ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34

Muestra	1	2	3
Peso húmedo + tara (gr)	96.4	102.1	107.7
Peso de tara (gr)	9.8	9.3	9.6
Peso seco + tara (gr)	91.4	97.4	101.6
Peso seco (gr)	81.6	88.1	92.0
Peso de agua (gr)	5.0	4.7	6.1
$\omega\%$	6.13	5.33	6.63
$\omega\%$ (promedio)	6.03		

Tablas 5.7 Banco de préstamo #2:
75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle

c) Porcentaje de agua (contenido de agua de la mezcla).

El porcentaje de agua necesario para darle una trabajabilidad a la mezcla de suelo cemento semi fluido (entre 6 y 8 pulgadas de revenimiento) para los dos bancos de préstamo utilizados, fue determinado haciendo uso del cono de revenimiento conocido también como cono de Abrams. Este es un método se describe en la sección 2.4.1.2

Diseño de la mezcla.

Banco de préstamo # (2): 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle

.Tipo de suelo: Limo arenoso inorgánico ML

Proporción volumétrica: 1:10

Revenimiento: 6½

% de agua: 31.25% (con respecto al volumen total de la muestra elaborada en la obra)

Peso del suelo seco suelto: 1089.5 kg/m³.

Contenido de humedad natural del suelo: 6.03%

Tipo de cemento: CESSA PÓRTLAND ATM C-595

❖ Determinación del porcentaje de cemento en volumen.

1 bolsa de cemento = 0.0283m³

Peso de una bolsa de cemento = 42.5kg

Volumen de suelo = 0.0283 m³ x 10 = 0.283 m³

Peso de suelo = volumen de suelo x peso de suelo seco suelto

= 0.283 m³ x 1089.5 kg/m³.

= 308.33kg.

$$\% \text{ de cemento} = \frac{\text{Peso de cemento}}{\text{Peso de suelo}} * 100$$

$$\% \text{ de cemento} = \frac{42.5\text{kg}}{308.33} * 100$$

$$\% \text{ de cemento} = 13.78\%$$

❖ **Peso de suelo seco**

Realizando el diseño para un peso húmedo de suelo de 250kg

$$\text{Peso de suelo seco} = \frac{\text{Peso de suelo humedo}}{1 + \text{Humeda natural}}$$

$$\text{Peso de suelo seco} = \frac{250\text{kg}}{1 + 0.0603}$$

$$\text{Peso de suelo seco} = 235.78\text{kg}$$

❖ **Peso de cemento:**

Pesos de cemento = % de cemento x peso de suelo

$$= 0.1378 \times 235.78\text{kg}$$

Peso de cemento = 32.49kg.

❖ **Peso seco de la mezcla.**

Peso seco de la mezcla = peso del cemento + peso del suelo seco

$$= 32.49\text{kg} + 235.78\text{kg}$$

Peso seco de la mezcla = 268.27kg.

❖ Cálculo del agua para la mezcla.

$$\text{Peso del agua} = \frac{\% \text{ de agua} * \text{Peso seco de la mezcla}}{100 - \% \text{ de agua}}$$

$$\text{Peso del agua} = \frac{31.25 * 268.27}{100 - 31.25}$$

$$\text{Peso del agua} = 121.94\text{kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua a añadir} &= \text{Peso de agua} - \left(\frac{\text{Peso del suelo seco} * \text{humeda}}{100} \right) \\ &= 121.94\text{kg} - \left(\frac{235.78\text{kg} * 6.03}{100} \right) \end{aligned}$$

$$\text{Agua a añadir} = 107.72\text{kg}$$

❖ Porcentajes de la mezcla en peso.

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= \text{Peso de cemento} \times \frac{100 - \% \text{ de agua}}{\text{Peso seco de la mezcla}} \\ &= 32.49 \times \frac{100 - 31.25}{268.27} \end{aligned}$$

$$\text{Cemento} = 8.33\%$$

❖ Suelo.

$$\text{Suelo} = 100 - \% \text{ de agua} - \% \text{ de cemento}$$

$$= 100 - 31.25 - 8.33$$

$$\text{Suelo} = 60.42\%$$

❖ Agua = 31.25%

❖ Relación agua/cemento

$$\frac{A}{C} = \frac{\% \text{ de agua}}{\% \text{ de cemento}}$$

$$\frac{A}{C} = \frac{31.25}{8.33}$$

$$\frac{A}{C} = 3.75$$

❖ Dosificación de la mezcla en peso:

Porcentajes de los componentes de la mezcla, con respecto al peso seco del RFRC:

- Suelo = 60.42%
- Cemento = 8.33%
- Agua = 31.25%
- $\frac{A}{C} = 3.75$

De igual manera se elaboró el diseño de la mezcla para el resto de combinaciones de suelo y diferentes proporciones de cemento.

Los resúmenes de los resultados de los diseños de mezcla de los dos bancos de préstamo se muestran en las tablas 5.8, 5.8.1, 5.9 y 5.9.1

Banco de préstamo # 1:

Banco de préstamo # 1: Carretera al aeropuerto internacional de El Salvador, ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34						
Diseño #	% Volumétrico	% de la mezcla en peso (Para un peso de suelo húmedo de 250kg)			Relación A/C	Revenimiento (in)
		Suelo	Cemento	Agua		
ARENA LIMOSA + CEMENTO PÓRTLAND (ASTM C-595)						
1	1:10	62.36	9.61	29.03	3.02	7
2	1:20	67.84	5.31	26.85	5.05	6 ¼
3	1:30	71.86	3.75	24.39	6.50	6 ½
ARENA LIMOSA + CEMENTO CUSCATLAN (ASTM C-91)						
1	1:10	64.52	10.11	25.37	2.51	6
2	1:20	65.68	5.15	29.17	5.67	8
3	1:30	74.95	3.92	21.13	5.40	6 ½

Tablas 5.8 Resultados de los diseños de mezcla en porcentaje de Carretera al aeropuerto internacional de El Salvador, ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

Banco de préstamo # 1: Carretera al aeropuerto internacional de El Salvador, ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34						
Diseño #	% Volumétrico	Componentes en peso (kg) (Para un peso de suelo húmedo de 250kg)			Relación A/C	Revenimiento (in)
		Suelo	Cemento	Agua		
ARENA LIMOSA + CEMENTO PÓRTLAND (ASTM C-595)						
1	1:10	233.84	36.64	110.64	3.02	7
2	1:20	233.84	18.32	92.56	5.05	6 ¼
3	1:30	233.84	12.21	79.37	6.50	6 ½
ARENA LIMOSA + CEMENTO CUSCATLAN (ASTM C-91)						
1	1:10	233.84	36.64	91.95	2.51	6
2	1:20	233.84	18.32	103.85	5.67	8
3	1:30	233.84	12.21	65.92	5.40	6 ½

Tablas 5.8.1 Resultados de los diseños de mezcla en peso de Carretera al aeropuerto internacional de El Salvador, ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

Banco de préstamo # 2: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle.						
Diseño #	% Volumétrico	% De la mezcla en peso (Para un peso de suelo húmedo de 250kg)			Relación A/C	Revenimiento (In)
		Suelo	Cemento	Agua		
LIMO ARENOSO + CEMENTO PÓRTLAND (ASTM C-595)						
1	1:10	60.42	8.33	31.25	3.75	6 ½
2	1:20	70.16	4.84	25.00	5.17	7
3	1:30	73.65	3.38	22.97	6.79	6 ½
LIMO ARENOSO + CEMENTO CUSCATLAN (ASTM C-91)						
1	1:10	64.45	8.88	26.67	3.00	6
2	1:20	67.74	4.67	27.59	5.91	6
3	1:30	65.86	3.03	31.11	10.28	6 ½

Tablas 5.9 Resultados de los diseños de mezcla en porcentaje de 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle.

Banco de préstamo # 2: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle.						
Diseño #	% Volumétrico	Componentes en peso (kg) (Para un peso de suelo húmedo de 250kg)			Relación A/C	Revenimiento (In)
		Suelo	Cemento	Agua		
LIMO ARENOSO + CEMENTO PÓRTLAND (ASTM C-595)						
1	1:10	235.78	32.50	121.95	3.75	6 ½
2	1:20	235.78	16.25	84.01	5.17	7
3	1:30	235.78	10.83	73.54	6.79	6 ½
LIMO ARENOSO + CEMENTO CUSCATLAN (ASTM C-91)						
1	1:10	235.78	32.50	97.57	3.00	6
2	1:20	235.78	16.25	96.03	5.91	6
3	1:30	235.78	10.83	111.37	10.28	6 ½

Tablas 5.9.1 Resultados de los diseños de mezcla en peso de 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle

Después de haber realizado el análisis de los suelos que se han seleccionado para el desarrollo de nuestra investigación, determinándose que si se esta empleando una arena limosa (banco de préstamo # 1) y un limo arenoso (banco de préstamo # 2), se logro establecer que se necesitaba una cantidad de 12 metro cúbicos de cada banco para poder elaborar los especímenes que se emplearán para determinar la reasistencia a la compresión, tensión y flexión de los suelos empleados en este estudio.

5.1.3 Elementos de prueba.

Después de haber terminado con el diseño de la mezcla se procedió a efectuar el colado de los especímenes de la siguiente manera:

- a) Cilindros: se elaboró la mezcla en una concretara de eje horizontal, colándose la mezcla en cilindros metálicos con dimensiones de 6 y 12 pulgadas de diámetro y altura respectivamente. El procedimiento empleado para la elaboración de los cilindros es el descrito en la sección 2.4.1.3

Dado que no existe una norma que establezca la cantidad de especímenes a elaborar para determinar la resistencia de los rellenos fluidos, y además tomando como base lo establecido por el ACI en su designación ACI 229 la cual dice:

Los rellenos fluidos de resistencia controlada poseen las mismas características que el concreto cuando estos se encuentran en estado fresco; de acuerdo a lo establecido por esta norma, para el desarrollo de este trabajo de graduación se han aplicado las normativas que se usan para la determinación de las propiedades del concreto para determinar las propiedades de los rellenos fluidos de resistencia controlada.

Para poder determinar la cantidad de espécimen de prueba a elaborar para determinar la resistencia de los RFRC, se a tomado como base lo establecido por el ACI 214 (norma aplicable al concreto), la cual establece que: para determinar la resistencia a la compresión es necesario desarrollar 30 pruebas, entendiéndose como una prueba, el ensaye de tres cilindros, 2 cilindros como mínimo. Para nuestro caso se tomo el segundo parámetro establecido por esta normativa, es decir que se desollaron 20 especimenes para cada edad de prueba, teniendo de esta manera nuestra investigación un respaldo que va de acuerdo a lo establecido por las normas tanto las establecidas por el ACI como las establecidas por el ASTM.

Se elaboraron un total de 720 cilindros para terminar la resistencia a la compresión de los RFRC, de igual manera se realizó para determinar la resistencia a la tensión de los mismos.

- b) Se realizó el colado de 720 viguetas con las dimensiones de 15 x 15 x 60 cm de alto, ancho y largo respectivamente, para ser ensayados a las edades de 7, 14 y 28 días, obteniéndose de esta manera la resistencia a la flexión del suelo cemento semi fluido a las edades indicadas.

Para ambos casos el curado de los especímenes se desarrollo mediante la técnica de superficies húmedas.

5.1.4 Sometimiento de los especimenes a prueba.

A) Compresión:

El ensayo de la resistencia a la compresión se realizó basándose en la norma

ASTM C-39 los cilindros de suelo cemento semi fluido fueros ensayados a los 7,

14 y 28 días con el objeto de obtener la resistencia a diferentes edades con las diversas combinaciones de suelo y tipos de cemento; elaborándose para cada combinación una curva de resistencia a la compresión versus tiempo, resultados que se encuentran contemplados en las tablas mostradas en los análisis de resultados.

- B) Tensión: la prueba de tensión por compresión se efectuó mediante la prueba brasileña regida por la norma ASTM C-496. Estas se realizaron también ahora las edades de 7, 14 y 28 días tomándose también un promedio de 20 cilindros por cada combinación de suelo y cemento, resultados que de igual manera se encuentran contemplados en las tablas mostradas en los análisis de resultados.
- C) Flexión: la obtención de la resistencia a la flexión se realizó mediante la norma ASTM C-78 con la aplicación de carga al tercio medio, especímenes que igual que los casos anteriores fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días de edad, elaborándose también tablas y graficas de sus resultados; los cuales se encuentran contemplados en las tablas de los análisis de resultados.

5.2 Análisis de resultados.

Después de haber efectuado las pruebas a los suelos, elaboración y ensayo de los especímenes de acuerdo a lo que establecen las normas ASTM, y cumpliendo en especial con los parámetros de control establecidos por el reglamento ACI en su designación ACI 229, que es el fundamento de esta investigación.

Antes de mostrar los resultados de los especímenes que se ensayaron para nuestra investigación, se tenía pendiente que los resultados que se esperaban después de las pruebas a la compresión de los especímenes de suelos cemento serian los siguientes:

Tipo De Suelo	Dosificación	Tipo de Cemento	Resistencia (Kg./cm²) obtenida a los 28 días
Suelo	1;10	C-595	50.00 a 55.00
	1;20		20.00 a 25.00
	1;30		5.00 a 10.00

Los resultados antes mencionados, fueron obtenidos de acuerdo a las investigaciones realizadas por otras personas en área; de igual manera es de hacer notar que no se tienen datos esperados, para los resultados que se obtengan en cuanto a los análisis de tensión y flexión que también se presentan en nuestro trabajo de investigación.

Se obtuvieron los siguientes resultados, de acuerdo con las diversas dosificaciones y combinaciones del suelo y cemento empleadas:

- ✿ Los resultados de los ensayos a compresión se encuentran descritos en las tablas del 5.10 al 5.45 y las gráficas del 5.6 al 5.14.

- ⊗ Los resultados de los ensayos a tensión se encuentran descritos en las tablas del 5.46 al 5.81 y las gráficas del 5.15 al 5.23.
- ⊗ Los resultados de los ensayos a flexión se encuentran descritos en las tablas del 5.82 al 5.117 y las gráficas del 5.24 al 5.32.

***RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE
SUELO CEMENTO
ASTM C-39***

Banco de préstamo #1
Carretera al aeropuerto
internacional de El
Salvador, ubicado al costado
sur del desvío a San Luis
Talpa. km 34.

CEMENTO PÓRTLAND
ASTM C-595

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	15.00	29.70	4082	10.48	10.10
2	7	15.10	29.80	3855	9.76	
3	7	15.10	29.90	4082	10.34	
4	7	15.10	29.90	4082	10.34	
5	7	15.20	29.80	4082	10.20	
6	7	15.00	29.90	3855	9.90	
7	7	15.20	29.70	4082	10.20	
8	7	15.10	29.80	4082	10.34	
9	7	15.10	29.90	3855	9.76	
10	7	15.10	29.90	3855	9.76	
11	7	15.10	29.80	3855	9.76	
12	7	15.20	29.80	4082	10.20	
13	7	15.10	29.90	4082	10.34	
14	7	15.20	29.90	3855	9.64	
15	7	15.10	29.80	3855	9.76	
16	7	15.10	29.90	3855	9.76	
17	7	15.10	29.90	4082	10.34	
18	7	15.10	29.90	4082	10.34	
19	7	15.10	29.90	4082	10.34	
20	7	15.10	29.80	4082	10.34	

TABLA 5.10

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	15.00	29.70	12020	30.85	30.67
2	14	15.10	29.80	12020	30.45	
3	14	15.10	29.90	12473	31.59	
4	14	15.20	29.90	12473	31.18	
5	14	15.10	29.90	12473	31.59	
6	14	15.20	29.80	12020	30.05	
7	14	15.20	29.70	11566	28.91	
8	14	15.10	29.80	12473	31.59	
9	14	15.10	29.90	12701	32.17	
10	14	15.10	29.80	12020	30.45	
11	14	15.10	29.80	12473	31.59	
12	14	15.20	29.80	12473	31.18	
13	14	15.10	29.90	12020	30.45	
14	14	15.10	29.90	12020	30.45	
15	14	15.10	29.80	11566	29.30	
16	14	15.20	29.80	12020	30.05	
17	14	15.20	29.80	12701	31.75	
18	14	15.20	29.80	11556	28.89	
19	14	15.10	29.80	12020	30.45	
20	14	15.10	29.80	12020	30.45	

TABLA 5.11

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.00	29.70	27216	69.86	65.60
2	28	15.10	29.80	27216	68.94	
3	28	15.10	29.90	26762	67.79	
4	28	15.20	29.90	24721	61.80	
5	28	15.00	29.80	26762	68.69	
6	28	15.10	29.80	26762	67.79	
7	28	15.20	29.70	27216	68.03	
8	28	15.10	29.80	27216	68.94	
9	28	15.00	29.80	27216	69.86	
10	28	15.00	29.90	27216	69.86	
11	28	15.10	29.80	26762	67.79	
12	28	15.20	29.80	24721	61.80	
13	28	15.10	29.90	27216	68.94	
14	28	15.10	29.90	22906	58.02	
15	28	15.20	29.90	24721	61.80	
16	28	15.10	29.90	27216	68.94	
17	28	15.10	29.90	22906	58.02	
18	28	15.20	29.80	24701	61.75	
19	28	15.20	29.90	24701	61.75	
20	28	15.20	29.90	24701	61.75	

TABLA 5.12

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	15.00	29.70	1587	4.07	4.95
2	7	15.20	29.80	1587	3.97	
3	7	15.00	29.90	1587	4.07	
4	7	15.00	29.90	1587	4.07	
5	7	15.00	29.90	1587	4.07	
6	7	15.10	29.80	2495	6.32	
7	7	15.20	29.70	1587	3.97	
8	7	15.10	29.80	2495	6.32	
9	7	15.00	29.90	2495	6.40	
10	7	15.00	29.90	1587	4.07	
11	7	15.20	29.80	1587	3.97	
12	7	15.20	29.80	2495	6.24	
13	7	15.10	29.90	2495	6.32	
14	7	15.10	29.90	2495	6.32	
15	7	15.10	29.80	1587	4.02	
16	7	15.10	29.90	1587	4.02	
17	7	15.10	29.90	2495	6.32	
18	7	15.10	29.80	2495	6.32	
19	7	15.10	29.80	1587	4.02	
20	7	15.00	29.90	1587	4.07	

TABLA 5.13

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	15.00	29.70	4536	11.64	12.88
2	14	15.20	29.80	4536	11.34	
3	14	15.00	29.90	5897	15.14	
4	14	15.10	29.90	4536	11.49	
5	14	15.10	29.90	4536	11.49	
6	14	15.10	29.80	4536	11.49	
7	14	15.20	29.70	5897	14.74	
8	14	15.10	29.80	4535	11.49	
9	14	15.00	29.90	4536	11.64	
10	14	15.00	29.90	5897	15.14	
11	14	15.20	29.80	4536	11.34	
12	14	15.10	29.80	4536	11.49	
13	14	15.10	29.90	5897	14.94	
14	14	15.10	29.90	5897	14.94	
15	14	15.10	29.90	5897	14.94	
16	14	15.10	29.80	5897	14.94	
17	14	15.10	29.90	4536	11.49	
18	14	15.10	29.90	4536	11.49	
19	14	15.10	29.90	5897	14.94	
20	14	15.10	29.80	4536	11.49	

TABLA 5.14

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	15.00	29.70	10886	27.94	29.00
2	28	15.20	29.80	10886	27.21	
3	28	15.00	29.90	10432	26.78	
4	28	15.00	29.90	13834	35.51	
5	28	15.00	29.90	10432	26.78	
6	28	15.10	29.80	10886	27.57	
7	28	15.20	29.70	10886	27.21	
8	28	15.10	29.80	10432	26.42	
9	28	15.10	29.80	10432	26.42	
10	28	15.10	29.80	10432	26.42	
11	28	15.20	29.80	10432	26.08	
12	28	15.20	29.80	13834	34.58	
13	28	15.10	29.90	13834	35.04	
14	28	15.10	29.90	10886	27.57	
15	28	15.20	29.80	10886	27.21	
16	28	15.10	29.80	10886	27.57	
17	28	15.10	29.90	10886	27.57	
18	28	15.10	29.90	13834	35.04	
19	28	15.20	29.90	13834	34.58	
20	28	15.10	29.90	10432	26.42	

TABLA 5.15

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	15.20	29.80	1133	2.83	2.75
2	7	15.20	29.80	907	2.27	
3	7	15.10	29.70	1133	2.87	
4	7	15.00	29.90	1133	2.91	
5	7	15.00	29.90	1133	2.91	
6	7	15.20	29.80	907	2.27	
7	7	15.10	29.90	907	2.30	
8	7	15.20	29.80	907	2.27	
9	7	15.10	29.90	1133	2.87	
10	7	15.10	29.90	907	2.30	
11	7	15.20	29.80	1133	2.83	
12	7	15.10	29.80	907	2.30	
13	7	15.20	29.90	1133	2.83	
14	7	15.10	29.90	1133	2.87	
15	7	15.10	29.90	907	2.30	
16	7	15.00	29.80	907	2.33	
17	7	15.10	29.90	907	2.30	
18	7	15.10	29.90	1814	4.59	
19	7	15.10	29.90	1814	4.59	
20	7	15.10	29.90	907	2.30	

TABLA 5.16

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	15.20	29.80	2984	7.46	7.63
2	14	15.20	29.80	2984	7.46	
3	14	15.10	29.70	2722	6.89	
4	14	15.00	29.90	2722	6.99	
5	14	15.00	29.90	2984	7.66	
6	14	15.20	29.80	2984	7.46	
7	14	15.10	29.90	2948	7.47	
8	14	15.20	29.80	2948	7.37	
9	14	15.00	29.90	2722	6.99	
10	14	15.00	29.90	2722	6.99	
11	14	15.20	29.80	3402	8.50	
12	14	15.10	29.80	2722	6.89	
13	14	15.10	29.90	3402	8.62	
14	14	15.10	29.90	3402	8.62	
15	14	15.10	29.80	3402	8.62	
16	14	15.10	29.80	2984	7.56	
17	14	15.20	29.80	2984	7.46	
18	14	15.10	29.90	2984	7.56	
19	14	15.10	29.90	2984	7.56	
20	14	15.20	29.90	3402	8.50	

TABLA 5.17

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.20	29.80	7257	18.14	17.53
2	28	15.20	29.80	7031	17.58	
3	28	15.10	29.70	7031	17.81	
4	28	15.00	29.90	5897	15.14	
5	28	15.00	29.90	7031	18.05	
6	28	15.20	29.80	7031	17.58	
7	28	15.10	29.90	7031	17.81	
8	28	15.20	29.80	7257	18.14	
9	28	15.10	29.90	7257	18.38	
10	28	15.00	29.90	7257	18.63	
11	28	15.20	29.80	7257	18.14	
12	28	15.10	29.80	5897	14.94	
13	28	15.10	29.90	7031	17.81	
14	28	15.10	29.90	7031	17.81	
15	28	15.20	29.80	7031	17.58	
16	28	15.20	29.80	7257	18.14	
17	28	15.10	29.80	7257	18.38	
18	28	15.10	29.80	7031	17.81	
19	28	15.10	29.80	7031	17.81	
20	28	15.10	29.80	5897	14.94	

TABLA 5.18

CEMENTO CUSCATLÁN
ASTM C-91

TABLA # 5.19

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.**

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM2)
1	7	15.00	29.70	3401	8.73	8.36
2	7	15.10	29.80	3175	8.04	
3	7	15.10	29.90	3175	8.04	
4	7	15.10	29.80	3175	8.04	
5	7	15.00	29.80	3401	8.73	
6	7	15.10	29.80	3401	8.61	
7	7	15.20	29.70	3401	8.50	
8	7	15.10	29.80	3175	8.04	
9	7	15.00	29.90	3401	8.73	
10	7	15.00	29.90	3175	8.15	
11	7	15.10	29.80	3401	8.61	
12	7	15.20	29.80	3175	7.94	
13	7	15.10	29.90	3401	8.61	
14	7	15.10	29.90	3401	8.61	
15	7	15.20	29.80	3175	7.94	
16	7	15.10	29.90	3175	8.04	
17	7	15.20	29.90	3175	7.94	
18	7	15.10	29.90	3401	8.61	
19	7	15.10	29.90	3401	8.61	
20	7	15.10	29.90	3401	8.61	

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.00	29.70	3401	8.73	8.36
2	7	15.10	29.80	3175	8.04	
3	7	15.10	29.90	3175	8.04	
4	7	15.10	29.80	3175	8.04	
5	7	15.00	29.80	3401	8.73	
6	7	15.10	29.80	3401	8.61	
7	7	15.20	29.70	3401	8.50	
8	7	15.10	29.80	3175	8.04	
9	7	15.00	29.90	3401	8.73	
10	7	15.00	29.90	3175	8.15	
11	7	15.10	29.80	3401	8.61	
12	7	15.20	29.80	3175	7.94	
13	7	15.10	29.90	3401	8.61	
14	7	15.10	29.90	3401	8.61	
15	7	15.20	29.80	3175	7.94	
16	7	15.10	29.90	3175	8.04	
17	7	15.20	29.90	3175	7.94	
18	7	15.10	29.90	3401	8.61	
19	7	15.10	29.90	3401	8.61	
20	7	15.10	29.90	3401	8.61	

TABLA 5.19

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.00	29.70	10432	26.78	25.60
2	14	15.10	29.80	10432	26.42	
3	14	15.10	29.90	9298	23.55	
4	14	15.00	29.90	10432	26.78	
5	14	15.00	29.90	10432	26.78	
6	14	15.10	29.80	10432	26.42	
7	14	15.20	29.70	9298	23.24	
8	14	15.10	29.80	10432	26.42	
9	14	15.00	29.90	9298	23.87	
10	14	15.00	29.90	9298	23.87	
11	14	15.10	29.80	9297	23.55	
12	14	15.20	29.80	10432	26.08	
13	14	15.10	29.90	10432	26.42	
14	14	15.10	29.90	10432	26.42	
15	14	15.10	29.90	10432	26.42	
16	14	15.20	29.90	9298	23.24	
17	14	15.10	29.80	9298	23.55	
18	14	15.10	29.80	10432	26.42	
19	14	15.10	29.80	10432	26.42	
20	14	15.10	29.80	11589	29.35	

TABLA 5.20

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	15.00	29.70	22679	58.21	52.19
2	28	15.10	29.80	22679	57.44	
3	28	15.10	29.90	18370	46.53	
4	28	15.00	29.70	18370	47.15	
5	28	15.00	29.90	22379	57.44	
6	28	15.10	29.80	22679	57.44	
7	28	15.20	29.70	22679	56.69	
8	28	15.10	29.80	18370	46.53	
9	28	15.00	29.90	18370	47.15	
10	28	15.00	29.90	18370	47.15	
11	28	15.10	29.80	22679	57.44	
12	28	15.20	29.80	18370	45.92	
13	28	15.10	29.90	22679	57.44	
14	28	15.00	29.90	22679	58.21	
15	28	15.10	29.80	18370	46.53	
16	28	15.10	29.90	18370	46.53	
17	28	15.10	29.90	22679	57.44	
18	28	15.00	29.90	22679	58.21	
19	28	15.00	29.80	18370	47.15	
20	28	15.00	29.80	18370	47.15	

TABLA 5.21

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.20	29.80	1814	4.53	4.47
2	7	15.20	29.80	1588	3.97	
3	7	15.10	29.70	1814	4.59	
4	7	15.00	29.90	1588	4.08	
5	7	15.00	29.90	1588	4.08	
6	7	15.10	29.80	1588	4.02	
7	7	15.10	29.90	1814	4.59	
8	7	15.20	29.80	1814	4.53	
9	7	15.00	29.90	1588	4.08	
10	7	15.00	29.90	1588	4.08	
11	7	15.20	29.80	1588	3.97	
12	7	15.10	29.80	2041	5.17	
13	7	15.10	29.90	2041	5.17	
14	7	15.10	29.90	2041	5.17	
15	7	15.10	29.80	1588	4.02	
16	7	15.10	29.80	1814	4.59	
17	7	15.10	29.80	1814	4.59	
18	7	15.10	29.90	2041	5.17	
19	7	15.20	29.90	1588	3.97	
20	7	15.20	29.90	2041	5.10	

TABLA 5.22

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.20	29.80	5443	13.61	12.70
2	14	15.20	29.80	4763	11.91	
3	14	15.10	29.70	4763	12.06	
4	14	15.00	29.90	5443	13.97	
5	14	15.00	29.90	5443	13.97	
6	14	15.20	29.80	4763	11.91	
7	14	15.10	29.90	4763	12.06	
8	14	15.20	29.80	5216	13.04	
9	14	15.00	29.90	4763	12.23	
10	14	15.00	29.90	4763	12.23	
11	14	15.20	29.80	5443	13.61	
12	14	15.10	29.80	5443	13.79	
13	14	15.10	29.90	4763	12.06	
14	14	15.10	29.90	4763	12.06	
15	14	15.10	29.80	4763	12.06	
16	14	15.10	29.90	5443	13.79	
17	14	15.20	29.90	4763	11.91	
18	14	15.10	29.80	5443	13.79	
19	14	15.10	29.90	4763	12.06	
20	14	15.20	29.90	4763	11.91	

TABLA 5.23

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.20	29.80	11113	27.78	28.31
2	28	15.20	29.80	12701	31.75	
3	28	15.10	29.70	11339	28.72	
4	28	15.00	29.00	11339	29.11	
5	28	15.00	29.00	10432	26.78	
6	28	15.20	29.80	11589	28.97	
7	28	15.10	29.90	11589	29.35	
8	28	15.20	29.80	11598	28.99	
9	28	15.00	29.80	10432	26.78	
10	28	15.00	29.80	11113	28.52	
11	28	15.20	29.80	11589	28.97	
12	28	15.10	29.90	10432	26.42	
13	28	15.10	29.90	11339	28.72	
14	28	15.20	29.90	11339	28.34	
15	28	15.10	29.80	11339	28.72	
16	28	15.10	29.80	10432	26.42	
17	28	15.00	29.80	10432	26.78	
18	28	15.00	29.80	10432	26.78	
19	28	15.00	29.80	11339	29.11	
20	28	15.00	29.80	11339	29.11	

TABLA 5.24

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.00	29.70	907	2.33	2.76
2	7	15.20	29.80	1134	2.83	
3	7	15.00	29.90	907	2.33	
4	7	15.10	29.80	1134	2.87	
5	7	15.10	29.00	1134	2.87	
6	7	15.10	29.80	907	2.30	
7	7	15.20	29.70	907	2.27	
8	7	15.10	29.80	907	2.30	
9	7	15.00	29.90	1137	2.92	
10	7	15.00	29.60	1134	2.91	
11	7	15.20	29.80	907	2.27	
12	7	15.20	29.80	1134	2.83	
13	7	15.10	29.90	1134	2.87	
14	7	15.10	29.90	907	2.30	
15	7	15.10	29.90	1134	2.87	
16	7	15.10	29.90	1588	4.02	
17	7	15.20	29.90	1588	3.97	
18	7	15.10	29.80	1134	2.87	
19	7	15.10	29.80	1134	2.87	
20	7	15.10	29.80	907	2.30	

TABLA 5.25

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.00	29.70	3401	8.73	8.39
2	14	15.20	29.80	3175	7.94	
3	14	15.00	29.90	3175	8.15	
4	14	15.00	29.90	3401	8.73	
5	14	15.10	29.90	3175	8.04	
6	14	15.10	29.90	3175	8.04	
7	14	15.20	29.70	3401	8.50	
8	14	15.10	29.80	2495	6.32	
9	14	15.00	29.90	3175	8.15	
10	14	15.00	29.90	3629	9.31	
11	14	15.20	29.80	3629	9.07	
12	14	15.20	29.80	3401	8.50	
13	14	15.10	29.90	3175	8.04	
14	14	15.10	29.90	3175	8.04	
15	14	15.10	29.80	3629	9.19	
16	14	15.10	29.90	3629	9.19	
17	14	15.20	29.90	3175	7.94	
18	14	15.10	29.90	3629	9.19	
19	14	15.10	29.80	3175	8.04	
20	14	15.10	29.90	3402	8.62	

TABLA 5.26

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.00	29.70	7257	18.63	16.83
2	28	15.20	29.80	7257	18.14	
3	28	15.00	29.90	5897	15.14	
4	28	15.10	29.80	5897	14.94	
5	28	15.20	29.00	5897	14.74	
6	28	15.10	29.80	7257	18.38	
7	28	15.20	29.70	7257	18.14	
8	28	15.10	29.80	5897	14.94	
9	28	15.00	29.90	7257	18.63	
10	28	15.00	29.90	7257	18.63	
11	28	15.20	29.80	5897	14.74	
12	28	15.20	29.80	7257	18.14	
13	28	15.10	29.90	7257	18.38	
14	28	15.10	29.90	7257	18.38	
15	28	15.10	29.80	5897	14.94	
16	28	15.10	29.80	5897	14.94	
17	28	15.10	29.90	7257	18.38	
18	28	15.10	29.80	7257	18.38	
19	28	15.10	29.90	5897	14.94	
20	28	15.00	29.90	5897	15.14	

TABLA 5.27

*Banco de
préstamo #2
75 Av. norte,
Colonia Villas de
Miralvalle, San
Salvador.*

***CEMENTO PÓRTLAND
ASTM C-595***

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.20	29.80	3629	9.07	9.00
2	7	15.20	29.80	3629	9.07	
3	7	15.10	29.70	4000	10.13	
4	7	15.00	29.90	3629	9.31	
5	7	15.00	29.90	3629	9.31	
6	7	15.20	29.80	3401	8.50	
7	7	15.10	29.90	3401	8.61	
8	7	15.20	29.80	3629	9.07	
9	7	15.00	29.90	3629	9.31	
10	7	15.00	29.90	3401	8.73	
11	7	15.20	29.80	3175	7.94	
12	7	15.10	29.80	3629	9.19	
13	7	15.10	29.90	3629	9.19	
14	7	15.00	29.90	3629	9.31	
15	7	15.00	29.90	3629	9.31	
16	7	15.10	29.80	3401	8.61	
17	7	15.10	29.90	3629	9.19	
18	7	15.10	29.90	4000	10.13	
19	7	15.10	29.90	3125	7.92	
20	7	15.10	29.90	3155	7.99	

TABLA 5.28

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.20	29.80	11589	28.97	25.59
2	14	15.20	29.80	9299	23.24	
3	14	15.10	29.70	9299	23.55	
4	14	15.00	29.90	10432	26.78	
5	14	15.00	29.90	9299	23.87	
6	14	15.20	29.80	9299	23.24	
7	14	15.10	29.90	9299	23.55	
8	14	15.20	29.80	9299	23.24	
9	14	15.00	29.90	10432	26.78	
10	14	15.00	29.90	10432	26.78	
11	14	15.20	29.80	9299	23.24	
12	14	15.10	29.80	9299	23.55	
13	14	15.10	29.90	10432	26.42	
14	14	15.00	29.90	10432	26.78	
15	14	15.00	29.90	9299	23.87	
16	14	15.10	29.80	11589	29.35	
17	14	15.10	29.80	10432	26.42	
18	14	15.10	29.90	10432	26.42	
19	14	15.10	29.90	10432	26.42	
20	14	15.10	29.90	11589	29.35	

TABLA 5.29

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.20	29.80	22906	57.26	58.92
2	28	15.20	29.80	22906	57.26	
3	28	15.10	29.70	27216	68.94	
4	28	15.00	29.90	27216	69.86	
5	28	15.00	29.90	22906	58.80	
6	28	15.00	29.80	22680	58.22	
7	28	15.10	29.90	18144	45.96	
8	28	15.20	29.80	22680	56.69	
9	28	15.10	29.90	22906	58.02	
10	28	15.00	29.90	22903	58.79	
11	28	15.20	29.80	22906	57.26	
12	28	15.10	29.80	22906	58.02	
13	28	15.10	29.90	22680	57.45	
14	28	15.20	29.90	22680	56.69	
15	28	15.10	29.90	22906	58.02	
16	28	15.10	29.90	27216	68.94	
17	28	15.10	29.90	22680	57.45	
18	28	15.10	29.90	22906	58.02	
19	28	15.10	29.80	22906	58.02	
20	28	15.00	29.90	22906	58.80	

TABLA 5.30

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.00	29.70	1814	4.66	4.71
2	7	15.20	29.80	1588	3.97	
3	7	15.00	29.90	2041	5.24	
4	7	15.10	29.90	1814	4.59	
5	7	15.00	29.90	1814	4.66	
6	7	15.10	29.80	2041	5.17	
7	7	15.20	29.70	1814	4.53	
8	7	15.10	29.80	1588	4.02	
9	7	15.00	29.90	1588	4.08	
10	7	15.00	29.90	2041	5.24	
11	7	15.20	29.80	1814	4.53	
12	7	15.20	29.80	1814	4.53	
13	7	15.10	29.90	2041	5.17	
14	7	15.10	29.90	2041	5.17	
15	7	15.20	29.80	2041	5.10	
16	7	15.20	29.80	1588	3.97	
17	7	15.10	29.90	1588	4.02	
18	7	15.10	29.90	2041	5.17	
19	7	15.10	29.90	2041	5.17	
20	7	15.10	29.80	2041	5.17	

TABLA 5.31

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.00	29.70	5443	13.97	13.87
2	14	15.20	29.80	6123	15.31	
3	14	15.00	29.90	6123	15.72	
4	14	15.10	29.90	5443	13.79	
5	14	15.00	29.90	5216	13.39	
6	14	15.10	29.80	5443	13.79	
7	14	15.20	29.70	4763	11.91	
8	14	15.10	29.80	6123	15.51	
9	14	15.10	29.90	5216	13.21	
10	14	15.00	29.90	5216	13.39	
11	14	15.20	29.80	4536	11.34	
12	14	15.20	29.90	5443	13.61	
13	14	15.10	29.90	5443	13.79	
14	14	15.10	29.90	5443	13.79	
15	14	15.10	29.90	5216	13.21	
16	14	15.10	29.80	5443	13.79	
17	14	15.00	29.90	5216	13.39	
18	14	15.00	29.90	6123	15.72	
19	14	15.10	29.90	6123	15.51	
20	14	15.00	29.80	5216	13.39	

TABLA 5.32

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.00	29.70	11113	28.52	27.77
2	28	15.20	29.80	10432	26.08	
3	28	15.00	29.90	10432	26.78	
4	28	15.10	29.90	10432	26.42	
5	28	15.00	29.90	11113	28.52	
6	28	15.10	29.80	11793	29.87	
7	28	15.20	29.70	11113	27.78	
8	28	15.10	29.80	11793	29.87	
9	28	15.00	29.90	10432	26.78	
10	28	15.00	29.90	12701	32.60	
11	28	15.20	29.80	10432	26.08	
12	28	15.20	29.80	10432	26.08	
13	28	15.10	29.90	11113	28.15	
14	28	15.10	29.90	11113	28.15	
15	28	15.10	29.90	10432	26.42	
16	28	15.20	29.80	10432	26.08	
17	28	15.10	29.90	10432	26.42	
18	28	15.10	29.90	10432	26.42	
19	28	15.10	29.80	11793	29.87	
20	28	15.00	29.90	11113	28.52	

TABLA 5.33

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.00	29.70	1134	2.91	2.72
2	7	15.10	29.80	907	2.30	
3	7	15.10	29.90	907	2.30	
4	7	15.00	29.90	1134	2.91	
5	7	15.00	29.90	1134	2.91	
6	7	15.10	29.80	907	2.30	
7	7	15.20	29.70	907	2.27	
8	7	15.10	29.80	904	2.29	
9	7	15.00	29.90	907	2.33	
10	7	15.00	29.90	1134	2.91	
11	7	15.10	29.80	1134	2.87	
12	7	15.20	29.90	907	2.27	
13	7	15.10	29.90	907	2.30	
14	7	15.10	29.90	1588	4.02	
15	7	15.10	29.80	1134	2.87	
16	7	15.20	29*.9	1134	2.83	
17	7	15.20	29.90	1134	2.83	
18	7	15.20	29.90	1134	2.83	
19	7	15.20	29.90	1588	3.97	
20	7	15.20	29.80	907	2.27	

TABLA 5.34

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.00	29.70	3175	8.15	8.47
2	14	15.10	29.80	3175	8.04	
3	14	15.10	29.90	3402	8.62	
4	14	15.00	29.80	3629	9.31	
5	14	15.00	29.90	3629	9.31	
6	14	15.10	29.80	3402	8.62	
7	14	15.20	29.70	3629	9.07	
8	14	15.10	29.80	2948	7.47	
9	14	15.00	29.90	3629	9.31	
10	14	15.00	29.90	3175	8.15	
11	14	15.10	29.80	3175	8.04	
12	14	15.20	29.80	3402	8.50	
13	14	15.20	29.90	3629	9.07	
14	14	15.10	29.90	3929	9.95	
15	14	15.20	29.90	3175	7.94	
16	14	15.20	29.90	3175	7.94	
17	14	15.20	29.90	3175	7.94	
18	14	15.20	29.90	3402	8.50	
19	14	15.20	29.80	3175	7.94	
20	14	15.20	29.80	2984	7.46	

TABLA 5.35

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.00	29.70	5897	15.14	16.70
2	28	15.10	29.80	7031	17.81	
3	28	15.10	29.90	5897	14.94	
4	28	15.10	29.80	7257	18.38	
5	28	15.00	29.90	7031	18.05	
6	28	15.10	29.80	5897	14.94	
7	28	15.20	29.70	5897	14.74	
8	28	15.10	29.80	7257	18.38	
9	28	15.00	29.90	5897	15.14	
10	28	15.00	29.90	7031	18.05	
11	28	15.10	29.80	7257	18.38	
12	28	15.20	29.80	5897	14.74	
13	28	15.10	29.90	7031	17.81	
14	28	15.10	29.90	5897	14.94	
15	28	15.20	29.90	5897	14.74	
16	28	15.10	29.80	5897	14.94	
17	28	15.10	28.80	7031	17.81	
18	28	15.10	29.80	7031	17.81	
19	28	15.00	29.80	7257	18.63	
20	28	15.00	29.80	7257	18.63	

TABLA 5.36

CEMENTO CUSCATLÁN
ASTM C-91

TABLA # 5.43

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM2)
1	7	15.20	29.80	907	2.27	2.64
2	7	15.20	29.80	907	2.27	
3	7	15.10	29.70	1134	2.87	
4	7	15.00	29.90	907	2.33	
5	7	15.00	29.90	907	2.33	
6	7	15.20	29.90	1134	2.83	
7	7	15.10	29.90	1134	2.87	
8	7	15.20	29.80	907	2.27	
9	7	15.00	29.90	1134	2.91	
10	7	15.00	29.80	1134	2.91	
11	7	15.20	29.80	1134	2.83	
12	7	15.10	29.80	907	2.30	
13	7	15.10	29.90	907	2.30	
14	7	15.20	29.90	1588	3.97	
15	7	15.20	29.90	1134	2.83	
16	7	15.10	29.90	907	2.30	
17	7	15.10	29.90	907	2.30	
18	7	15.10	29.80	1134	2.87	
19	7	15.10	29.80	1134	2.87	
20	7	15.00	29.80	907	2.33	

TABLA # 5.44

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM2)
1	14	15.20	29.80	2722	6.80	7.53
2	14	15.20	29.80	3402	8.50	
3	14	15.10	29.70	2948	7.47	
4	14	15.00	29.90	2948	7.57	
5	14	15.00	29.90	3629	9.31	
6	14	15.20	29.80	2722	6.80	
7	14	15.10	29.90	2722	6.89	
8	14	15.20	29.80	3402	8.50	
9	14	15.00	29.90	2722	6.99	
10	14	15.00	29.90	2722	6.99	
11	14	15.20	29.80	2722	6.80	
12	14	15.10	29.80	2722	6.89	
13	14	15.10	29.90	3629	9.19	
14	14	15.10	29.90	2722	6.89	
15	14	15.20	29.90	2722	6.80	
16	14	15.10	29.80	2722	6.89	
17	14	15.10	29.80	3629	9.19	
18	14	15.00	29.90	2722	6.99	
19	14	15.00	29.90	2948	7.57	
20	14	15.00	29.90	2948	7.57	

TABLA # 5.45

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM2)
1	28	15.20	29.80	5443	13.61	15.44
2	28	15.20	29.80	5897	14.74	
3	28	15.10	29.70	5897	14.94	
4	28	15.00	29.90	5897	15.14	
5	28	15.00	29.90	5443	13.97	
6	28	15.00	29.80	5897	15.14	
7	28	15.10	29.90	5443	13.79	
8	28	15.20	29.80	7031	17.58	
9	28	15.00	29.80	5897	15.14	
10	28	15.00	29.80	7031	18.05	
11	28	15.20	29.80	5897	14.74	
12	28	15.10	29.80	5897	14.94	
13	28	15.10	29.90	7031	17.81	
14	28	15.10	29.90	7031	17.81	
15	28	15.10	29.90	7031	17.81	
16	28	15.10	29.90	5897	14.94	
17	28	15.10	29.80	5897	14.94	
18	28	15.10	29.90	5897	14.94	
19	28	15.10	29.90	5897	14.94	
20	28	15.00	29.90	5443	13.97	

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.00	29.70	3402	8.73	7.87
2	7	15.20	29.80	2948	7.37	
3	7	15.00	29.90	2948	7.57	
4	7	15.10	29.90	3175	8.04	
5	7	15.10	29.90	3401	8.61	
6	7	15.10	29.80	2948	7.47	
7	7	15.20	29.70	2948	7.37	
8	7	15.10	29.80	2948	7.47	
9	7	15.00	29.90	3401	8.73	
10	7	15.00	29.90	3175	8.15	
11	7	15.20	29.80	2948	7.37	
12	7	15.20	29.80	2948	7.37	
13	7	15.20	29.90	2948	7.37	
14	7	15.10	29.90	2948	7.47	
15	7	15.10	29.90	3175	8.04	
16	7	15.00	29.80	3175	8.15	
17	7	15.10	29.90	3175	8.04	
18	7	15.10	29.90	2948	7.47	
19	7	15.10	29.80	3401	8.61	
20	7	15.20	29.90	3175	7.94	

TABLA 5.37

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.00	29.70	9299	23.87	24.68
2	14	15.20	29.80	9299	23.24	
3	14	15.00	29.90	8845	22.70	
4	14	15.10	29.90	9299	23.55	
5	14	15.00	29.90	10432	26.78	
6	14	15.10	29.80	10432	26.42	
7	14	15.20	29.70	10432	26.08	
8	14	15.10	29.80	8845	22.40	
9	14	15.00	29.90	8845	22.70	
10	14	15.00	29.90	9299	23.87	
11	14	15.20	29.80	10432	26.08	
12	14	15.20	29.80	8845	22.11	
13	14	15.20	29.90	10432	26.08	
14	14	15.10	29.90	10432	26.42	
15	14	15.10	29.90	9299	23.55	
16	14	15.00	29.90	10432	26.78	
17	14	15.00	29.90	10432	26.78	
18	14	15.10	29.80	10432	26.42	
19	14	15.00	29.80	9299	23.87	
20	14	15.00	29.90	9299	23.87	

TABLA 5.38

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.00	29.70	18144	46.57	50.11
2	28	15.20	29.80	22906	57.26	
3	28	15.00	29.90	22690	58.24	
4	28	15.10	29.80	18144	45.96	
5	28	15.10	29.90	22680	57.45	
6	28	15.10	29.80	18144	45.96	
7	28	15.20	29.70	18144	45.35	
8	28	15.10	29.80	18144	45.96	
9	28	15.00	29.90	22680	58.22	
10	28	15.00	29.90	18144	46.57	
11	28	15.20	29.80	22680	56.69	
12	28	15.20	29.80	18144	45.35	
13	28	15.10	29.90	18144	45.96	
14	28	15.10	29.80	18144	45.96	
15	28	15.10	29.80	22680	57.45	
16	28	15.10	29.80	18144	45.96	
17	28	15.10	29.80	18144	45.96	
18	28	15.10	29.80	18144	45.96	
19	28	15.00	29.90	18144	46.57	
20	28	15.00	29.90	22906	58.80	

TABLA 5.39

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.00	29.70	1588	4.08	4.34
2	7	15.10	29.80	1814	4.59	
3	7	15.10	29.90	1814	4.59	
4	7	15.10	29.90	1588	4.02	
5	7	15.00	29.90	1814	4.66	
6	7	15.10	29.80	1814	4.59	
7	7	15.20	29.70	1588	3.97	
8	7	15.10	29.80	1588	4.02	
9	7	15.00	29.90	1814	4.66	
10	7	15.00	29.90	1814	4.66	
11	7	15.10	29.80	1588	4.02	
12	7	15.20	29.80	1588	3.97	
13	7	15.10	29.90	1814	4.59	
14	7	15.10	29.90	1588	4.02	
15	7	15.20	29.90	1588	3.97	
16	7	15.10	29.80	1588	4.02	
17	7	15.10	29.80	1814	4.59	
18	7	15.10	29.90	1814	4.59	
19	7	15.10	29.90	1814	4.59	
20	7	15.10	29.90	1814	4.59	

TABLA 5.40

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACION DE LOS PARAMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.00	29.70	4536	11.64	12.96
2	14	15.10	29.80	5443	13.79	
3	14	15.10	29.90	4536	11.49	
4	14	15.00	29.80	5216	13.39	
5	14	15.00	29.90	7484	19.21	
6	14	15.10	29.80	4536	11.49	
7	14	15.20	29.70	5443	13.61	
8	14	15.10	29.80	5216	13.21	
9	14	15.00	29.90	5216	13.39	
10	14	15.00	29.90	4536	11.64	
11	14	15.10	29.80	4536	11.49	
12	14	15.20	29.80	4536	11.34	
13	14	15.10	29.90	5216	13.21	
14	14	15.10	29.90	5216	13.21	
15	14	15.10	29.80	5216	13.21	
16	14	15.00	29.90	5443	13.97	
17	14	15.00	29.90	5216	13.39	
18	14	15.20	29.90	5443	13.61	
19	14	15.10	29.80	4536	11.49	
20	14	15.10	29.80	4536	11.49	

TABLA 5.41

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.00	29.70	10432	26.78	25.52
2	28	15.10	29.80	9299	23.55	
3	28	15.10	29.90	10432	26.42	
4	28	15.00	29.80	10432	26.78	
5	28	15.00	29.90	9299	23.87	
6	28	15.10	29.80	10432	26.42	
7	28	15.20	29.70	10432	26.08	
8	28	15.10	29.80	9299	23.55	
9	28	15.00	29.90	9299	23.87	
10	28	15.00	29.90	10432	26.78	
11	28	15.10	29.80	9299	23.55	
12	28	15.20	29.80	9299	23.24	
13	28	15.10	29.90	10432	26.42	
14	28	15.10	29.90	10432	26.42	
15	28	15.10	29.90	10432	26.42	
16	28	15.10	29.90	10432	26.42	
17	28	15.00	29.90	10432	26.78	
18	28	15.00	29.90	10432	26.78	
19	28	15.10	29.80	9299	23.55	
20	28	15.00	29.90	10432	26.78	

TABLA 5.42

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.20	29.80	907	2.27	2.64
2	7	15.20	29.80	907	2.27	
3	7	15.10	29.70	1134	2.87	
4	7	15.00	29.90	907	2.33	
5	7	15.00	29.90	907	2.33	
6	7	15.20	29.90	1134	2.83	
7	7	15.10	29.90	1134	2.87	
8	7	15.20	29.80	907	2.27	
9	7	15.00	29.90	1134	2.91	
10	7	15.00	29.80	1134	2.91	
11	7	15.20	29.80	1134	2.83	
12	7	15.10	29.80	907	2.30	
13	7	15.10	29.90	907	2.30	
14	7	15.20	29.90	1588	3.97	
15	7	15.20	29.90	1134	2.83	
16	7	15.10	29.90	907	2.30	
17	7	15.10	29.90	907	2.30	
18	7	15.10	29.80	1134	2.87	
19	7	15.10	29.80	1134	2.87	
20	7	15.00	29.80	907	2.33	

TABLA 5.43

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.20	29.80	2722	6.80	7.53
2	14	15.20	29.80	3402	8.50	
3	14	15.10	29.70	2948	7.47	
4	14	15.00	29.90	2948	7.57	
5	14	15.00	29.90	3629	9.31	
6	14	15.20	29.80	2722	6.80	
7	14	15.10	29.90	2722	6.89	
8	14	15.20	29.80	3402	8.50	
9	14	15.00	29.90	2722	6.99	
10	14	15.00	29.90	2722	6.99	
11	14	15.20	29.80	2722	6.80	
12	14	15.10	29.80	2722	6.89	
13	14	15.10	29.90	3629	9.19	
14	14	15.10	29.90	2722	6.89	
15	14	15.20	29.90	2722	6.80	
16	14	15.10	29.80	2722	6.89	
17	14	15.10	29.80	3629	9.19	
18	14	15.00	29.90	2722	6.99	
19	14	15.00	29.90	2948	7.57	
20	14	15.00	29.90	2948	7.57	

TABLA 5.44

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

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-39

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

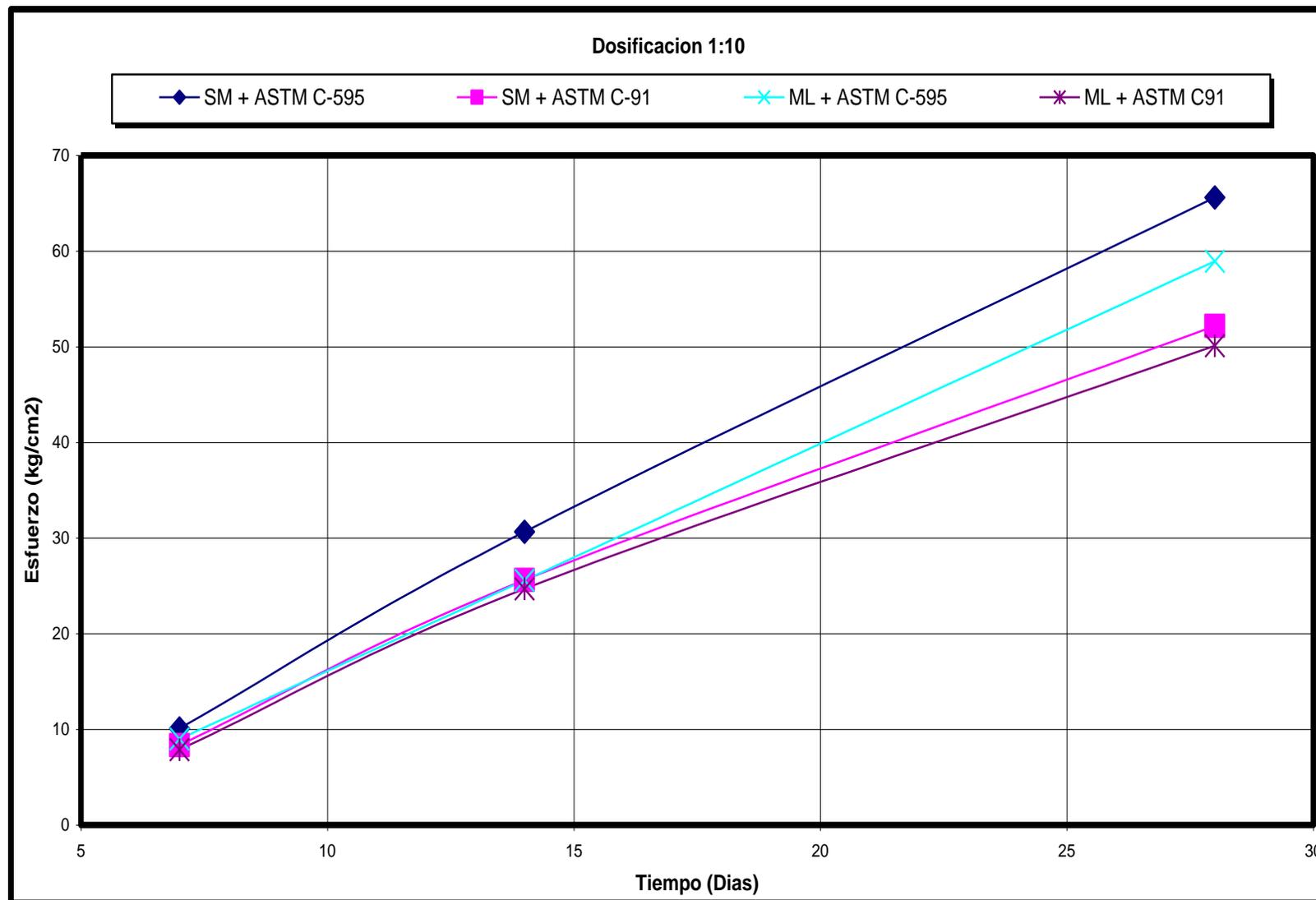
TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.20	29.80	5443	13.61	15.44
2	28	15.20	29.80	5897	14.74	
3	28	15.10	29.70	5897	14.94	
4	28	15.00	29.90	5897	15.14	
5	28	15.00	29.90	5443	13.97	
6	28	15.00	29.80	5897	15.14	
7	28	15.10	29.90	5443	13.79	
8	28	15.20	29.80	7031	17.58	
9	28	15.00	29.80	5897	15.14	
10	28	15.00	29.80	7031	18.05	
11	28	15.20	29.80	5897	14.74	
12	28	15.10	29.80	5897	14.94	
13	28	15.10	29.90	7031	17.81	
14	28	15.10	29.90	7031	17.81	
15	28	15.10	29.90	7031	17.81	
16	28	15.10	29.90	5897	14.94	
17	28	15.10	29.80	5897	14.94	
18	28	15.10	29.90	5897	14.94	
19	28	15.10	29.90	5897	14.94	
20	28	15.00	29.90	5443	13.97	

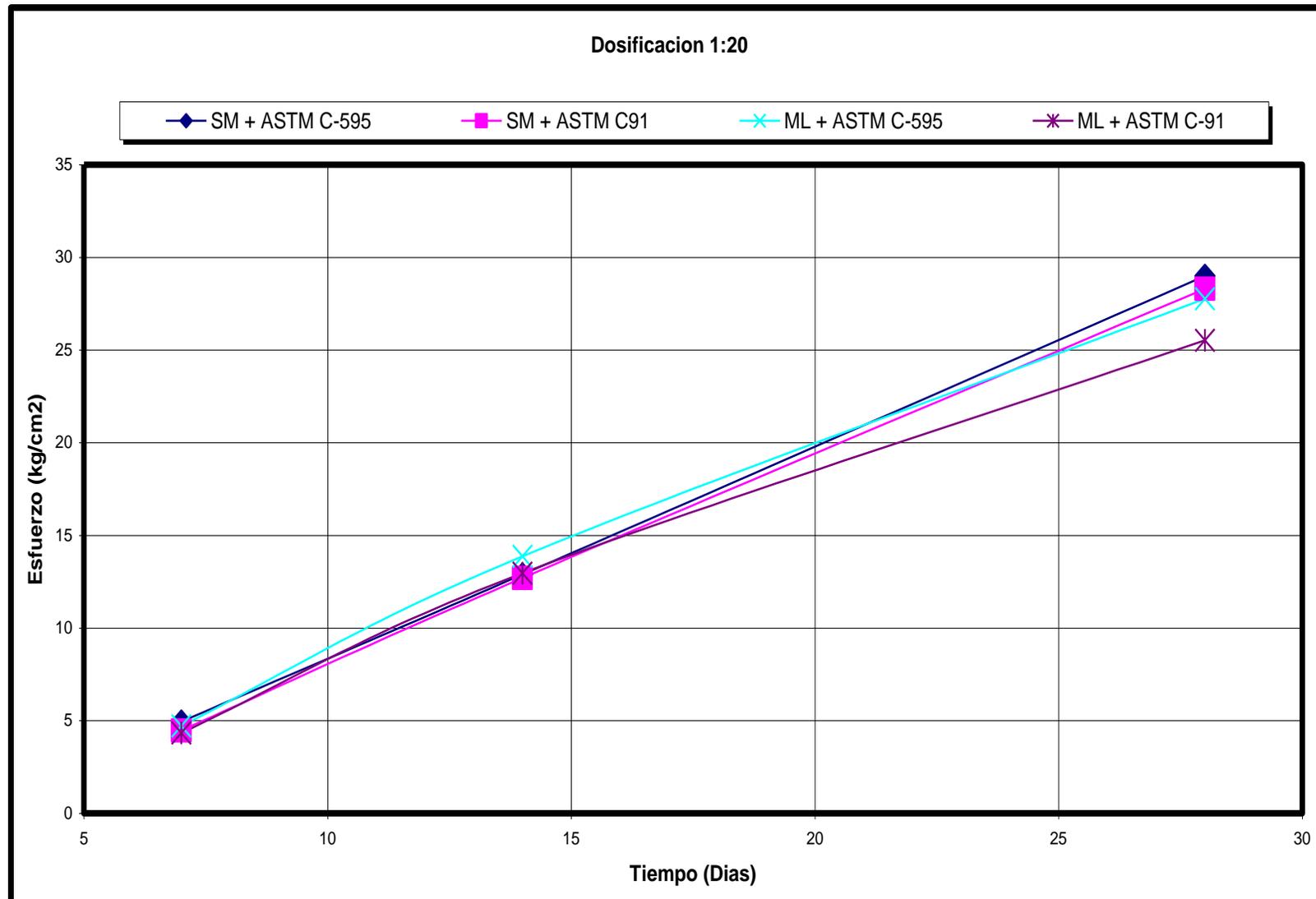
TABLA 5.45

***GRAFICAS DE
RESULTADOS DE
RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DE LOS
ESPECIMENES
ENSAYADOS***

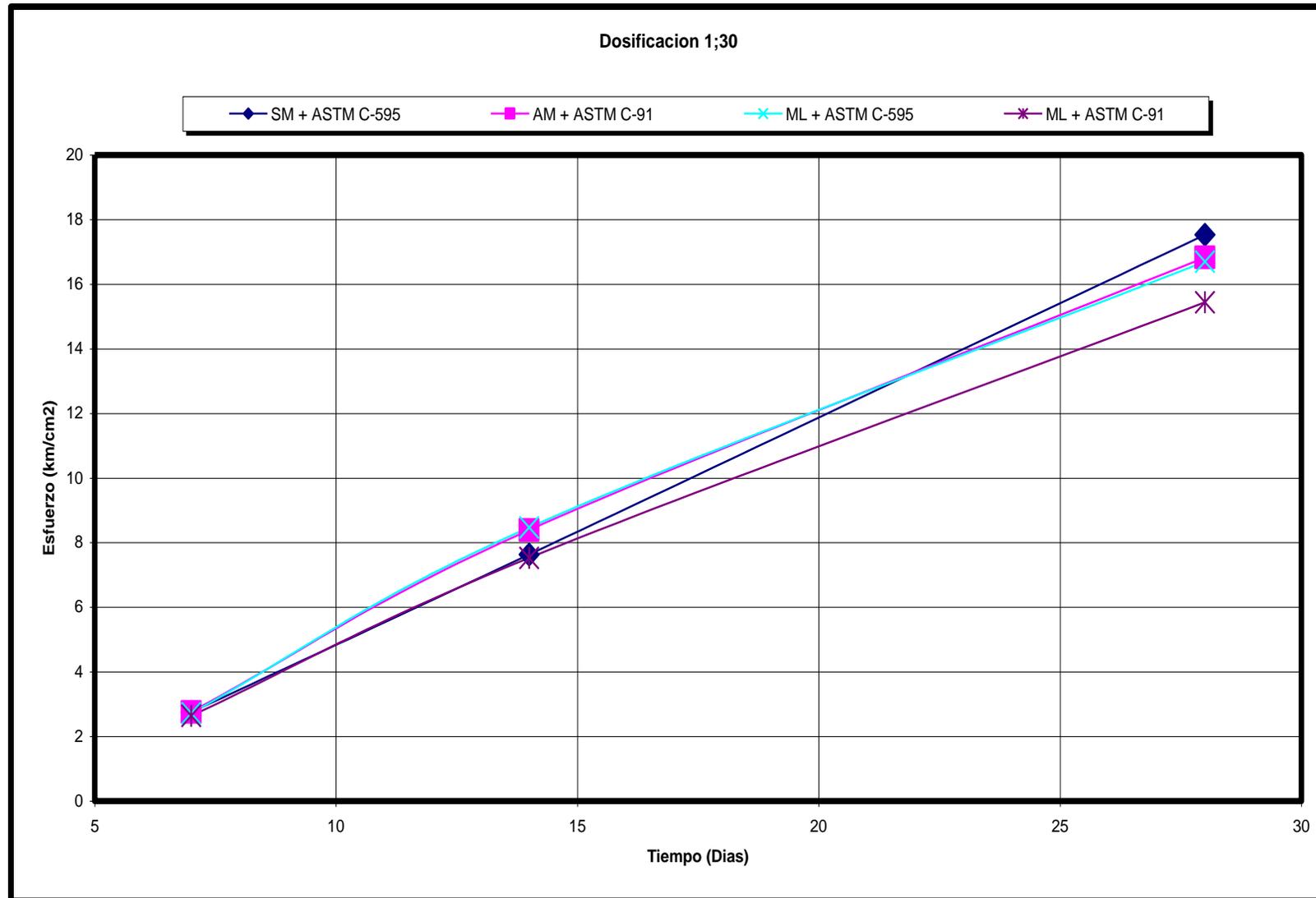
Grafica 5.6



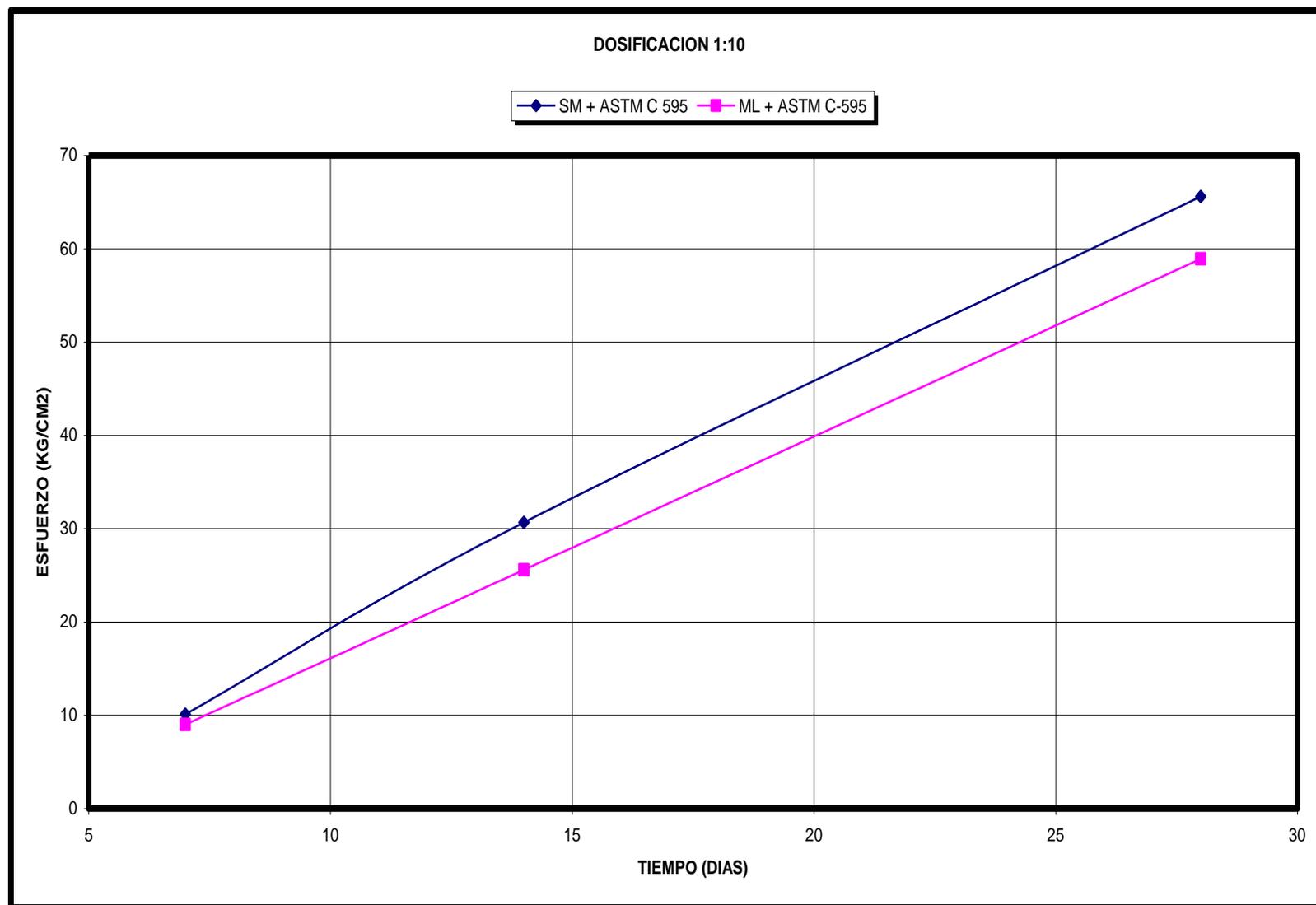
Grafica 5.7



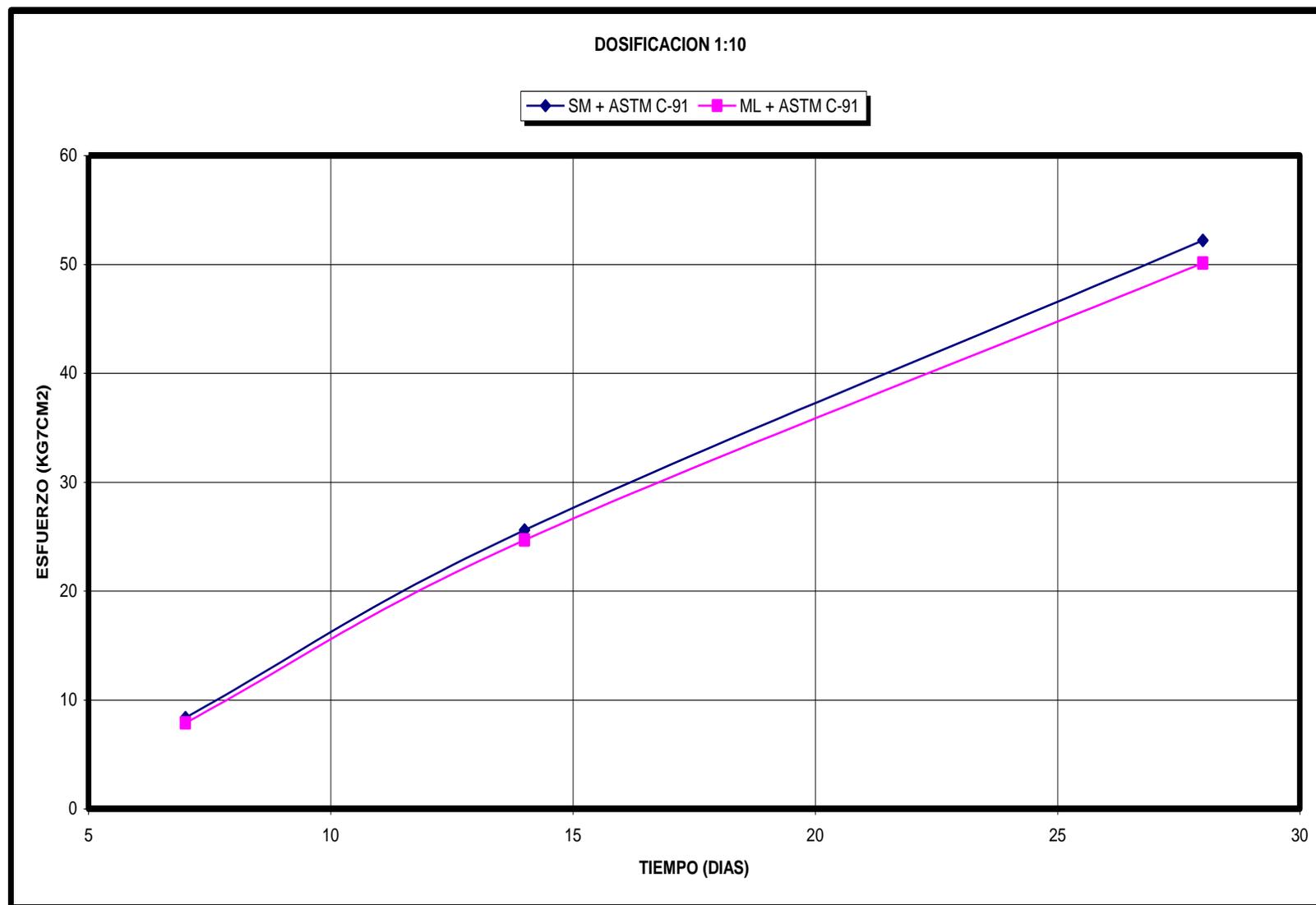
Grafica 5.8



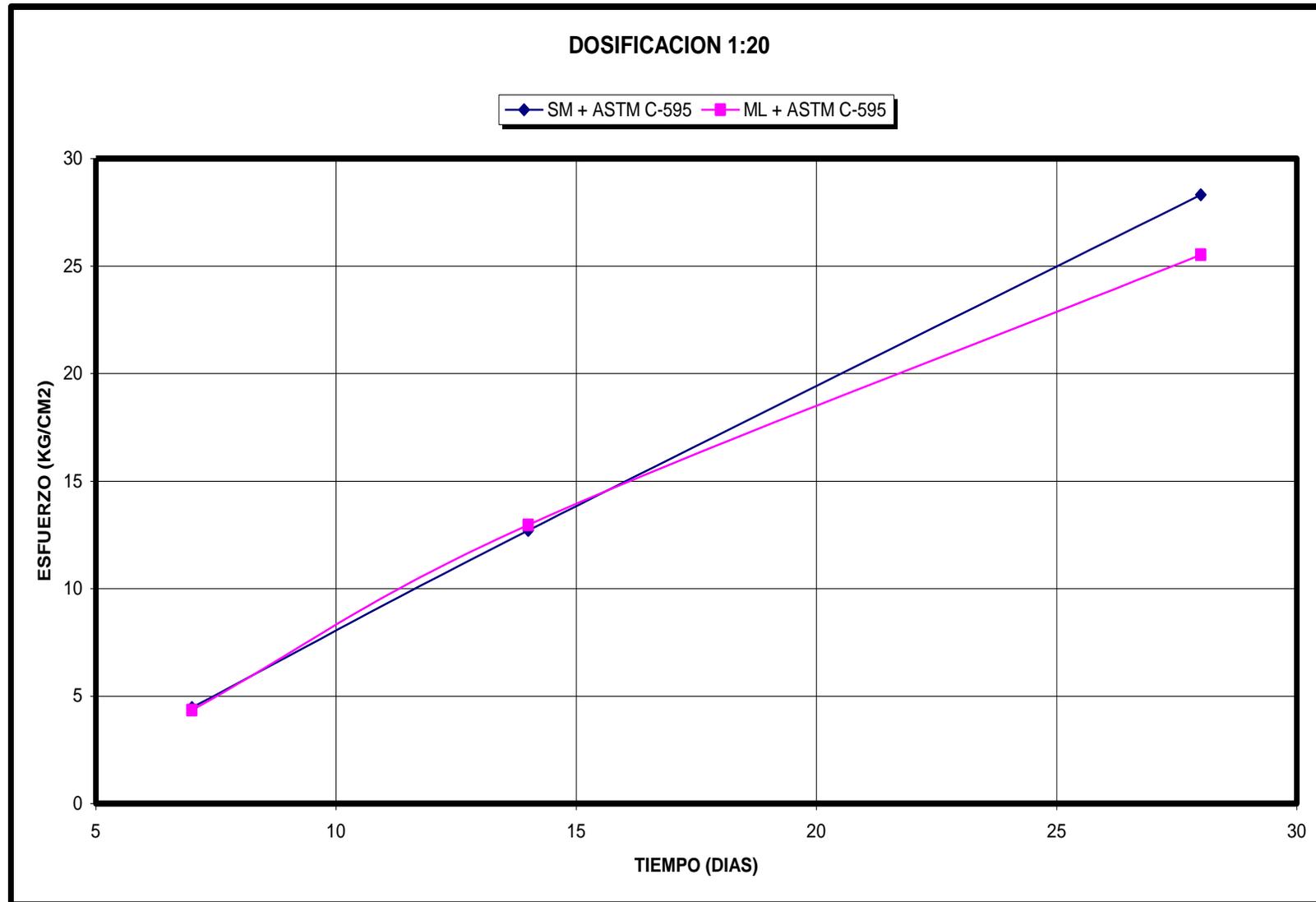
Grafica 5.9



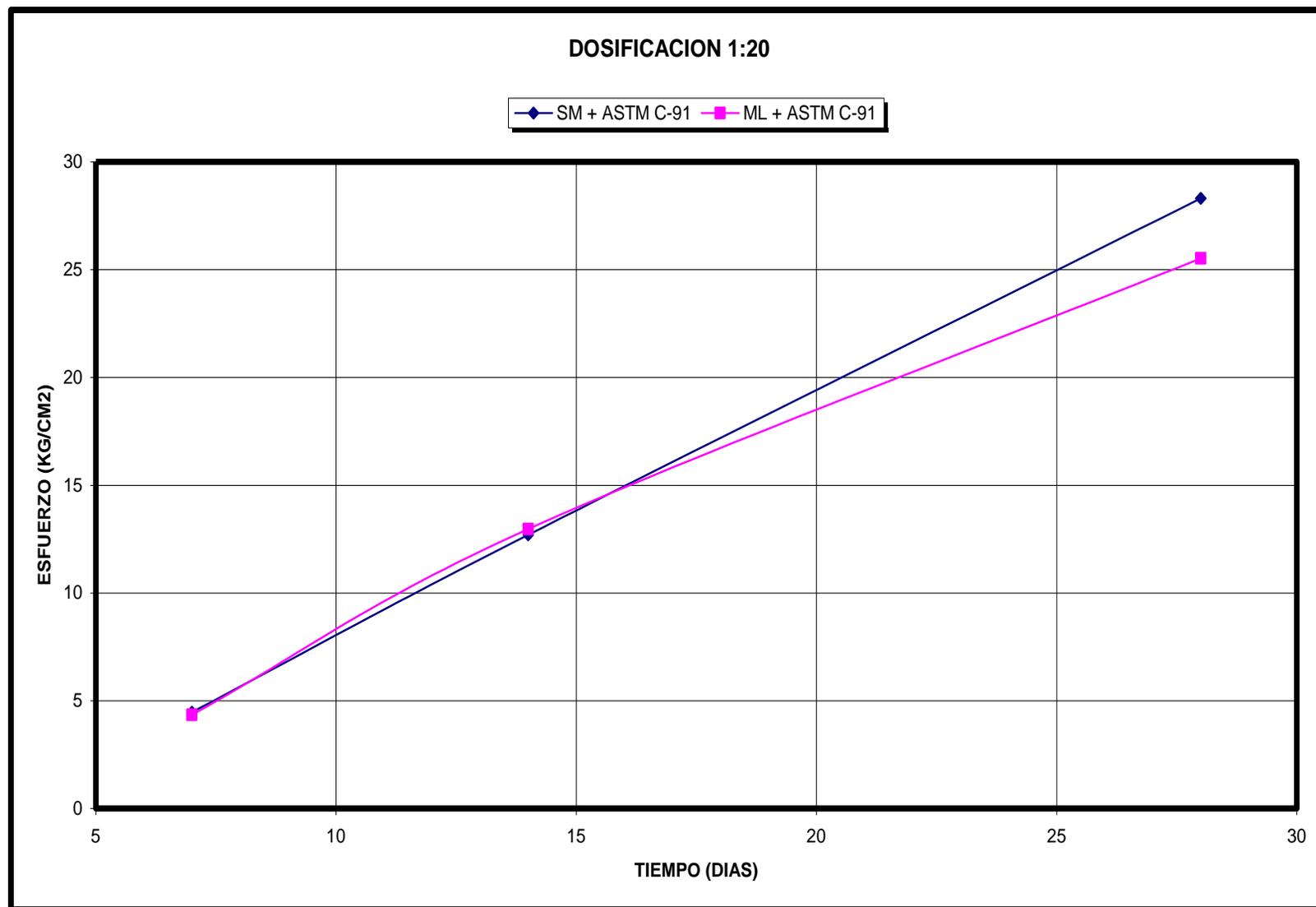
Grafica 5.10



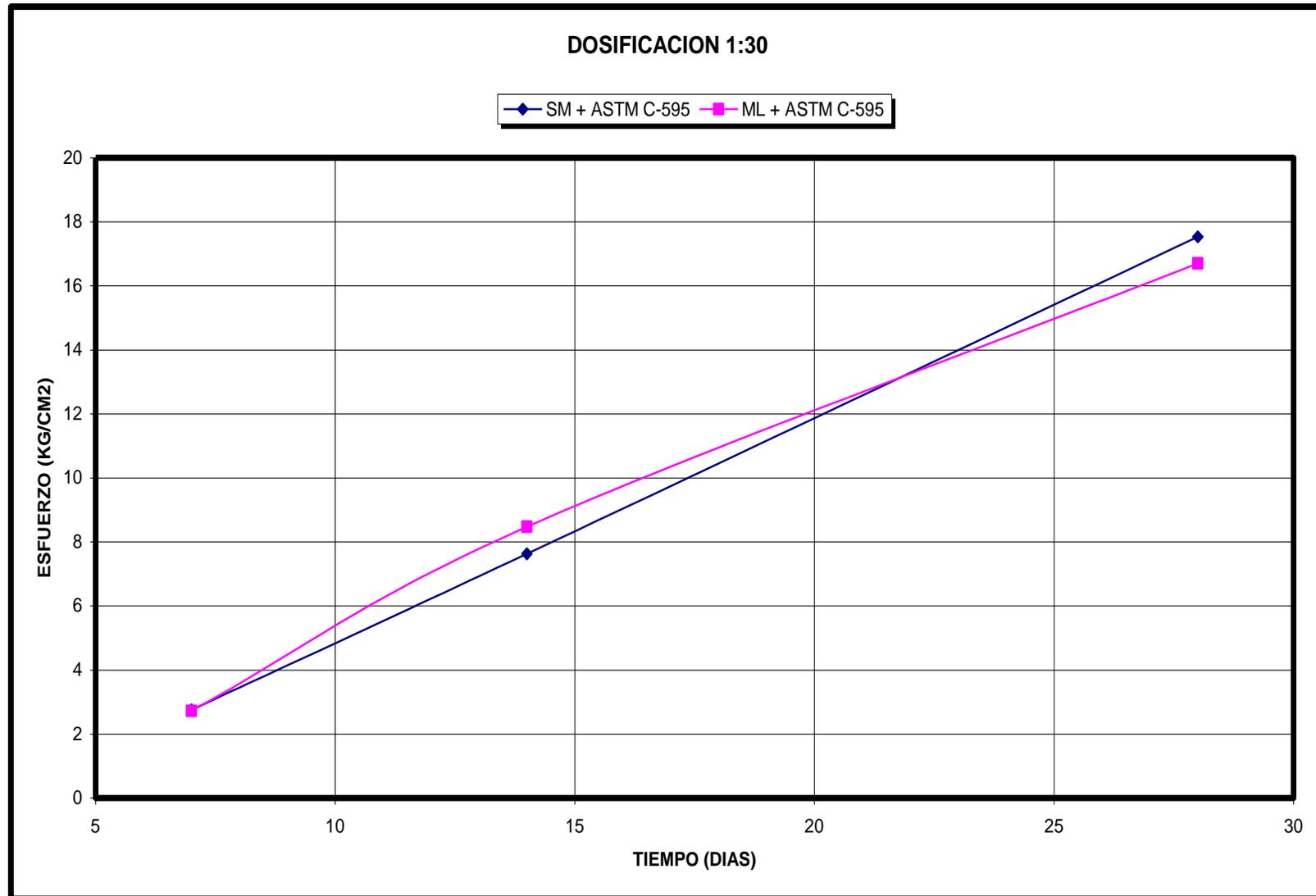
Grafica 5.11



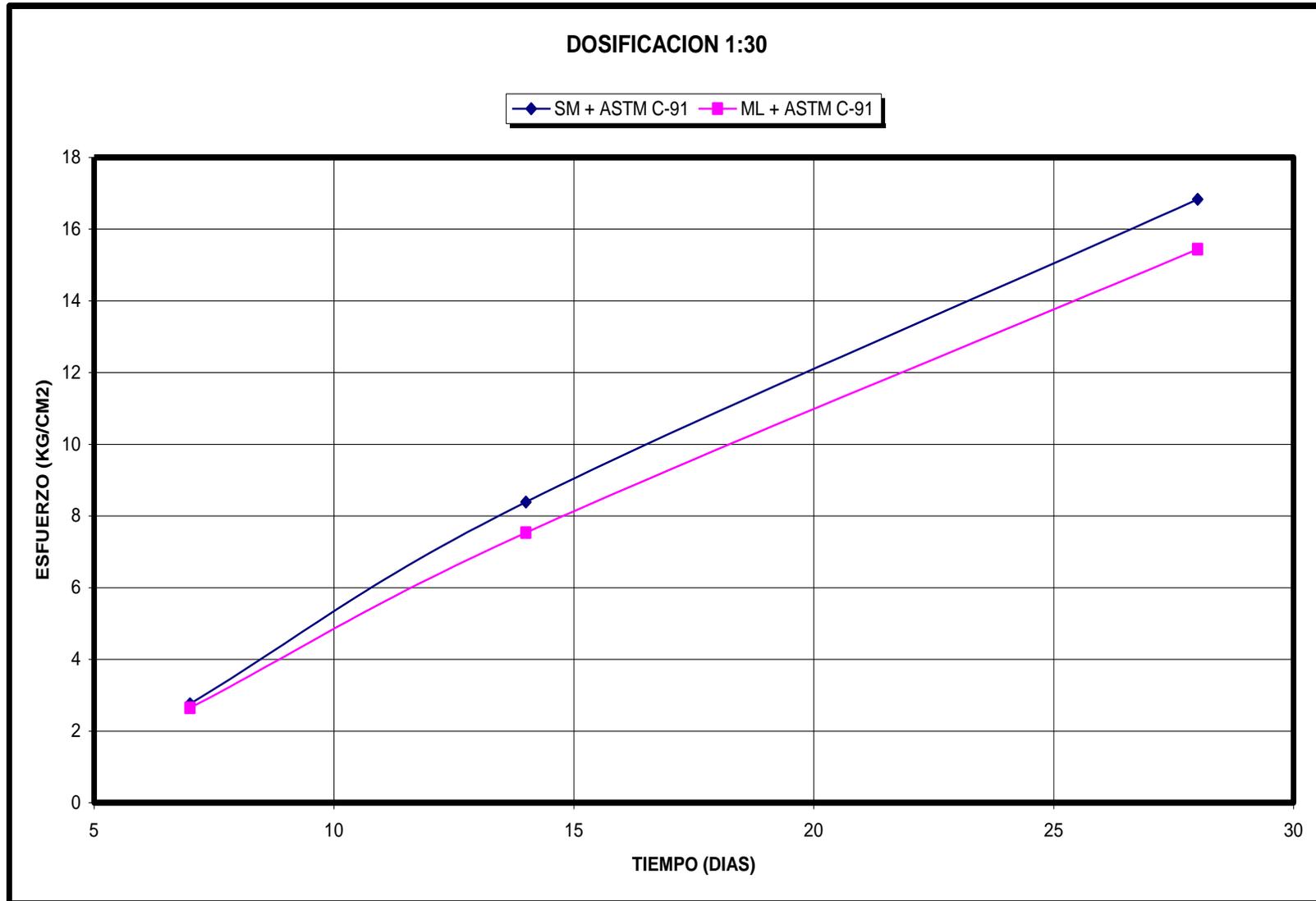
Grafica 5.12



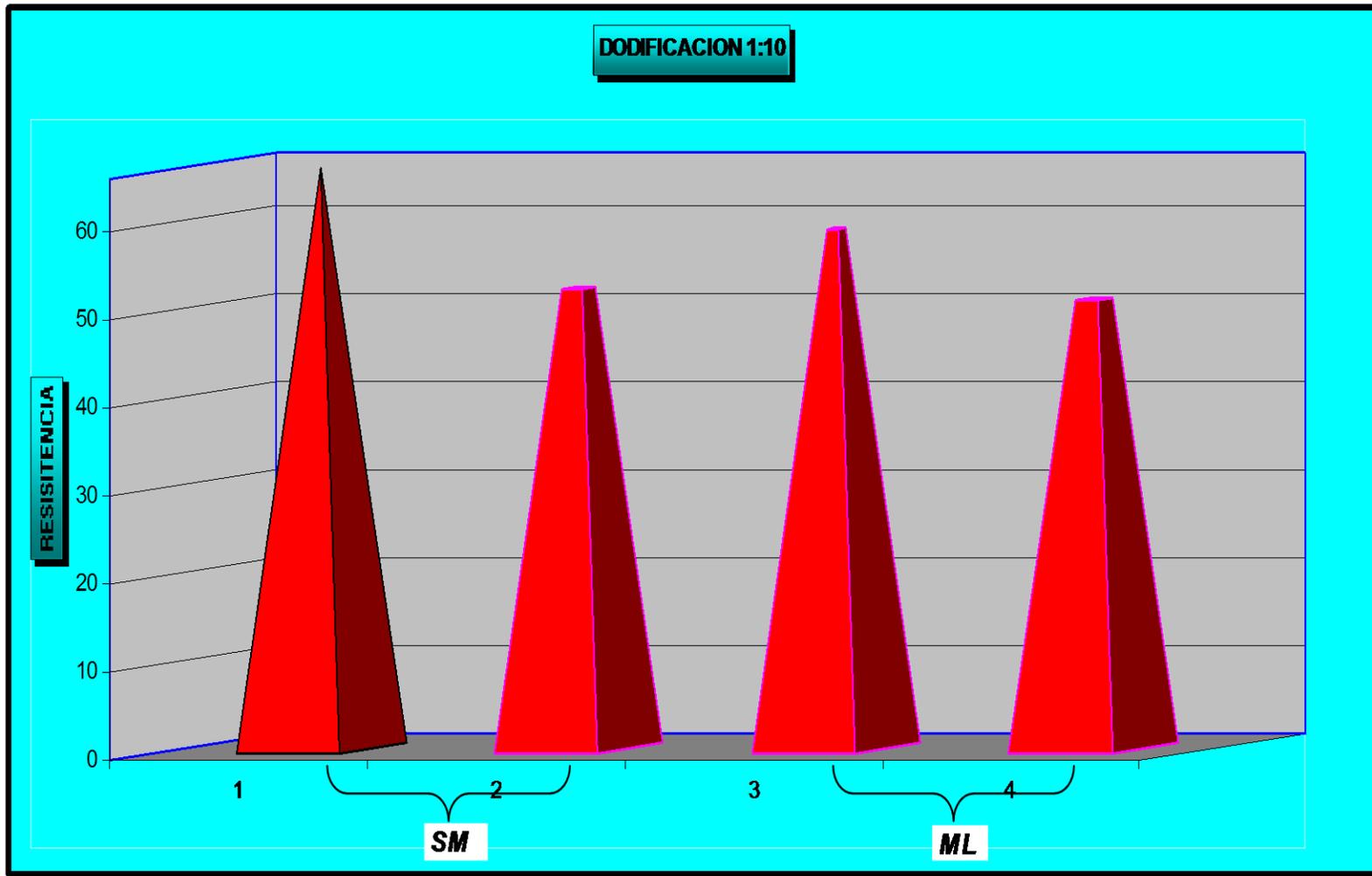
Grafica 5.13



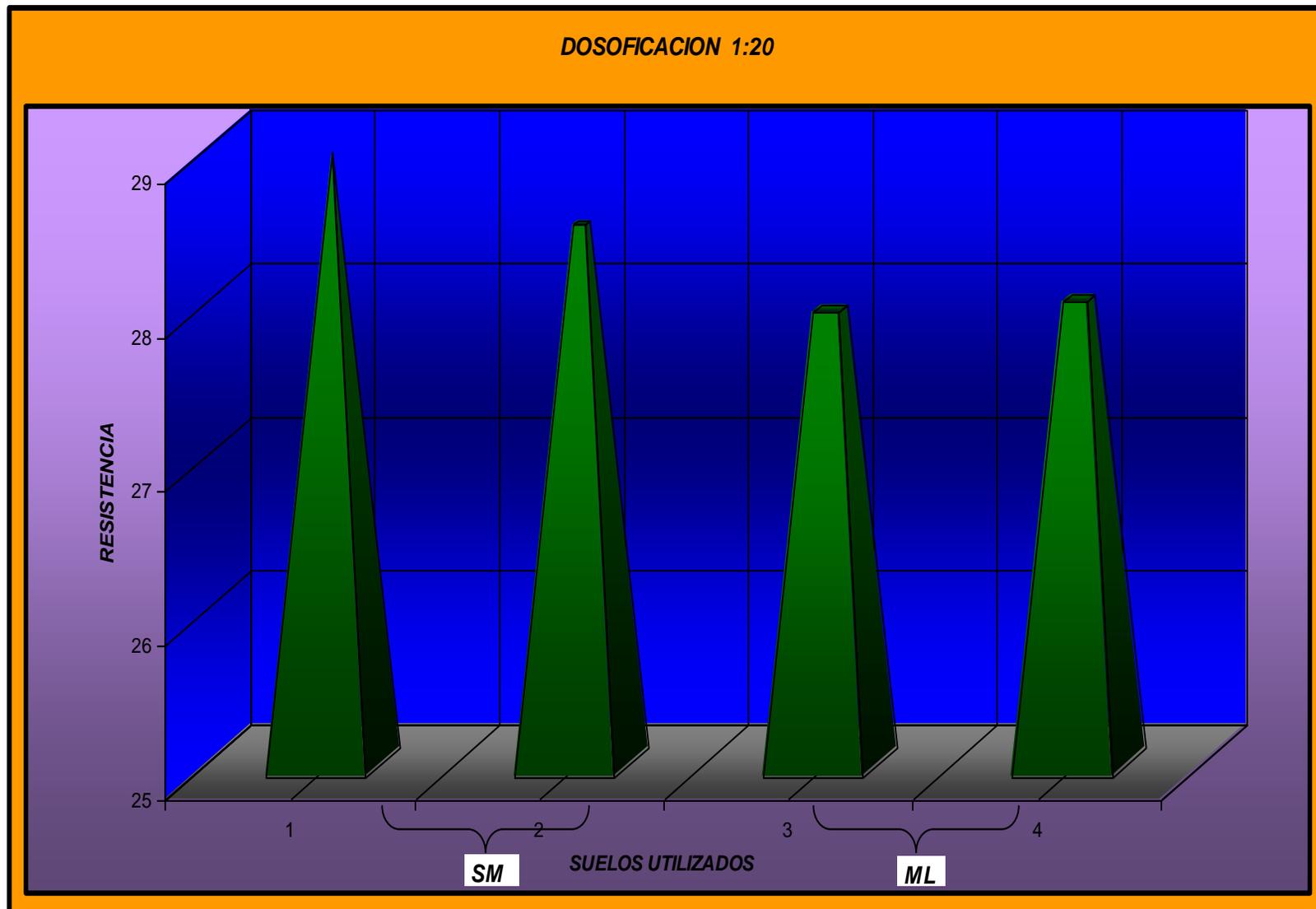
Grafica 5.14



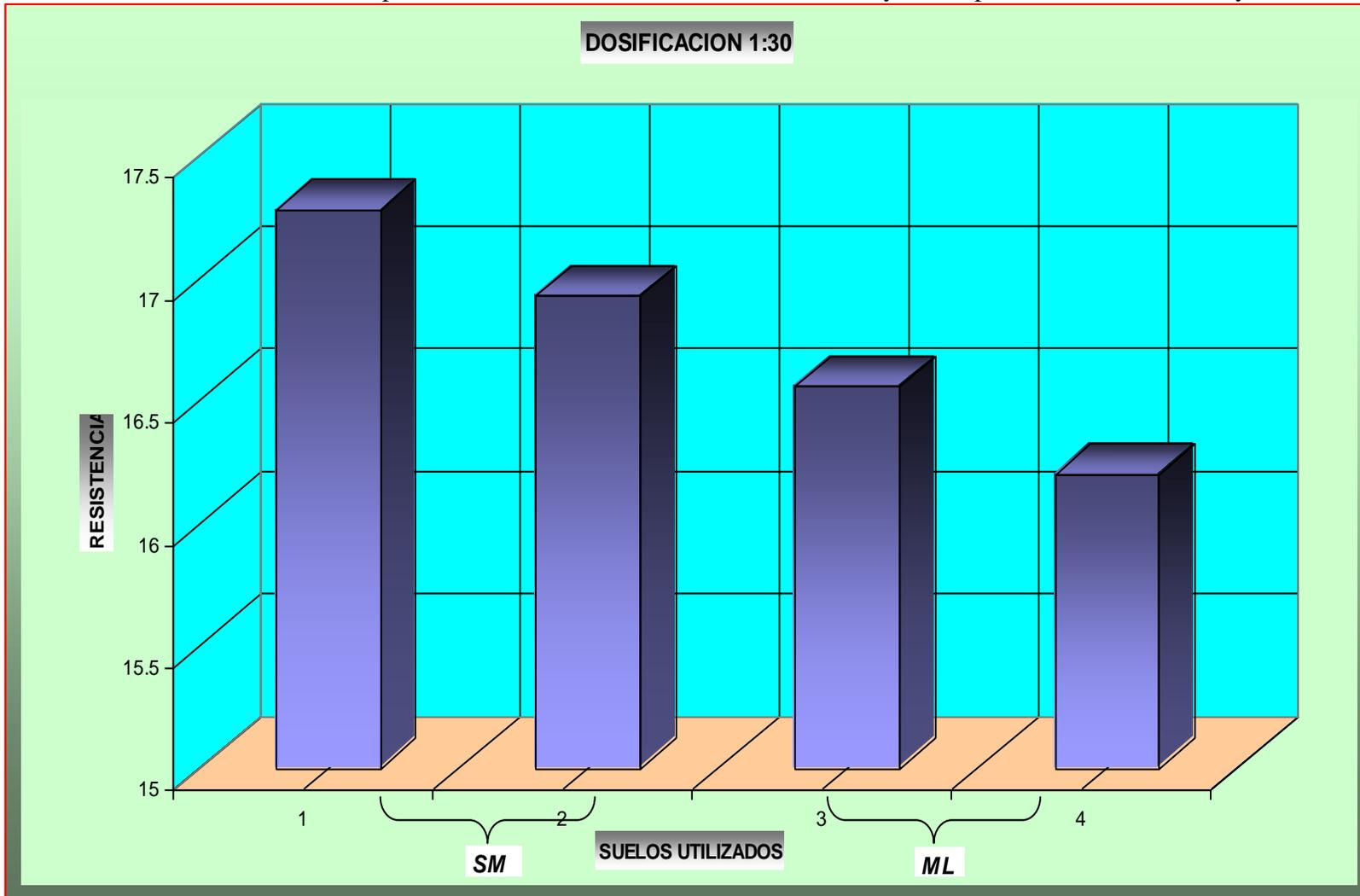
Grafica 5.14.1. Grafica comparativa de incremento de resistencia de la SM y el ML para los cementos C595 y C91



Grafica 5.14.2. Grafica comparativa de incremento de resistencia de la SM y el ML para los cementos C595 y C91



Grafica 5.14.3. Grafica comparativa de incremento de resistencia de la SM y el ML para los cementos C595 y C91



***RESISTENCIA A
TENSIÓN EN
ESPECIMENES DE
SUELO CEMENTO
ASTM C-496***

Banco de préstamo #1
Carretera al aeropuerto
internacional de El Salvador,
ubicado al costado sur del
desvío a San Luis Talpa. km

34.

CEMENTO PÓRTLAND
ASTM C-595

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	15.10	29.90	1075	1.52	1.49
2	7	15.10	29.70	1050	1.49	
3	7	15.00	29.70	1025	1.46	
4	7	15.10	29.90	950	1.34	
5	7	15.10	29.90	1100	1.55	
6	7	15.10	29.90	1050	1.48	
7	7	15.10	29.90	1050	1.48	
8	7	15.00	29.90	1050	1.49	
9	7	15.00	29.90	1025	1.45	
10	7	15.00	29.90	1100	1.56	
11	7	15.10	29.90	1075	1.52	
12	7	15.20	29.80	1075	1.51	
13	7	15.10	29.90	1025	1.45	
14	7	15.00	29.90	1075	1.53	
15	7	15.10	29.90	1025	1.45	
16	7	15.10	29.90	1075	1.52	
17	7	15.20	29.90	1100	1.54	
18	7	15.10	29.90	1075	1.52	
19	7	15.10	29.80	1075	1.52	
20	7	15.10	29.90	1025	1.45	

TABLA 5.46

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	15.10	29.90	2150	3.03	3.32
2	14	15.10	29.70	2150	3.05	
3	14	15.00	29.70	2450	3.50	
4	14	15.10	29.90	2450	3.45	
5	14	15.10	29.90	2325	3.28	
6	14	15.00	29.90	2450	3.48	
7	14	15.10	29.90	2375	3.35	
8	14	15.00	29.90	2325	3.30	
9	14	15.00	29.80	2450	3.49	
10	14	15.00	29.90	2450	3.48	
11	14	15.10	29.90	2325	3.28	
12	14	15.20	29.80	2325	3.27	
13	14	15.10	29.90	2325	3.28	
14	14	15.10	29.90	2300	3.24	
15	14	15.10	29.90	2325	3.28	
16	14	15.00	29.90	2375	3.37	
17	14	15.10	29.80	2350	3.32	
18	14	15.10	29.80	2350	3.32	
19	14	15.10	29.90	2350	3.31	
20	14	15.10	29.90	2350	3.31	

TABLA 5.47

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.10	29.90	3675	5.18	5.08
2	28	15.10	29.70	3675	5.22	
3	28	15.00	29.70	3850	5.50	
4	28	15.10	29.90	3575	5.04	
5	28	15.00	29.90	3850	5.46	
6	28	15.10	29.80	3580	5.06	
7	28	15.10	29.90	3675	5.18	
8	28	15.00	29.90	3825	5.43	
9	28	15.00	29.80	3825	5.45	
10	28	15.00	29.80	3750	5.34	
11	28	15.10	29.90	3750	5.29	
12	28	15.20	29.80	3850	5.41	
13	28	15.10	29.80	3875	5.48	
14	28	15.10	29.80	3850	5.45	
15	28	15.00	29.80	3850	5.48	
16	28	15.10	29.90	3825	5.39	
17	28	15.10	29.90	3825	5.39	
18	28	15.10	29.90	3825	5.39	
19	28	15.10	29.90	3875	5.46	
20	28	15.10	29.80	3875	5.48	

TABLA 5.48

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	15.10	29.90	675	0.95	0.86
2	7	15.20	29.80	650	0.91	
3	7	15.10	29.80	650	0.92	
4	7	15.00	29.90	650	0.92	
5	7	15.00	29.90	650	0.92	
6	7	15.20	29.90	675	0.95	
7	7	15.20	29.90	650	0.91	
8	7	15.10	29.90	550	0.78	
9	7	15.00	29.80	675	0.96	
10	7	15.00	29.80	675	0.96	
11	7	15.10	29.90	550	0.78	
12	7	15.10	29.90	650	0.92	
13	7	15.10	29.80	625	0.88	
14	7	15.10	29.90	650	0.92	
15	7	15.10	29.90	650	0.92	
16	7	15.20	29.90	650	0.91	
17	7	15.10	29.90	625	0.88	
18	7	15.10	29.80	675	0.95	
19	7	15.10	29.90	625	0.88	
20	7	15.10	29.90	675	0.95	

TABLA 5.49

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	15.10	29.90	1450	2.04	1.90
2	14	15.20	29.80	1300	1.83	
3	14	15.10	29.80	1450	2.05	
4	14	15.00	29.90	1300	1.85	
5	14	15.10	29.90	1450	2.04	
6	14	15.20	29.80	1525	2.14	
7	14	15.20	29.90	1450	2.03	
8	14	15.10	29.90	1450	2.04	
9	14	15.00	29.90	1250	1.77	
10	14	15.00	29.80	1450	2.07	
11	14	15.10	29.80	1450	2.05	
12	14	15.10	29.80	1275	1.80	
13	14	15.10	29.90	1275	1.80	
14	14	15.20	29.90	1275	1.79	
15	14	15.10	29.90	1250	1.76	
16	14	15.10	29.80	1250	1.77	
17	14	15.10	29.90	1275	1.80	
18	14	15.10	29.90	1250	1.76	
19	14	15.10	29.90	1250	1.76	
20	14	15.10	29.90	1300	1.83	

TABLA 5.50

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.10	29.90	1925	2.71	3.24
2	28	15.20	29.80	2275	3.20	
3	28	15.10	29.80	2350	3.32	
4	28	15.00	29.80	2350	3.35	
5	28	15.00	29.90	2350	3.34	
6	28	15.20	29.90	1925	2.70	
7	28	15.20	29.90	2275	3.19	
8	28	15.10	29.90	2275	3.21	
9	28	15.10	29.80	2275	3.22	
10	28	15.00	29.90	2350	3.34	
11	28	15.10	29.80	2350	3.32	
12	28	15.10	29.80	2350	3.32	
13	28	15.20	29.90	2375	3.33	
14	28	15.20	29.90	2375	3.33	
15	28	15.10	29.90	2350	3.31	
16	28	15.10	29.90	2325	3.28	
17	28	15.10	29.80	2325	3.29	
18	28	15.10	29.90	2375	3.35	
19	28	15.10	29.90	2375	3.35	
20	28	15.20	29.90	2375	3.33	

TABLA 5.51

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

RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	15.10	29.90	475	0.67	0.65
2	7	15.30	29.80	450	0.63	
3	7	15.20	29.80	500	0.70	
4	7	15.00	29.80	400	0.57	
5	7	15.00	29.80	500	0.71	
6	7	15.10	29.90	400	0.56	
7	7	15.10	29.80	400	0.57	
8	7	15.20	29.80	400	0.56	
9	7	15.00	29.90	500	0.71	
10	7	15.10	29.90	500	0.71	
11	7	15.20	29.90	500	0.70	
12	7	15.20	29.80	500	0.70	
13	7	15.10	29.80	457	0.65	
14	7	15.10	29.90	500	0.71	
15	7	15.00	29.90	475	0.67	
16	7	15.10	29.90	475	0.67	
17	7	15.10	29.90	450	0.63	
18	7	15.10	29.80	475	0.67	
19	7	15.20	29.90	450	0.63	
20	7	15.10	29.90	425	0.60	

TABLA 5.52

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.10	29.90	1075	1.52	1.56
2	14	15.30	29.80	1075	1.50	
3	14	15.20	29.80	1150	1.62	
4	14	15.10	29.90	1150	1.62	
5	14	15.00	29.90	1200	1.70	
6	14	15.00	29.90	1075	1.53	
7	14	15.10	29.80	1025	1.45	
8	14	15.20	29.80	1150	1.62	
9	14	15.10	29.90	1075	1.52	
10	14	15.00	29.90	1200	1.70	
11	14	15.20	29.90	1075	1.51	
12	14	15.20	29.80	1075	1.51	
13	14	15.10	29.90	1050	1.48	
14	14	15.10	29.90	1075	1.52	
15	14	15.20	29.90	1075	1.51	
16	14	15.10	29.90	1100	1.55	
17	14	15.10	29.90	1125	1.59	
18	14	15.10	29.90	1125	1.59	
19	14	15.10	29.80	1150	1.63	
20	14	15.10	29.90	1100	1.55	

TABLA 5.53

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

RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.10	29.90	1400	1.97	2.37
2	28	15.30	29.80	1750	2.44	
3	28	15.20	29.80	1400	1.97	
4	28	15.10	29.80	1650	2.33	
5	28	15.10	29.80	1650	2.33	
6	28	15.10	29.90	1750	2.47	
7	28	15.10	29.80	1750	2.48	
8	28	15.20	29.80	1750	2.46	
9	28	15.00	29.90	1750	2.48	
10	28	15.00	29.90	1750	2.48	
11	28	15.20	29.90	1400	1.96	
12	28	15.20	29.80	1750	2.46	
13	28	15.10	29.90	1750	2.47	
14	28	15.10	29.90	1725	2.43	
15	28	15.20	29.80	1775	2.49	
16	28	15.10	29.80	1675	2.37	
17	28	15.10	29.90	1676	2.36	
18	28	15.10	29.90	1775	2.50	
19	28	15.10	29.90	1725	2.43	
20	28	15.10	29.90	1750	2.47	

TABLA 5.54

CEMENTO CUSCATLÁN
ASTM C-91

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.10	29.80	1050	1.49	1.48
2	7	15.10	29.80	1100	1.56	
3	7	15.20	29.70	1025	1.45	
4	7	15.00	29.90	1050	1.49	
5	7	15.10	29.80	1050	1.49	
6	7	15.20	29.90	1100	1.54	
7	7	15.20	29.90	1000	1.40	
8	7	15.20	29.90	1025	1.44	
9	7	15.20	29.80	1000	1.41	
10	7	15.10	29.80	1025	1.45	
11	7	15.10	29.80	1100	1.56	
12	7	15.20	29.90	1075	1.51	
13	7	15.10	29.90	1025	1.45	
14	7	15.10	29.80	1025	1.45	
15	7	15.10	29.90	1050	1.48	
16	7	15.10	29.80	1025	1.45	
17	7	15.10	29.90	1075	1.52	
18	7	15.20	29.90	1100	1.54	
19	7	15.10	29.90	1025	1.45	
20	7	15.20	29.90	1050	1.47	

TABLA 5.55

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

RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.10	29.80	2150	3.04	3.14
2	14	15.10	29.80	2150	3.04	
3	14	15.20	29.70	2450	3.45	
4	14	15.10	29.80	2250	3.18	
5	14	15.10	29.80	2250	3.18	
6	14	15.20	29.90	2150	3.01	
7	14	15.20	29.90	2250	3.15	
8	14	15.20	29.90	2250	3.15	
9	14	15.20	29.90	2250	3.15	
10	14	15.10	29.90	2150	3.03	
11	14	15.10	29.80	2250	3.18	
12	14	15.20	29.80	2150	3.02	
13	14	15.10	29.90	2225	3.14	
14	14	15.20	29.90	2200	3.08	
15	14	15.20	29.90	2225	3.12	
16	14	15.20	29.90	2275	3.19	
17	14	15.20	29.70	2250	3.17	
18	14	15.20	29.90	2250	3.15	
19	14	15.10	29.90	2275	3.21	
20	14	15.10	29.90	2250	3.17	

TABLA 5.56

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.10	29.80	3325	4.70	4.68
2	28	15.10	29.80	3050	4.32	
3	28	15.20	29.70	3325	4.69	
4	28	15.10	29.80	3325	4.70	
5	28	15.10	29.80	3050	4.32	
6	28	15.20	29.90	3050	4.27	
7	28	15.20	29.90	3350	4.69	
8	28	15.20	29.90	3350	4.69	
9	28	15.20	29.80	3850	5.41	
10	28	15.10	29.80	3325	4.70	
11	28	15.10	29.80	3325	4.70	
12	28	15.20	29.70	3325	4.69	
13	28	15.10	29.90	3325	4.69	
14	28	15.20	29.90	3350	4.69	
15	28	15.20	29.80	3350	4.71	
16	28	15.20	29.80	3375	4.74	
17	28	15.10	29.80	3350	4.74	
18	28	15.10	29.80	3325	4.70	
19	28	15.10	29.90	3325	4.69	
20	28	15.10	29.90	3375	4.76	

TABLA 5.57

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

RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.20	29.80	550	0.77	0.85
2	7	15.20	29.80	650	0.91	
3	7	15.10	29.70	650	0.92	
4	7	15.00	29.80	550	0.78	
5	7	15.00	29.80	550	0.78	
6	7	15.20	29.70	550	0.78	
7	7	15.20	29.80	650	0.91	
8	7	15.10	29.80	550	0.78	
9	7	15.00	29.90	550	0.78	
10	7	15.00	29.90	675	0.96	
11	7	15.20	29.80	550	0.77	
12	7	15.20	29.80	550	0.77	
13	7	15.20	29.90	575	0.81	
14	7	15.20	29.90	575	0.81	
15	7	15.20	29.80	600	0.84	
16	7	15.20	29.80	650	0.91	
17	7	15.20	29.80	625	0.88	
18	7	15.20	29.90	650	0.91	
19	7	15.20	29.90	675	0.95	
20	7	15.10	29.80	675	0.95	

TABLA 5.58

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

RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.20	29.80	1450	2.04	1.92
2	14	15.20	29.80	1300	1.83	
3	14	15.20	29.70	1300	1.83	
4	14	15.20	29.90	1325	1.86	
5	14	15.10	29.90	1450	2.04	
6	14	15.20	29.70	1250	1.76	
7	14	15.20	29.80	1450	2.04	
8	14	15.10	29.80	1450	2.05	
9	14	15.10	29.90	1450	2.04	
10	14	15.10	29.90	1300	1.83	
11	14	15.20	29.80	1300	1.83	
12	14	15.20	29.80	1300	1.83	
13	14	15.20	29.90	1325	1.86	
14	14	15.20	29.90	1325	1.86	
15	14	15.10	29.80	1250	1.77	
16	14	15.20	29.90	1275	1.79	
17	14	15.20	29.90	1400	1.96	
18	14	15.20	29.90	1375	1.93	
19	14	15.20	29.80	1350	1.90	
20	14	15.20	29.90	1325	1.86	

TABLA 5.59

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

RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.20	29.80	2275	3.20	3.15
2	28	15.20	29.80	2275	3.20	
3	28	15.20	29.70	2225	3.14	
4	28	15.10	29.90	2225	3.14	
5	28	15.10	29.90	2200	3.10	
6	28	15.20	29.70	2200	3.10	
7	28	15.20	29.80	2250	3.16	
8	28	15.10	29.80	2200	3.11	
9	28	15.10	29.90	2275	3.21	
10	28	15.10	29.80	2275	3.22	
11	28	15.20	29.80	2200	3.09	
12	28	15.20	29.80	2275	3.20	
13	28	15.10	29.90	2250	3.17	
14	28	15.20	29.90	2225	3.12	
15	28	15.10	29.90	2200	3.10	
16	28	15.10	29.90	2250	3.17	
17	28	15.10	29.80	2250	3.18	
18	28	15.20	29.90	2200	3.08	
19	28	15.20	29.90	2250	3.15	
20	28	15.10	29.90	2200	3.10	

TABLA 5.60

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

RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.20	29.80	400	0.56	0.71
2	7	15.20	29.80	500	0.70	
3	7	15.10	29.70	400	0.57	
4	7	15.00	29.80	575	0.82	
5	7	15.00	29.80	575	0.82	
6	7	15.10	29.80	450	0.06	
7	7	15.10	29.80	550	0.78	
8	7	15.30	29.80	575	0.80	
9	7	15.00	29.90	550	0.78	
10	7	15.00	29.90	475	0.67	
11	7	15.20	29.90	550	0.77	
12	7	15.20	29.90	550	0.77	
13	7	15.20	29.80	525	0.74	
14	7	15.10	29.80	550	0.78	
15	7	15.10	29.80	550	0.78	
16	7	15.00	29.70	500	0.71	
17	7	15.10	29.90	575	0.81	
18	7	15.10	29.90	575	0.81	
19	7	15.20	29.80	550	0.77	
20	7	15.10	29.80	525	0.74	

TABLA 5.61

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

RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.20	29.80	1075	1.51	1.49
2	14	15.20	29.80	1250	1.76	
3	14	15.10	29.70	1075	1.53	
4	14	15.20	29.80	1250	1.76	
5	14	15.10	29.80	1075	1.52	
6	14	15.80	29.80	1075	0.15	
7	14	15.10	29.80	1150	1.63	
8	14	15.30	29.80	1150	1.61	
9	14	15.10	29.80	1250	1.77	
10	14	15.10	29.80	1250	1.77	
11	14	15.20	29.90	1075	1.51	
12	14	15.20	29.90	1075	1.51	
13	14	15.10	29.70	1050	1.49	
14	14	15.10	29.80	1025	1.45	
15	14	15.20	29.80	1025	1.44	
16	14	15.20	29.80	1025	1.44	
17	14	15.10	29.80	1075	1.52	
18	14	15.10	29.80	1075	1.52	
19	14	15.20	29.90	1050	1.47	
20	14	15.10	29.90	1025	1.45	

TABLA 5.62

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

*UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.*

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.20	29.80	1750	2.46	2.28
2	28	15.20	29.80	1650	2.32	
3	28	15.10	29.70	1650	2.34	
4	28	15.00	29.80	1650	2.35	
5	28	15.00	29.80	1550	2.21	
6	28	15.10	29.80	1675	2.37	
7	28	15.10	29.80	1675	2.37	
8	28	15.10	29.80	1750	2.48	
9	28	15.00	29.70	1750	2.50	
10	28	15.00	29.80	1575	2.24	
11	28	15.20	29.80	1570	2.21	
12	28	15.20	29.80	1550	2.18	
13	28	15.10	29.90	1525	2.15	
14	28	15.10	29.70	1525	2.16	
15	28	15.20	29.70	1500	2.12	
16	28	15.20	29.90	1650	2.31	
17	28	15.20	29.90	1575	2.21	
18	28	15.20	29.90	1625	2.28	
19	28	15.20	29.90	1575	2.21	
20	28	15.20	29.70	1575	2.22	

TABLA 5.63

*Banco de
préstamo #2
75 Av. norte,
Colonia Villas de
Miralvalle, San
Salvador.*

***CEMENTO PÓRTLAND
ASTM C-595***

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.20	29.90	850	1.19	1.48
2	7	15.20	29.80	875	1.23	
3	7	15.10	29.80	1475	2.09	
4	7	15.10	29.80	1050	1.49	
5	7	15.00	29.90	1050	1.49	
6	7	15.00	29.80	1050	1.50	
7	7	15.10	29.80	1000	1.41	
8	7	15.10	29.90	1050	1.48	
9	7	15.00	29.90	1100	1.56	
10	7	15.00	29.80	1050	1.50	
11	7	15.20	29.90	1050	1.47	
12	7	15.20	29.80	1050	1.48	
13	7	15.20	29.90	1025	1.44	
14	7	15.20	29.90	1075	1.51	
15	7	15.20	29.90	1025	1.44	
16	7	15.10	29.90	1025	1.45	
17	7	15.10	29.80	1025	1.45	
18	7	15.10	29.80	1000	1.41	
19	7	15.10	29.90	1075	1.52	
20	7	15.10	29.90	1075	1.52	

TABLA 5.64

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.20	29.90	2250	3.15	3.05
2	14	15.20	29.80	2250	3.16	
3	14	15.10	29.80	1975	2.79	
4	14	15.00	29.80	1975	2.81	
5	14	15.00	29.90	2250	3.19	
6	14	15.10	29.80	1925	2.72	
7	14	15.10	29.80	1975	2.79	
8	14	15.10	29.90	2250	3.17	
9	14	15.10	29.80	2250	3.18	
10	14	15.00	29.80	2250	3.20	
11	14	15.20	29.90	2250	3.15	
12	14	15.20	29.80	1925	2.71	
13	14	15.10	29.90	2225	3.14	
14	14	15.10	29.90	2225	3.14	
15	14	15.10	29.90	2250	3.17	
16	14	15.10	29.80	2275	3.22	
17	14	15.10	29.90	2200	3.10	
18	14	15.20	29.90	2175	3.05	
19	14	15.20	29.80	2175	3.06	
20	14	15.20	29.90	2200	3.08	

TABLA 5.65

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.20	29.90	3850	5.39	5.22
2	28	15.20	29.80	3675	5.17	
3	28	15.10	29.80	3050	4.32	
4	28	15.10	29.80	3675	5.20	
5	28	15.10	29.90	3700	5.22	
6	28	15.10	29.80	3850	5.45	
7	28	15.10	29.80	3675	5.20	
8	28	15.10	29.90	3850	5.43	
9	28	15.00	29.80	3850	5.48	
10	28	15.00	29.90	3850	5.46	
11	28	15.20	29.90	3050	4.27	
12	28	15.20	29.80	3850	5.41	
13	28	15.10	29.90	3825	5.39	
14	28	15.10	29.90	3825	5.39	
15	28	15.10	29.90	3850	5.43	
16	28	15.10	29.70	3800	5.39	
17	28	15.20	29.90	3825	5.36	
18	28	15.10	29.90	3625	5.11	
19	28	15.20	29.90	3625	5.08	
20	28	15.10	29.70	3650	5.18	

TABLA 5.66

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.20	29.80	725	1.02	1.02
2	7	15.20	29.70	725	1.02	
3	7	15.10	29.70	750	1.06	
4	7	15.00	29.80	675	0.96	
5	7	15.00	29.80	650	0.93	
6	7	15.20	29.70	700	0.99	
7	7	15.20	29.80	700	0.98	
8	7	15.20	29.80	725	1.02	
9	7	15.10	29.80	700	0.99	
10	7	15.00	29.80	725	1.03	
11	7	15.10	29.70	750	1.06	
12	7	15.20	29.80	725	1.02	
13	7	15.10	29.90	750	1.06	
14	7	15.10	29.90	725	1.02	
15	7	15.20	29.90	750	1.05	
16	7	15.20	29.90	775	1.09	
17	7	15.20	29.90	775	1.09	
18	7	15.20	29.80	725	1.02	
19	7	15.20	29.80	750	1.05	
20	7	15.10	29.90	725	1.02	

TABLA 5.67

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.20	29.80	1625	2.28	2.31
2	14	15.20	29.70	1625	2.29	
3	14	15.10	29.70	1650	2.34	
4	14	15.10	29.90	1625	2.29	
5	14	15.10	29.90	1600	2.26	
6	14	15.20	29.70	1650	2.33	
7	14	15.20	29.80	1650	2.32	
8	14	15.20	29.80	1650	2.32	
9	14	15.00	29.90	1625	2.31	
10	14	15.00	29.90	1600	2.27	
11	14	15.20	29.70	1650	2.33	
12	14	15.20	29.80	1650	2.32	
13	14	15.20	29.90	1625	2.28	
14	14	15.20	29.90	1625	2.28	
15	14	15.20	29.90	1675	2.35	
16	14	15.20	29.90	1675	2.35	
17	14	15.10	29.80	1650	2.33	
18	14	15.20	29.80	1675	2.35	
19	14	15.20	29.90	1675	2.35	
20	14	15.20	29.90	1675	2.35	

TABLA 5.68

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.20	29.80	2525	3.55	3.58
2	28	15.20	29.70	2500	3.53	
3	28	15.10	29.70	2575	3.66	
4	28	15.10	29.80	2525	3.57	
5	28	15.10	29.80	2550	3.61	
6	28	15.20	29.70	2500	3.53	
7	28	15.20	29.80	2500	3.51	
8	28	15.20	29.80	2525	3.55	
9	28	15.00	29.80	2575	3.67	
10	28	15.00	29.90	2575	3.66	
11	28	15.20	29.70	2525	3.56	
12	28	15.20	29.80	2525	3.55	
13	28	15.20	29.90	2525	3.54	
14	28	15.10	29.90	2550	3.60	
15	28	15.10	29.90	2575	3.63	
16	28	15.20	29.90	2525	3.54	
17	28	15.20	29.90	2525	3.54	
18	28	15.20	29.70	2575	3.63	
19	28	15.20	29.80	2525	3.55	
20	28	15.20	29.90	2575	3.61	

TABLA 5.69

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.20	29.80	575	0.81	0.77
2	7	15.20	29.80	525	0.74	
3	7	15.10	29.80	550	0.78	
4	7	15.00	29.80	500	0.71	
5	7	15.00	29.90	525	0.75	
6	7	15.10	29.80	525	0.74	
7	7	15.20	29.80	525	0.74	
8	7	15.20	29.80	550	0.77	
9	7	15.10	29.90	575	0.81	
10	7	15.00	29.90	550	0.78	
11	7	15.10	29.80	575	0.81	
12	7	15.20	29.70	500	0.71	
13	7	15.10	29.90	550	0.78	
14	7	15.10	29.90	550	0.78	
15	7	15.10	29.90	550	0.78	
16	7	15.10	29.90	525	0.74	
17	7	15.20	29.80	575	0.81	
18	7	15.10	29.80	575	0.81	
19	7	15.10	29.80	550	0.78	
20	7	15.10	29.80	550	0.78	

TABLA 5.70

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.20	29.80	1125	1.58	1.56
2	14	15.20	29.80	1150	1.62	
3	14	15.10	29.80	1025	1.45	
4	14	15.00	29.90	1075	1.53	
5	14	15.00	29.90	1025	1.45	
6	14	15.00	29.80	1025	1.46	
7	14	15.20	29.80	1100	1.55	
8	14	15.20	29.80	1250	1.76	
9	14	15.10	29.90	1100	1.55	
10	14	15.00	29.80	1075	1.53	
11	14	15.10	29.80	1150	1.63	
12	14	15.20	29.70	1100	1.55	
13	14	15.20	29.90	1125	1.58	
14	14	15.20	29.90	1125	1.58	
15	14	15.20	29.90	1150	1.61	
16	14	15.20	29.90	1125	1.58	
17	14	15.20	29.90	1125	1.58	
18	14	15.10	29.90	1075	1.52	
19	14	15.20	29.80	1075	1.51	
20	14	15.20	29.90	1100	1.54	

TABLA 5.71

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.20	29.80	2050	2.88	2.89
2	28	15.20	29.80	2025	2.85	
3	28	15.10	29.80	2025	2.86	
4	28	15.00	29.90	2025	2.87	
5	28	15.00	29.90	2050	2.91	
6	28	15.10	29.80	2075	2.94	
7	28	15.20	29.80	2075	2.92	
8	28	15.20	29.80	2075	2.92	
9	28	15.10	29.90	2025	2.86	
10	28	15.10	29.90	2050	2.89	
11	28	15.10	29.80	2025	2.86	
12	28	15.20	29.70	2050	2.89	
13	28	15.10	29.90	2025	2.86	
14	28	15.10	29.90	2025	2.86	
15	28	15.10	29.70	2075	2.95	
16	28	15.20	29.70	2025	2.86	
17	28	15.10	29.70	2075	2.95	
18	28	15.10	29.80	2025	2.86	
19	28	15.10	29.90	2050	2.89	
20	28	15.10	29.80	2050	2.90	

TABLA 5.72

CEMENTO CUSCATLÁN
ASTM C-91

TABLA # 5.74

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM2)
1	14	15.10	29.90	2375	3.35	3.32
2	14	15.10	29.80	2300	3.25	
3	14	15.20	29.80	2325	3.27	
4	14	15.10	29.90	2325	3.28	
5	14	15.10	29.90	2300	3.24	
6	14	15.10	29.80	2250	3.18	
7	14	15.10	29.80	2375	3.36	
8	14	15.10	29.80	2400	3.40	
9	14	15.00	29.90	2400	3.41	
10	14	15.00	29.90	2375	3.37	
11	14	15.10	29.80	2400	3.40	
12	14	15.10	29.90	2375	3.35	
13	14	15.20	29.90	2300	3.22	
14	14	15.20	29.90	2375	3.33	
15	14	15.00	29.90	2375	3.37	
16	14	15.20	29.90	2375	3.33	
17	14	15.20	29.80	2350	3.30	
18	14	15.20	29.70	2350	3.31	
19	14	15.20	29.90	2350	3.29	
20	14	15.20	29.90	2375	3.33	

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.10	29.90	1000	1.41	1.50
2	7	15.10	29.80	1050	1.49	
3	7	15.20	29.80	1100	1.55	
4	7	15.10	29.90	1075	1.52	
5	7	15.10	29.90	1075	1.52	
6	7	15.20	29.80	1050	1.48	
7	7	15.10	29.80	1075	1.52	
8	7	15.10	29.80	1025	1.45	
9	7	15.10	29.80	1025	1.45	
10	7	15.10	29.90	1050	1.48	
11	7	15.10	29.80	1075	1.52	
12	7	15.10	29.90	1050	1.48	
13	7	15.20	29.90	1025	1.44	
14	7	15.10	29.90	1075	1.52	
15	7	15.10	29.90	1075	1.52	
16	7	15.10	29.90	1075	1.52	
17	7	15.10	29.80	1100	1.56	
18	7	15.20	29.90	1075	1.51	
19	7	15.20	29.80	1075	1.51	
20	7	15.00	29.70	1050	1.50	

TABLA 5.73

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.10	29.90	2375	3.35	3.32
2	14	15.10	29.80	2300	3.25	
3	14	15.20	29.80	2325	3.27	
4	14	15.10	29.90	2325	3.28	
5	14	15.10	29.90	2300	3.24	
6	14	15.10	29.80	2250	3.18	
7	14	15.10	29.80	2375	3.36	
8	14	15.10	29.80	2400	3.40	
9	14	15.00	29.90	2400	3.41	
10	14	15.00	29.90	2375	3.37	
11	14	15.10	29.80	2400	3.40	
12	14	15.10	29.90	2375	3.35	
13	14	15.20	29.90	2300	3.22	
14	14	15.20	29.90	2375	3.33	
15	14	15.00	29.90	2375	3.37	
16	14	15.20	29.90	2375	3.33	
17	14	15.20	29.80	2350	3.30	
18	14	15.20	29.70	2350	3.31	
19	14	15.20	29.90	2350	3.29	
20	14	15.20	29.90	2375	3.33	

TABLA 5.74

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.10	29.90	3600	5.08	5.10
2	28	15.10	29.80	3625	5.13	
3	28	15.20	29.80	3575	5.02	
4	28	15.10	29.90	3550	5.01	
5	28	15.10	29.90	3600	5.08	
6	28	15.20	29.80	3575	5.02	
7	28	15.10	29.80	3575	5.06	
8	28	15.10	29.80	3600	5.09	
9	28	15.00	29.80	3600	5.13	
10	28	15.10	29.80	3575	5.06	
11	28	15.10	29.80	3625	5.13	
12	28	15.10	29.90	3600	5.08	
13	28	15.20	29.80	3625	5.09	
14	28	15.20	29.70	3650	5.15	
15	28	15.20	29.70	3650	5.15	
16	28	15.10	29.80	3625	5.13	
17	28	15.20	29.80	3625	5.09	
18	28	15.10	29.80	3675	5.20	
19	28	15.10	29.80	3675	5.20	
20	28	15.10	29.90	3650	5.15	

TABLA 5.75

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

RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.10	29.80	700	0.99	0.91
2	7	15.10	29.80	650	0.92	
3	7	15.20	29.80	600	0.84	
4	7	15.10	29.90	675	0.95	
5	7	15.10	29.90	625	0.88	
6	7	15.10	29.80	625	0.88	
7	7	15.10	29.90	650	0.92	
8	7	15.10	29.80	625	0.88	
9	7	15.20	29.80	600	0.84	
10	7	15.10	29.80	650	0.92	
11	7	15.10	29.80	625	0.88	
12	7	15.20	29.80	625	0.88	
13	7	15.10	29.90	675	0.95	
14	7	15.10	29.90	675	0.95	
15	7	15.10	29.80	625	0.88	
16	7	15.10	29.90	675	0.95	
17	7	15.10	29.90	650	0.92	
18	7	15.10	29.90	600	0.85	
19	7	15.20	29.90	625	0.88	
20	7	15.10	29.90	675	0.95	

TABLA 5.76

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.10	29.80	1575	2.23	2.22
2	14	15.10	29.80	1550	2.19	
3	14	15.20	29.80	1525	2.14	
4	14	15.10	29.90	1525	2.15	
5	14	15.10	29.90	1525	2.15	
6	14	15.10	29.80	1575	2.23	
7	14	15.10	29.90	1600	2.26	
8	14	15.10	29.80	1500	2.12	
9	14	15.10	29.90	1525	2.15	
10	14	15.00	29.80	1525	2.17	
11	14	15.00	29.80	1600	2.28	
12	14	15.20	29.80	1525	2.14	
13	14	15.10	29.80	1650	2.33	
14	14	15.10	29.80	1650	2.33	
15	14	15.10	29.80	1625	2.30	
16	14	15.20	29.80	1675	2.35	
17	14	15.10	29.90	1600	2.26	
18	14	15.10	29.90	1600	2.26	
19	14	15.10	29.90	1575	2.22	
20	14	15.10	29.90	1575	2.22	

TABLA 5.77

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.10	29.80	2275	3.22	3.17
2	28	15.10	29.80	2250	3.18	
3	28	15.20	29.80	2250	3.16	
4	28	15.20	29.90	2250	3.15	
5	28	15.10	29.90	2250	3.17	
6	28	15.10	29.80	2225	3.15	
7	28	15.10	29.90	2275	3.21	
8	28	15.10	29.80	2250	3.18	
9	28	15.20	29.80	2200	3.09	
10	28	15.10	29.80	2200	3.11	
11	28	15.10	29.80	2275	3.22	
12	28	15.20	29.80	2275	3.20	
13	28	15.10	29.90	2250	3.17	
14	28	15.10	29.90	2225	3.14	
15	28	15.10	29.90	2225	3.14	
16	28	15.20	29.90	2250	3.15	
17	28	15.20	29.90	2275	3.19	
18	28	15.10	29.70	2270	3.22	
19	28	15.10	29.70	2200	3.12	
20	28	15.10	29.70	2225	3.16	

TABLA 5.78

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

RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.10	29.80	475	0.67	0.71
2	7	15.20	29.80	450	0.63	
3	7	15.10	29.80	500	0.71	
4	7	15.10	29.90	500	0.71	
5	7	15.00	29.90	525	0.75	
6	7	15.00	29.80	525	0.75	
7	7	15.20	29.70	550	0.78	
8	7	15.20	29.80	475	0.67	
9	7	15.10	29.80	475	0.67	
10	7	15.00	29.80	475	0.68	
11	7	15.20	29.80	500	0.70	
12	7	15.20	29.80	475	0.67	
13	7	15.20	29.90	500	0.70	
14	7	15.20	29.90	525	0.74	
15	7	15.20	29.90	500	0.70	
16	7	15.10	29.90	475	0.67	
17	7	15.10	29.90	525	0.74	
18	7	15.20	29.80	525	0.74	
19	7	15.10	29.80	550	0.78	
20	7	15.10	29.90	500	0.71	

TABLA 5.79

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.10	29.80	1050	1.49	1.48
2	14	15.20	29.80	1050	1.48	
3	14	15.10	29.80	1075	1.52	
4	14	15.10	29.90	1025	1.45	
5	14	15.10	29.80	1100	1.56	
6	14	15.20	29.80	1000	1.41	
7	14	15.20	29.70	1025	1.45	
8	14	15.20	29.80	1125	1.58	
9	14	15.20	29.80	1075	1.51	
10	14	15.10	29.90	1100	1.55	
11	14	15.20	29.80	1050	1.48	
12	14	15.20	29.80	1075	1.51	
13	14	15.20	29.90	1025	1.44	
14	14	15.20	29.90	1050	1.47	
15	14	15.20	29.90	1025	1.44	
16	14	15.20	29.90	1000	1.40	
17	14	15.20	29.90	1075	1.51	
18	14	15.10	29.90	1075	1.52	
19	14	15.20	29.90	1075	1.51	
20	14	15.20	29.80	1025	1.44	

TABLA 5.80

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

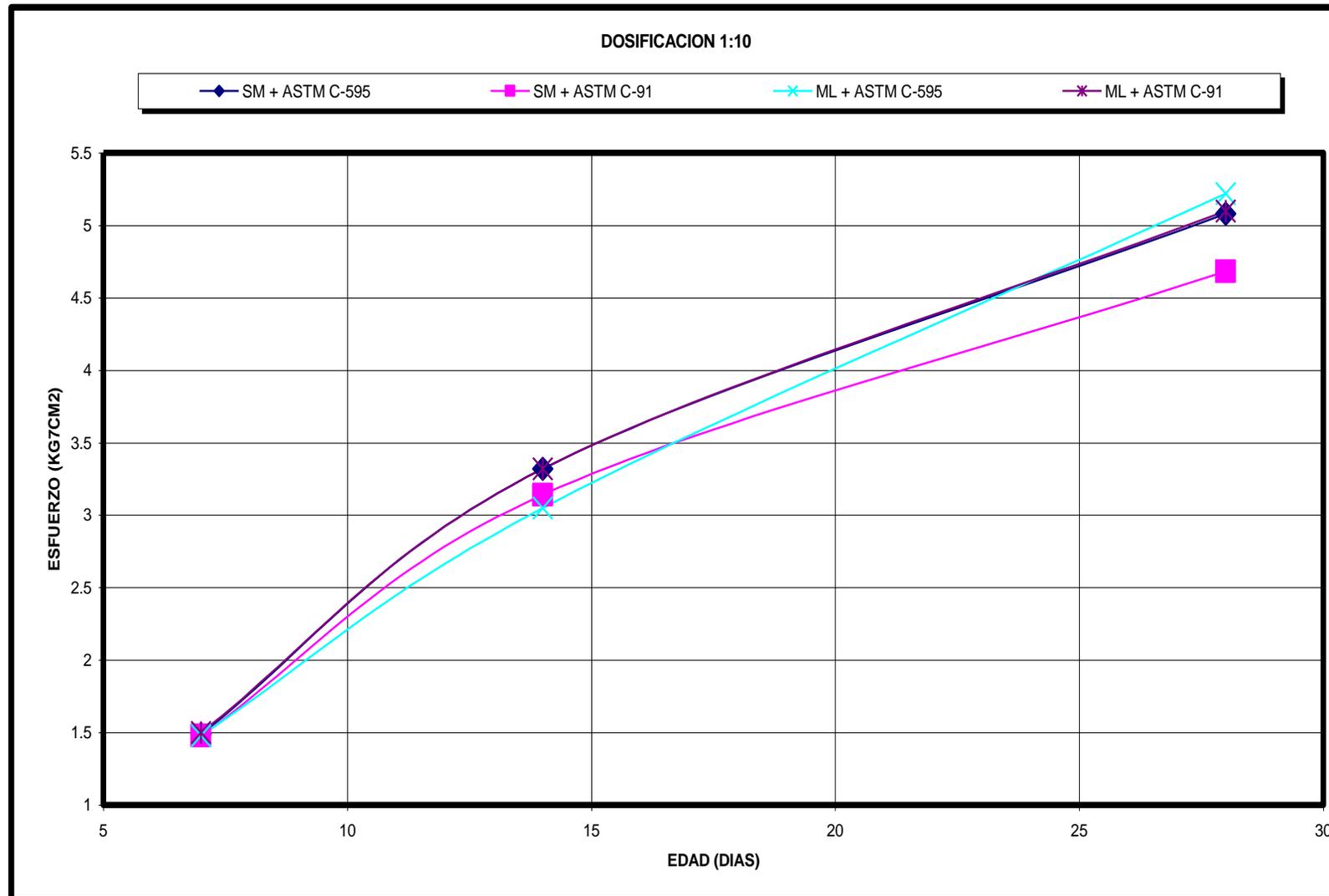
TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.10	29.80	1550	2.19	2.18
2	28	15.20	29.80	1575	2.21	
3	28	15.10	29.80	1500	2.12	
4	28	15.10	29.90	1525	2.15	
5	28	15.00	29.80	1525	2.17	
6	28	15.20	29.80	1550	2.18	
7	28	15.20	29.70	1550	2.19	
8	28	15.20	29.80	1500	2.11	
9	28	15.00	29.80	1525	2.17	
10	28	15.00	29.80	1525	2.17	
11	28	15.20	29.80	1575	2.21	
12	28	15.20	29.80	1575	2.21	
13	28	15.20	29.90	1550	2.17	
14	28	15.20	29.90	1550	2.17	
15	28	15.20	29.90	1575	2.21	
16	28	15.20	29.90	1575	2.21	
17	28	15.20	29.80	1525	2.14	
18	28	15.00	29.80	1525	2.17	
19	28	15.20	29.80	1550	2.18	
20	28	15.20	29.80	1550	2.18	

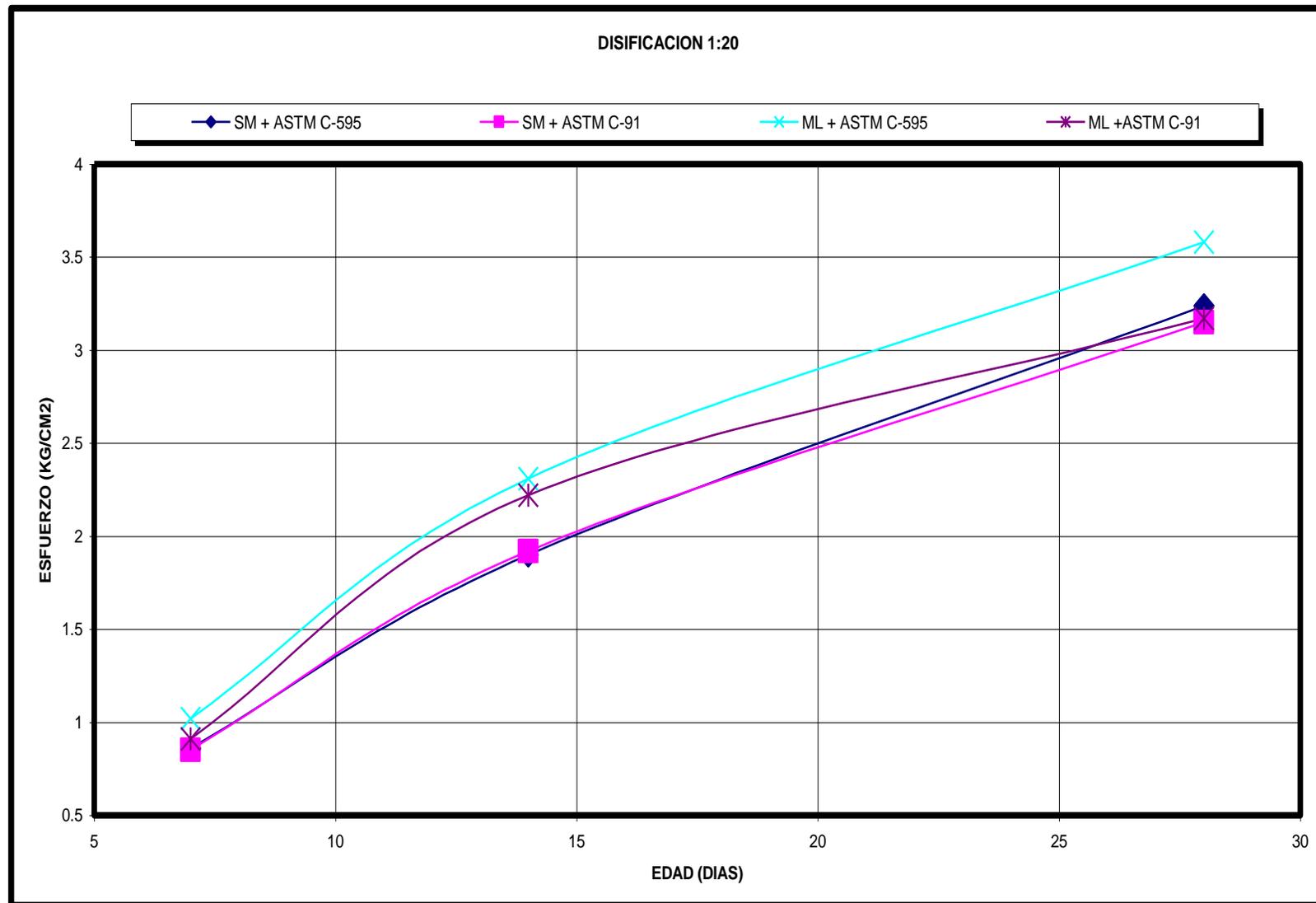
TABLA 5.81

***GRAFICAS DE
RESULTADOS DE
RESISTENCIA A LA
TENSIÓN DE LOS
ESPECIMENES
ENSAYADOS***

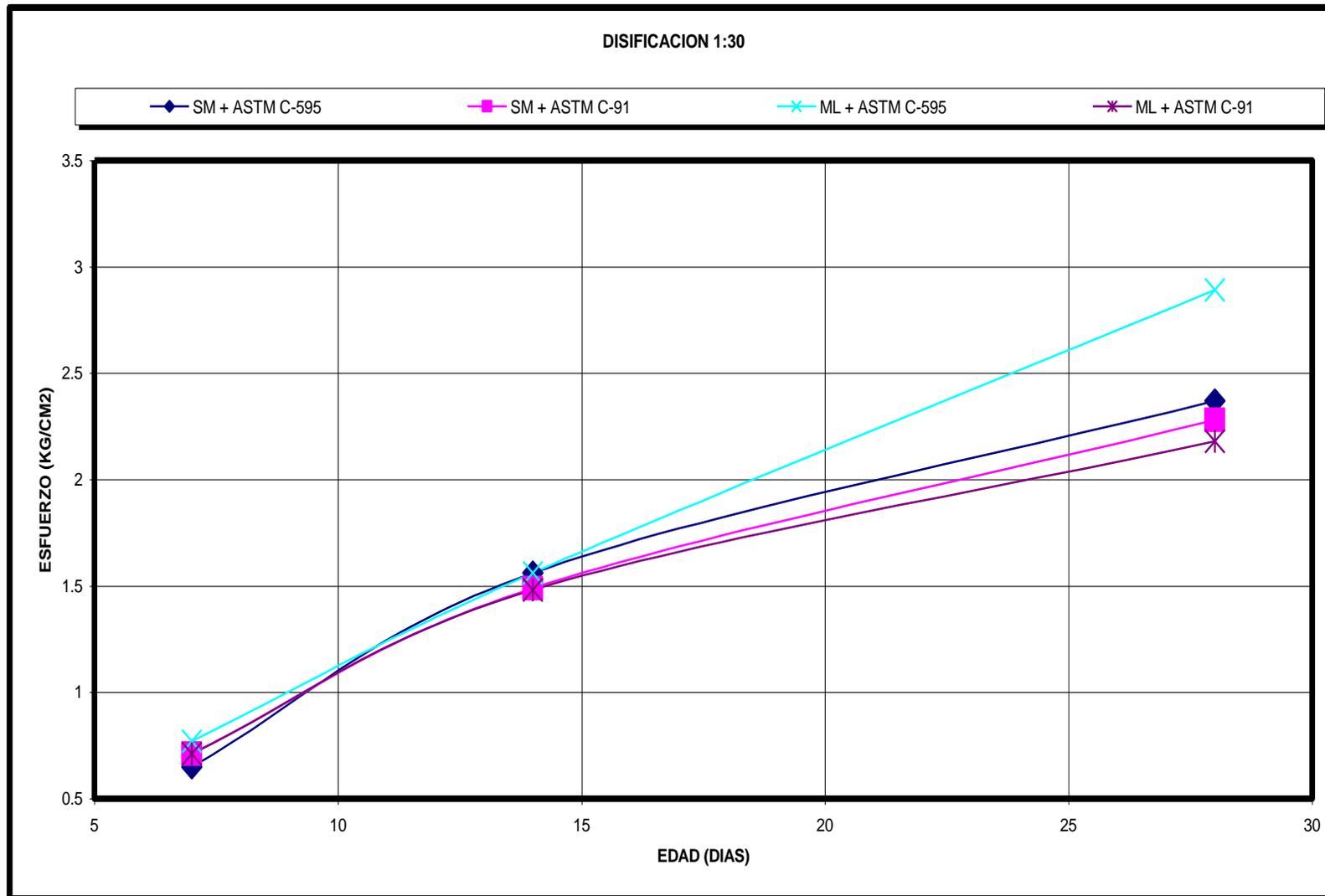
Grafica 5.15



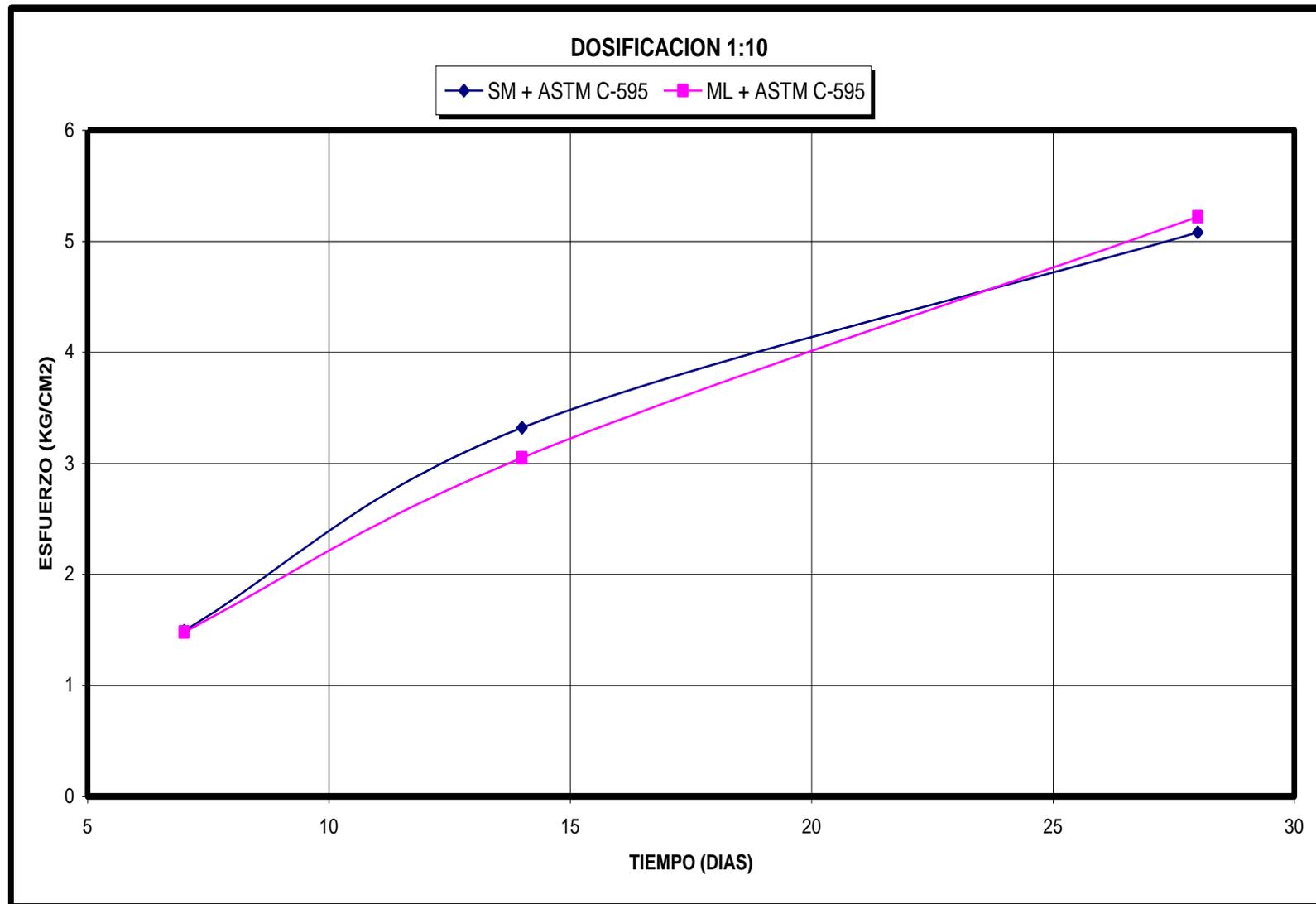
Grafica 5.16



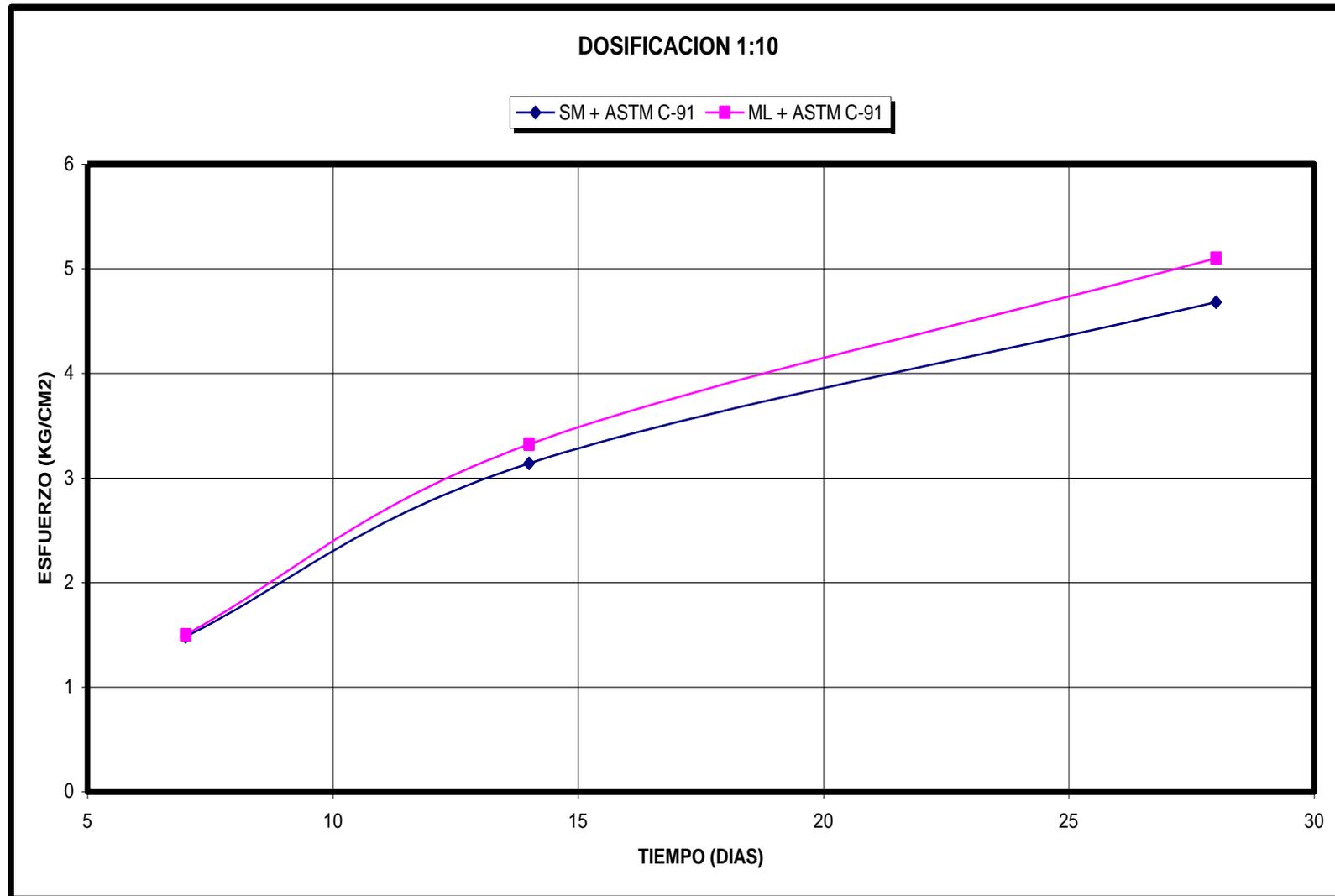
Grafica 5.17



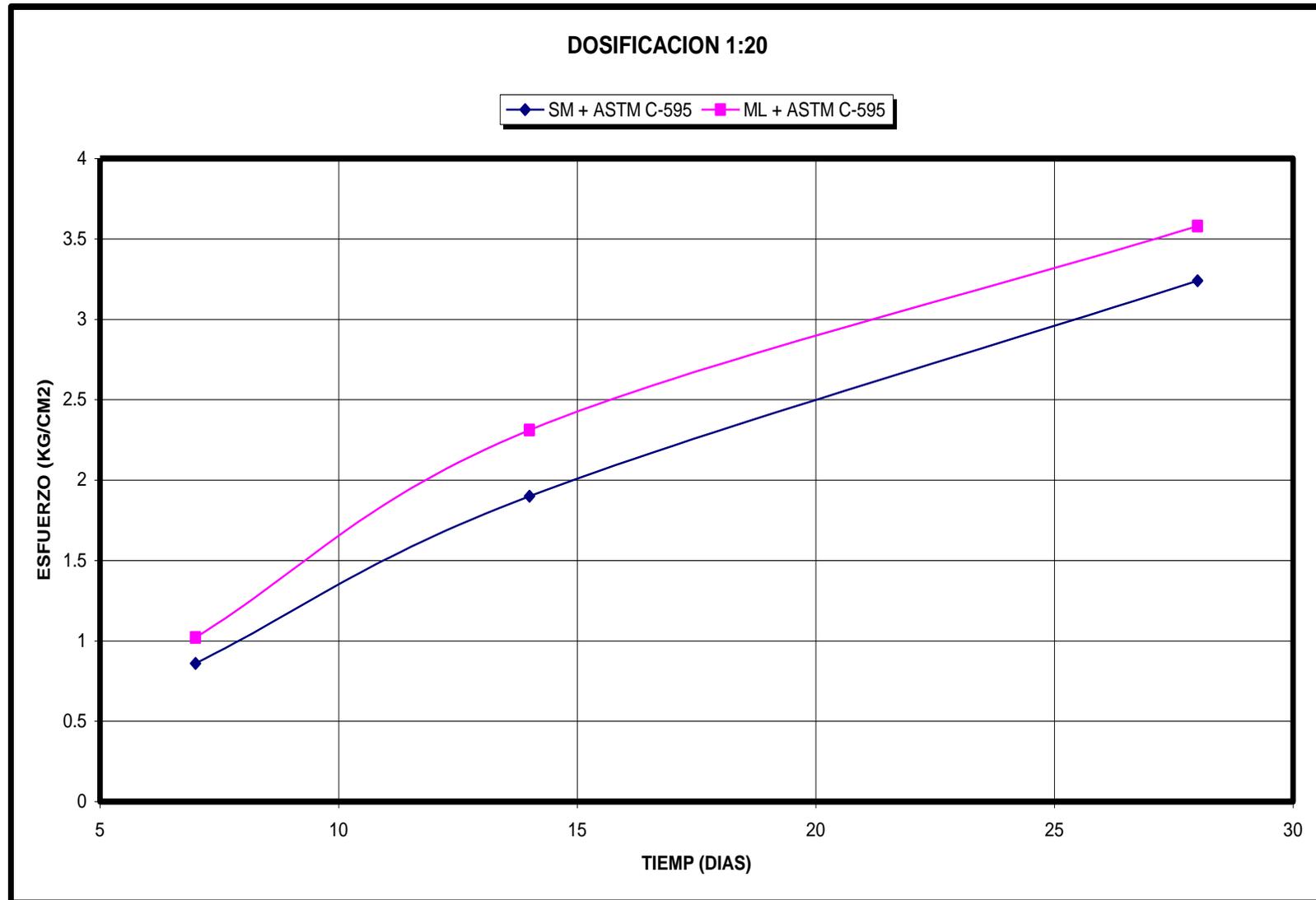
Grafica 5.18



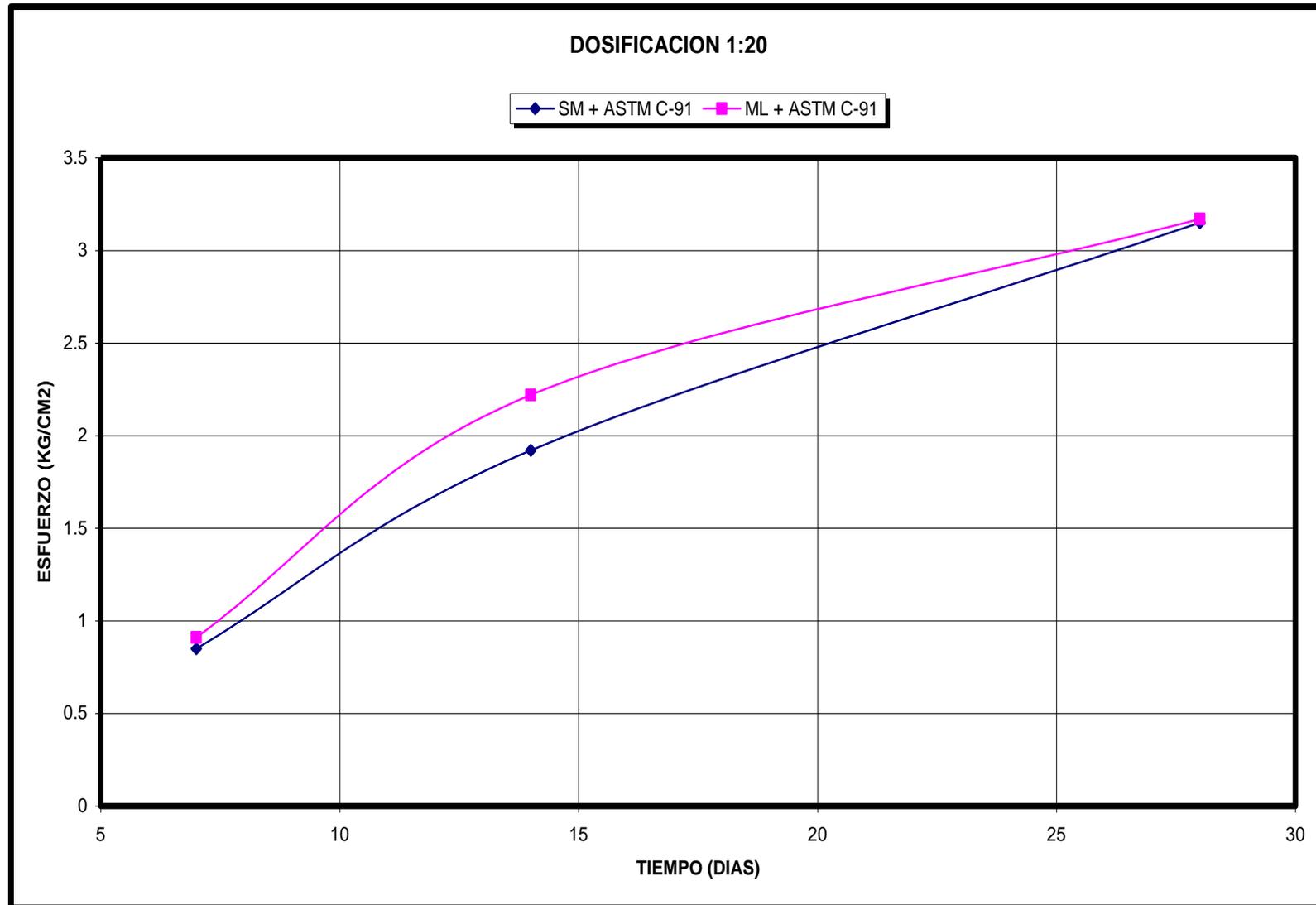
Grafica 5.19



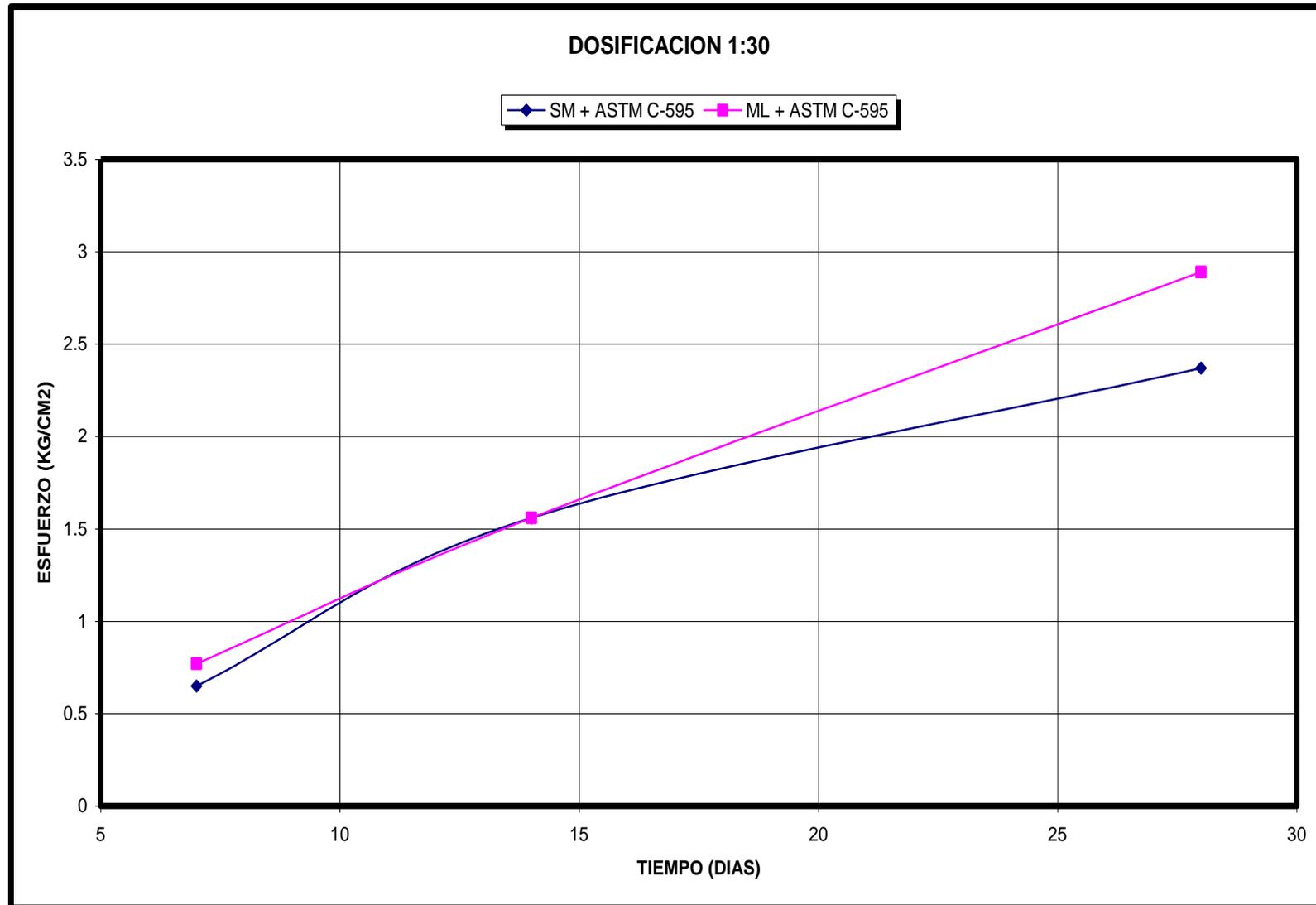
Grafica 5.20



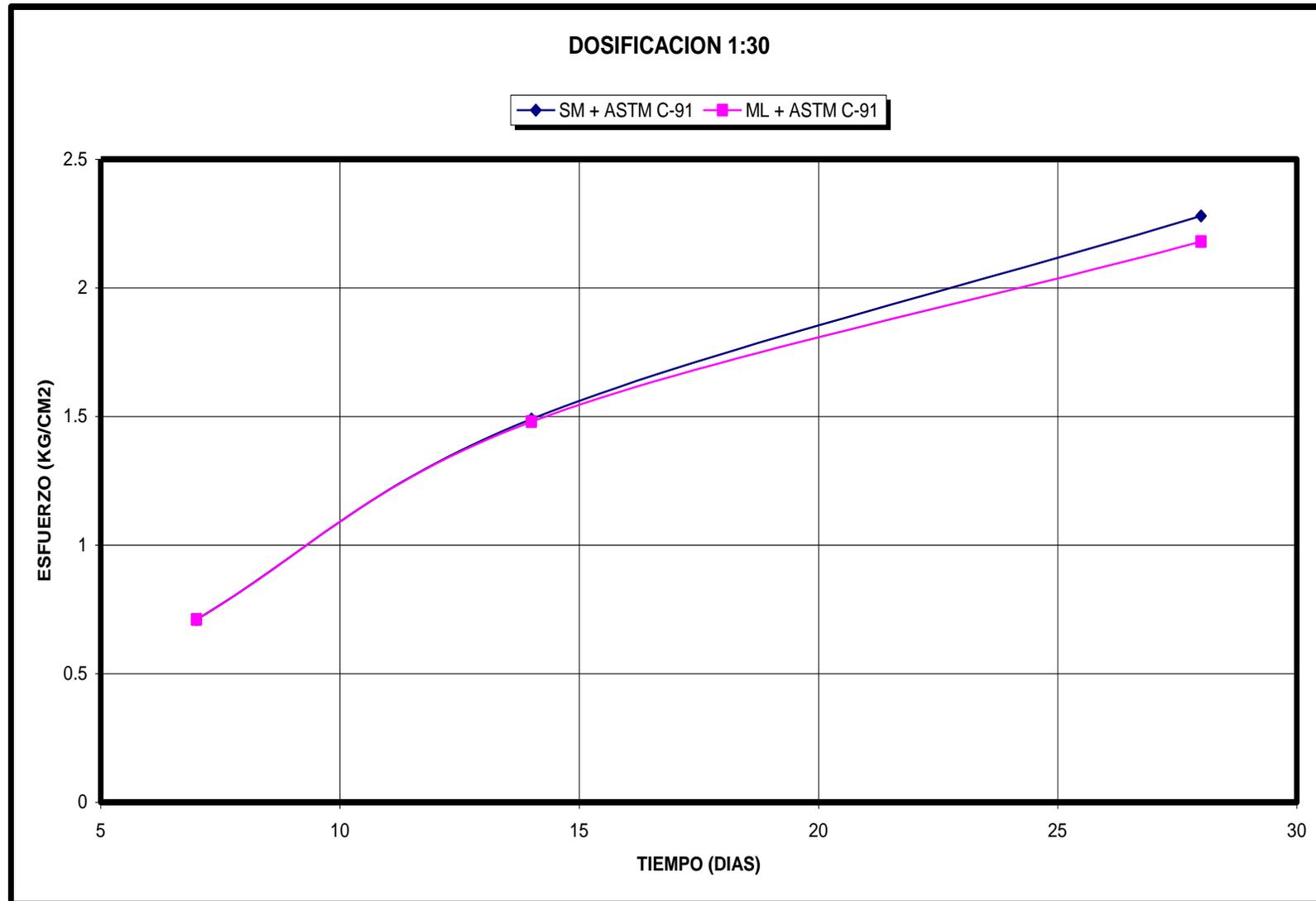
Grafica 5.21



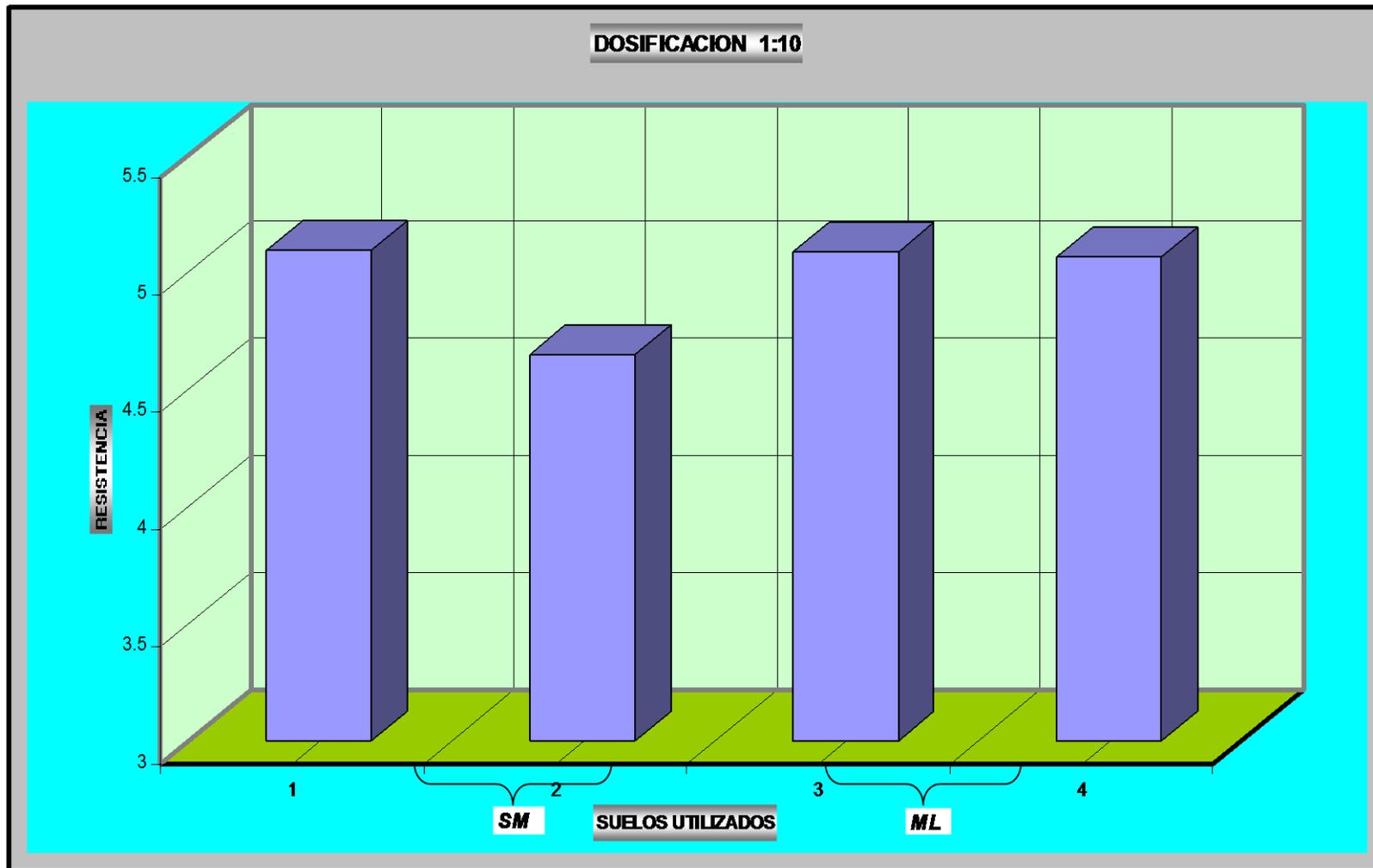
Grafica 5.22



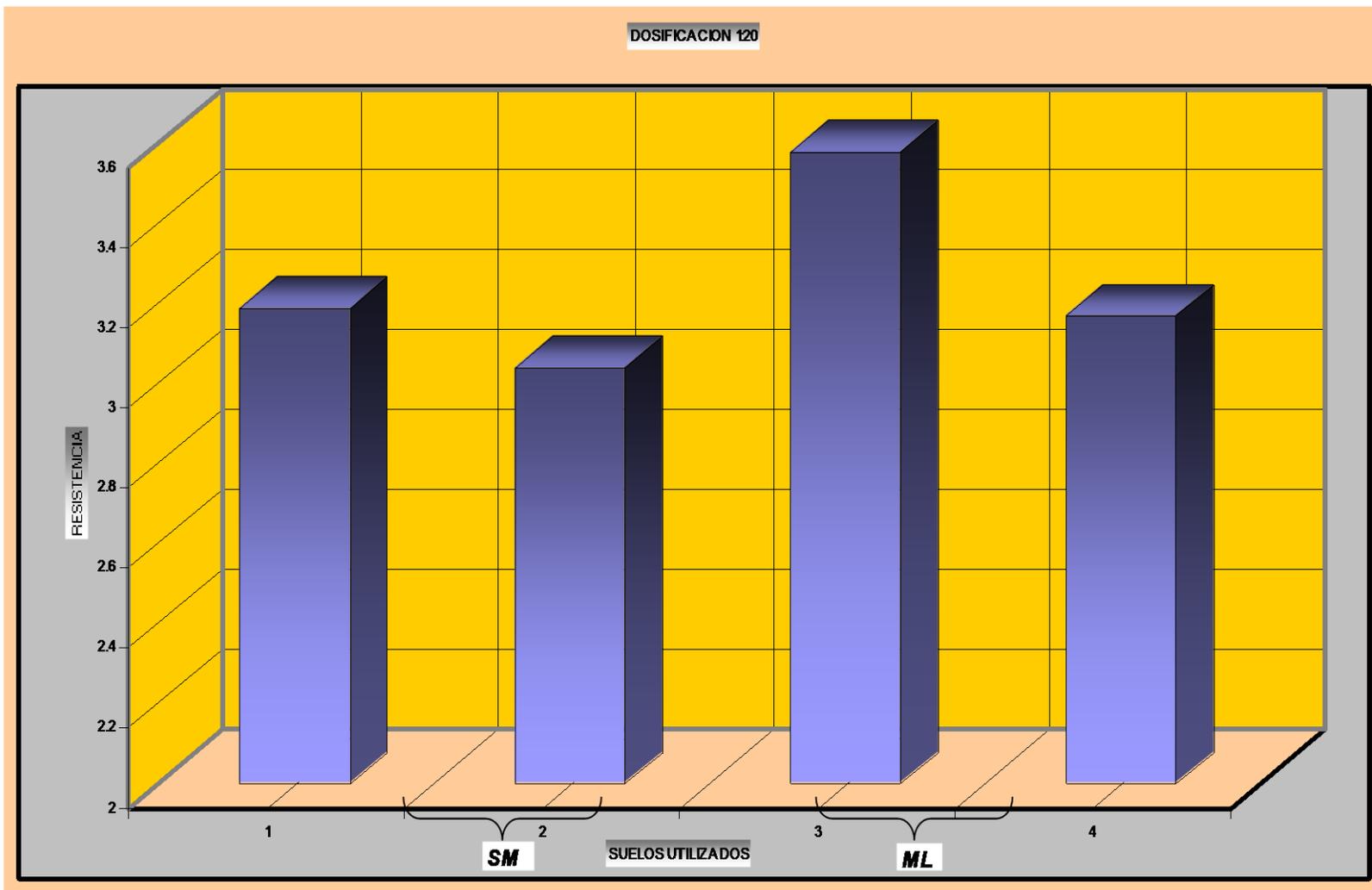
Grafica 5.23



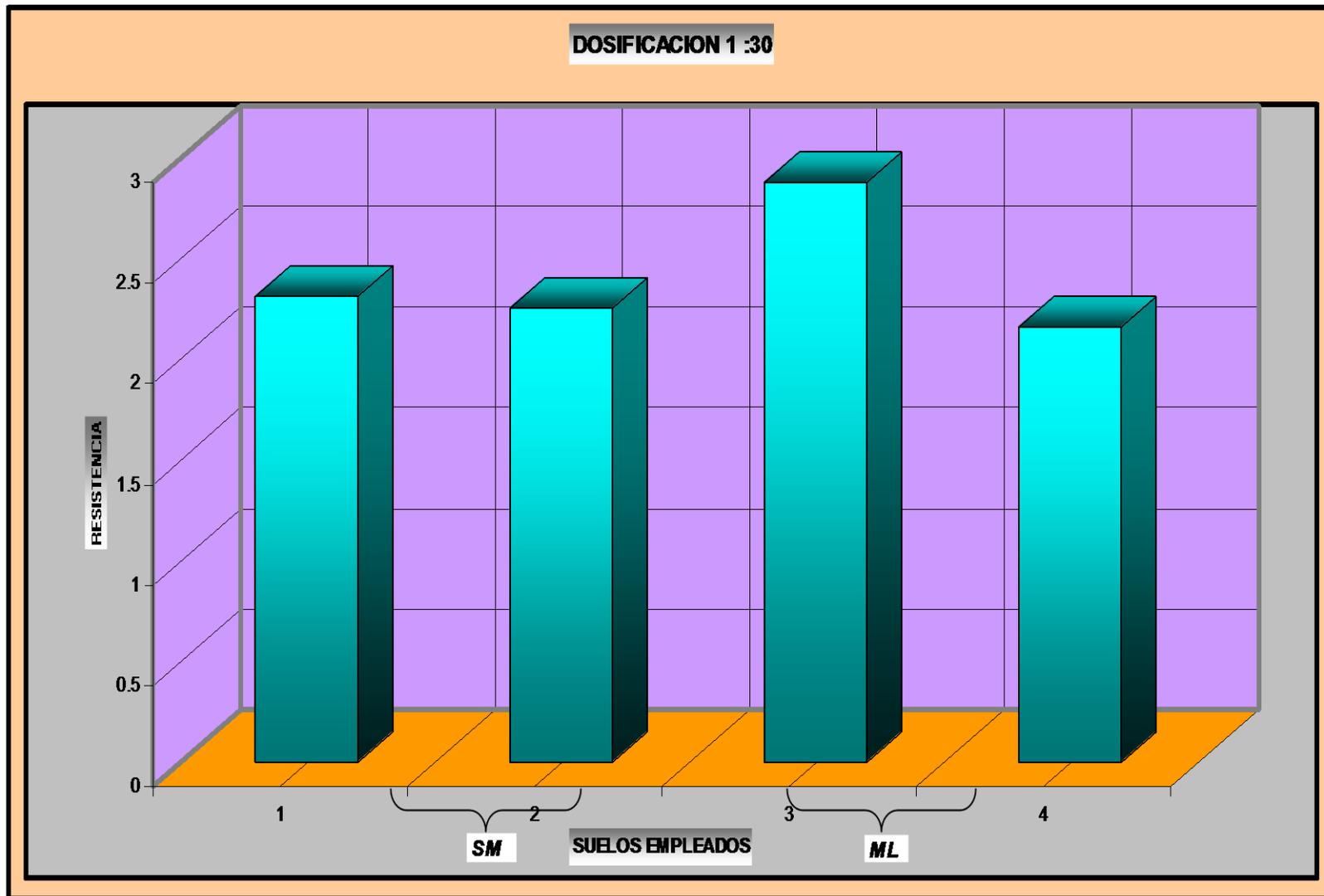
Grafica 5.23.1 Grafica comparativa de incremento de resistencia de la SM y el ML para los cementos C595 y C91



Grafica 5.23.1 Grafica comparativa de incremento de resistencia de la SM y el ML para los cementos C595 y C91



Grafica 5.23.1 Grafica comparativa de incremento de resistencia de la SM y el ML para los cementos C595 y C91



***Resistencia a la
flexión de
especímenes de
suelo cemento
semi fluido
ASTM C-78***

***Banco de préstamo
#1 Carretera al
aeropuerto
internacional de El
Salvador, ubicado al
costado sur del
desvío a San Luis
Talpa. km 34.***

***CEMENTO PÓRTLAND
ASTM C-595***

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	7	15.20	29.90	850	1.19	1.48
2	7	15.20	29.80	875	1.23	
3	7	15.10	29.80	1475	2.09	
4	7	15.10	29.80	1050	1.49	
5	7	15.00	29.90	1050	1.49	
6	7	15.00	29.80	1050	1.50	
7	7	15.10	29.80	1000	1.41	
8	7	15.10	29.90	1050	1.48	
9	7	15.00	29.90	1100	1.56	
10	7	15.00	29.80	1050	1.50	
11	7	15.20	29.90	1050	1.47	
12	7	15.20	29.80	1050	1.48	
13	7	15.20	29.90	1025	1.44	
14	7	15.20	29.90	1075	1.51	
15	7	15.20	29.90	1025	1.44	
16	7	15.10	29.90	1025	1.45	
17	7	15.10	29.80	1025	1.45	
18	7	15.10	29.80	1000	1.41	
19	7	15.10	29.90	1075	1.52	
20	7	15.10	29.90	1075	1.52	

TABLA 5.64

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	14	15.20	29.90	2250	3.15	3.05
2	14	15.20	29.80	2250	3.16	
3	14	15.10	29.80	1975	2.79	
4	14	15.00	29.80	1975	2.81	
5	14	15.00	29.90	2250	3.19	
6	14	15.10	29.80	1925	2.72	
7	14	15.10	29.80	1975	2.79	
8	14	15.10	29.90	2250	3.17	
9	14	15.10	29.80	2250	3.18	
10	14	15.00	29.80	2250	3.20	
11	14	15.20	29.90	2250	3.15	
12	14	15.20	29.80	1925	2.71	
13	14	15.10	29.90	2225	3.14	
14	14	15.10	29.90	2225	3.14	
15	14	15.10	29.90	2250	3.17	
16	14	15.10	29.80	2275	3.22	
17	14	15.10	29.90	2200	3.10	
18	14	15.20	29.90	2175	3.05	
19	14	15.20	29.80	2175	3.06	
20	14	15.20	29.90	2200	3.08	

TABLA 5.65

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A TENSION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-496-86**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUEST. Nº	EDAD (DÍAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM²)
1	28	15.20	29.90	3850	5.39	5.22
2	28	15.20	29.80	3675	5.17	
3	28	15.10	29.80	3050	4.32	
4	28	15.10	29.80	3675	5.20	
5	28	15.10	29.90	3700	5.22	
6	28	15.10	29.80	3850	5.45	
7	28	15.10	29.80	3675	5.20	
8	28	15.10	29.90	3850	5.43	
9	28	15.00	29.80	3850	5.48	
10	28	15.00	29.90	3850	5.46	
11	28	15.20	29.90	3050	4.27	
12	28	15.20	29.80	3850	5.41	
13	28	15.10	29.90	3825	5.39	
14	28	15.10	29.90	3825	5.39	
15	28	15.10	29.90	3850	5.43	
16	28	15.10	29.70	3800	5.39	
17	28	15.20	29.90	3825	5.36	
18	28	15.10	29.90	3625	5.11	
19	28	15.20	29.90	3625	5.08	
20	28	15.10	29.70	3650	5.18	

TABLA 5.66

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.00	15.00	15.00	150	2.67	3.36
2	7	60.10	15.10	15.00	200	3.54	
3	7	60.00	15.00	15.00	175	3.11	
4	7	60.10	15.00	15.00	175	3.12	
5	7	60.00	15.00	15.00	175	3.11	
6	7	60.00	15.10	15.00	200	3.53	
7	7	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
8	7	60.00	15.00	15.00	175	3.11	
9	7	60.00	15.10	15.00	225	3.97	
10	7	60.10	15.10	15.00	200	3.54	
11	7	60.00	15.20	15.00	175	3.07	
12	7	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
13	7	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
14	7	60.10	15.20	15.00	175	3.08	
15	7	60.10	15.20	15.00	200	3.51	
16	7	60.20	15.10	15.00	225	3.99	
17	7	60.10	15.10	15.00	225	3.98	
18	7	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
19	7	60.10	15.10	15.00	200	3.54	
20	7	60.10	15.00	15.00	225	4.01	

TABLA 5.82

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.00	15.00	15.00	325	5.78	6.14
2	14	60.10	15.10	15.00	350	6.19	
3	14	60.00	15.00	15.00	375	6.67	
4	14	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
5	14	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
6	14	60.10	15.20	15.00	325	5.71	
7	14	60.00	15.10	15.00	375	6.62	
8	14	60.00	15.00	15.00	350	6.22	
9	14	60.10	15.10	15.00	375	6.63	
10	14	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
11	14	60.00	15.20	15.00	325	5.70	
12	14	60.00	15.10	15.00	375	6.62	
13	14	60.10	15.10	15.00	375	6.63	
14	14	60.10	15.10	15.00	350	6.19	
15	14	60.10	15.10	15.00	375	6.63	
16	14	60.20	15.10	15.00	350	6.20	
17	14	60.20	15.20	15.00	325	5.72	
18	14	60.10	15.20	15.00	350	6.15	
19	14	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
20	14	60.10	15.10	15.00	350	6.19	

TABLA 5.83

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	60.00	15.00	15.00	600	10.67	10.38
2	28	60.10	15.10	15.00	575	10.17	
3	28	60.00	15.00	15.00	600	10.67	
4	28	60.10	15.00	15.00	575	10.24	
5	28	60.10	15.00	15.00	600	10.68	
6	28	60.10	15.20	15.00	600	10.54	
7	28	60.00	15.10	15.00	550	9.71	
8	28	60.00	15.00	15.00	575	10.22	
9	28	60.10	15.00	15.00	600	10.68	
10	28	60.20	15.00	15.00	550	9.81	
11	28	60.00	15.20	15.00	575	10.09	
12	28	60.00	15.10	15.00	550	9.71	
13	28	60.10	15.10	15.00	575	10.17	
14	28	60.10	15.10	15.00	625	11.06	
15	28	60.10	15.10	15.00	625	11.06	
16	28	60.10	15.10	15.00	600	10.61	
17	28	60.20	15.10	15.00	575	10.19	
18	28	60.10	15.20	15.00	575	10.10	
19	28	60.10	15.20	15.00	575	10.10	
20	28	60.10	15.10	15.00	625	11.06	

TABLA 5.84

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.00	15.00	15.00	100	1.78	1.90
2	7	60.01	15.00	15.00	100	1.78	
3	7	60.01	15.00	15.00	75	1.33	
4	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
5	7	60.00	15.10	15.00	125	2.21	
6	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
7	7	60.10	15.10	15.00	100	1.77	
8	7	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
9	7	60.10	15.00	15.00	100	1.78	
10	7	60.10	15.00	15.00	125	2.23	
11	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
12	7	60.00	15.00	15.00	100	1.78	
13	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
14	7	60.00	15.20	15.00	125	2.19	
15	7	60.10	15.10	15.00	125	2.21	
16	7	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
17	7	60.10	15.20	15.00	125	2.20	
18	7	60.10	15.00	15.00	125	2.23	
19	7	60.10	15.10	15.00	100	1.77	
20	7	60.20	15.10	15.00	125	2.21	

TABLA 5.85

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.00	15.00	15.00	200	3.56	3.63
2	14	60.01	15.00	15.00	225	4.00	
3	14	60.01	15.00	15.00	200	3.56	
4	14	60.10	15.10	15.00	225	3.98	
5	14	60.00	15.10	15.00	225	3.97	
6	14	60.10	15.10	15.00	200	3.54	
7	14	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
8	14	60.00	15.00	15.00	175	3.11	
9	14	60.10	15.00	15.00	200	3.56	
10	14	60.10	15.10	15.00	200	3.54	
11	14	60.00	15.10	15.00	225	3.97	
12	14	60.00	15.00	15.00	250	4.44	
13	14	60.10	15.20	15.00	225	3.95	
14	14	60.10	15.20	15.00	275	4.83	
15	14	60.10	15.10	15.00	200	3.54	
16	14	60.20	15.10	15.00	225	3.99	
17	14	60.20	15.10	15.00	200	3.54	
18	14	60.10	15.20	15.00	225	3.95	
19	14	60.10	15.20	15.00	250	4.39	
20	14	60.10	15.20	15.00	275	4.83	

TABLA 5.86

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	60.00	15.00	15.00	300	5.33	5.78
2	28	60.01	15.00	15.00	325	5.78	
3	28	60.01	15.00	15.00	300	5.33	
4	28	60.00	15.10	15.00	300	5.30	
5	28	60.00	15.10	15.00	350	6.18	
6	28	60.00	15.10	15.00	325	5.74	
7	28	60.10	15.10	15.00	300	5.31	
8	28	60.00	15.00	15.00	300	5.33	
9	28	60.10	15.10	15.00	300	5.31	
10	28	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
11	28	60.00	15.10	15.00	350	6.18	
12	28	60.00	15.00	15.00	325	5.78	
13	28	60.00	15.00	15.00	350	6.22	
14	28	60.00	15.00	15.00	325	5.78	
15	28	60.00	15.00	15.00	325	5.78	
16	28	60.10	15.10	15.00	375	6.63	
17	28	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
18	28	60.10	15.10	15.00	300	5.31	
19	28	60.20	15.20	15.00	375	6.60	
20	28	60.10	15.10	15.00	350	6.19	

TABLA 5.87

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	1.10
2	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
3	7	60.10	15.00	15.00	50	0.89	
4	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
5	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
6	7	60.10	15.00	15.00	50	0.89	
7	7	60.00	15.00	15.00	75	1.33	
8	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
9	7	60.10	15.00	15.00	75	1.34	
10	7	60.10	15.00	15.00	50	0.89	
11	7	60.10	15.20	15.00	50	0.88	
12	7	60.00	15.20	15.00	75	1.32	
13	7	60.00	15.20	15.00	75	1.32	
14	7	60.00	15.20	15.00	75	1.32	
15	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
16	7	60.10	15.20	15.00	50	0.88	
17	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
18	7	60.20	15.20	15.00	50	0.88	
19	7	60.10	15.20	15.00	50	0.88	
20	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	

TABLA 5.88

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.00	15.10	15.00	125	2.21	2.19
2	14	60.10	15.10	15.00	100	1.77	
3	14	60.10	15.00	15.00	125	2.23	
4	14	60.00	15.10	15.00	150	2.65	
5	14	60.00	15.10	15.00	150	2.65	
6	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
7	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
8	14	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
9	14	60.10	15.10	15.00	125	2.21	
10	14	60.10	15.00	15.00	125	2.23	
11	14	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
12	14	60.00	15.20	15.00	125	2.19	
13	14	60.10	15.10	15.00	125	2.21	
14	14	60.10	15.20	15.00	125	2.20	
15	14	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
16	14	60.10	15.20	15.00	100	1.76	
17	14	60.10	15.20	15.00	125	2.20	
18	14	60.20	15.10	15.00	125	2.21	
19	14	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
20	14	60.10	15.20	15.00	125	2.20	

TABLA 5.89

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	60.00	15.10	15.00	175	3.09	3.38
2	28	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
3	28	60.10	15.00	15.00	200	3.56	
4	28	60.10	15.20	15.00	175	3.08	
5	28	60.10	15.10	15.00	225	3.98	
6	28	60.00	15.00	15.00	175	3.11	
7	28	60.00	15.00	15.00	200	3.56	
8	28	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
9	28	60.10	15.20	15.00	175	3.08	
10	28	60.10	15.20	15.00	225	3.95	
11	28	60.10	15.20	15.00	200	3.51	
12	28	60.00	15.20	15.00	175	3.07	
13	28	60.10	15.20	15.00	175	3.08	
14	28	60.10	15.20	15.00	200	3.51	
15	28	60.10	15.10	15.00	200	3.54	
16	28	60.20	15.10	15.00	225	3.99	
17	28	60.20	15.20	15.00	225	3.96	
18	28	60.20	15.20	15.00	175	3.08	
19	28	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
20	28	60.10	15.10	15.00	200	3.54	

TABLA 5.90

CEMENTO CUSCATLÁN
ASTM C-91

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.00	15.20	15.00	150	2.63	2.39
2	7	60.00	15.00	15.00	150	2.67	
3	7	60.00	15.10	15.00	150	2.65	
4	7	60.00	15.10	15.00	125	2.21	
5	7	60.10	15.00	15.00	125	2.23	
6	7	60.00	15.00	15.00	175	3.11	
7	7	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
8	7	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
9	7	60.20	15.10	15.00	75	1.33	
10	7	60.10	15.10	15.00	125	2.21	
11	7	60.00	15.10	15.00	125	2.21	
12	7	60.00	15.10	15.00	150	2.65	
13	7	60.10	15.20	15.00	125	2.20	
14	7	60.20	15.20	15.00	150	2.64	
15	7	60.00	15.10	15.00	125	2.21	
16	7	60.00	15.10	15.00	150	2.65	
17	7	60.00	15.10	15.00	150	2.65	
18	7	60.10	15.20	15.00	150	2.64	
19	7	60.10	15.20	15.00	125	2.20	
20	7	60.10	15.10	15.00	125	2.21	

TABLA 5.91

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.00	15.20	15.00	325	5.70	5.46
2	14	60.00	15.00	15.00	300	5.33	
3	14	60.00	15.10	15.00	325	5.74	
4	14	60.10	15.20	15.00	300	5.27	
5	14	60.10	15.10	15.00	275	4.86	
6	14	60.10	15.00	15.00	300	5.34	
7	14	60.00	15.00	15.00	300	5.33	
8	14	60.00	15.00	15.00	325	5.78	
9	14	60.10	15.10	15.00	275	4.86	
10	14	60.20	15.10	15.00	250	4.43	
11	14	60.00	15.10	15.00	300	5.30	
12	14	60.00	15.10	15.00	300	5.30	
13	14	60.10	15.20	15.00	300	5.27	
14	14	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
15	14	60.10	15.20	15.00	350	6.15	
16	14	60.00	15.10	15.00	350	6.18	
17	14	60.00	15.10	15.00	325	5.74	
18	14	60.20	15.10	15.00	325	5.76	
19	14	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
20	14	60.20	15.20	15.00	300	5.28	

TABLA 5.92

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	60.00	15.20	15.00	450	7.89	8.08
2	28	60.00	15.00	15.00	475	8.44	
3	28	60.00	15.10	15.00	500	8.83	
4	28	60.20	15.20	15.00	475	8.36	
5	28	60.10	15.20	15.00	450	7.91	
6	28	60.10	15.00	15.00	400	7.12	
7	28	60.00	15.00	15.00	425	7.56	
8	28	60.00	15.00	15.00	400	7.11	
9	28	60.10	15.10	15.00	450	7.96	
10	28	60.10	15.00	15.00	450	8.01	
11	28	60.00	15.10	15.00	500	8.83	
12	28	60.00	15.10	15.00	475	8.39	
13	28	60.10	15.20	15.00	425	7.47	
14	28	60.10	15.20	15.00	525	9.23	
15	28	60.20	15.10	15.00	475	8.42	
16	28	60.10	15.10	15.00	475	8.40	
17	28	60.10	15.10	15.00	450	7.96	
18	28	60.10	15.10	15.00	450	7.96	
19	28	60.10	15.20	15.00	425	7.47	
20	28	60.10	15.20	15.00	475	8.35	

TABLA 5.93

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACION DE LOS PARAMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.10	15.10	15.00	50	0.88	1.13
2	7	60.00	15.00	15.00	50	0.89	
3	7	60.00	15.00	15.00	75	1.33	
4	7	60.10	15.00	15.00	50	0.89	
5	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
6	7	60.10	15.00	15.00	75	1.34	
7	7	60.00	15.00	15.00	75	1.33	
8	7	60.00	15.00	15.00	50	0.89	
9	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
10	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
11	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
12	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
13	7	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
14	7	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
15	7	60.20	15.20	15.00	50	0.88	
16	7	60.10	15.10	15.00	50	0.88	
17	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
18	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
19	7	60.10	15.20	15.00	50	0.88	
20	7	60.20	15.20	15.00	50	0.88	

TABLA 5.94

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACION DE LOS PARAMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.10	15.10	15.00	125	2.21	2.06
2	14	60.00	15.00	15.00	100	1.78	
3	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
4	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
5	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
6	14	60.10	15.00	15.00	100	1.78	
7	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
8	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
9	14	60.10	15.10	15.00	100	1.77	
10	14	60.10	15.10	15.00	125	2.21	
11	14	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
12	14	60.00	15.10	15.00	125	2.21	
13	14	60.10	15.10	15.00	100	1.77	
14	14	60.10	15.10	15.00	125	2.21	
15	14	60.10	15.10	15.00	125	2.21	
16	14	60.20	15.20	15.00	125	2.20	
17	14	60.00	15.10	15.00	125	2.21	
18	14	60.00	15.20	15.00	100	1.75	
19	14	60.10	15.20	15.00	100	1.76	
20	14	60.20	15.20	15.00	125	2.20	

TABLA 5.95

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACION DE LOS PARAMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	60.10	15.10	15.00	250	4.42	4.07
2	28	60.00	15.00	15.00	225	4.00	
3	28	60.00	15.00	15.00	200	3.56	
4	28	60.00	15.10	15.00	225	3.97	
5	28	60.00	15.10	15.00	225	3.97	
6	28	60.10	15.00	15.00	200	3.56	
7	28	60.00	15.00	15.00	250	4.44	
8	28	60.00	15.00	15.00	250	4.44	
9	28	60.10	15.10	15.00	200	3.54	
10	28	60.10	15.10	15.00	225	3.98	
11	28	60.00	15.10	15.00	225	3.97	
12	28	60.00	15.10	15.00	200	3.53	
13	28	60.10	15.20	15.00	225	3.95	
14	28	60.10	15.20	15.00	250	4.39	
15	28	60.10	15.20	15.00	250	4.39	
16	28	60.10	15.10	15.00	225	3.98	
17	28	60.10	15.10	15.00	250	4.42	
18	28	60.20	15.10	15.00	225	3.99	
19	28	60.10	15.20	15.00	250	4.39	
20	28	60.20	15.20	15.00	250	4.40	

TABLA 5.96

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.00	15.00	15.00	50	0.89	0.82
2	7	60.00	15.20	15.00	50	0.88	
3	7	60.00	15.20	15.00	50	0.88	
4	7	60.10	15.10	15.00	25	0.44	
5	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
6	7	60.00	15.20	15.00	50	0.88	
7	7	60.10	15.10	15.00	50	0.88	
8	7	60.00	15.00	15.00	50	0.89	
9	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
10	7	60.10	15.20	15.00	50	0.88	
11	7	60.00	15.00	15.00	50	0.89	
12	7	60.00	15.00	15.00	25	0.44	
13	7	60.10	15.00	15.00	50	0.89	
14	7	60.10	15.10	15.00	50	0.88	
15	7	60.10	15.20	15.00	50	0.88	
16	7	60.20	15.10	15.00	25	0.44	
17	7	60.20	15.10	15.00	25	0.44	
18	7	60.10	15.20	15.00	25	0.44	
19	7	60.00	15.20	15.00	50	0.88	
20	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	

TABLA 5.97

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.00	15.00	15.00	100	1.78	1.50
2	14	60.00	15.20	15.00	75	1.32	
3	14	60.00	15.20	15.00	75	1.32	
4	14	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
5	14	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
6	14	60.00	15.20	15.00	75	1.32	
7	14	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
8	14	60.00	15.00	15.00	100	1.78	
9	14	60.10	15.10	15.00	100	1.77	
10	14	60.20	15.10	15.00	50	0.89	
11	14	60.00	15.00	15.00	75	1.33	
12	14	60.00	15.00	15.00	100	1.78	
13	14	60.10	15.20	15.00	100	1.76	
14	14	60.10	15.20	15.00	100	1.76	
15	14	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
16	14	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
17	14	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
18	14	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
19	14	60.20	15.10	15.00	125	2.21	
20	14	60.20	15.10	15.00	100	1.77	

TABLA 5.98

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: Carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador
(comalapa), ubicado al costado sur del desvío a San Luis Talpa. km 34.

MUESTRA # 1

PROFUNDIDAD: 15.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: ARENA LIMOSA (SM)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	60.00	15.00	15.00	125	2.22	2.56
2	28	60.00	15.20	15.00	150	2.63	
3	28	60.00	15.20	15.00	175	3.07	
4	28	60.10	15.00	15.00	150	2.67	
5	28	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
6	28	60.00	15.20	15.00	150	2.63	
7	28	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
8	28	60.00	15.00	15.00	150	2.67	
9	28	60.00	15.10	15.00	150	2.65	
10	28	60.10	15.20	15.00	125	2.20	
11	28	60.00	15.00	15.00	150	2.67	
12	28	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
13	28	60.10	15.20	15.00	125	2.20	
14	28	60.00	15.20	15.00	150	2.63	
15	28	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
16	28	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
17	28	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
18	28	60.20	15.10	15.00	150	2.66	
19	28	60.20	15.10	15.00	125	2.21	
20	28	60.20	15.10	15.00	125	2.21	

TABLA 5.99

*Banco de
préstamo #2
75 Av. norte,
Colonia Villas de
Miralvalle, San
Salvador.*

***CEMENTO PÓRTLAND
ASTM C-595***

TABLA # 5.100

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

RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI A
LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595 **DOSIFICACIÓN 1:10**

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.00	15.20	15.00	200	3.51	3.07
2	7	60.10	15.20	15.00	200	3.51	
3	7	60.00	15.20	15.00	200	3.51	
4	7	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
5	7	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
6	7	60.00	15.20	15.00	150	2.63	
7	7	60.00	15.00	15.00	175	3.11	
8	7	60.00	15.00	15.00	150	2.67	
9	7	60.10	15.10	15.00	125	2.21	
10	7	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
11	7	60.00	15.20	15.00	175	3.07	
12	7	60.00	15.00	15.00	150	2.67	
13	7	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
14	7	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
15	7	60.20	15.10	15.00	150	2.66	
16	7	60.20	15.10	15.00	200	3.54	
17	7	60.20	15.10	15.00	200	3.54	
18	7	60.00	15.20	15.00	175	3.07	
19	7	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
20	7	60.10	15.10	15.00	175	3.10	

TABLA # 5.101

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI A
LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595 DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.00	15.20	15.00	350	6.14	6.29
2	14	60.10	15.20	15.00	375	6.59	
3	14	60.00	15.20	15.00	350	6.14	
4	14	60.00	15.20	15.00	325	5.70	
5	14	60.10	15.20	15.00	375	6.59	
6	14	60.00	15.20	15.00	375	6.58	
7	14	60.00	15.00	15.00	350	6.22	
8	14	60.00	15.00	15.00	375	6.67	
9	14	60.00	15.10	15.00	350	6.18	
10	14	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
11	14	60.00	15.20	15.00	350	6.14	
12	14	60.00	15.00	15.00	375	6.67	
13	14	60.00	15.10	15.00	375	6.62	
14	14	60.00	15.10	15.00	375	6.62	
15	14	60.00	15.10	15.00	375	6.62	
16	14	60.10	15.00	15.00	350	6.23	
17	14	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
18	14	60.10	15.10	15.00	350	6.19	
19	14	60.00	15.10	15.00	350	6.18	
20	14	60.10	15.10	15.00	350	6.19	

TABLA # 5.102

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI A
LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595 DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	60.00	15.20	15.00	600	10.53	10.96
2	28	60.10	15.20	15.00	625	10.98	
3	28	60.00	15.20	15.00	600	10.53	
4	28	60.00	15.20	15.00	625	10.96	
5	28	60.00	15.20	15.00	600	10.53	
6	28	60.00	15.20	15.00	625	10.96	
7	28	60.00	15.00	15.00	600	10.67	
8	28	60.00	15.00	15.00	600	10.67	
9	28	60.10	15.20	15.00	650	11.42	
10	28	60.10	15.10	15.00	625	11.06	
11	28	60.00	15.20	15.00	600	10.53	
12	28	60.00	15.00	15.00	625	11.11	
12	28	60.10	15.10	15.00	650	11.50	
14	28	60.10	15.10	15.00	625	11.06	
15	28	60.20	15.10	15.00	625	11.07	
16	28	60.10	15.10	15.00	600	10.61	
17	28	60.10	15.10	15.00	625	11.06	
18	28	60.10	15.20	15.00	625	10.98	
19	28	60.20	15.20	15.00	650	11.44	
20	28	60.20	15.10	15.00	650	11.52	

TABLA # 5.103

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.00	15.00	15.00	100	1.78	1.57
2	7	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
3	7	60.00	15.00	15.00	75	1.33	
4	7	60.00	15.20	15.00	100	1.75	
5	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
6	7	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
7	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
8	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
9	7	60.10	15.20	15.00	50	0.88	
10	7	60.10	15.10	15.00	50	0.88	
11	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
12	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
13	7	60.00	15.00	15.00	100	1.78	
14	7	60.00	15.20	15.00	75	1.32	
15	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
16	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
17	7	60.10	15.10	15.00	100	1.77	
18	7	60.10	15.10	15.00	100	1.77	
19	7	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
20	7	60.20	15.20	15.00	75	1.32	

TABLA # 5.104

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.00	15.00	15.00	200	3.56	3.18
2	14	60.00	15.00	15.00	150	2.67	
3	14	60.00	15.00	15.00	150	2.67	
4	14	60.00	15.20	15.00	175	3.07	
5	14	60.10	15.00	15.00	175	3.12	
6	14	60.00	15.10	15.00	200	3.53	
7	14	60.00	15.10	15.00	225	3.97	
8	14	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
9	14	60.00	15.10	15.00	200	3.53	
10	14	60.10	15.10	15.00	200	3.54	
11	14	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
12	14	60.00	15.10	15.00	150	2.65	
13	14	60.10	15.20	15.00	175	3.08	
14	14	60.10	15.20	15.00	150	2.64	
15	14	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
16	14	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
17	14	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
18	14	60.20	15.20	15.00	200	3.52	
19	14	60.10	15.20	15.00	200	3.51	
20	14	60.10	15.10	15.00	175	3.10	

TABLA # 5.105

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	60.00	15.00	15.00	350	6.22	6.01
2	28	60.00	15.00	15.00	375	6.67	
3	28	60.00	15.00	15.00	350	6.22	
4	28	60.00	15.00	15.00	325	5.78	
5	28	60.00	15.10	15.00	350	6.18	
6	28	60.00	15.00	15.00	325	5.78	
7	28	60.00	15.10	15.00	325	5.74	
8	28	60.00	15.10	15.00	350	6.18	
9	28	60.10	15.10	15.00	350	6.19	
10	28	60.10	15.10	15.00	350	6.19	
11	28	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
12	28	60.00	15.10	15.00	350	6.18	
13	28	60.10	15.20	15.00	350	6.15	
14	28	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
15	28	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
16	28	60.20	15.10	15.00	325	5.76	
17	28	60.10	15.10	15.00	350	6.19	
18	28	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
19	28	60.10	15.20	15.00	325	5.71	
20	28	60.10	15.20	15.00	350	6.15	

TABLA # 5.106

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

RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78

TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI A
LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595 **DOSIFICACIÓN 1:30**

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.00	15.00	15.00	75	1.33	1.24
2	7	60.10	15.00	15.00	75	1.34	
3	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
4	7	60.00	15.20	15.00	50	0.88	
5	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
6	7	60.00	15.00	15.00	75	1.33	
7	7	60.00	15.00	15.00	100	1.78	
8	7	60.00	15.00	15.00	50	0.89	
9	7	60.00	15.20	15.00	75	1.32	
10	7	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
11	7	60.00	15.00	15.00	75	1.33	
12	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
13	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
14	7	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
15	7	60.20	15.10	15.00	75	1.33	
16	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
17	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
18	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
19	7	60.10	15.20	15.00	50	0.88	
20	7	60.20	15.10	15.00	75	1.33	

TABLA # 5.107

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI A
LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595 DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.00	15.00	15.00	150	2.67	2.32
2	14	60.10	15.00	15.00	125	2.23	
3	14	60.00	15.10	15.00	125	2.21	
4	14	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
5	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
6	14	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
7	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
8	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
9	14	60.00	15.20	15.00	125	2.19	
10	14	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
11	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
12	14	60.00	15.10	15.00	125	2.21	
13	14	60.10	15.20	15.00	150	2.64	
14	14	60.10	15.20	15.00	150	2.64	
15	14	60.20	15.20	15.00	125	2.20	
16	14	60.20	15.00	15.00	125	2.23	
17	14	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
18	14	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
19	14	60.10	15.00	15.00	125	2.23	
20	14	60.10	15.10	15.00	100	1.77	

CEMENTO CUSCATLÁN
ASTM C-91

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.00	15.20	15.00	200	3.51	3.07
2	7	60.10	15.20	15.00	200	3.51	
3	7	60.00	15.20	15.00	200	3.51	
4	7	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
5	7	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
6	7	60.00	15.20	15.00	150	2.63	
7	7	60.00	15.00	15.00	175	3.11	
8	7	60.00	15.00	15.00	150	2.67	
9	7	60.10	15.10	15.00	125	2.21	
10	7	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
11	7	60.00	15.20	15.00	175	3.07	
12	7	60.00	15.00	15.00	150	2.67	
13	7	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
14	7	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
15	7	60.20	15.10	15.00	150	2.66	
16	7	60.20	15.10	15.00	200	3.54	
17	7	60.20	15.10	15.00	200	3.54	
18	7	60.00	15.20	15.00	175	3.07	
19	7	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
20	7	60.10	15.10	15.00	175	3.10	

TABLA 5.100

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.00	15.20	15.00	350	6.14	6.29
2	14	60.10	15.20	15.00	375	6.59	
3	14	60.00	15.20	15.00	350	6.14	
4	14	60.00	15.20	15.00	325	5.70	
5	14	60.10	15.20	15.00	375	6.59	
6	14	60.00	15.20	15.00	375	6.58	
7	14	60.00	15.00	15.00	350	6.22	
8	14	60.00	15.00	15.00	375	6.67	
9	14	60.00	15.10	15.00	350	6.18	
10	14	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
11	14	60.00	15.20	15.00	350	6.14	
12	14	60.00	15.00	15.00	375	6.67	
13	14	60.00	15.10	15.00	375	6.62	
14	14	60.00	15.10	15.00	375	6.62	
15	14	60.00	15.10	15.00	375	6.62	
16	14	60.10	15.00	15.00	350	6.23	
17	14	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
18	14	60.10	15.10	15.00	350	6.19	
19	14	60.00	15.10	15.00	350	6.18	
20	14	60.10	15.10	15.00	350	6.19	

TABLA 5.101

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	60.00	15.20	15.00	600	10.53	10.96
2	28	60.10	15.20	15.00	625	10.98	
3	28	60.00	15.20	15.00	600	10.53	
4	28	60.00	15.20	15.00	625	10.96	
5	28	60.00	15.20	15.00	600	10.53	
6	28	60.00	15.20	15.00	625	10.96	
7	28	60.00	15.00	15.00	600	10.67	
8	28	60.00	15.00	15.00	600	10.67	
9	28	60.10	15.20	15.00	650	11.42	
10	28	60.10	15.10	15.00	625	11.06	
11	28	60.00	15.20	15.00	600	10.53	
12	28	60.00	15.00	15.00	625	11.11	
12	28	60.10	15.10	15.00	650	11.50	
14	28	60.10	15.10	15.00	625	11.06	
15	28	60.20	15.10	15.00	625	11.07	
16	28	60.10	15.10	15.00	600	10.61	
17	28	60.10	15.10	15.00	625	11.06	
18	28	60.10	15.20	15.00	625	10.98	
19	28	60.20	15.20	15.00	650	11.44	
20	28	60.20	15.10	15.00	650	11.52	

TABLA 5.102

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.00	15.00	15.00	100	1.78	1.57
2	7	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
3	7	60.00	15.00	15.00	75	1.33	
4	7	60.00	15.20	15.00	100	1.75	
5	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
6	7	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
7	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
8	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
9	7	60.10	15.20	15.00	50	0.88	
10	7	60.10	15.10	15.00	50	0.88	
11	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
12	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
13	7	60.00	15.00	15.00	100	1.78	
14	7	60.00	15.20	15.00	75	1.32	
15	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
16	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
17	7	60.10	15.10	15.00	100	1.77	
18	7	60.10	15.10	15.00	100	1.77	
19	7	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
20	7	60.20	15.20	15.00	75	1.32	

TABLA 5.103

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.00	15.00	15.00	200	3.56	3.18
2	14	60.00	15.00	15.00	150	2.67	
3	14	60.00	15.00	15.00	150	2.67	
4	14	60.00	15.20	15.00	175	3.07	
5	14	60.10	15.00	15.00	175	3.12	
6	14	60.00	15.10	15.00	200	3.53	
7	14	60.00	15.10	15.00	225	3.97	
8	14	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
9	14	60.00	15.10	15.00	200	3.53	
10	14	60.10	15.10	15.00	200	3.54	
11	14	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
12	14	60.00	15.10	15.00	150	2.65	
13	14	60.10	15.20	15.00	175	3.08	
14	14	60.10	15.20	15.00	150	2.64	
15	14	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
16	14	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
17	14	60.10	15.10	15.00	175	3.10	
18	14	60.20	15.20	15.00	200	3.52	
19	14	60.10	15.20	15.00	200	3.51	
20	14	60.10	15.10	15.00	175	3.10	

TABLA 5.104

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	60.00	15.00	15.00	350	6.22	6.01
2	28	60.00	15.00	15.00	375	6.67	
3	28	60.00	15.00	15.00	350	6.22	
4	28	60.00	15.00	15.00	325	5.78	
5	28	60.00	15.10	15.00	350	6.18	
6	28	60.00	15.00	15.00	325	5.78	
7	28	60.00	15.10	15.00	325	5.74	
8	28	60.00	15.10	15.00	350	6.18	
9	28	60.10	15.10	15.00	350	6.19	
10	28	60.10	15.10	15.00	350	6.19	
11	28	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
12	28	60.00	15.10	15.00	350	6.18	
13	28	60.10	15.20	15.00	350	6.15	
14	28	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
15	28	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
16	28	60.20	15.10	15.00	325	5.76	
17	28	60.10	15.10	15.00	350	6.19	
18	28	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
19	28	60.10	15.20	15.00	325	5.71	
20	28	60.10	15.20	15.00	350	6.15	

TABLA 5.105

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA: 10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.00	15.00	15.00	75	1.33	1.24
2	7	60.10	15.00	15.00	75	1.34	
3	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
4	7	60.00	15.20	15.00	50	0.88	
5	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
6	7	60.00	15.00	15.00	75	1.33	
7	7	60.00	15.00	15.00	100	1.78	
8	7	60.00	15.00	15.00	50	0.89	
9	7	60.00	15.20	15.00	75	1.32	
10	7	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
11	7	60.00	15.00	15.00	75	1.33	
12	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
13	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
14	7	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
15	7	60.20	15.10	15.00	75	1.33	
16	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
17	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
18	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
19	7	60.10	15.20	15.00	50	0.88	
20	7	60.20	15.10	15.00	75	1.33	

TABLA 5.106

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.00	15.00	15.00	150	2.67	2.32
2	14	60.10	15.00	15.00	125	2.23	
3	14	60.00	15.10	15.00	125	2.21	
4	14	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
5	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
6	14	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
7	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
8	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
9	14	60.00	15.20	15.00	125	2.19	
10	14	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
11	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
12	14	60.00	15.10	15.00	125	2.21	
13	14	60.10	15.20	15.00	150	2.64	
14	14	60.10	15.20	15.00	150	2.64	
15	14	60.20	15.20	15.00	125	2.20	
16	14	60.20	15.00	15.00	125	2.23	
17	14	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
18	14	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
19	14	60.10	15.00	15.00	125	2.23	
20	14	60.10	15.10	15.00	100	1.77	

TABLA 5.107

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CESSA PÓRTLAND ASTM C-595

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	60.00	15.00	15.00	225	4.00	3.96
2	28	60.10	15.00	15.00	200	3.56	
3	28	60.00	15.10	15.00	250	4.42	
4	28	60.00	15.20	15.00	200	3.51	
5	28	60.00	15.10	15.00	225	3.97	
6	28	60.10	15.00	15.00	275	4.90	
7	28	60.00	15.00	15.00	225	4.00	
8	28	60.00	15.00	15.00	225	4.00	
9	28	60.10	15.10	15.00	200	3.54	
10	28	60.10	15.10	15.00	225	3.98	
11	28	60.00	15.00	15.00	225	4.00	
12	28	60.00	15.10	15.00	225	3.97	
13	28	60.10	15.20	15.00	200	3.51	
14	28	60.10	15.20	15.00	225	3.95	
15	28	60.10	15.10	15.00	225	3.98	
16	28	60.00	15.10	15.00	250	4.42	
17	28	60.20	15.10	15.00	250	4.43	
18	28	60.10	15.20	15.00	225	3.95	
19	28	60.10	15.10	15.00	200	3.54	
20	28	60.10	15.20	15.00	200	3.51	

TABLA 5.108

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.00	15.10	15.00	175	3.09	2.59
2	7	60.10	15.00	15.00	175	3.12	
3	7	60.00	15.00	15.00	175	3.11	
4	7	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
5	7	60.00	15.10	15.00	150	2.65	
6	7	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
7	7	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
8	7	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
9	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
10	7	60.00	15.10	15.00	150	2.65	
11	7	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
12	7	60.00	15.00	15.00	150	2.67	
13	7	60.10	15.10	15.00	125	2.21	
14	7	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
15	7	60.20	15.20	15.00	150	2.64	
16	7	60.10	15.20	15.00	150	2.64	
17	7	60.10	15.20	15.00	175	3.08	
18	7	60.10	15.20	15.00	125	2.20	
19	7	60.20	15.10	15.00	175	3.10	
20	7	60.00	15.20	15.00	150	2.63	

TABLA 5.109

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.00	15.10	15.00	350	6.18	6.15
2	14	60.10	15.00	15.00	375	6.68	
3	14	60.00	15.00	15.00	350	6.22	
4	14	60.00	15.20	15.00	325	5.70	
5	14	60.00	15.00	15.00	325	5.78	
6	14	60.00	15.00	15.00	375	6.67	
7	14	60.00	15.00	15.00	350	6.22	
8	14	60.00	15.00	15.00	350	6.22	
9	14	60.10	15.20	15.00	375	6.59	
10	14	60.10	15.20	15.00	375	6.59	
11	14	60.00	15.00	15.00	300	5.33	
12	14	60.00	15.00	15.00	375	6.67	
13	14	60.00	15.00	15.00	350	6.22	
14	14	60.00	15.00	15.00	325	5.78	
15	14	60.00	15.10	15.00	325	5.74	
16	14	60.10	15.20	15.00	350	6.15	
17	14	60.10	15.10	15.00	350	6.19	
18	14	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
19	14	60.00	15.10	15.00	375	6.62	
20	14	60.10	15.10	15.00	325	5.75	

TABLA 5.110

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:10

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	60.00	15.10	15.00	550	9.71	9.72
2	28	60.10	15.00	15.00	575	10.24	
3	28	60.00	15.00	15.00	525	9.33	
4	28	60.00	15.00	15.00	525	9.33	
5	28	60.00	15.10	15.00	575	10.15	
6	28	60.00	15.00	15.00	550	9.78	
7	28	60.00	15.00	15.00	575	10.22	
8	28	60.00	15.00	15.00	575	10.22	
9	28	60.10	15.20	15.00	550	9.67	
10	28	60.10	15.20	15.00	575	10.10	
11	28	60.00	15.00	15.00	525	9.33	
12	28	60.00	15.00	15.00	525	9.33	
13	28	60.00	15.00	15.00	550	9.78	
14	28	60.00	15.20	15.00	525	9.21	
15	28	60.00	15.20	15.00	525	9.21	
16	28	60.10	15.10	15.00	550	9.73	
17	28	60.20	15.10	15.00	575	10.19	
18	28	60.10	15.10	15.00	525	9.29	
19	28	60.00	15.00	15.00	575	10.22	
20	28	60.00	15.10	15.00	525	9.27	

TABLA 5.111

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACI A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.00	15.00	15.00	75	1.33	1.19
2	7	60.00	15.00	15.00	100	1.78	
3	7	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
4	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
5	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
6	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
7	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
8	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
9	7	60.10	15.20	15.00	50	0.88	
10	7	60.10	15.10	15.00	75	1.33	
11	7	60.10	15.00	15.00	75	1.34	
12	7	60.00	15.00	15.00	50	0.89	
13	7	60.00	15.20	15.00	75	1.32	
14	7	60.00	15.20	15.00	75	1.32	
15	7	60.10	15.10	15.00	50	0.88	
16	7	60.20	15.10	15.00	75	1.33	
17	7	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
18	7	60.10	15.00	15.00	25	0.45	
19	7	60.10	15.00	15.00	75	1.34	
20	7	60.10	15.10	15.00	50	0.88	

TABLA 5.112

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.00	15.00	15.00	200	3.56	2.72
2	14	60.00	15.00	15.00	175	3.11	
3	14	60.00	15.10	15.00	150	2.65	
4	14	60.00	15.20	15.00	150	2.63	
5	14	60.10	15.20	15.00	150	2.64	
6	14	60.00	15.10	15.00	225	3.97	
7	14	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
8	14	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
9	14	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
10	14	60.10	15.10	15.00	150	2.65	
11	14	60.10	15.00	15.00	125	2.23	
12	14	60.00	15.00	15.00	150	2.67	
13	14	60.10	15.20	15.00	125	2.20	
14	14	60.10	15.20	15.00	125	2.20	
15	14	60.10	15.20	15.00	150	2.64	
16	14	60.20	15.10	15.00	150	2.66	
17	14	60.20	15.10	15.00	125	2.21	
18	14	60.10	15.10	15.00	125	2.21	
19	14	60.10	15.10	15.00	125	2.21	
20	14	60.00	15.10	15.00	150	2.65	

TABLA 5.113

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
ACIA LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA
CONTROLADA.**

**UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San
Salvador.**

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:20

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	60.00	15.00	15.00	300	5.33	5.46
2	28	60.00	15.00	15.00	350	6.22	
3	28	60.00	15.10	15.00	300	5.30	
4	28	60.00	15.20	15.00	325	5.70	
5	28	60.00	15.20	15.00	325	5.70	
6	28	60.00	15.10	15.00	300	5.30	
7	28	60.00	15.10	15.00	275	4.86	
8	28	60.00	15.10	15.00	300	5.30	
9	28	60.20	15.20	15.00	300	5.28	
10	28	60.20	15.10	15.00	275	4.87	
11	28	60.10	15.00	15.00	300	5.34	
12	28	60.00	15.00	15.00	325	5.78	
13	28	60.10	15.20	15.00	325	5.71	
14	28	60.00	15.10	15.00	350	6.18	
15	28	60.00	15.20	15.00	325	5.70	
16	28	60.10	15.10	15.00	300	5.31	
17	28	60.10	15.10	15.00	325	5.75	
18	28	60.10	15.10	15.00	275	4.86	
19	28	60.20	15.10	15.00	325	5.76	
20	28	60.20	15.00	15.00	275	4.91	

TABLA 5.114

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	1.08
2	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
3	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
4	7	60.00	15.00	15.00	50	0.89	
5	7	60.00	15.00	15.00	75	1.33	
6	7	60.00	15.00	15.00	75	1.33	
7	7	60.10	15.00	15.00	50	0.89	
8	7	60.00	15.00	15.00	50	0.89	
9	7	60.10	15.20	15.00	50	0.88	
10	7	60.10	15.10	15.00	25	0.44	
11	7	60.00	15.20	15.00	50	0.88	
12	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
13	7	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
14	7	60.10	15.20	15.00	75	1.32	
15	7	60.00	15.10	15.00	75	1.32	
16	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
17	7	60.00	15.10	15.00	50	0.88	
18	7	60.20	15.10	15.00	75	1.33	
19	7	60.20	15.10	15.00	75	1.33	
20	7	60.20	15.10	15.00	75	1.33	

TABLA 5.115

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	14	60.00	15.10	15.00	175	3.09	2.35
2	14	60.00	15.10	15.00	175	3.09	
3	14	60.00	15.10	15.00	150	2.65	
4	14	60.00	15.20	15.00	125	2.19	
5	14	60.10	15.20	15.00	125	2.20	
6	14	60.00	15.00	15.00	150	2.67	
7	14	60.10	15.00	15.00	150	2.67	
8	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
9	14	60.00	15.10	15.00	125	2.21	
10	14	60.20	15.10	15.00	100	1.77	
11	14	60.00	15.00	15.00	125	2.22	
12	14	60.00	15.10	15.00	100	1.77	
13	14	60.10	15.10	15.00	125	2.21	
14	14	60.10	15.20	15.00	125	2.20	
15	14	60.10	15.10	15.00	125	2.21	
16	14	60.10	15.10	15.00	100	1.77	
17	14	60.10	15.00	15.00	125	2.23	
18	14	60.20	15.00	15.00	150	2.68	
19	14	60.20	15.10	15.00	125	2.21	
20	14	60.00	15.00	15.00	150	2.67	

TABLA 5.116

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESISTENCIA A FLEXION EN
ESPECIMENES DE SUELO CEMENTO
ASTM C-78**

**TESIS : APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI
A LOS RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA.**

UBICACIÓN: 75 Av. norte, Colonia Villas de Miralvalle, San Salvador.

MUESTRA # 2

PROFUNDIDAD: 2.0MT

FECHA:10/2/2003

CEMENTO CUSCATLÁN ASTM C-91

DOSIFICACIÓN 1:30

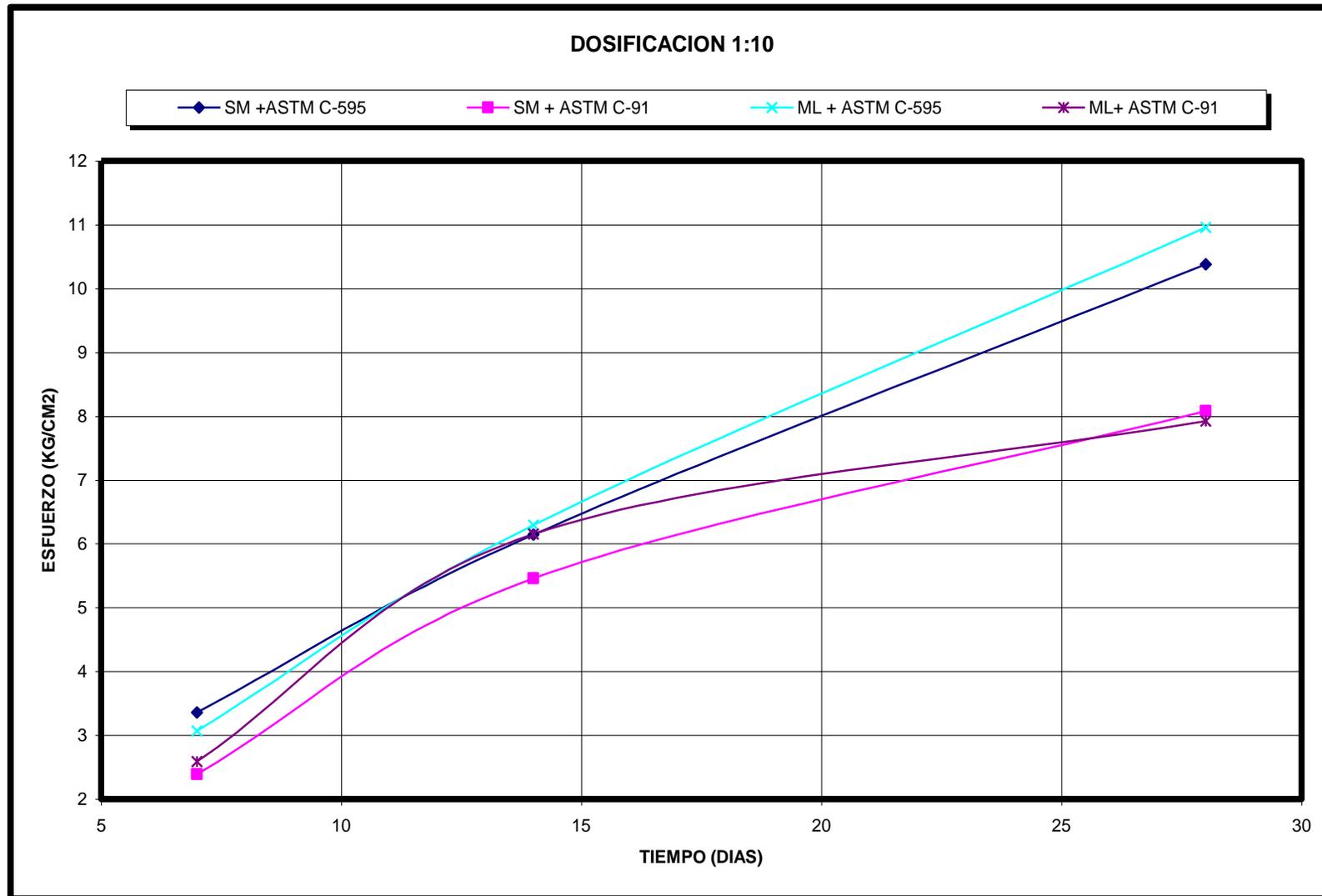
TIPO DE SUELO: LIMO ARENOSO (ML)

MUES. Nº	EDAD (DÍAS)	LONG. L (CM)	ALTURA b (CM)	BASE d (cm)	CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM ²)	ESFUERZO PROMEDIO (KG/CM ²)
1	28	60.00	15.10	15.00	225	3.97	3.85
2	28	60.00	15.10	15.00	200	3.53	
3	28	60.00	15.10	15.00	225	3.97	
4	28	60.10	15.10	15.00	225	3.98	
5	28	60.10	15.00	15.00	200	3.56	
6	28	60.00	15.00	15.00	200	3.56	
7	28	60.10	15.00	15.00	200	3.56	
8	28	60.00	15.00	15.00	200	3.56	
9	28	60.10	15.20	15.00	225	3.95	
10	28	60.10	15.00	15.00	225	4.01	
11	28	60.00	15.00	15.00	225	4.00	
12	28	60.00	15.10	15.00	200	3.53	
13	28	60.10	15.10	15.00	200	3.54	
14	28	60.10	15.10	15.00	225	3.98	
15	28	60.10	15.10	15.00	250	4.42	
16	28	60.20	15.20	15.00	225	3.96	
17	28	60.10	15.10	15.00	200	3.54	
18	28	60.10	15.10	15.00	225	3.98	
19	28	60.10	15.10	15.00	250	4.42	
20	28	60.10	15.10	15.00	225	3.98	

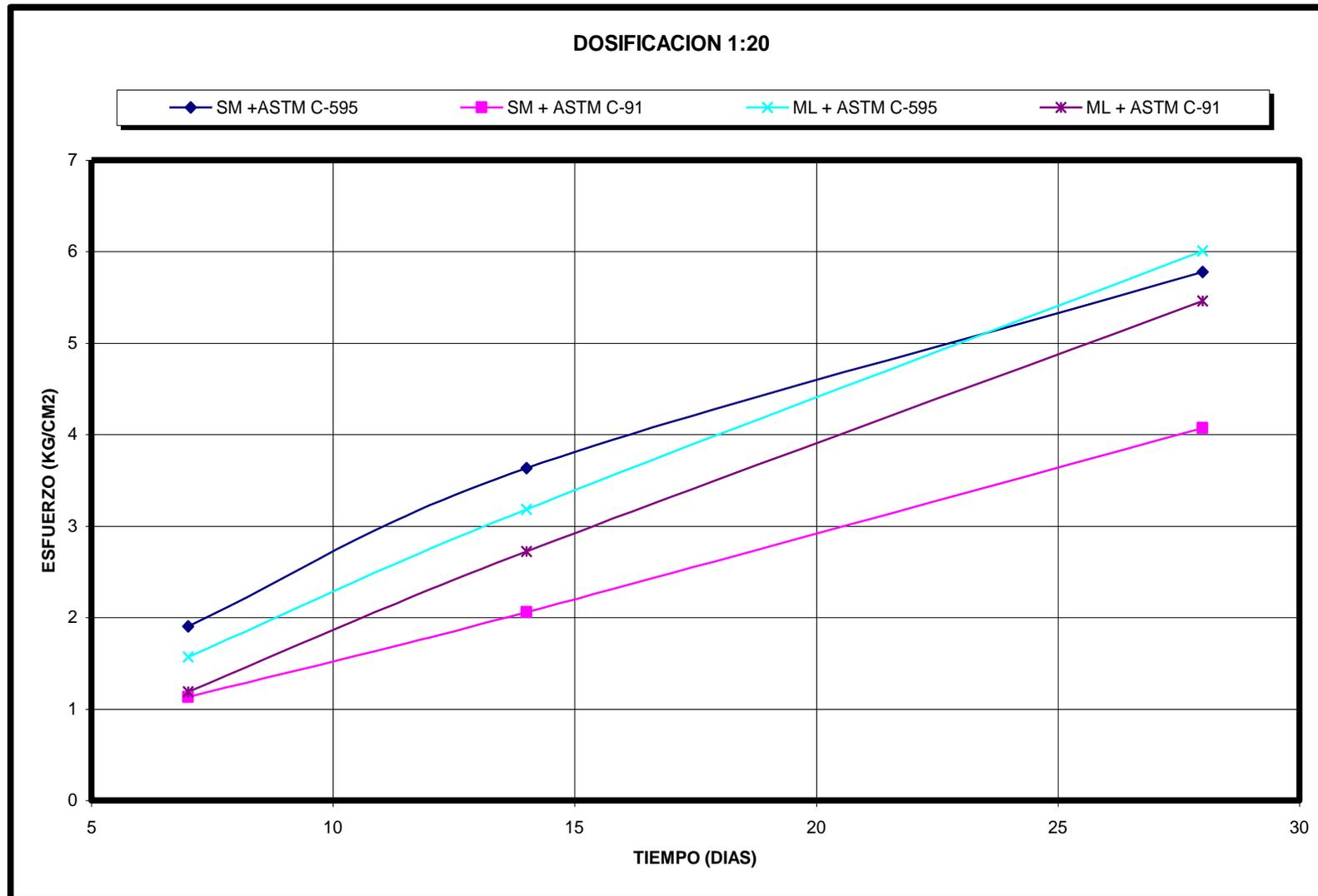
TABLA 5.117

***GRAFICAS DE
RESULTADOS DE
RESISTENCIA A LA
FLEXIÓN DE LOS
ESPECIMENES
ENSAYADOS***

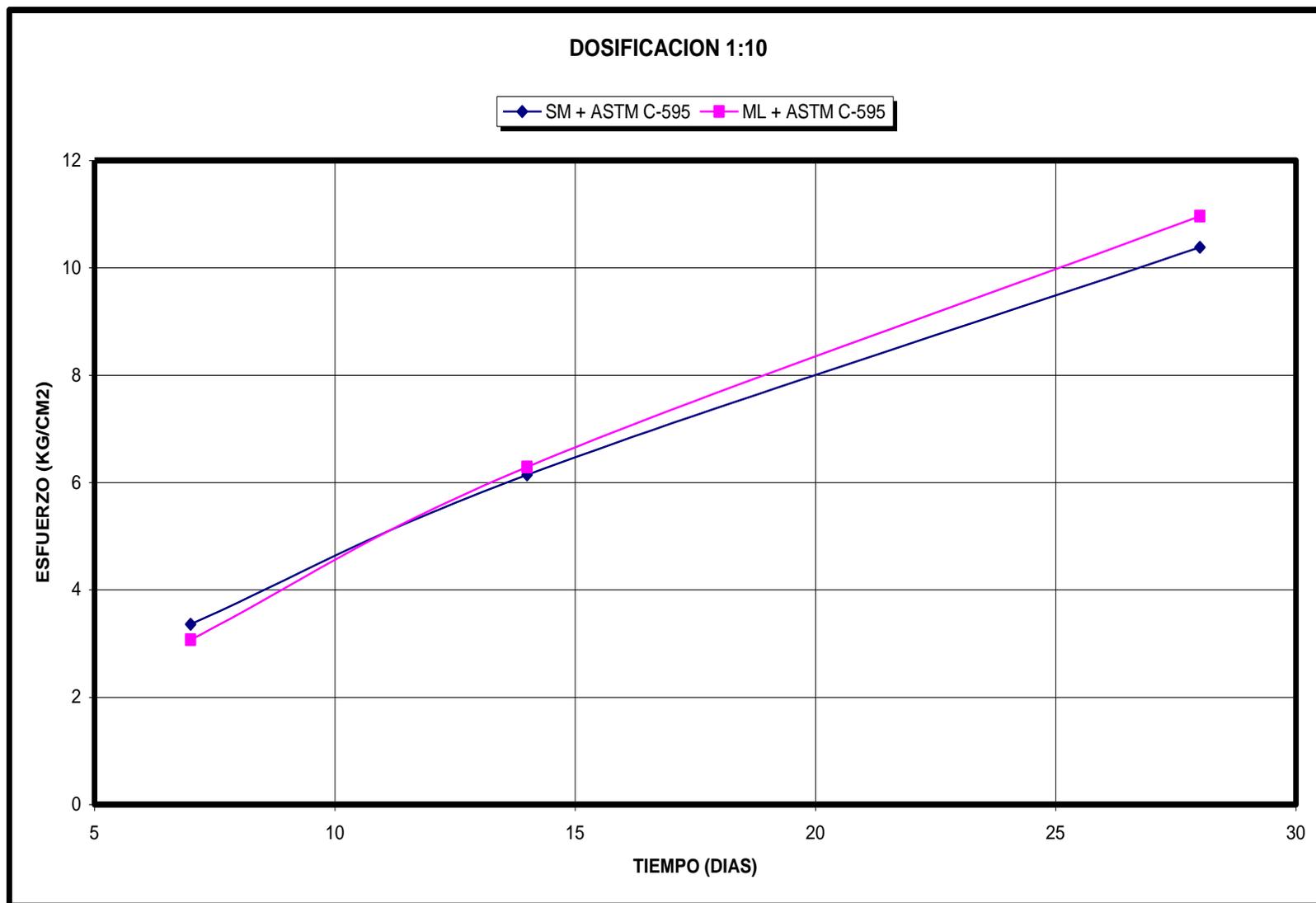
Grafica 5.24



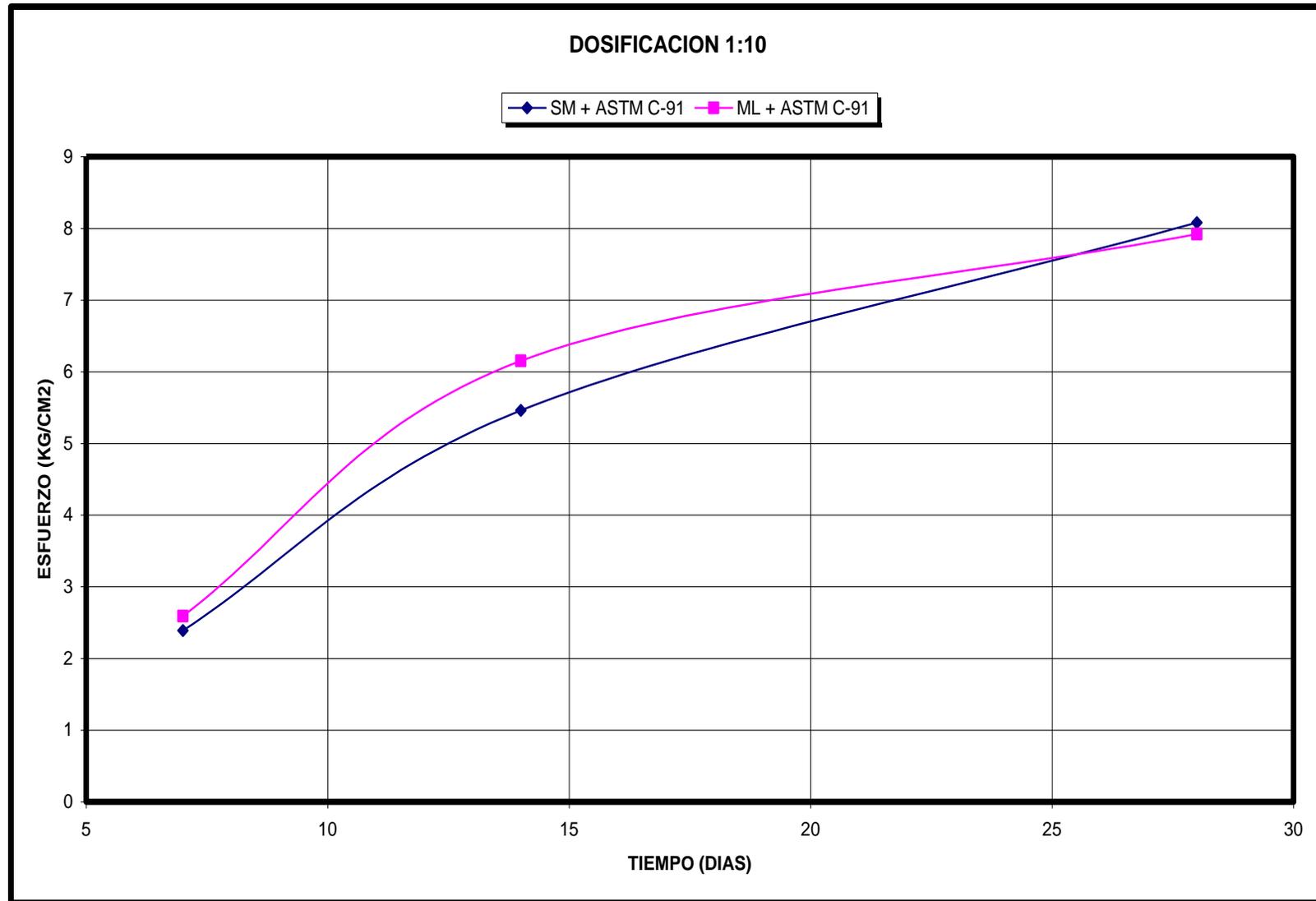
Grafica 5.25



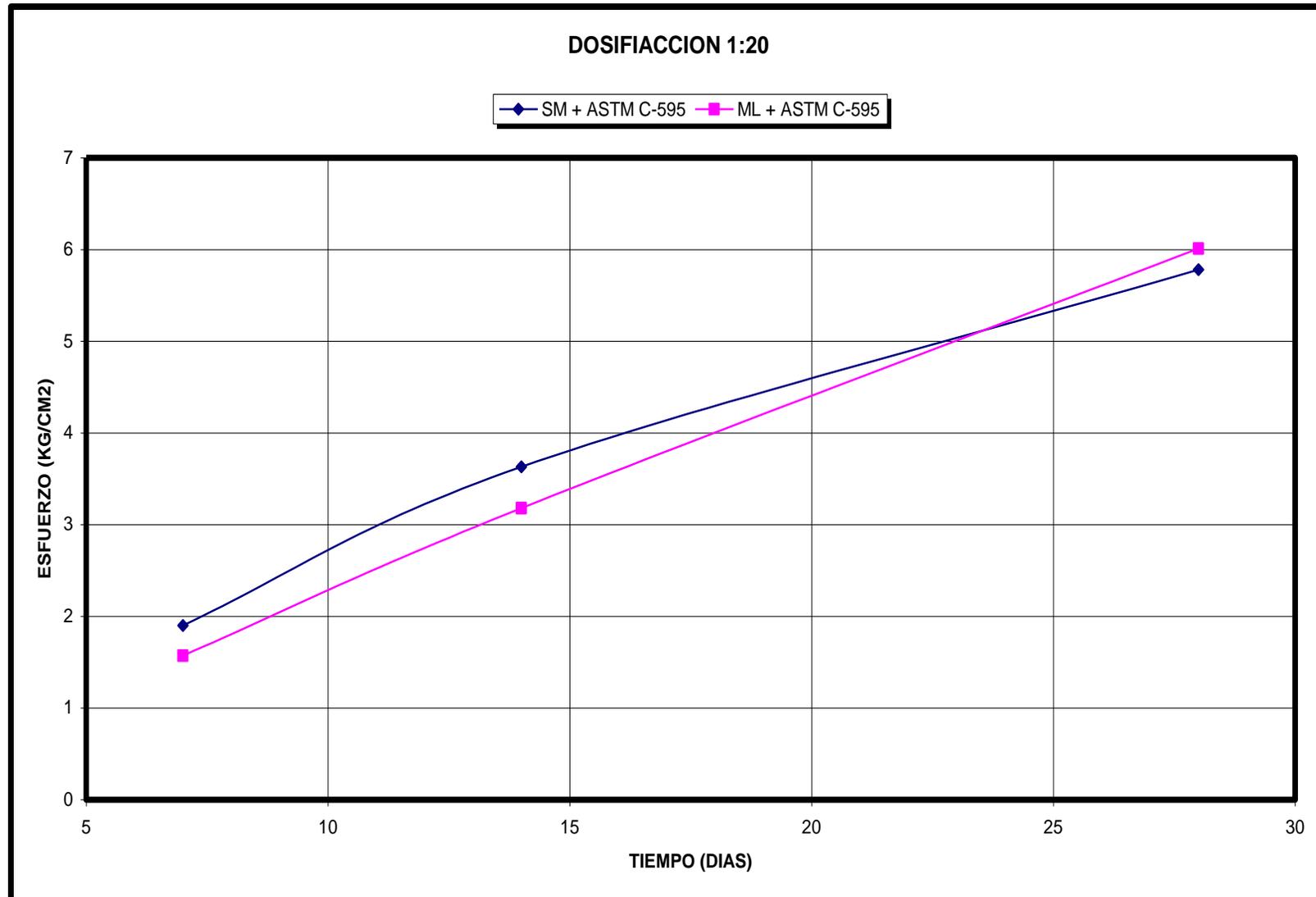
Grafica 5.27



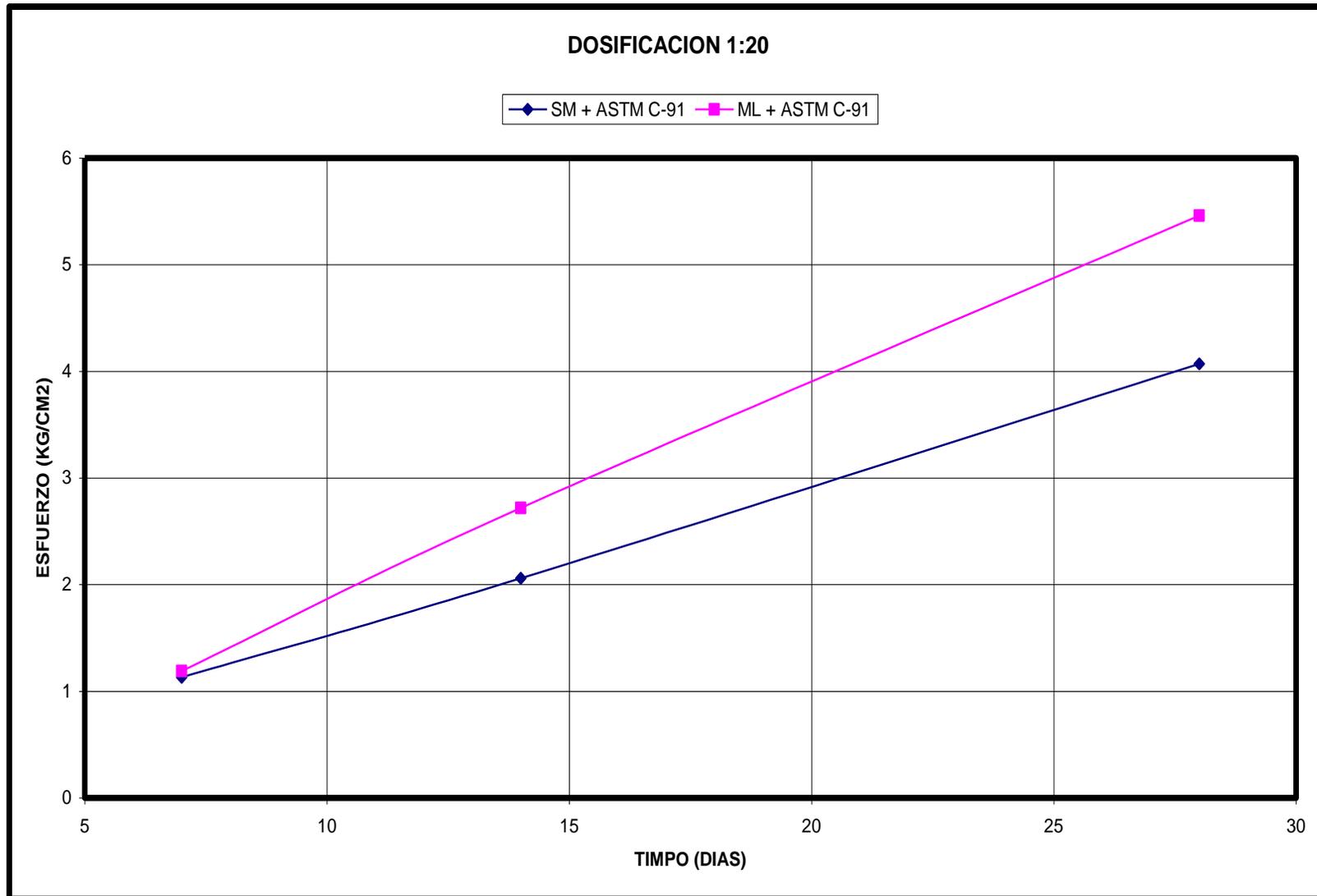
Grafica 5.28



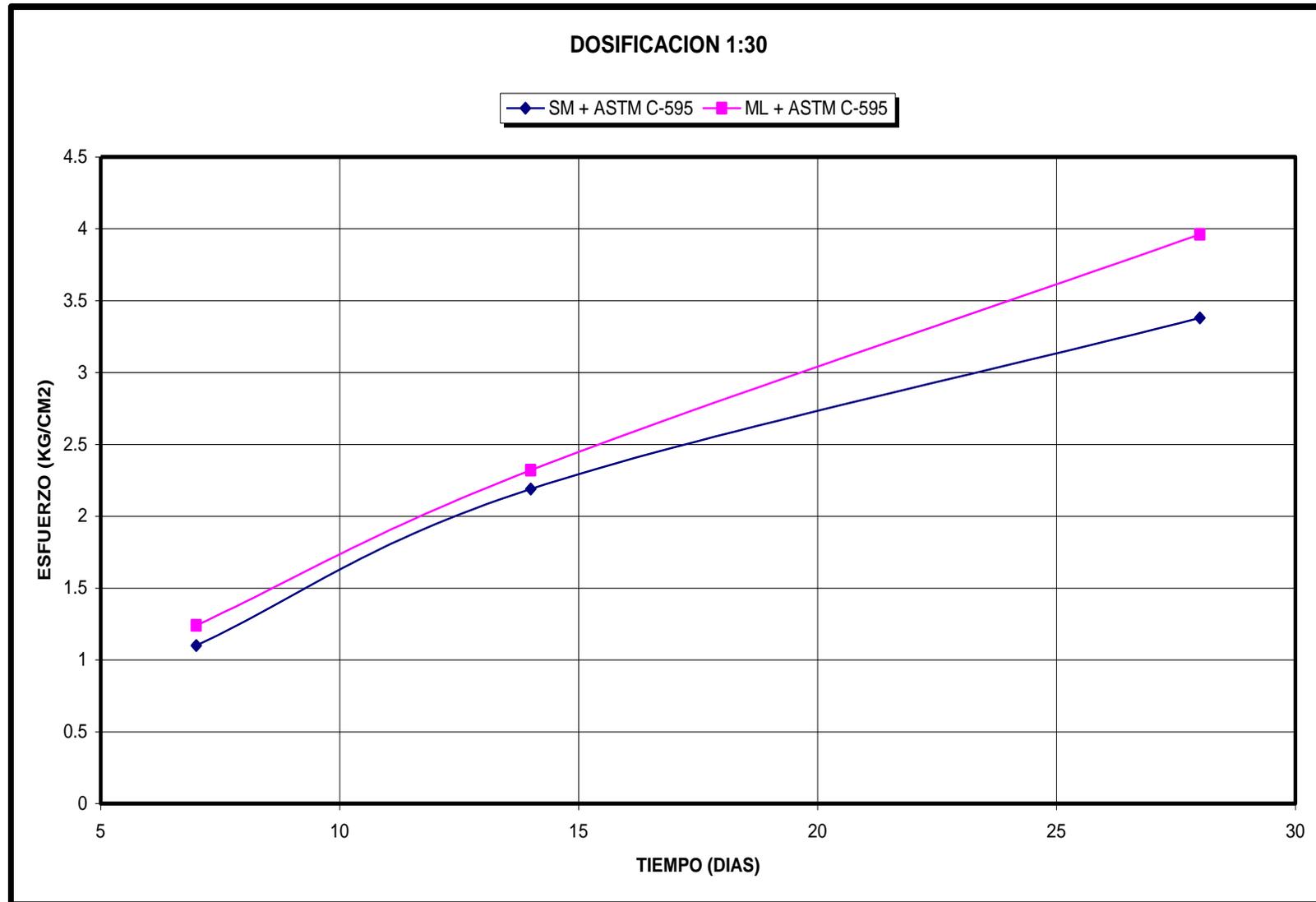
Grafica 5.29



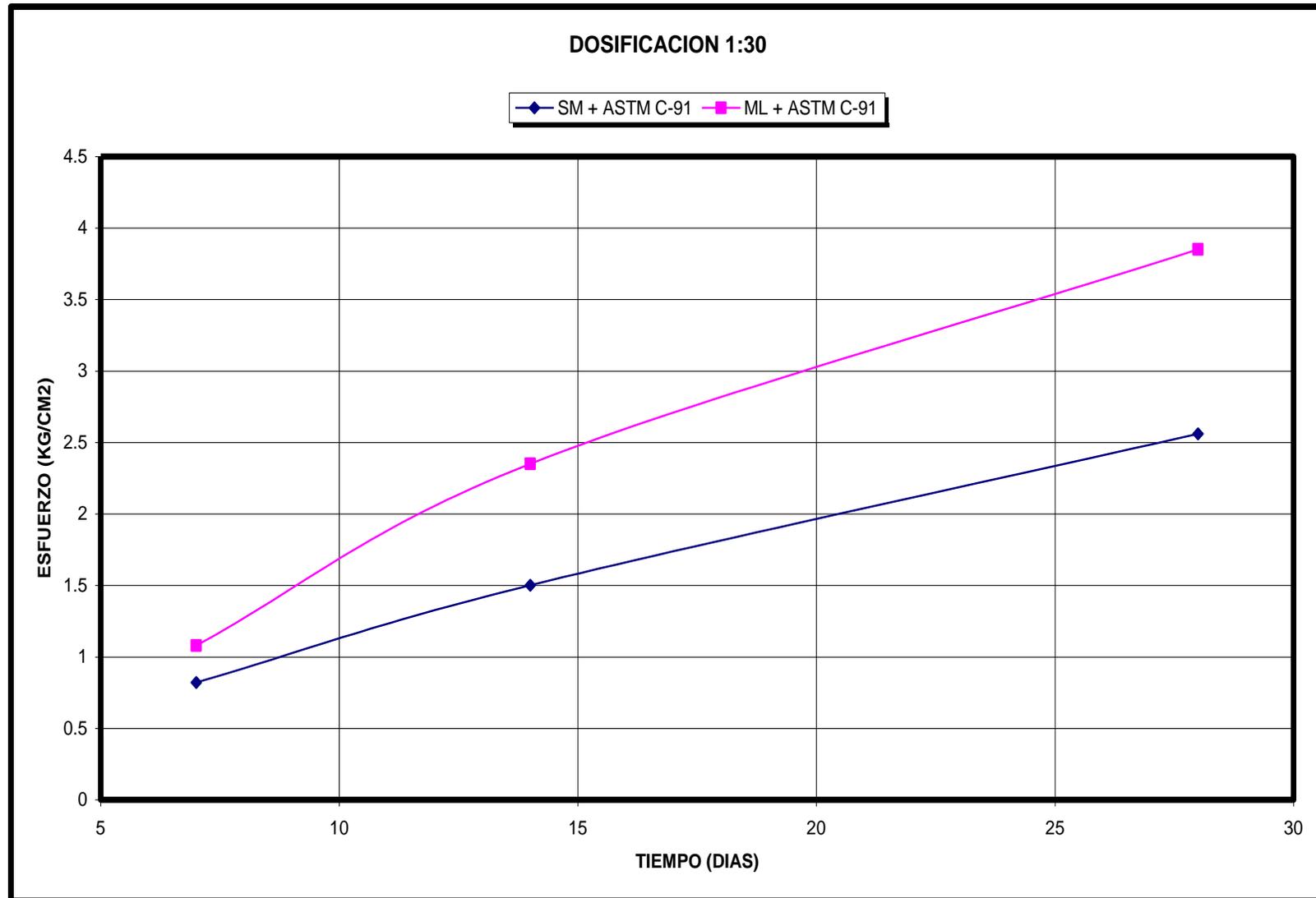
Grafica 5.30



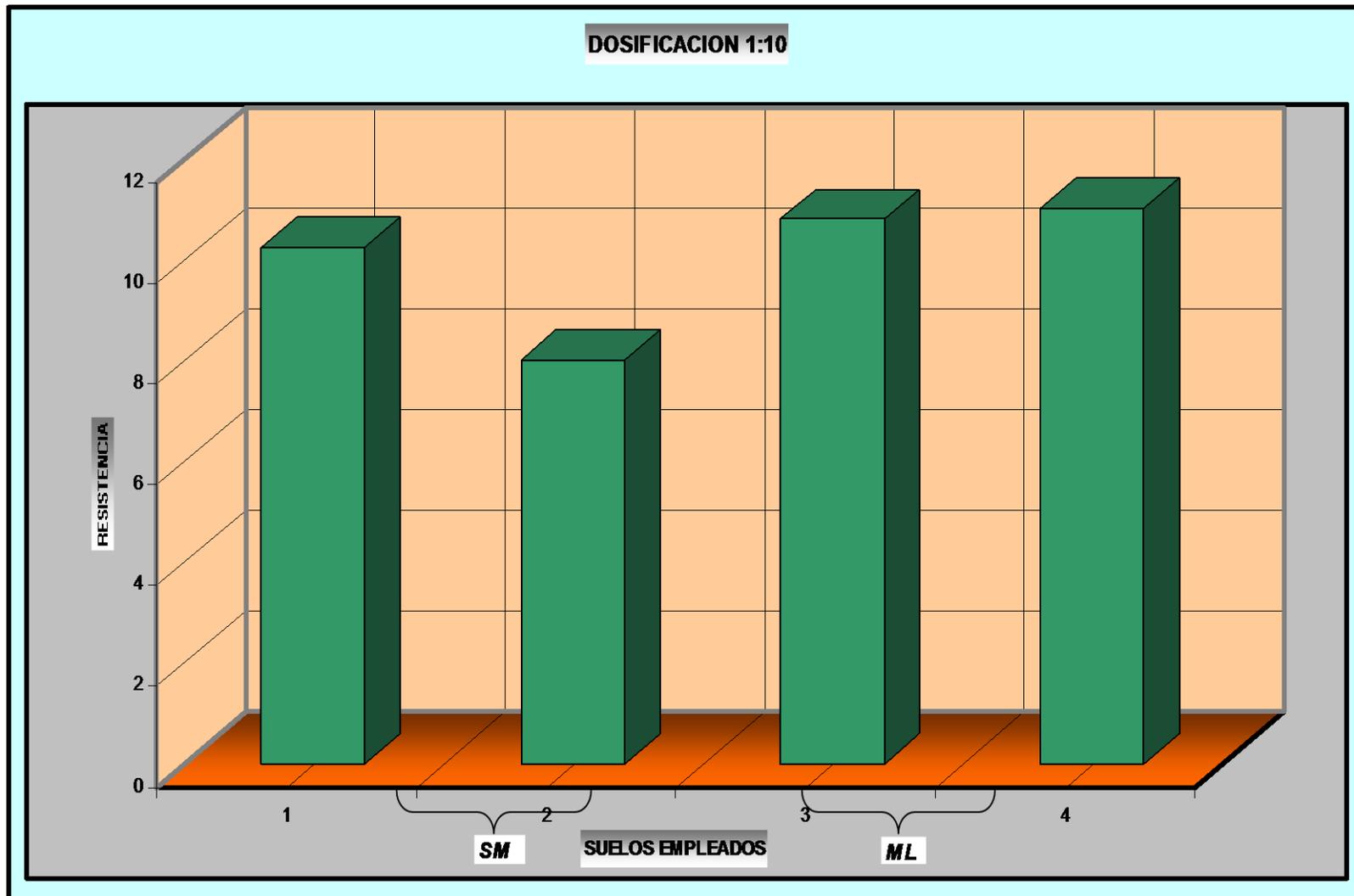
Grafica 5.31



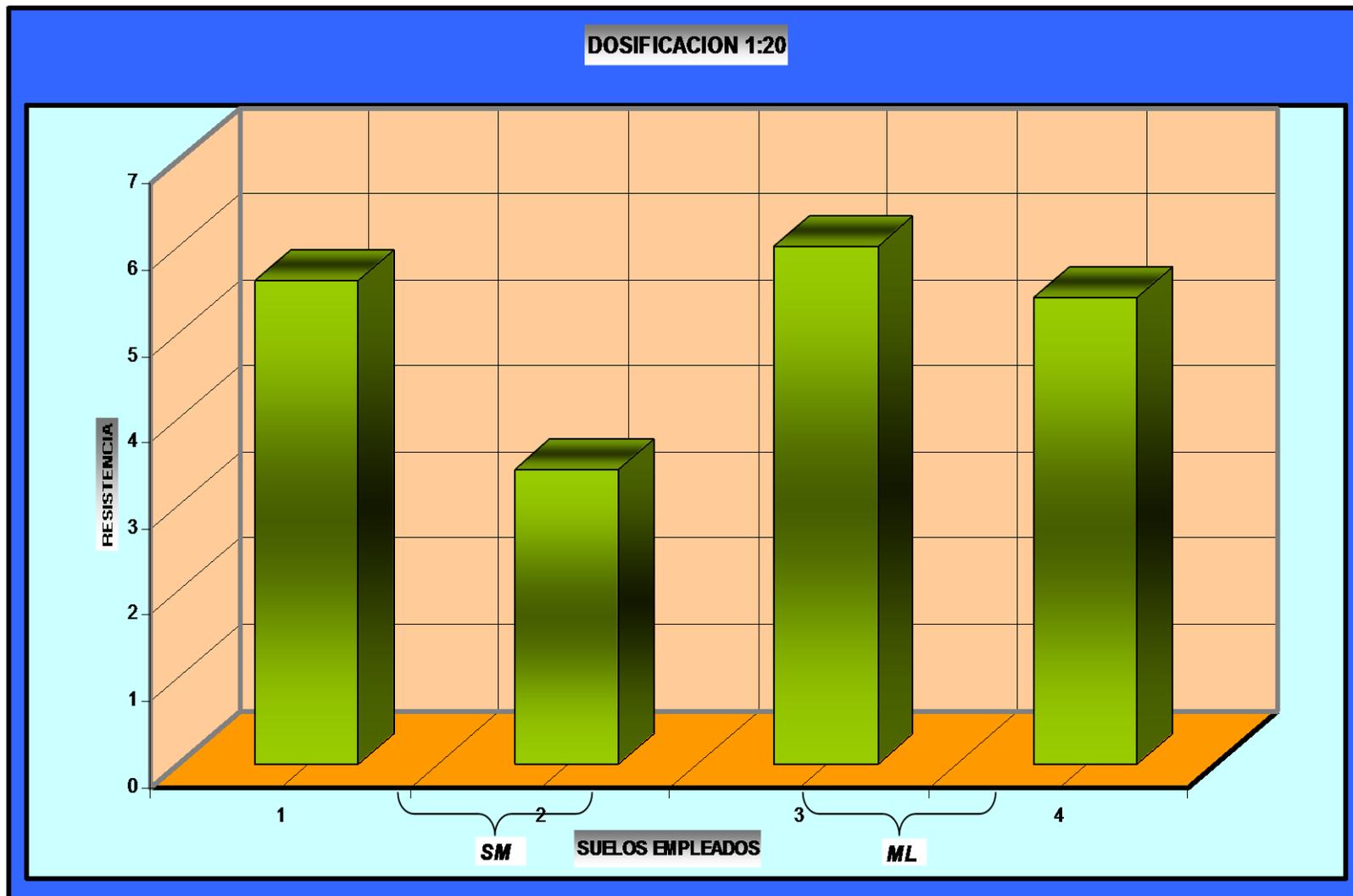
Grafica 5.32



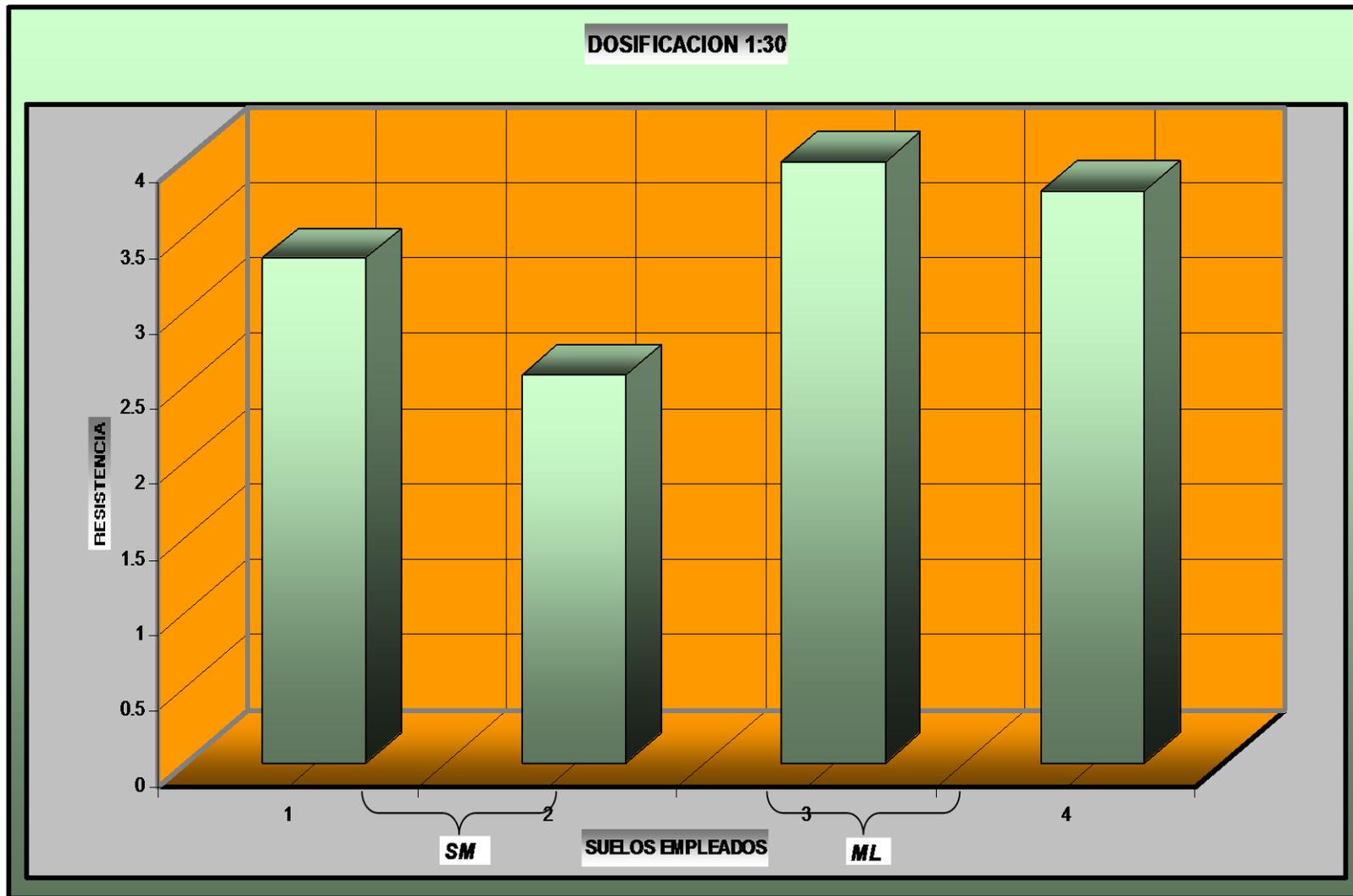
Grafica 5.32.1 Grafica comparativa de incremento de resistencia de la SM y el ML para los cementos C595 y C91



Grafica 5.32.2 Grafica comparativa de incremento de resistencia de la SM y el ML para los cementos C595 y C91



Grafica 5.32.3 Grafica comparativa de incremento de resistencia de la SM y el ML para los cementos C595 y C91



Después de haber realizado las pruebas y ensayos a los suelos empleados en las mezclas de suelo cemento semi fluido podemos decir lo siguiente:

- ❁ Se emplearon dos suelos para el desarrollo de este trabajo de investigación, una arena limosa (obtenida de la carretera a Comalapa KM 34) con un contenido de arena del 96% y 4% de limo inorgánico no plástico, así como también un limo arenoso (obtenido de la Residencial Villas de Miralvalle) con un contenido de arena del 36% de arena y un 64% de limo inorgánico no plástico.
- ❁ Para lograr que la mezcla sea totalmente homogénea se le proporcionó un mezclado en una mezcladora de eje horizontal, dándosele un tiempo de revoltura entre el intervalo de 5 a 10 minutos. Tiempo en el cuál se eliminaban por completo los grumos y se lograba una trabajabilidad adecuada de la mezcla.
- ❁ Para medir la trabajabilidad de las mezclas se optó por emplear el cono de Abrams, ya que éste es el método más fácil, práctico, confiable y el más empleado para medir la consistencia de una mezcla.
- ❁ La cantidad de agua necesaria para lograr una trabajabilidad adecuada en ambos tipos de suelo, fue mucho mayor para el Limo Arenoso, dado que resulta lógico, ya que éste por poseer partículas más finas requiere de mayor cantidad de agua para poder cubrir todas las partículas y de esta manera obtener una mezcla sin grumos.
- ❁ De la gráfica de resistencia a la compresión versus tiempo de los especímenes, podemos observar que las resistencias son mayores para aquellas mezclas a las

cuáles se les mezcló cemento Pórtland tipo C-595 como aglutinante, que aquellas que fueron realizadas con cemento de albañilería tipo C-91.

- ❁ Independientemente de la cantidad o dosificación de cemento empleada en la compresión de cilindros, se obtuvieron mejores resultados en aquellas mezclas que fueron elaboradas con Arena Limosa que las que fueron elaboradas con Limos Arenosos.
- ❁ De las graficas de resistencia a la tensión versus tiempo se puede determinar que los resultados obtenidos fueron ligeramente mayores para aquellas mezclas en las que se emplearon los suelos finos para su elaboración, lo cuál parece muy razonable, ya que los suelos finos poseen menores cantidades de espacios vacíos que los suelos arenosos, lo que garantiza una mayor adherencia de las partículas entre si, y entre el aglutinante (cemento) y las mismas.
- ❁ Los mayores resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la tensión fueron aquéllos en que se empleó cemento Pórtland tipo C-595 para las distintas dosificaciones y los suelos más finos.
- ❁ De las gráficas de resistencia a la flexión versus tiempo, se puede decir que los suelos finos brindan mejores resultados que los suelos de carácter granular.
- ❁ Las mezclas elaboradas con cemento Pórtland tipo I C-595 proporcionan resistencias mayores que aquellos suelos que son elaborados con cemento Pórtland tipo C-91.

5.2.1 Representatividad de los resultados

Los resultados que se obtienen en cualquier tipo de ensayo se ven sujetos a variaciones. Para poder determinar hasta cuanto son permitidas dichas variaciones, hay varios métodos estadísticos, conocidos éstos como medidas de tendencia central que indican la uniformidad de los resultados.

La medida más común de tendencia central, de un conjunto de datos es el promedio, es decir, la suma de los valores obtenidos, divididos por el número de datos, y se expresa de la siguiente manera:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Para determinar el grado de uniformidad se utiliza la desviación estándar (σ), la cual es empleada para medir la dispersión de los datos respecto al promedio, se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\bar{X} - X)^2}{(n-1)}}$$

El coeficiente de variación, se define como el resultado de dividir la desviación estándar por el promedio, y se expresa así:

$$Cv = \frac{\sigma}{\bar{X}}$$

El coeficiente de variación es adimensional, y se expresa en porcentaje. Da una comparación válida entre el conjunto de datos de distintos órdenes de magnitud y permite establecer el grado de representatividad de los resultados, para tal efecto se puede utilizar la tabla 5.118:

Coeficiente de variación (Cv)	Representatividad de los resultados
$0 < Cv < 10$	Alta
$10 < Cv < 20$	Bastante
$20 < Cv < 30$	Representativo
$30 < Cv < 40$	Dudosa
> 40	No se puede concluir

Tabla 5.118. Grado de representatividad de los resultados

El coeficiente de variación fue calculado para todos los resultados obtenidos de los ensayos de los cilindros, de los cuales la mayor parte de los resultados (de Cv) se encontraban en el intervalo $0 < Cv < 10$, sin embargo una cantidad de ellos se encontraban en el intervalo de $10 < Cv < 20$

De lo expresado en la tabla 5.118 se puede decir que los resultados obtenidos se encuentran en el intervalo de alta representatividad y bastante representativos.

5.3 Análisis económico comparativo entre el suelo cemento tradicional y el suelo cemento semi fluido

A continuación se presenta un análisis de costos, para establecer la diferencia que existe entre el suelo cemento compactado y en suelo cemento semi fluido en cuanto a costo.

Para este análisis se ha tomado el caso en el cuál el volumen a cubrir sobrepasa los cientos de metros cúbicos (1244.16m³), situación para la cual se es imposible elaborar el

RFRC en obra, ya que el rendimiento del equipo disponible para la elaboración de éste resulta insuficiente para cumplir dicha actividad en un tiempo razonable.

Seguidamente se presenta un caso en el cual el volumen a trabajar es relativamente pequeño, de tal manera que el RFRC puede ser elaborado en obra haciendo uso del equipo disponible para su elaboración (concretera de una bolsa)

ANÁLISIS CON SUELO CEMENTO COMPACTADO

Elemento a estudiar: Compactación de la fundación de un edificio con dimensiones de 7.2m x 21.6m x 8 m = 1244.16 m³ (ancho, larga y profundidad respectivamente) .

❖ Materiales:

➤ Arena limosa

$$= 1244.16 \text{ m}^3 \times 1.30 (\% \text{ de abundamiento}) \times 7 \text{ \$ / m}^3$$

$$= \$ 11,321.8$$

➤ Cemento

$$\text{Suelo suelto} = (7.2 \times 21.6 \times 0.20) \text{ m} = 31.10 \text{ m}^3 / 20 = 1.55 \text{ m}^3$$

$$1.55 \text{ m}^3 = 54.92 \text{ ft}^3 = 55 \text{ bolsas de cemento para una capa de 20 cm.}$$

$$55 \text{ bolsas} \times (8 \text{ m} / 0.2 \text{ m}) = 2200 \text{ bl.} \times 5 \text{ \$ / bl.} = \$ 11,000$$

$$\text{➤ Agua} = 20\% \times 1244.16 \text{ m}^3 \times 4.28 \text{ \$ / m}^3 = \$ 1,064.06$$

➤ Madera (Ademado):

$$\text{▪ Cuartón} = 9 \text{ und.} \times 6 \text{ vrs} \times 4.56 \text{ \$ / und} = \$ 41.04$$

$$\text{▪ Costanera} = 12 \text{ und.} \times 6 \text{ vrs} \times 2.28 \text{ \$ / und} = \$ 27.36$$

$$\text{▪ Tabla} = 22 \text{ und.} \times 6 \text{ vrs} \times 5.76 \text{ \$ / und} = \$ 126.72$$

$$\text{Rendimiento} = V / T = 1244.16 \text{ m}^3 / 40 \text{ días} = 31.10 \text{ m}^3 / \text{día} .$$

❖ Equipo :

- Rodo vibratorio de ½ ton.

$$= 3 \text{ und} \times 40 \text{ días} \times 42.98 \text{ \$ /día} = \$ 5,157.60.$$

- Apisonador de impacto

$$= 3 \text{ und} \times 40 \text{ días} \times 20 \text{ \$/día} = \$ 2,400.$$

- Mini Cargador

$$= 2 \text{ und} \times 40 \text{ días} \times 114.28 \text{ \$/día} = \$ 9,142.4.$$

- Camión de volteo (6 m³)

$$= 1 \text{ und} \times \text{flete} = (1244.28 \text{ m}^3 / 6 \text{ m}^3) \times 34.28 \text{ \$ / flete} = \$ 7,108.9.$$

❖ Herramientas :

$$1 \text{ S.G.} = \$ 200.0$$

❖ Personal :

- Operarios

$$= 5 \times 40 \text{ días} \times 14.28 \text{ \$ / día} = \$ 2,856.0.$$

3 operarios para rodos vibratorios.

2 operarios para bob-cat.

➤ Auxiliares :

$$\text{Auxiliares} = 10 \times 40 \text{ días} \times 6.93 \text{ \$ / día} = \$ 2,772.0$$

3 auxiliares para operar apisonadores de impacto.

5 auxiliares para conformación de capas de suelo cemento de 20 cm. a compactar.

2 auxiliares para agregar agua a capas de suelo cemento de 20 cm. a compactar.

❖ Control de calidad (supervisión por un laboratorio)

$$\text{Laboratorio} = 40 \text{ días} \times 33.33 \text{ \$ / día} = \$ 1,333.2$$

TOTAL = \$ 55,795.

ANÁLISIS CON RELLENO FLUIDO DE RESISTENCIA CONTROLADA

❖ Materiales :

El relleno fluido será servido en obra por los camiones mezcladores.

$$\text{RFRC}^{24/} = 1,244.16 \text{ m}^3 \times 35.20 \text{ \$ / m}^3 = \$ 43,794.43$$

➤ Madera (Ademado):

- Cuartón = 9 und. 6 vrs x 4.56 \$ / vrs = \$ 41.04

- Costanera = 12 und. 6 vrs x 2.28 \$ / vrs = \$ 27.3

²⁴ Precio obtenido de la concretara Mixto Listo

$$\blacksquare \text{ Tabla} = 22 \text{ und. } 6 \text{ vrs} \times 5.76 \text{ \$ / vrs} = \$ 126.72$$

$$\text{Rendimiento V/T} = 1244.16 \text{ m}^3 / 15 \text{ días} = 82.94 \text{ m}^3 / \text{día.}$$

Se asume que la compañía que suministra el RFRC. Solo puede enviar 12 camiones por día con 7 m^3

❖ Equipo :

➤ vibrador eléctrico de 2”:

$$= 15 \text{ días} \times \text{¢}183.10/\text{días} = 2746.5\text{¢}$$

No se requiere ninguna clase de equipo para la hechura ni colocación del relleno fluido debido a que se esta asumiendo que el concreto será servido por camiones mezcladores.

Mientras que para la colocación se posee accesibilidad en el sitio a colar para que el camión mezclador pueda depositarlo directamente sobre la excavación.

❖ Herramientas :

$$1 \text{ S.G.} = \$ 200.0$$

❖ Personal

➤ Auxiliares :

$$\text{Auxiliares} = 11 \text{ aux} \times 15 \text{ dias} \times 6.93 \text{ \$ / dia} = \$1,143.45$$

1 auxiliar para ordenar la llegada de los camiones (banderillero)

10 auxiliares para riego o acomodo del RFRC..

❖ Control de calidad (supervisión por un laboratorio)

$$\text{Laboratorio} = 15 \text{ días} \times 33.33 \text{ \$ / día} = \$ 499.95$$

$$\text{TOTAL} = \$ 48579.45$$

La diferencia entre compactar con relleno fluido de resistencia controlada y suelo cemento compactado es muy grande en lo que a términos económicos respecta debido a que la diferencia es de aproximadamente de \$ 10,000 lo cual significa un gran ahorro en lo económico y tiempo de ejecución de la obra.

Lo que se debe tomar en cuenta a la hora de elegir una u otra alternativa es la resistencia a la compresión deseada por el elemento a compactar ya que si necesitamos resistencias mayores de $85 \text{ kg} / \text{cm}^2$ la alternativa a elegir será el suelo-cemento compactado.

ANÁLISIS CON SUELO CEMENTO

Elemento a estudiar: compactación de una zanja para tubería de 12" de diámetro = $(0.6 \times 2.0 \times 6.0) \text{ m} = 7.2 \text{ m}^3$.

❖ Materiales :

➤ Arena limosa = $7.2 \text{ m}^3 \times 1.30$ (% de abundamiento) $\times 7 \text{ \$/m}^3 = \$ 65.62$

➤ Cemento = suelo suelto = $(0.6 \times 6.0 \times 0.2) \text{ m} = 0.72 \text{ m}^3 / 20 = 0.036 \text{ m}^3$
 $= 1.27 \text{ ft}^3 = 1.5$ bolsas de cemento para una capa de 20 cm.

$1.5 \text{ bolsas} \times (2 \text{ m} / 0.2 \text{ m}) = 15 \text{ bl.} \times 5 \text{ \$/bl.} = \$ 75.0$

Agua = $20\% \times 7.2 \text{ m}^3 \times 4.28 \text{ \$/m}^3 = \$ 6.16$

(4 capas)

Rendimiento = $V / T = 7.2 \text{ m}^3 / 2.5 \text{ días} = 2.88 \text{ m}^3 / \text{día}$.

❖ Equipo :

➤ Apisonador de impacto = 1 und x 3.0 días x 20 \$/día = \$ 60.0.

❖ Herramientas :

1 S.G. = \$ 10.0

❖ Personal :

➤ Auxiliares :

Auxiliares = 4 x 3.0 días x 6.93 \$ / día = \$ 83.16

1 auxiliares para operar apisonadores de impacto.

3 auxiliares para conformación de capas de suelo cemento de 20 cm. a compactar.

❖ Control de calidad (supervisión por un laboratorio)

Laboratorio = 3 días x 33.33 \$ / día = \$ 99.99

TOTAL = \$ 399.83.

ANÁLISIS CON RELLENO FLUIDO DE RESISTENCIA CONTROLADA

Elemento a estudiar: compactación de una zanja para tubería de 12" de diámetro. (0.6

x 2.0 x 6.0) m = 7.2 m³.

❖ Materiales :

➤ Arena limosa = 7.2 m³ x 1.30 (% de abundamiento) x 7 \$/ m³ = \$ 65.62

➤ Cemento = suelo suelto = (0.6 x 6.0 x 0.20) m = 0.72 m³ / 20 = 0.036 m³ =

1.27 ft³ = 1.5 bolsas de cemento para una capa de 20 cm.

1.5 bolsas x (2 m/ 0.2 m) = 15 bl. x 5 \$ / bl. = \$ 75.0

$$\text{Agua} = 35\% \times 7.2 \text{ m}^3 \times 4.28 \text{ \$ / m}^3 = \$ 10.79$$

$$\text{Rendimiento} = V/T = 6 \text{ cargas / 1 hora} = 1.2 \text{ m}^3 / \text{1 hora} = 1.2 \text{ m}^3 / \text{h.}$$

$$\text{Tiempo} = V / \text{Rendimiento} = 7.2 \text{ m}^3 / 1.2 \text{ m}^3 / \text{h} = 6 \text{ horas.}$$

❖ Equipo :

$$\text{Concretera de 1 bolsa.} = 1 \text{ día} \times 24.0 \text{ \$ / día} = \$ 24.0$$

❖ Herramientas :

$$1 \text{ S.G.} = \$ 10.0$$

❖ Personal

➤ Auxiliares :

$$\text{Auxiliares} = 7 \text{ aux} \times 1 \text{ días} \times 6.93 \text{ \$ / día} = \$ 48.51$$

3 auxiliar para cargar la concretera de 1 bolsa.

4 auxiliares para transporte y colocación del RFRC.

Control de calidad (supervisión por un laboratorio)

$$\text{Laboratorio} = 1 \text{ días} \times 33.33 \text{ \$ / día} = \$ 33.33$$

TOTAL = \$ 267.15

En las tabla del 5.118 al 5.121 se encuentran los resúmenes de costos de los precios unitarios para cada caso descrito anteriormente.

CAPITULO VI:
PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA
ELABORACIÓN, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DEL SUELO CEMENTO
SEMI FLUIDO EN EL CAMPO.

6.1 ELABORACIÓN DEL RFRC EN EL CAMPO

La elaboración del RFRC se realiza de diferentes maneras, las cuales dependerán de las condiciones que se tengan en la obra, tales como; equipo disponible, espacio, personal, tiempo, entre otros.

Los métodos de elaboración son: elaboración manual, con maquinaria y en mezcladoras de una bolsa

6.1.1 Elaboración manual del RFRC.

Para este procedimiento se emplean herramienta menor como palas, azadones, carretillas de mano, cubetas, etc.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- 1) Se debe cubicar la cantidad de suelo necesaria con la finalidad de determinar la cantidad de cemento y cumplir con la dosificación establecida, así también se debe de tener en cuenta el volumen de material que el personal puede elaborar; por ejemplo, para un volumen de 0.8m^3 son necesarias 4 personas como mínimo en un área de $2.5 \times 2.5\text{mt}$ con un espesor de 0.20mt en un tiempo aproximado de 20 minutos.

- 2) Colocar el suelo sobre un predio plano y limpio de materia orgánica u otro material que contamine el suelo, extendiéndose hasta obtener aproximadamente 30 cm en espesor.
- 3) la cantidad de cemento para una determinada proporción se calcula volumetricamente. por ejemplo; para una proporción de 1:10 (1 de cemento por 10 de suelo), si se emplea carretillas de mano debe colocarse una bolsa de cemento por 5 carretillas de suelo enrasadas, dado que a estas le caben 2 pies cúbicos, y una bolsa de cemento aporta un pie cúbico. Para una proporción de 1:120 se tendría una bolsa de cemento por 10 diez carretilladas; para una dosificación de 1:30 se tendría 1 bolsa de cemento por 15 carretilladas, etc.

El cemento se debe de distribuir en toda la superficie extendida de material (suelo).

- 4) Se debe procede al mezclado de ambos materiales hasta obtener un masa homogénea.
- 5) Se le agregará el agua por partes, de acuerdo a lo recomendado en el diseño de la mezcla, hasta observar la consistencia requerida, teniendo el cuidado de evitar la formación de grumos.
- 6) Se debe tomar el revenimiento de la mezcla del RFRC, sí el valor está en el rango establecido se procede a su colocación. Cuando el revenimiento no cumple; por ejemplo, si es menor del requerido se debe agregar agua hasta obtener el valor deseado. Caso contrario en el cuál el revenimiento es mayor, se debe hacer siempre la corrección, agregando más cemento y suelo, teniendo el cuidado de no alterar la relación agua /cemento, hasta obtener el revenimiento de diseño.

El primer caso es más fácil de controlar que el segundo, por lo que se recomienda ir agregando el agua en cantidades menores e ir tomando el revenimiento para evitar caer en el segundo caso.

6.1.2 Elaboración del RFRC con maquinaria.

El equipo que se utiliza para la elaboración generalmente es un mini cargador o un tractor “D4”. Para este método de elaboración siempre es necesario el empleo de personal y herramienta menor que se utiliza en el método manual. El objetivo del empleo de maquinaria es disminuir el tiempo para su elaboración, agilizándose el proceso de mezclado.

El procedimiento es básicamente el mismo que en la elaboración manual, la máquina se encarga de hacer el mezclado masivo y el personal mezcla el suelo y el cemento con palas las partes que el mini cargador o el D4 no alcanza a revolver.

6.1.3 Elaboración del RFRC con mezcladora de una bolsa.

Procedimiento:

1-) Sabiendo que la capacidad máxima recomendada por el fabricante de la mezcladora es de 250 litros o su equivalente de 13.33 cubetas de cinco galones, que son las comúnmente se emplean en la obra. Debe procurarse no sobrepasar este volumen dado que se sobre esforzaría el equipo u ocasionar derrames de material durante el mezclado. Para propósitos de seguridad se puede tomar como capacidad máxima 13 cubetas (243.75 litros).

2-) Según la proporción a emplearse se tiene que cumplir con las siguientes ecuaciones:

I_ Cemento (C) + Suelo (S) = Capacidad máxima de la mezcladora

II_ Cemento/ Suelo = proporción requerida; 1/10, 1/20, etc.

Por ejemplo: si la proporción es de 1:10 tendríamos

$C + S = 243.75$ litros = 13 cubetadas de cinco galones

$C/S = 1/10$

Luego:

$S = 10 * C$

Sustituyendo "S" en la ecuación I tenemos:

$C + 10 * C = 13$ cubetas

$11C = 13$

$C = 13/11 = 1.18$ cubetas de cemento

Conocido "C" se sustituye en la ecuación II, y tenemos:

$S = 130/11$ cubetas de suelo

$S = 11.82$ cubetas de suelo.

Debe aclararse que para la proporción de 1:10 no se sobrepasa la capacidad

máxima de la mezcladora, si se coloca una cubeta de cemento y diez cubetas de suelo, dado que $1 + 10 = 11 < 13$ cubetas (capacidad máxima).

El objeto de utilizar dicha capacidad es tener mayor volumen producido por cada revoltura para obtener una mayor producción.

Para la proporción 1:20 se tiene:

$$C + S = 13$$

$$C/S = 1/20$$

$$S = 20C$$

Luego:

$$21C = 13$$

$C = 13/21$ cubetas = 0.62 cubetas = $\frac{3}{4}$ de cubeta de cemento, aprox.

$S = 20 * 0.62 = 12.40$ cubetas = $12 - \frac{1}{3}$ cubetas de suelo aprox.

De manera general tendríamos:

para una dosificación 1 : n de RFRC :

$$C = \frac{13}{1+n}$$

$$S = \frac{13 * n}{1+n}$$

Unidades en cubetas (cubetas de 5 galones).

Donde:

n = proporción volumétrica de suelo utilizar (10,20, 30, etc)

C = cantidad de cemento a agregar (en cubetas de 5 galones).

3-) Se procede a colocar parte de la cantidad de agua a la mezcladora sin haber colocado ningún otro material en ésta, aproximadamente la cuarta parte de lo recomendado en el diseño de la mezcla.

4 -) Se le agrega a la mezcladora la cantidad de suelo previamente determinada.

5 -) A continuación se le agrega el cemento a la mezcladora en movimiento y posteriormente el complemento del agua. Las cantidades de agua que se pueden utilizar variarán de acuerdo al tipo de suelo, dosificación, condiciones climáticas predominante en el momento de elaborar el RFRC, así también la humedad natural del suelo por utilizarse.

De acuerdo a nuestra investigación, se pueden tomar como parámetros las siguientes cantidades de agua:

<i>Tipo de suelo</i>	<i>Dosificación</i>	<i>Tipo de cemento</i>	<i>Cantidad de agua requerida en litros</i>
<i>SM</i>	<i>1;10</i>	<i>C-595</i>	<i>69.90</i>
	<i>1;20</i>		<i>64.65</i>
	<i>1;30</i>		<i>58.73</i>
	<i>1;10</i>	<i>C-91</i>	<i>61.09</i>
	<i>1;20</i>		<i>70.24</i>
	<i>1;30</i>		<i>50.88</i>
<i>ML</i>	<i>1;10</i>	<i>C-595</i>	<i>75.25</i>
	<i>1;20</i>		<i>60.20</i>
	<i>1;30</i>		<i>55.32</i>
	<i>1;10</i>	<i>C-91</i>	<i>64.22</i>
	<i>1;20</i>		<i>66.44</i>
	<i>1;30</i>		<i>74.91</i>

Las condiciones prevalecientes al momento de la elaboración del RFRC para esta investigación son las siguientes; humedad del suelo 6.91 % para el suelo “SM” y 6.03% para el “ML”; el clima predominante soleado.

Las cantidades de agua anteriormente mencionadas fueron las que se emplearon para un volumen total de 240.8 litros elaborado en la mezcladora de una bolsa, lo cual fue empleado para cada una de las dosificaciones desarrolladas en nuestro estudio. (Los 240.8 litros que se han mencionado anteriormente fueron los necesarios para realizar el colado de 36 cilindros, o 15 viguetas en el campo, las cantidades de cilindros y viguetas fueron tomadas con el objeto de no sobrepasar la cantidad máxima de producción de la mezcladora de una bolsa)

- 6 -) Luego de transcurrido un tiempo (no menor de 5 minutos), se observa la consistencia de la mezcla, si esta presenta condiciones semi seca se procede a añadir agua en proporciones moderadas hasta lograr la consistencia deseada; una vez alcanzado esto, se puede revisar con el cono de Abrams para así determinar su revenimiento de diseño (entre 6-8 pulg. para mezclas semi fluidas), en caso contrario se procede a corregir la mezcla como se explicó anteriormente.

6.2 Propuesta de procedimientos a seguir para transporte del RFRC.

En el transporte del RFRC se comprende los casos en el cuál éste es elaborado en un área de la obra y transportado hasta la disposición final, así también el caso en que el RFRC es adquirido en plantas dosificadoras y transportado a la obra.

Se ha expresado en secciones anteriores que el RFRC posee características similares al concreto cuando se encuentra en estado fresco, esto permite aplicar métodos de transporte para concreto en RFRC.

El RFRC puede ser transportado con diferentes equipos y métodos, dependiendo de las condiciones particulares presentes en cada caso; tales como la accesibilidad, volumen requerido del RFRC, condiciones climáticas, etc.

Cuando el RFRC es elaborado en la obra en cantidades grandes (mayores de 5.0 m³ al día aproximadamente), este puede ser transportado mediante maquinarias tales como los mini cargadores, los cuales transportarán éste hasta el sitio de su disposición final, o haciendo uso de éstos para cargar camiones de volteo el cuál transportará el RFRC y agilizar su colocación.

Cuando se hace uso de los camiones transportadores o mezcladores, y que además el acceso de la zona a colar es muy limitada (el espacio es muy reducido o restringido), se puede emplear bombas transportadoras de concreto y tuberías o mangueras para lograr el alcance o acceso del sitio a tratar.

Los canalones (canal) se emplean con frecuencia para trasladar el RFRC de elevaciones superiores a inferiores. Deben ser de fondos curvos y contruidos o forrados de metal y tener suficiente capacidad para evitar derrames. La inclinación debe ser constante y suficiente para permitir que el RFRC de el revenimiento requerido en el sitio y fluya continuamente por el canalón sin segregarse.

Estos canalones pueden colocarse directamente desde el camión revolvedor, cuando el espacio disponible permita que el camión se coloque cerca de la disposición final del RFRC.

Debe controlarse el flujo del RFRC desde el canalón para evitar posibles segregaciones; teniendo presente la altura de caída libre del RFRC, pudiéndose emplear para este último, tubos que faciliten la colocación del RFRC cuando las alturas sean demasiado grandes (mayores de 1.5 m, de acuerdo al ACI 304).

Los canalones con tramos demasiados largos deben cubrirse para evitar la evaporación del agua y la pérdida del revenimiento (disminución).

De igual manera se puede tener el caso de que se requiera el RFRC en cantidades pequeñas (menores de 5.0 m³ al día aproximadamente), para el cual se puede emplear para su transporte carretillas de mano, cubetas, baldes, entre otros recipientes que pueden ser empleados para el transporte de este.

Otro caso que se puede presentar durante la ejecución de una obra civil es aquel en el cual el RFRC es adquirido de plantas dosificadoras, dedicadas a la elaboración del concreto premezclado. Esta generalmente hacen uso de camiones mezcladores de tambor giratorio, para este caso se deben tener en cuenta los siguientes aspectos o recomendaciones:

- 1-) El tiempo de entrega del RFRC debe ser menor de 1.5 hora, comprendido este periodo desde el momento en que el cemento entra en contacto con el agua, este tiempo esta en función del tiempo teórico de fraguado inicial del cemento. Es recomendable en la obra solicitar la factura o comprobante de

cada camión mezclador que se encuentre sirviendo RFRC, con el objeto de verificar el tiempo de salida desde la planta dosificadora y el tiempo de llegada a la obra, para comprobar que no se ha excedido el tiempo de 1.5 horas.

2-) Cuando las cantidades requeridas del RFRC en la obra sean grandes (Mayores de 35m^3), debe coordinarse la llegada de los camiones mezcladores al proyecto en función de la velocidad de colado. Con una velocidad de colado de $0.35\text{m}^3/\text{min.}$, se descarga 7m^3 en 20 min., por lo que el siguiente camión debe llegar a la obra aproximadamente cinco minutos antes que el camión anterior se descargue completamente.

En resumen a lo anteriormente expuesto, se debe determinar primeramente el volumen de RFRC a colar, para establecer la cantidad de camiones mezcladores que se utilizarán, así mismo debe definirse el lapso de tiempo entre cada camión, en función a la velocidad de colado.

3 -) Cuando el tiempo requerido para llegar desde la planta dosificadora hasta la obra (donde se colocara el RFRC), es mayor a 1.5 horas, se recomienda transportar únicamente el suelo en el camión mezclador para que en la obra se le agregue el agua y el cemento, que es la forma que usualmente se emplea en el medio de la construcción para solventar esta situación.

6.3 Propuesta de procedimientos a seguir para la colocación del RFRC.

La colocación del RFRC, sigue generalmente los mismos métodos y procedimientos empleados en la producción del concreto premezclado.

Si el volumen requerido es grande y que además se elabore el RFRC en la obra se debe hacer uso equipo tales como los mini cargadores, para aquellos casos en los cuales se tiene acceso directo y libre de la zona a colar, para su deposición final, así mismo se la colocación del RFRC tiene que hacerse empleando canales para facilitar el alcance de la zona a colar, evitándose de esta manera la posible segregación del RFRC por deposición de este al exceder alturas de colocación mayores de 1.5 mts, lo cual se puede apreciar o percibir mejor en aquellos sitios en los cuales su profundidad es grande (mayor de 1.5 m).

Otro caso que se puede tener es que se necesite volúmenes muy grandes de RFRC (volúmenes mayores de 5m³), y que además se adquiriera en plantas dosificadoras; en este caso se puede colocar el RFRC de varias maneras, cuando la zona a rellenar lo permite debe de utilizarse los canales que ya posee el camión mezclador para colocación del mismo, o se debe de hacer uso de tuberías de PVC de diámetros apreciables, o se utilizara canales hechos en la obra de manera artesanal, todo con el objeto de evitar la posible segregación del RRFRC.

(Mayor de 6 pulgadas o más), de igual manera se puede hacer uso de las bombas transportadoras de concreto para la colocación de RFRC.

Por este método el RFRC es transportado mediante presión a través de tubos rígidos o mangueras flexibles, que se descarga directamente dentro del área deseada.

El bombeo puede utilizarse casi en todos los casos de colocación, pero es esencialmente útil donde el espacio o acceso para el equipo de construcción es limitado.

Según el equipo, el volumen de bombeo debe fluctuar 5 y 30 m³ por hora^{25/}

La distancia de bombeo variará de 3 a 70m horizontalmente, y de 3 a 50m verticalmente^{26/} (para distancias próximas a los valores de 50 y 70mt vertical y longitudinalmente, es necesario tener suficiente personal; ya que para llegar a estas distancias con el RFRC son necesarias muchas piezas de tubería, que en nuestro medio la presentación comercial de estas son de hierro fundido de 5in. de diámetro por 3 mt de largo, de las cuales se debe tener en cuenta el peso de estas piezas al momento de su colocación).

Las tuberías que se ocupan desde la salida de la tolva de la bomba hasta cerca del final de la tubería son de acero, estas se consiguen de 5 pulg. de diámetro interno. Al final de la línea de bombeo se coloca una tubería flexible, generalmente de hule, esta existe en el mercado en tamaños de 3 a 5 pulgadas de diámetro interno.

Los acoplamientos entre tubos deben tener una resistencia mínima de 35 Kg/cm². Estos deben estar diseñados para permitir el reemplazo en cualquier sección de la tubería sin tener que remover las otras secciones y provistas de sección transversal integral libre de rugosidades o de grietas que puedan interrumpir el flujo del RFRC.

Se debe tener en cuenta que cuando el RFRC se bombeará por una sección recta de tubo o manguera, debe lubricarse mediante una lechada o mortero^{27/}

²⁵ Personal técnico de concretera Salvadoreña, Ing Cruz (caminante)

²⁶ Personal técnico de concretera Salvadoreña, Ing Cruz (caminante)

²⁷ Alekseev, S.N, "On calculation of resistance in pipes of concrete pumas, 1952 and Weger, R "trnasport of concrete by pipeline," C y CA Library Traslation No. 129, Cement and Concrete Association, London 1967, pp 90

En una línea de bombeo se debe tener un mínimo de curvas y sin cambios de diámetro en los tubos. Cuando se bombea hacia abajo por 15 metros o más, se debe proveer de una válvula de alivio, en los puntos de curvatura superior, para impedir el vacío o incremento de aire. Cuando se bombea hacia arriba de igual manera se debe tener una válvula cerca de la bomba para impedir el retroceso del RFRC durante el ajuste del equipo por limpieza, o cuando se está trabajando en la bomba.

Es básico mantener una comunicación directa entre el operador de la bomba y el de la cuadrilla que coloca el RFRC. Como comprobación final debe hacerse andar la bomba sin RFRC, para asegurarse que todas las partes de está estén trabajando correctamente. Tan pronto como se recibe el RFRC, la bomba debe operarse lentamente, hasta que las líneas se llenan correctamente y el RFRC avance uniformemente (por la tubería). El bombeo debe ser continuo, ya que si la bomba se detiene, el movimiento del RFRC en la línea difícilmente puede reanudarse, o imposible de iniciar nuevamente el movimiento del RFRC.^{28/} El rango de revenimiento del suelo cemento semi fluido (6-8”) lo hacen apto para el empleo de esta técnica de colocación.

También se puede tener el caso en el cual se requiera volúmenes de RFRC pequeños y que además se elabore en obra; para la colocación de dichos volúmenes de RFRC debe de realizarse de la siguiente manera:

²⁸ Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C, practica recomendada para la Medición, Mezclado, Transporte y Colocación del Concreto, revisión del documento ACI 614 por el comité ACI -304, Octubre de 1972

- El empleo de carros manuales (carretillas de mano, por ejemplo), es recomendado cuando el acceso a la disposición final lo permita, así también, las distancias máximas de entrega recomendadas para estos equipos son de 60 metros aproximadamente^{29/}.
- Empleo de cubetas, baldes, etc. siempre y cuando las profundidades a colar no sean mayores de 1.5 mt.

Cuando se tienen superficies inclinadas por colar se debe de efectuar de la siguiente manera:

Es práctico colocar por bombeo cuando se tienen superficies inclinadas por colar, las alturas sean mayores a 2.5m y el volumen por colocar es mayor a 10 m³. Como ya se ha dicho anteriormente la colación debe hacerse desde el nivel más bajo al más alto, colocándose en capas y dejando que la capa subyacente se rigidice para colar la siguiente. Para este caso el RFRC debe tener un revenimiento menor de seis pulgadas.

6.4 Colocación del RFRC para diferentes condiciones de campo.

En la sección 6.3 se trato los diferentes métodos y equipos para la colocación final del RFRC. Dada la diversidad de elementos que se pueden tratar con este material, a

²⁹ Entrevista con **Ing. Ignacio Francés Fadón**

continuación se tratará sobre cuales equipos y métodos se pueden adaptar mejor, según la condición que se tenga en la obra y de la disponibilidad de los recursos. Se debe tener en cuenta que son varios los procesos que pueden emplearse para una misma condición particular. En esta sección se darán algunos casos más prácticos, a manera de ejemplo.

6.4.1 Proceso de colocación del RFRC en zanjas para ductos (para agua potable, aguas negras, ductos eléctricos, telefónicos, etc.)

En este caso se debe colocar el RFRC con carretillas de mano, con un canal desde un camión revolvedor; para alturas menores de 1.5 metros. Cuando la profundidad de la zanja es mayor de este valor (1.5m) se tiene que colocar un tubo embebido o colocarse por bombeo, con la respectiva tubería flexible al final de la línea de bombeo.

6.4.2 Proceso de colocación del RFRC en rellenos estructurales

Los rellenos estructurales comprenden: bases para cimentaciones, bases de pilas, bases para aceras, etc.

Cuando hay acceso al lugar de disposición del RFRC con camiones-revolvedores (si el volumen por colar amerita el empleo de este tipo de equipo), es necesario colocarlo directamente del camión, empleando canales de descarga.

6.4.3 Proceso de colocación del RFRC en bases para pavimentos.

Para este caso se tiene que emplear los mismos procesos que el de los rellenos estructurales y equipos de pavimentación, en este caso se tiene que emplear herramientas menores (palas, azadones, etc) para acomodar el RFRC.

6.4.4 Proceso de colocación del RFRC en sótanos, estructuras y bajo la superficie.

Utilizar bandas transportadoras o bombas a través de una ventana o una puerta, que permite su disposición dentro del espacio por rellenar tal es caso de los sótanos o los las estructuras que se encuentren bajo la superficie., para permitir que el RFRC se consolide y llene todos los espacios.

CAPITULO VII:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 CONCLUSIONES

- ❖ Los suelos granulares (Arenas Limosas) poseen un mayor porcentaje de abundamiento volumétrico que los suelos finos (Limos y Limos Arenosos).
- ❖ La cantidad de agua necesaria para obtener una trabajabilidad deseada en los RFRC elaborada con suelos finos, es mucho mayor que la empleada en la elaboración de los RFRC con suelos granulares, como lo son las Arenas Limosas (SM) que fueron empleadas en el desarrollo de esta investigación.
- ❖ Los tiempos de mezclado durante la elaboración de los RFRC, en mezcladora de una bolsa deben estar comprendidos entre 5 y 10 minutos, contados estos a partir de la incorporación de todos los elementos que conforman la mezcla (suelo, cemento y agua), y en algunas ocasiones el tiempo será mayor, cuando el suelo que se emplee para su elaboración sea fino, de tal manera, que garantice la obtención de una mezcla homogénea.
- ❖ La accesibilidad de los elementos a colar determinan el tipo de herramientas y equipos a emplear para la colocación del RFRC.
- ❖ El tiempo necesario para desenmoldar los elementos de prueba puede ser tan corto como 24 horas o tan largo como 72 horas, situación que esta en función

del tipo de suelo que se esta empleando, la dosificación, así como también, la temperatura y ambiente en que estos se elaboran, entre otras. (24 horas para Arenas Limosas y 72 horas para Limos.)

- ☼ Debido a los espacios vacíos que poseen los suelos de carácter granular (Arenas Limosa) facilita la circulación del agua a través de sus poros, lográndose que estos pasen de un estado fluido a un estado plástico en tiempos relativamente menores que aquellos elaborados a base de suelos Limosos.
- ☼ Los resultados de las resistencias a la compresión de los especímenes ensayados a la edad de 28 días, para los cementos y dosificaciones empleados fue:

<i>Tipo de suelo</i>	<i>Dosificación</i>	<i>Tipo de cemento</i>	<i>Resistencia (Kg./cm²) obtenida a los 28 días, promedio de 20 unidades</i>
<i>SM</i>	<i>1;10</i>	<i>C-595</i>	<i>65.6</i>
	<i>1;20</i>		<i>29</i>
	<i>1;30</i>		<i>17.53</i>
	<i>1;10</i>	<i>C-91</i>	<i>52.19</i>
	<i>1;20</i>		<i>28.31</i>
	<i>1;30</i>		<i>16.83</i>
<i>ML</i>	<i>1;10</i>	<i>C-595</i>	<i>58.92</i>
	<i>1;20</i>		<i>27.77</i>
	<i>1;30</i>		<i>16.7</i>
	<i>1;10</i>	<i>C-91</i>	<i>50.11</i>
	<i>1;20</i>		<i>25.52</i>
	<i>1;30</i>		<i>15.44</i>

- ☼ Los resultados de las resistencias a la tensión de los especímenes ensayados a la edad de 28 días, para los cementos y dosificaciones empleados fue:

Tipo De Suelo	Dosificación	Tipo de Cemento	Resistencia (Kg./cm²) obtenida a los 28 días, promedio de 20 unidades
SM	1;10	C-595	5.08
	1;20		3.24
	1;30		2.37
	1;10	C-91	4.68
	1;20		3.15
	1;30		2.88
ML	1;10	C-595	5.22
	1;20		3.58
	1;30		2.89
	1;10	C-91	5.1
	1;20		3.17
	1;30		2.18

- ☼ Los resultados de las resistencias a la flexión de los especímenes ensayados a la edad de 28 días, para los cementos y dosificaciones empleados fue:

Tipo de suelo	Dosificación	Tipo de cemento	Resistencia (Kg./cm²) obtenida a los 28 días, promedio de 20 unidades
SM	1;10	C-595	10.38
	1;20		5.78
	1;30		3.38
	1;10	C-91	8.08
	1;20		4.07
	1;30		2.56
ML	1;10	C-595	10.96
	1;20		6.01
	1;30		3.96
	1;10	C-91	7.92
	1;20		5.46
	1;30		3.85

- ☼ De acuerdo con los resultados obtenidos, las Arenas Limosas (SM) poseen una mayor resistencia a la compresión que los Limos Arenosos (ML).
- ☼ En lo que a resistencia a la compresión respecta, si se hace uso de la misma dosificación, el mismo tipo de suelo, pero variando el tipo de cemento, podemos decir que se obtienen resultados mayores empleándose cemento Pórtland C-595 que haciendo uso del cemento pórtland C-91.
- ☼ Al momento de emplear la misma dosificación, el mismo tipo de cemento y variando el tipo de suelo, de acuerdo con los resultados obtenidos podemos decir que se obtienen mejores resultados en cuanto a la compresión, cuando se hace uso de las arenas limosas que cuando se hace uso de los limos arenosos.
- ☼ El limo arenoso, brinda mejores resultados a la tensión que las arena limosas, cuando se emplea la misma dosificación y el mismo tipo de cemento.
- ☼ Al igual que la resistencia a la compresión, cuando se hace uso del mismo tipo de suelo y la misma dosificación, se obtienen mejores resultados al emplear el cemento Pórtland C-595 comparado con el cemento Pórtland C-91.
- ☼ Al emplear el mismo tipo de suelo y la misma dosificación, al igual que los casos anteriores (compresión y tensión), se obtienen mejores resultados a la flexión al hacer uso del cemento C-595 que cuando se emplea el cemento C-91.
- ☼ El Limo Arenoso brinda mejores resultados a la flexión que la Arena Limosa, utilizando la misma dosificación y el mismo tipo de cemento.
- ☼ De acuerdo con los análisis de costos, podemos decir que el relleno fluido de resistencia controlada es mucho más económico que el suelo cemento

compactado, independientemente de que el RFRC se elabore en la obra o de que sea adquirido con empresas dedicadas a su comercio. Siendo el RFRC una solución más viable para la estabilización de suelos, restituciones de material contaminado con orgánico, entre otros, cuando se esta en presencia de volúmenes grandes.

Para nuestro caso se obtuvieron los siguientes resultados de los elementos estudiados:

Elemento a estudiar	Dimensiones (mt). (ancho, largo, alto)	Volumen a tratar	Costo (\$)	
			Análisis con suelo cemento semi fluido	Análisis con suelo cemento compactado
Fundación de un edificio	7.2m	1244.16m ³	48,579.45	55,795.00
	21.6m			
	8.0m			
Zanja para una tubería de 12pul de diámetro.	0.6m	7.20m ³	267.15	339.83
	6.0m			
	2.0m			

- ❁ Para el caso de la fundación analizada en nuestro caso, los rellenos fluidos poseen un 11% de costo menor que el uso de la compactación tradicional; de igual manera se obtiene un 27% de ahorro cuando se utiliza el RFRC para rellenar la zanja de la tubería de 12 pul. analizada en nuestro ejemplo.
- ❁ El RFRC permite trabajar en temporadas de invierno, por las bondades que este material posee.

7.2 RECOMENDACIONES.

- ☼ Al momento de emplear los suelos granulares para la elaboración de los rellenos fluidos, deben de tenerse en cuenta los porcentajes de abundamiento que estos suelos poseen para poder realizar un cálculo de volumen con mayor precisión de estos materiales, para no tener que incurrir a excesos de material.
- ☼ Los incrementos de agua en la elaboración de los RF a base de materiales finos deben de ser moderados, ya que pequeños incrementos en la cantidad de agua afectan en gran medida la trabajabilidad de los RF.
- ☼ La utilización de los suelos arcillosos para la elaboración de los rellenos fluidos no es recomendable, debido a que este tipo de suelo presenta una serie de problemas durante el proceso de mezclado, tales como: la obtención de mezclas pegajosas, un alto consumo en la cantidad de agua, tiempos elevados de mezclado para la obtención de mezclas trabajables, variabilidad en la resistencia de los elementos elaborados a base de estos.
- ☼ Es recomendable que el mezclado del RF en obra se realice en mezcladora (concretaras), ya que mediante el uso de estas se obtienen mezcla más homogéneas.
- ☼ Se recomienda para futuros trabajos de investigación acerca del teme de RFRC realizar un estudio más profundo en cuanto a los tiempos de fraguado de los RF, para así poder determinar si los elementos colados pueden ser

sometidos a cargas antes de que alcancen el tiempo de fraguado final (28 días) teóricamente establecido.

- ❁ Se recomienda para futuros trabajos de investigación, la utilización de diferentes suelos a los empleados en este trabajo de investigación para la elaboración de los RFRC, para así de esta manera poder tener un documento más completo acerca de la elaboración, colocación, supervisión, etc, de los RF, y que además este respaldada por una importante normativa, como lo es el ACI en su designación ACI 229.
- ❁ Se recomienda la utilización de diferentes cementos a los aquí empleados, para poder observar el comportamiento de las diferentes resistencias al variar los tipos de cemento y las diversas combinaciones de suelo.
- ❁ No se recomienda la utilización de los suelos arcillosos para la elaboración de los RFRC, en cuanto al mezclador, colocación, entre otros, de acuerdo como lo indica el ACI en su designación ACI 229.
- ❁ Seleccionar los sitios estratégicos para la elaboración de los RFRC de tal manera que se facilite su colocación y se aumente el rendimiento.
- ❁ Se debe conocer la cantidad máxima de RFRC que se puede elaborar para que su colocación se realice en un tiempo menor a dos hora (tiempo teórico de fraguado inicial del RFRC)

Glosario técnico de palabras empleadas en el presente contexto.

- ⊗ Actividad de colado: Se le denomina así a la actividad de colocación final del RFRC en la zona o área por cubrir para formar parte o apoyo de una estructura.

- ⊗ Agrietamiento: efecto físico producido por retracción plástica, por juntas inapropiadas, por una restricción externa y continuada, por acción del hielo/deshielo, por cuarteamiento, por asentamiento, etc.

- ⊗ Asentamientos: es una disminución de tamaño en la dirección vertical, producida por una disminución en su volumen (por carga excesiva de un elemento, por contracciones, etc.).

- ⊗ Autocompactable: característica que presentan algunos materiales de acomodarse sin la necesidad de un agente externo.

- ⊗ Bancos de préstamo: nombre que se le asigna al sitio o lugar del cual se extrae material selecto (suelo sano) para la elaboración del RFRC.

- ⊗ Bandas transportadoras: equipo o maquinaria destinada para el transporte y colocación de agregados o mezclas mediante una banda sin fin.

- ☼ Calcinación: prueba física realizada a los suelos con el objeto de determinar el contenido de materia orgánica presente en estos.

- ☼ Cenizas volcánicas: material producido en los altos hornos (hornos de altas temperaturas) por el efecto de la combustión del carbono.

- ☼ Cohesividad: el la mayor o menor acción de atracción de las partículas de un suelo, producido por la acción de la fricción interna de sus partículas.

- ☼ Contracción: cambio volumétrico producido por la acción de la pérdida de humedad (agua) al pasar de un estado clástico a un estado sólido.

- ☼ Costos unitarios: valor económico de un elemento expresado en unidades de ml, m², m³, unidades, etc.

- ☼ Descapote: efecto de eliminación de la materia orgánica presente en los estratos superiores de suelo.

- ☼ Desmoldado: proceso o acción de remover los especímenes de prueba de los moldes confinantes en los cuales fueron colados.

- ⊗ Dosificación: acción en la cual se determina la cantidad necesaria de materiales a utilizar para la elaboración de una mezcla.

- ⊗ Edad de prueba: fecha destinada al ensaye de los especímenes testigos para la determinación o verificación de la calidad de una mezcla.

- ⊗ Elementos estructurales: nombre que se le asigna a los elementos de una estructura cuya función es de vital importancia, para el correcto funcionamiento de la misma.

- ⊗ Elementos testigos: elementos elaborados con el objeto de la verificación o comprobación de la calidad de una mezcla.

- ⊗ Factibilidad económica: acción comparativa mediante la cual se determina la aceptación de un elemento o actividad económicamente hablando, respecto a otros.

- ⊗ Grout: mezcla elaborada a base arena, cemento y grava, cuya fluidez es muy alta empleado para un sin fin de actividades en la construcción de obras civiles.

- ⊗ Lechada: mezcla de agua con cemento, la cual posee una consistencia fluida, utilizada generalmente para facilitar la circulación del RFRC (y concretos) por tuberías destinadas al transporte de este.

- ⊗ Material cementante: nombre que también se le asigna a los cementos y la cal.

- ⊗ Material estabilizador: sinónimo que también se emplea para la designación de RFRC en el campo.

- ⊗ Morteros: mezcla de cemento, arena y agua, empleado en las obras civiles.

- ⊗ Movimiento de torsión: efecto de proporcionar un movimiento circular, mediante la acción de un elemento externo.

- ⊗ Movimiento lateral: efecto de proporcionar un movimiento en una u otra dirección, mediante la acción de un elemento externo.

- ⊗ Muestra inalterada: nombre que se le asigna a una muestra sin que esta sufra cambios diferentes a los que poseía en estado natural.

- ⊗ Muestreo: acción de obtener muestras representativas de un suelo, para poder determinar en un laboratorio las propiedades de este, para usos en la contracción.

- ⊗ Obra civil: obra física destinada a satisfacer necesidades del hombre.

- ⊗ Proporcionamiento volumétrico: efecto de realizar dosificaciones de una mezcla mediante los volúmenes de sus componentes.

- ⊗ Relleno Fluido: clasificación que designa el ACI para mezclas elaboradas a base de suelo, cemento y agua, cuyo revenimiento se encuentra en el intervalo de 6 a 8 pulgadas.

- ⊗ Resistencia del RFRC (f^c): capacidad que posee el RFRC para soportar las cargas a las cuales estará sometido, cuando esta sea puesta en servicio.

- ⊗ Revoltura: efecto mediante el cual se le proporciona un mezclado mecánico adecuado a los elementos o componentes de una mezcla.

- ⊗ Sedimentación: fenómeno físico, el cual consiste en el desplazamiento vertical (hacia abajo) de las partículas que componen un suelo, efecto en el cual las

partículas de mayor tamaño llegan al fondo antes que aquellas cuyo tamaño es menor que las primeras.

⊗ Taponamiento: acción repentina que consiste en la obstrucción de las tuberías por las cuales esta siendo transportado el RFRC (o mezclas de concreto).

BIBLIOGRAFÍA

1- “Estudio de suelo cemento semifluido para la construcción de muros de retención y pilas”.

Por Ing. José Javier Cardoza López, Ing. Sergio Alonso Castillo Fabián, e Ing.

Rodolfo Antonio Guadrón Figueroa. Trabajo de Graduación UES, 1995.

2- “Aplicación de suelo cemento a la vivienda mínima”.

Por. Ing. Ignacio Francés Fadón e Ing. Jaime Antonio Sánchez. Trabajo de Graduación UES,

1976.

3- Folleto técnico de “asociación colombiana de productos de concreto” (ASOCRETO)

e-mail: asocreto @ aponway.com.co

4- Recomendación ACI 229R-94, “ Controlled low strength materials (CLSM)”

5- Rellenos fluidos de resistencia controlada 2º parte – Flowable fill

Roberto J. Torrent.

6- Comportamiento de mezclas de suelo cemento fluido y compactado; Cruz Aníbal

Najera, ing. civil; Depto. de investigación y desarrollo; Jorge A Rodríguez Deras, M.Sc.

e Ing. Centro de investigaciones geotécnicas

7- “Suelo Cemento Fluido para la estabilización de suelos”; Por Cruz Aníbal Najera

Montoya. Trabajo de Graduación UPES, 1992



Standard Specification for Portland Cement¹

This standard is issued under the fixed designation C 150; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense. Consult the DoD Index of Specifications and Standards for the specific year of issue which has been adopted by the Department of Defense.

^{ε1} NOTE—Section 1.3 was added editorially in October 1997.

1. Scope

1.1 This specification covers eight types of portland cement, as follows (see Note 1):

1.1.1 *Type I*—For use when the special properties specified for any other type are not required.

1.1.2 *Type IA*—Air-entraining cement for the same uses as Type I, where air-entrainment is desired.

1.1.3 *Type II*—For general use, more especially when moderate sulfate resistance or moderate heat of hydration is desired.

1.1.4 *Type IIA*—Air-entraining cement for the same uses as Type II, where air-entrainment is desired.

1.1.5 *Type III*—For use when high early strength is desired.

1.1.6 *Type IIIA*—Air-entraining cement for the same use as Type III, where air-entrainment is desired.

1.1.7 *Type IV*—For use when a low heat of hydration is desired.

1.1.8 *Type V*—For use when high sulfate resistance is desired.

1.2 When both SI and inch-pound units are present, the SI units are the standard. The inch-pound units are approximations listed for information only.

1.3 The text of this standard refers to notes and footnotes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) are not requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 33 Specification for Concrete Aggregates²
- C 109/C 109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens)³
- C 114 Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement³
- C 115 Test Method for Fineness of Portland Cement by the Turbidimeter³

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C-1 on Cement and is the direct responsibility of Subcommittee C01.10 on Portland Cement.

Current edition approved Feb. 10, 1997. Published May 1997. Originally published as C 150 - 40 T. Last previous edition C 150 - 96.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.01.

- C 151 Test Method for Autoclave Expansion of Portland Cement³
- C 183 Practice for Sampling and the Amount of Testing of Hydraulic Cement³
- C 185 Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar³
- C 186 Test Method for Heat of Hydration of Hydraulic Cement³
- C 191 Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle³
- C 204 Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by Air Permeability Apparatus³
- C 226 Specification for Air-Entraining Additions for Use in the Manufacture of Air-Entraining Portland Cement³
- C 266 Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement Paste by Gillmore Needles³
- C 451 Test Method for Early Stiffening of Hydraulic Cement (Paste Method)³
- C 452 Test Method for Potential Expansion of Portland Cement Mortars Exposed to Sulfate³
- C 465 Specification for Processing Additions for Use in the Manufacture of Hydraulic Cements³
- C 563 Test Method for Optimum SO₃ in Hydraulic Cement Using 24-h Compressive Strength³
- C 1038 Test Method for Expansion of Portland Cement Mortar Bars Stored in Water³

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 *portland cement*—a hydraulic cement produced by pulverizing clinker consisting essentially of hydraulic calcium silicates, usually containing one or more of the forms of calcium sulfate as an interground addition.

3.1.2 *air-entraining portland cement*—a hydraulic cement produced by pulverizing clinker consisting essentially of hydraulic calcium silicates, usually containing one or more of the forms of calcium sulfate as an interground addition, and with which there has been interground an air-entraining addition.

4. Ordering Information

4.1 Orders for material under this specification shall include the following:

4.1.1 This specification number and date,

4.1.2 Type or types allowable. If no type is specified, Type I shall be supplied,

TABLE 1 Standard Chemical Requirements

Cement Type ^A	I and IA	II and IIA	III and IIIA	IV	V
Silicon dioxide (SiO ₂), min, %	...	20.0	...	...	...
Aluminum oxide (Al ₂ O ₃), max, %	...	6.0	...	...	...
Ferric oxide (Fe ₂ O ₃), max, %	...	6.0	...	6.5	...
Magnesium oxide (MgO), max, %	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Sulfur trioxide (SO ₃), ^B max, %					
When (C ₃ A) ^C is 8 % or less	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
When (C ₃ A) ^C is more than 8 %	3.5	^D	4.5	^D	^D
Loss on ignition, max, %	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
Insoluble residue, max, %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Tricalcium silicate (C ₃ S), ^C max, %	...	...	...	35 ^E	...
Dicalcium silicate (C ₂ S), ^C min, %	...	...	...	40 ^E	...
Tricalcium aluminate (C ₃ A) ^C max, %	...	8	15	7 ^E	5 ^F
Tetracalcium aluminoferrite plus twice the tricalcium aluminate ^C (C ₄ AF + 2(C ₃ A)), or solid solution (C ₄ AF + C ₂ F), as applicable, max, %	...	...	...	...	25 ^F

^A See Note 1.

^B There are cases where optimum SO₃ (using Test Method C 563) for a particular cement is close to or in excess of the limit in this specification. In such cases where properties of a cement can be improved by exceeding the SO₃ limits stated in this table, it is permissible to exceed the values in the table, provided it has been demonstrated by Test Method C 1038 that the cement with the increased SO₃ will not develop expansion in water exceeding 0.020 % at 14 days. When the manufacturer supplies cement under this provision, he shall, upon request, supply supporting data to the purchaser.

^C In the calculation of all compounds the oxides determined to the nearest 0.1 % shall be used. All values calculated as described in this note shall be reported to the nearest 1 %. The expressing of chemical limitations by means of calculated assumed compounds does not necessarily mean that the oxides are actually or entirely present as such compounds.

When expressing compounds, C = CaO, S = SiO₂, A = Al₂O₃, F = Fe₂O₃. For example, C₃A = 3CaO · Al₂O₃.

Titanium dioxide and phosphorus pentoxide (TiO₂ and P₂O₅) shall not be included with the Al₂O₃ content. See Note 2.

When the ratio of percentages of aluminum oxide to ferric oxide is 0.64 or more, the percentages of tricalcium silicate, dicalcium silicate, tricalcium aluminate, and tetracalcium aluminoferrite shall be calculated from the chemical analysis as follows:

$$\text{Tricalcium silicate} = (4.071 \times \% \text{CaO}) - (7.600 \times \% \text{SiO}_2) - (6.718 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1.430 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2.852 \times \% \text{SO}_3)$$

$$\text{Dicalcium silicate} = (2.867 \times \% \text{SiO}_2) - (0.7544 \times \% \text{C}_3\text{S})$$

$$\text{Tricalcium aluminate} = (2.650 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1.692 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{Tetracalcium aluminoferrite} = 3.043 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3$$

When the alumina-ferric oxide ratio is less than 0.64, a calcium aluminoferrite solid solution (expressed as ss(C₄AF + C₂F)) is formed. Contents of this solid solution and of tricalcium silicate shall be calculated by the following formulas:

$$\text{ss}(C_4\text{AF} + C_2\text{F}) = (2.100 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) + (1.702 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{Tricalcium silicate} = (4.071 \times \% \text{CaO}) - (7.600 \times \% \text{SiO}_2) - (4.479 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (2.859 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2.852 \times \% \text{SO}_3)$$

No tricalcium aluminate will be present in cements of this composition. Dicalcium silicate shall be calculated as previously shown.

^D Not applicable.

^E Does not apply when the heat of hydration limit in Table 4 is specified.

^F Does not apply when the sulfate resistance limit in Table 4 is specified.

4.1.3 Any optional chemical requirements from Table 2, if desired,

4.1.4 Type of setting-time test required, Vicat or Gillmore. If not specified, the Vicat shall be used,

4.1.5 Any optional physical requirements from Table 4, if desired.

NOTE 1—Cement conforming to the requirements for all types are not carried in stock in some areas. In advance of specifying the use of cement other than Type I, determine whether the proposed type of cement is, or can be made, available.

5. Additions

5.1 The cement covered by this specification shall contain no addition except as follows:

5.1.1 Water or calcium sulfate, or both, may be added in amounts such that the limits shown in Table 1 for sulfur trioxide and loss-on-ignition shall not be exceeded.

5.1.2 Processing additions used in the manufacture of the cement shall have been shown to meet the requirements of Specification C 465 in the amounts used or greater.

5.1.3 Air-entraining portland cement shall contain an interground addition conforming to the requirements of Specification C 226.

6. Chemical Composition

6.1 Portland cement of each of the eight types shown in Section 1 shall conform to the respective standard chemical requirements prescribed in Table 1. In addition, optional

chemical requirements are shown in Table 2.

NOTE 2—When comparing oxide analyses and calculated compounds from different sources or from different historic times, be aware that they may not have been reported on exactly the same basis. Chemical data obtained by Reference and Alternate Test Methods of Test Methods C 114 (wet chemistry) may include titania and phosphorus as alumina unless proper correction has been made (see Test Methods C 114), while data obtained by rapid instrumental methods usually do not. This can result in small differences in the calculated compounds. Such differences are usually within the precision of the analytical methods, even when the methods are properly qualified under the requirements of Test Methods C 114.

7. Physical Properties

7.1 Portland cement of each of the eight types shown in Section 1 shall conform to the respective standard physical requirements prescribed in Table 3. In addition, optional physical requirements are shown in Table 4.

8. Sampling

8.1 When the purchaser desires that the cement be sampled and tested to verify compliance with this specification, perform sampling and testing in accordance with Practice C 183.

8.2 Practice C 183 is not designed for manufacturing quality control and is not required for manufacturer's certification.

TABLE 2 Optional Chemical Requirements⁴

Cement Type	I and IA	II and IIA	III and IIIA	IV	V	Remarks
Tricalcium aluminate (C ₃ A), ^B max, %	...	...	8	...	...	for moderate sulfate resistance
Tricalcium aluminate (C ₃ A), ^B max, %	...	...	5	...	...	for high sulfate resistance
Sum of tricalcium silicate and tricalcium aluminate, ^B max, %	...	58 ^C	...	...	...	for moderate heat of hydration
Equivalent Alkalies (Na ₂ O + 0.658K ₂ O), max, %	0.60 ^D	0.60^{D}	0.60^{D}	0.60^{D}	0.60^{D}	low-alkali cement

^A These optional requirements apply only when specifically requested. Verify availability before ordering. See note in Section 4.

^B In the calculation of all compounds the oxides determined to the nearest 0.1 % shall be used. All values calculated as described in this note shall be reported to the nearest 1 %. The expressing of chemical limitations by means of calculated assumed compounds does not necessarily mean that the oxides are actually or entirely present as such compounds.

When expressing compounds, C = CaO, S = SiO₂, A = Al₂O₃, F = Fe₂O₃. For example, C₃A = 3CaO · Al₂O₃.

Titanium dioxide and phosphorus pentoxide (TiO₂ and P₂O₅) shall not be included with the Al₂O₃ content. See Note 2.

When the ratio of percentages of aluminum oxide to ferric oxide is 0.64 or more, the percentages of tricalcium silicate, dicalcium silicate, tricalcium aluminate, and tetracalcium aluminoferrite shall be calculated from the chemical analysis as follows:

$$\text{Tricalcium silicate} = (4.071 \times \% \text{CaO}) - (7.600 \times \% \text{SiO}_2) - (6.718 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1.430 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2.852 \times \% \text{SO}_3)$$

$$\text{Dicalcium silicate} = (2.867 \times \% \text{SiO}_2) - (0.7544 \times \% \text{C}_3\text{S})$$

$$\text{Tricalcium aluminate} = (2.650 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1.692 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{Tetracalcium aluminoferrite} = 3.043 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3$$

When the alumina-ferric oxide ratio is less than 0.64, a calcium aluminoferrite solid solution (expressed as ss (C₄AF + C₂F)) is formed. Contents of this solid solution and of tricalcium silicate shall be calculated by the following formulas:

$$\text{ss}(C_4\text{AF} + C_2\text{F}) = (2.100 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) + (1.702 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{Tricalcium silicate} = (4.071 \times \% \text{CaO}) - (7.600 \times \% \text{SiO}_2) - (4.479 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (2.859 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2.852 \times \% \text{SO}_3)$$

No tricalcium aluminate will be present in cements of this composition. Dicalcium silicate shall be calculated as previously shown.

^C The optional limit for heat of hydration in Table 4 shall not be requested when this optional limit is requested.

^D Specify this limit when the cement is to be used in concrete with aggregates that are potentially reactive and no other provisions have been made to protect the concrete from deleteriously reactive aggregates. Refer to Specification C 33 for information on potential reactivity of aggregates.

9. Test Methods

9.1 Determine the applicable properties enumerated in this specification in accordance with the following test methods:

9.1.1 *Air Content of Mortar*—Test Method C 185.

9.1.2 *Chemical Analysis*—Test Methods C 114.

9.1.3 *Strength*—Test Method C 109.

9.1.4 *False Set*—Test Method C 451.

9.1.5 *Fineness by Air Permeability*—Test Method C 204.

9.1.6 *Fineness by Turbidimeter*—Test Method C 115.

9.1.7 *Heat of Hydration*—Test Method C 186.

9.1.8 *Autoclave Expansion*—Test Method C 151.

9.1.9 *Time of Setting by Gillmore Needles*—Test Method C 266.

9.1.10 *Time of Setting by Vicat Needles*—Test Method C 191.

9.1.11 *Sulfate Resistance*—Test Method C 452 (sulfate expansion).

9.1.12 *Calcium Sulfate (expansion of) Mortar*—Test Method C 1038.

9.1.13 *Optimum SO₃*—Test Method C 563.

10. Inspection

10.1 Inspection of the material shall be made as agreed upon between the purchaser and the seller as part of the purchase contract.

11. Rejection

11.1 The cement shall be rejected if it fails to meet any of the requirements of this specification.

11.2 At the option of the purchaser, retest, before using, cement remaining in bulk storage for more than 6 months or cement in bags in local storage in the custody of a vendor for more than 3 months after completion of tests and reject the cement if it fails to conform to any of the requirements of this specification. Cement so rejected shall be the responsi-

bility of the owner of record at the time of resampling for retest.

11.3 Packages shall identify the mass contained as net weight. At the option of the purchaser, packages more than 2 % below the mass marked thereon shall be rejected and if the average mass of packages in any shipment, as shown by determining the mass of 50 packages selected at random, is less than that marked on the packages, the entire shipment shall be rejected.

12. Manufacturer's Statement

12.1 At the request of the purchaser, the manufacturer shall state in writing the nature, amount, and identity of any air-entraining addition and of any processing addition used, and also, if requested, shall supply test data showing compliance of such air-entraining addition with Specification C 226 and of such processing addition with Specification C 465.

13. Packaging and Package Marking

13.1 When the cement is delivered in packages, the words "Portland Cement," the type of cement, the name and brand of the manufacturer, and the mass of the cement contained therein shall be plainly marked on each package. When the cement is an air-entraining type, the words "air-entraining" shall be plainly marked on each package. Similar information shall be provided in the shipping documents accompanying the shipment of packaged or bulk cement. All packages shall be in good condition at the time of inspection.

NOTE 3—With the change to SI units, it is desirable to establish a standard SI package for portland cements. To that end 40 kg (88.18 lb) provides a convenient, even-numbered mass reasonably similar to the traditional 94-lb (42.6384-kg) package.

14. Storage

14.1 The cement shall be stored in such a manner as to permit easy access for proper inspection and identification of each shipment, and in a suitable weather-tight building that

TABLE 3 Standard Physical Requirements

Cement Type ^A	I	IA	II	IIA	III	IIIA	IV	V
Air content of mortar, ^B volume %:								
max	12	22	12	22	12	22	12	12
min	...	16	...	16	...	16	...	...
Fineness, ^C specific surface, m ² /kg (alternative methods):								
Turbidimeter test, min	160	160	160	160	...	...	160	160
Air permeability test, min	280	280	280	280	...	...	280	280
Autoclave expansion, max, %	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Strength, not less than the values shown for the ages indicated as follows: ^D								
Compressive strength, MPa (psi):								
1 day	...	...	...	...	12.0 (1740)	10.0 (1450)	...	...
3 days	12.0 (1740)	10.0 (1450)	10.0 (1450) 7.0 ^F (1020) ^F	8.0 (1160) 6.0 ^F (870) ^F	24.0 (3480)	19.0 (2760)	...	8.0 (1160)
7 days	19.0 (2760)	16.0 (2320)	17.0 (2470) 12.0 ^F (1740) ^F	14.0 (2030) 9.0 ^F (1310) ^F	...	...	7.0 (1020)	15.0 (2180)
28 days	...	...	...	...	...	...	17.0 (2470)	21.0 (3050)
Time of setting (alternative methods): ^E								
Gillmore test:								
Initial set, min, not less than	60	60	60	60	60	60	60	60
Final set, min, not more than	600	600	600	600	600	600	600	600
Vicat test: ^G								
Time of setting, min, not less than	45	45	45	45	45	45	45	45
Time of setting, min, not more than	375	375	375	375	375	375	375	375

^A See Note 1.

^B Compliance with the requirements of this specification does not necessarily ensure that the desired air content will be obtained in concrete.

^C The testing laboratory shall select the fineness method to be used. However, when the sample fails to meet the requirements of the air-permeability test, the turbidimeter test shall be used, and the requirements in this table for the turbidimetric method shall govern.

^D The strength at any specified test age shall be not less than that attained at any previous specified test age.

^E The time-of-setting test required shall be specified by the purchaser. In case he does not so specify, the requirements of the Vicat test only shall govern.

^F When the optional heat of hydration or the chemical limit on the sum of the tricalcium silicate and tricalcium aluminate is specified.

^G The time of setting is that described as initial setting time in Test Method C 191.

TABLE 4 Optional Physical Requirements^A

Cement Type	I	IA	II	IIA	III	IIIA	IV	V
False set, final penetration, min, %	50	50	50	50	50	50	50	50
Heat of hydration:								
7 days, max, kJ/kg (cal/g)	...	...	290 (70) ^B	290 (70) ^B	...	...	250 (60) ^C	...
28 days, max, kJ/kg (cal/g)	...	...	...	...	...	...	290 (70) ^C	...
Strength, not less than the values shown:								
Compressive strength, MPa (psi)								
28 days	28.0 (4060)	22.0 (3190)	28.0 (4060) 22.0 ^B (3190) ^B	22.0 (3190) 18.0 ^B (2610) ^B	...	...	...	...
Sulfate resistance, ^D 14 days, max, % expansion	...	...	...	...	...	...	...	0.040

^A These optional requirements apply only when specifically requested. Verify availability before ordering. See Note in Section 4.

^B The optional limit for the sum of the tricalcium silicate and tricalcium aluminate in Table 2 shall not be requested when this optional limit is requested. These strength requirements apply when either heat of hydration or the sum of tricalcium silicate and tricalcium aluminate requirements are requested.

^C When the heat of hydration limit is specified, it shall be instead of the limits of C3S, C2S, and C3A listed in Table 1.

^D When the sulfate resistance is specified, it shall be instead of the limits of C₃A and C₄AF + 2 C₃A listed in Table 1.

will protect the cement from dampness and minimize warehouse set.

15. Manufacturer's Certification

15.1 Upon request of the purchaser in the contract or order, a manufacturer's report shall be furnished at the time

of shipment stating the results of tests made on samples of the material taken during production or transfer and certifying that the cement conforms to applicable requirements of this specification.

16. Keywords

16.1 hydraulic cement; portland cement; specification

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.



Standard Test Method for Bulk Density and Volume of Solid Refractories by Wax Immersion¹

This standard is issued under the fixed designation C 914; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers the basic procedure for determining bulk density and volume of refractory shapes. This test is applicable to all refractory shapes or monoliths, burned or unburned, independent of composition or forming method, including materials that slake and hydrate. It is particularly suitable for determining bulk density and volume of complex shapes after forming, since results may be obtained in a matter of minutes.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. For a specific hazard statement, see Note 2.*

2. Significance and Use

2.1 This test method may be used to quickly determine volume and bulk density of a refractory of any shape, provided it has sufficient structural integrity to permit handling. Thus it may be used on unfired or fired, strong or friable shapes.

2.2 Since the test may be performed quickly, it has found application as manufacturing in-process control as well as in characterizing finished refractory products. Also it may be used to examine specimens after other test or service exposure.

3. Sampling

3.1 At least five representative specimens should be chosen of the refractory to be characterized. These may be whole shapes or broken pieces, depending on the purpose of the test.

4. Apparatus

4.1 *Paraffin Wax*, fully refined, that has a known constant density, K , that does not change after repeated melting and cooling cycles.

NOTE 1—The paraffin waxes generally used are commercially available and have density values in the range 0.87 to 0.91 g/cm³. Also, these waxes melt at approximately 135°F (57°C).

4.2 *Wax-Melting Container*, used to melt the wax but should not allow the wax to overheat. A container heated by hot water, preferably thermostatically controlled, is satisfac-

tory. The wax should be heated to only slightly above the melting point to avoid flashing of the wax vapors and to permit quickly forming a uniform surface coating of wax.

NOTE 2: **Caution**—Vapors given off by molten wax ignite spontaneously at above 400°F (205°C) and should not be allowed to come in contact with the heating element or open flame.

4.3 *Balance*, capable of determining the weights of the specimens to four significant figures. Thus, specimens weighing from 100 to 999 g should be weighed to one decimal place, those from 10 to 99 g should be weighed to two decimal places, and so forth.

5. Procedure

5.1 *Preparation of Specimens*—The test specimens shall be dried to a constant weight by heating to 220 to 230°F (105 to 110°C) to remove entrapped moisture, which would affect the bulk density determination. This drying process may be omitted when specimens are known to be dry or when it is desired to make density determinations on moisture-containing specimens, such as brick shapes, immediately after forming.

5.2 *Initial Weight, W* —Determine the initial weight, W , of each test specimen in grams to four significant figures.

5.3 *Coating the Test Specimen:*

5.3.1 Coat the specimen with wax by dipping the specimen into the container of melted wax. The coating is easily applied by holding one end of the specimen and immersing one half to two thirds of it. Then, hold the waxed end, and immerse the unwaxed portion plus a small overlap into the wax to provide a complete coating.

5.3.2 Take care not to entrap air bubbles under the wax. If found, press these bubbles out so the wax conforms exactly to the surface of the specimen. Close holes in the wax coating by additional dipping in wax so the surface can be completely sealed.

5.4 *Wax-Coated Weight, P* —Determine the weight of the wax-coated specimen, P , in grams to four significant figures.

5.5 *Suspended Weight, S :*

5.5.1 Determine the weight of the wax-coated specimen suspended in water, S , in grams to four significant figures.

5.5.2 Previously counterbalance the balance with the wire or other device used to suspend the specimen in place, and immerse in water to the same depth as used when the refractory specimen is in place. This weighing may be accomplished by suspending the specimen in a loop or halter of AWG Gage 22 (0.643-mm) copper wire hung from one arm of the balance.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-8 on Refractories and is the direct responsibility of Subcommittee C08.03 on Physical Tests and Properties.

Current edition approved May 15, 1995. Published July 1995. Originally published as C 914 - 79. Last previous edition C 914 - 94.

6. Calculation

6.1 Volume, V :

6.1.1 Obtain the volume, V_1 , of the test specimens (including the wax) in cubic centimetres as follows:

$$V_1 = P - S$$

NOTE 3—This assumes that 1 cm³ of water weighs 1 g. This is true within 3 parts in 1000 for water at room temperature.

6.1.2 Obtain the volume, V_2 , of the wax coating on the test specimen in cubic centimetres as follows:

$$V_2 = (P - W)/K$$

where K = density of the wax, g/cm³.

6.1.3 Obtain the volume, V , of the test specimen by subtracting the volume of the wax coating from the total volume as calculated in 6.1.1 as follows:

$$V = V_1 - V_2$$

6.2 *Bulk Density, B* —The bulk density, B , of a specimen in grams per cubic centimetre is the quotient of its initial weight divided by volume of the test specimen, excluding the volume of wax. Calculate B as follows:

$$B = W/V$$

7. Report

7.1 For each property, report the average of the values obtained with at least five specimens, and preferably, the individual values as well.

7.2 Report the bulk density results to two decimal places.

8. Precision and Bias

8.1 Volume Measurement:

8.1.1 *Interlaboratory Test Program*—Interlaboratory study was conducted by five laboratories using three replications and two duplicate runs on the same specimen. The specimen was 2½ in. (63.5 mm) series 9 in. (229 mm) straights of oxynitride bonded silicon carbide cut into quarter bricks approximately 4.5 by 2.25 by 1.5 in. (114 by 57 by 38 mm).

8.1.2. Precision:

8.1.2.1 *Repeatability*—Two test results, each composed of five specimens from one laboratory, should be considered significantly different at the 95 % confidence level, if their difference exceeds the Repeatability Interval, I_r , for the grand average in Table 1.

8.1.2.2 *Reproducibility*—Two test results, each composed of five specimens from two laboratories, should be considered significantly different at the 95 % confidence level, if their difference exceeds the Reproducibility Interval, I_R , for the grand average in Table 1.

8.1.3 *Bias*—No justifiable statement can be made since there is no accepted reference material and the true values of volume cannot be established by an accepted reference method.

8.2 Bulk Density Measurement:

8.2.1 *Interlaboratory Test Program*—Interlaboratory study was conducted by five laboratories using three replications and two duplicate runs on the same specimen. The specimen was 2½ in. (63.5 mm) series 9 in. (229 mm) straights of oxynitride bonded silicon carbide cut into quarter bricks approximately 4.5 by 2.25 by 1.5 in. (114 by 57 by 38 mm).

8.2.2 Precision:

8.2.2.1 *Repeatability*—Two test results, each composed of five specimens from one laboratory, should be considered significantly different at the 95 % confidence level, if their difference exceeds the Repeatability Interval, I_r , for the grand average in Table 2.

8.2.2.2 *Reproducibility*—Two test results, each composed of five specimens from two laboratories, should be considered significantly different at the 95 % confidence level, if their difference exceeds the Reproducibility Interval, I_R , for the grand average in Table 2.

8.2.3 *Bias*—No justifiable statement can be made since there is no accepted reference material and the true values of bulk density cannot be established by an accepted reference method.

9. Keywords

9.1 bulk density; refractory shapes; solid refractories; volume; wax immersion

TABLE 1 Volume Measurement

Precision						
Material	Average	Standard Deviation		Repeatability Interval, I_r	Reproducibility Interval, I_R	
		Within Laboratories, S_r	Between Laboratories, S_L			
A	397.17	0.695	0.377	1.965	1.066	
B	408.51	0.592	0.245	1.674	0.693	
C	408.82	0.859	0.307	2.429	0.868	
D	410.56	0.801	0.370	2.265	1.046	
E	411.80	0.885	0.494	2.503	1.397	
Grand Average	407.37	0.766	0.359	2.167	2.933	
Relative Precision						
Material	Average	Coefficient of Variance		Relative Repeatability Interval, % I_r	Relative Reproducibility Interval, % I_R	
		Within Laboratories, % V_r	Between Laboratories, % V_L			
A	397.17	0.175	0.095	0.495	0.269	
B	408.51	0.145	0.060	0.410	0.170	
C	408.82	0.210	0.075	0.594	0.212	
D	410.56	0.195	0.090	0.552	0.255	
E	411.80	0.215	0.120	0.608	0.339	
Grand Average	407.37	0.188	0.088	0.532	0.249	

TABLE 2 Bulk Density Measurement

Precision					
Material	Average	Standard Deviation		Repeatability Interval, Ir	Reproducibility Interval, IR
		Within Laboratories, Sr	Between Laboratories, SL		
A	2.585	0.0033	0.0066	0.0094	0.0210
B	2.569	0.0033	0.0026	0.0094	0.0120
C	2.619	0.0041	0.0009	0.0115	0.0120
D	2.622	0.0033	0.0020	0.0094	0.0110
E	2.599	0.0024	0.0024	0.0067	0.0094
<i>Grand Average</i>	2.599	0.0033	0.0029	0.0093	0.0131

Relative Precision					
Material	Average	Coefficient of Variance		Relative Repeatability Interval, % Ir	Relative Reproducibility Interval, % IR
		Within Laboratories, % Vr	Between Laboratories, % VL		
A	2.585	0.129	0.257	0.36	0.81
B	2.569	0.130	0.103	0.37	0.47
C	2.619	0.156	0.033	0.44	0.45
D	2.622	0.127	0.077	0.36	0.42
E	2.599	0.091	0.091	0.26	0.36
<i>Grand Average</i>	2.599	0.127	0.112	0.36	0.50

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.



Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation C 39; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This test method has been approved for use by agencies of the Department of Defense. Consult the DoD Index of Specifications and Standards for the specific year of issue which has been adopted by the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method covers determination of compressive strength of cylindrical concrete specimens such as molded cylinders and drilled cores. It is limited to concrete having a unit weight in excess of 50 lb/ft³ (800 kg/m³).

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.4 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 31 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field²
 - C 42 Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete²
 - C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²
 - C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²
 - C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials²
 - C 873 Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds²
 - C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation²
 - C 1231 Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders²
 - E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines³
 - E 74 Practice for Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Load Indication of Testing Machines³
- Manual of Aggregate and Concrete Testing²

2.2 American Concrete Institute:

CP-16 Concrete Laboratory Testing Technician, Grade I.⁴

3. Summary of Test Method

3.1 This test method consists of applying a compressive axial load to molded cylinders or cores at a rate which is within a prescribed range until failure occurs. The compressive strength of the specimen is calculated by dividing the maximum load attained during the test by the cross-sectional area of the specimen.

4. Significance and Use

4.1 Care must be exercised in the interpretation of the significance of compressive strength determinations by this test method since strength is not a fundamental or intrinsic property of concrete made from given materials. Values obtained will depend on the size and shape of the specimen, batching, mixing procedures, the methods of sampling, molding, and fabrication and the age, temperature, and moisture conditions during curing.

4.2 This test method is used to determine compressive strength of cylindrical specimens prepared and cured in accordance with Practices C 31, C 192, C 617 and C 1231 and Test Methods C 42 and C 873.

4.3 The results of this test method are used as a basis for quality control of concrete proportioning, mixing, and placing operations; determination of compliance with specifications; control for evaluating effectiveness of admixtures and similar uses.

4.4 The individual who tests concrete cylinders for acceptance testing shall have demonstrated a knowledge and ability to perform the test procedure equivalent to the minimum guidelines for certification of Concrete Laboratory Technician, Level I, in accordance with ACI CP-16.

NOTE 1—The testing laboratory performing this test method should be evaluated in accordance with Practice C 1077.

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—The testing machine shall be of a type having sufficient capacity and capable of providing the rates of loading prescribed in 7.5.

5.1.1 Verification of calibration of the testing machines in accordance with Practices E 4 is required under the following conditions:

5.1.1.1 After an elapsed interval since the previous verifi-

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-9 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing Concrete for Strength.

Current edition approved Aug. 10, 1996. Published October 1996. Originally published as C 39 - 21 T. Last previous edition C 39 - 94.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

⁴ Available from American Concrete Institute, P.O. Box 19150, Detroit, MI, 48219-0150.

ation of 18 months maximum, but preferably after an interval of 12 months,

5.1.1.2 On original installation or relocation of the machine,

5.1.1.3 Immediately after making repairs or adjustments that affect the operation of the force applying system of the machine or the values displayed on the load indicating system, except for zero adjustments that compensate for the mass of bearing blocks, or specimen, or both, or

5.1.1.4 Whenever there is reason to doubt the accuracy of the results, without regard to the time interval since the last verification.

5.1.2 *Design*—The design of the machine must include the following features:

5.1.2.1 The machine must be power operated and must apply the load continuously rather than intermittently, and without shock. If it has only one loading rate (meeting the requirements of 7.5), it must be provided with a supplemental means for loading at a rate suitable for verification. This supplemental means of loading may be power or hand operated.

NOTE 2—High-strength concrete cylinders rupture more intensely than normal strength cylinders. As a safety precaution, it is recommended that the testing machines should be equipped with protective fragment guards.

5.1.2.2 The space provided for test specimens shall be large enough to accommodate, in a readable position, an elastic calibration device which is of sufficient capacity to cover the potential loading range of the testing machine and which complies with the requirements of Practice E 74.

NOTE 3—The types of elastic calibration devices most generally available and most commonly used for this purpose are the circular proving ring or load cell.

5.1.3 *Accuracy*—The accuracy of the testing machine shall be in accordance with the following provisions:

5.1.3.1 The percentage of error for the loads within the proposed range of use of the testing machine shall not exceed $\pm 1.0\%$ of the indicated load.

5.1.3.2 The accuracy of the testing machine shall be verified by applying five test loads in four approximately equal increments in ascending order. The difference between any two successive test loads shall not exceed one third of the difference between the maximum and minimum test loads.

5.1.3.3 The test load as indicated by the testing machine and the applied load computed from the readings of the verification device shall be recorded at each test point. Calculate the error, E , and the percentage of error, E_p , for each point from these data as follows:

$$E = A - B$$

$$E_p = 100(A - B)/B$$

where:

A = load, lbf (or N) indicated by the machine being verified, and

B = applied load, lbf (or N) as determined by the calibrating device.

5.1.3.4 The report on the verification of a testing machine shall state within what loading range it was found to conform to specification requirements rather than reporting a blanket acceptance or rejection. In no case shall the loading range be

stated as including loads below the value which is 100 times the smallest change of load estimable on the load-indicating mechanism of the testing machine or loads within that portion of the range below 10 % of the maximum range capacity.

5.1.3.5 In no case shall the loading range be stated as including loads outside the range of loads applied during the verification test.

5.1.3.6 The indicated load of a testing machine shall not be corrected either by calculation or by the use of a calibration diagram to obtain values within the required permissible variation.

5.2 The testing machine shall be equipped with two steel bearing blocks with hardened faces (Note 4), one of which is a spherically seated block that will bear on the upper surface of the specimen, and the other a solid block on which the specimen shall rest. Bearing faces of the blocks shall have a minimum dimension at least 3 % greater than the diameter of the specimen to be tested. Except for the concentric circles described below, the bearing faces shall not depart from a plane by more than 0.001 in. (0.025 mm) in any 6 in. (152 mm) of blocks 6 in. in diameter or larger, or by more than 0.001 in. in the diameter of any smaller block; and new blocks shall be manufactured within one half of this tolerance. When the diameter of the bearing face of the spherically seated block exceeds the diameter of the specimen by more than $\frac{1}{2}$ in. (13 mm), concentric circles not more than $\frac{1}{32}$ in. (0.8 mm) deep and not more than $\frac{3}{64}$ in. (1.2 mm) wide shall be inscribed to facilitate proper centering.

NOTE 4—It is desirable that the bearing faces of blocks used for compression testing of concrete have a Rockwell hardness of not less than 55 HRC.

5.2.1 Bottom bearing blocks shall conform to the following requirements:

5.2.1.1 The bottom bearing block is specified for the purpose of providing a readily machinable surface for maintenance of the specified surface conditions (Note 5). The top and bottom surfaces shall be parallel to each other. If the testing machine is so designed that the platen itself is readily maintained in the specified surface condition, a bottom block is not required. Its least horizontal dimension shall be at least 3 % greater than the diameter of the specimen to be tested. Concentric circles as described in 5.2 are optional on the bottom block.

NOTE 5—The block may be fastened to the platen of the testing machine.

5.2.1.2 Final centering must be made with reference to the upper spherical block. When the lower bearing block is used to assist in centering the specimen, the center of the concentric rings, when provided, or the center of the block itself must be directly below the center of the spherical head. Provision shall be made on the platen of the machine to assure such a position.

5.2.1.3 The bottom bearing block shall be at least 1 in. (25 mm) thick when new, and at least 0.9 in. (22.5 mm) thick after any resurfacing operations.

5.2.2 The spherically seated bearing block shall conform to the following requirements:

5.2.2.1 The maximum diameter of the bearing face of the

suspended spherically seated block shall not exceed the values given below:

Diameter of Test Specimens, in. (mm)	Maximum Diameter of Bearing Face, in. (mm)
2 (51)	4 (102)
3 (76)	5 (127)
4 (102)	6½ (165)
6 (152)	10 (254)
8 (203)	11 (279)

NOTE 6—Square bearing faces are permissible, provided the diameter of the largest possible inscribed circle does not exceed the above diameter.

5.2.2.2 The center of the sphere shall coincide with the surface of the bearing face within a tolerance of ±5 % of the radius of the sphere. The diameter of the sphere shall be at least 75 % of the diameter of the specimen to be tested.

5.2.2.3 The ball and the socket must be so designed by the manufacturer that the steel in the contact area does not permanently deform under repeated use, with loads up to 12 000 psi (82.7 MPa) on the test specimen.

NOTE 7—The preferred contact area is in the form of a ring (described as preferred “bearing” area) as shown on Fig. 1.

5.2.2.4 The curved surfaces of the socket and of the spherical portion shall be kept clean and shall be lubricated with a petroleum-type oil such as conventional motor oil, not with a pressure type grease. After contacting the specimen and application of small initial load, further tilting of the spherically seated block is not intended and is undesirable.

5.2.2.5 If the radius of the sphere is smaller than the radius of the largest specimen to be tested, the portion of the bearing face extending beyond the sphere shall have a thickness not less than the difference between the radius of the sphere and radius of the specimen. The least dimension of the bearing face shall be at least as great as the diameter of the sphere (see Fig. 1).

5.2.2.6 The movable portion of the bearing block shall be held closely in the spherical seat, but the design shall be such

that the bearing face can be rotated freely and tilted at least 4° in any direction.

5.3 Load Indication:

5.3.1 If the load of a compression machine used in concrete testing is registered on a dial, the dial shall be provided with a graduated scale that is readable to at least the nearest 0.1 % of the full scale load (Note 8). The dial shall be readable within 1 % of the indicated load at any given load level within the loading range. In no case shall the loading range of a dial be considered to include loads below the value that is 100 times the smallest change of load that can be read on the scale. The scale shall be provided with a graduation line equal to zero and so numbered. The dial pointer shall be of sufficient length to reach the graduation marks; the width of the end of the pointer shall not exceed the clear distance between the smallest graduations. Each dial shall be equipped with a zero adjustment located outside the dialcase and easily accessible from the front of the machine while observing the zero mark and dial pointer. Each dial shall be equipped with a suitable device that at all times until reset, will indicate to within 1 % accuracy the maximum load applied to the specimen.

NOTE 8—Readability is considered to be 1/50 in. (0.5 mm) along the arc described by the end of the pointer. Also, one half of a scale interval is readable with reasonable certainty when the spacing on the load indicating mechanism is between 1/25 in. (1 mm) and 1/16 in. (1.6 mm). When the spacing is between 1/16 in. and 1/8 in. (3.2 mm), one third of a scale interval is readable with reasonable certainty. When the spacing is 1/8 in. or more, one fourth of a scale interval is readable with reasonable certainty.

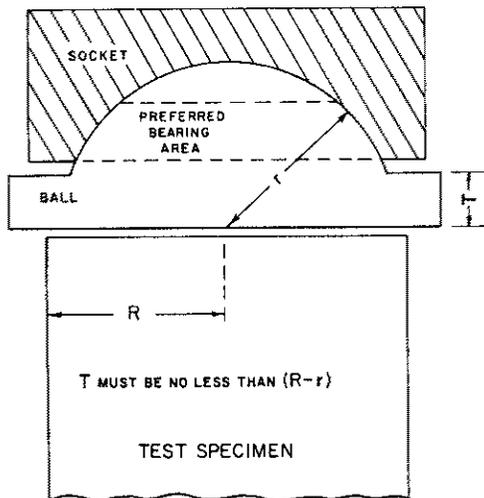
5.3.2 If the testing machine load is indicated in digital form, the numerical display must be large enough to be easily read. The numerical increment must be equal to or less than 0.10 % of the full scale load of a given loading range. In no case shall the verified loading range include loads less than the minimum numerical increment multiplied by 100. The accuracy of the indicated load must be within 1.0 % for any value displayed within the verified loading range. Provision must be made for adjusting to indicate true zero at zero load. There shall be provided a maximum load indicator that at all times until reset will indicate within 1 % system accuracy the maximum load applied to the specimen.

6. Specimens

6.1 Specimens shall not be tested if any individual diameter of a cylinder differs from any other diameter of the same cylinder by more than 2 %.

NOTE 9—This may occur when single use molds are damaged or deformed during shipment, when flexible single use molds are deformed during molding or when a core drill deflects or shifts during drilling.

6.2 Neither end of compressive test specimens when tested shall depart from perpendicularity to the axis by more than 0.5° (approximately equivalent to 1/8 in. in 12 in. (3 mm in 300 mm)). The ends of compression test specimens that are not plane within 0.002 in. (0.050 mm) shall be sawed or ground to meet that tolerance, or capped in accordance with either Practice C 617 or Practice C 1231. The diameter used for calculating the cross-sectional area of the test specimen shall be determined to the nearest 0.01 in. (0.25 mm) by averaging two diameters measured at right angles to each other at about midheight of the specimen.



NOTE—Provision shall be made for holding the ball in the socket and for holding the entire unit in the testing machine.

FIG. 1 Schematic Sketch of a Typical Spherical Bearing Block

6.3 The number of individual cylinders measured for determination of average diameter may be reduced to one for each ten specimens or three specimens per day, whichever is greater, if all cylinders are known to have been made from a single lot of reusable or single-use molds which consistently produce specimens with average diameters within a range of 0.02 in. (0.51 mm). When the average diameters do not fall within the range of 0.02 in. or when the cylinders are not made from a single lot of molds, each cylinder tested must be measured and the value used in calculation of the unit compressive strength of that specimen. When the diameters are measured at the reduced frequency, the cross-sectional areas of all cylinders tested on that day shall be computed from the average of the diameters of the three or more cylinders representing the group tested that day.

6.4 The length shall be measured to the nearest 0.05 *D* when the length to diameter ratio is less than 1.8, or more than 2.2, or when the volume of the cylinder is determined from measured dimensions.

7. Procedure

7.1 Compression tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practicable after removal from moist storage.

7.2 Test specimens shall be kept moist by any convenient method during the period between removal from moist storage and testing. They shall be tested in the moist condition.

7.3 All test specimens for a given test age shall be broken within the permissible time tolerances prescribed as follows:

Test Age	Permissible Tolerance
24 h	± 0.5 h or 2.1 %
3 days	2 h or 2.8 %
7 days	6 h or 3.6 %
28 days	20 h or 3.0 %
90 days	2 days 2.2 %

7.4 *Placing the Specimen*—Place the plain (lower) bearing block, with its hardened face up, on the table or platen of the testing machine directly under the spherically seated (upper) bearing block. Wipe clean the bearing faces of the upper and lower bearing blocks and of the test specimen and place the test specimen on the lower bearing block. Carefully align the axis of the specimen with the center of thrust of the spherically seated block.

7.4.1 *Zero Verification and Block Seating*—Prior to testing the specimen, verify that the load indicator is set to zero. In cases where the indicator is not properly set to zero, adjust the indicator (Note 10). As the spherically seated block is brought to bear on the specimen, rotate its movable portion gently by hand so that uniform seating is obtained.

NOTE 10—The technique used to verify and adjust load indicator to zero will vary depending on the machine manufacturer. Consult your owner's manual or compression machine calibrator for the proper technique.

7.5 *Rate of Loading*—Apply the load continuously and without shock.

7.5.1 For testing machines of the screw type, the moving head shall travel at a rate of approximately 0.05 in. (1.3 mm)/min when the machine is running idle. For hydraulically operated machines, the load shall be applied at a rate of movement (platen to crosshead measurement) corresponding to a loading rate on the specimen within the range of 20 to 50 psi/s (0.14 to 0.34 MPa/s). The designated rate of movement shall be maintained at least during the latter half of the anticipated loading phase of the testing cycle.

7.5.2 During the application of the first half of the anticipated loading phase a higher rate of loading shall be permitted.

7.5.3 Make no adjustment in the rate of movement of the platen at any time while a specimen is yielding rapidly immediately before failure.

7.6 Apply the load until the specimen fails, and record the maximum load carried by the specimen during the test. Note the type of failure and the appearance of the concrete.

8. Calculation

8.1 Calculate the compressive strength of the specimen by dividing the maximum load carried by the specimen during the test by the average cross-sectional area determined as described in Section 6 and express the result to the nearest 10 psi (69 kPa).

8.2 If the specimen length to diameter ratio is less than 1.8, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87 (Note 11)

NOTE 11—These correction factors apply to lightweight concrete weighing between 100 and 120 lb/ft³ (1600 and 1920 kg/m³) and to normal weight concrete. They are applicable to concrete dry or soaked at the time of loading. Values not given in the table shall be determined by interpolation. The correction factors are applicable for nominal concrete strengths from 2000 to 6000 psi (13.8 to 41.4 MPa).

9. Report

9.1 Report the following information:

- 9.1.1 Identification number,
- 9.1.2 Diameter (and length, if outside the range of 1.8*D* to 2.2*D*), in inches or millimetres,
- 9.1.3 Cross-sectional area, in square inches or square centimetres,
- 9.1.4 Maximum load, in pounds-force or newtons,
- 9.1.5 Compressive strength calculated to the nearest 10 psi or 69 kPa,
- 9.1.6 Type of fracture, if other than the usual cone (see Fig. 2),
- 9.1.7 Defects in either specimen or caps, and,
- 9.1.8 Age of specimen.

10. Precision and Bias

10.1 *Precision*—The single operator precision of tests of individual 6 by 12 in. (150 by 300 mm) cylinders made from a well-mixed sample of concrete is given for cylinders made in a laboratory environment and under normal field conditions (see 10.1.1).

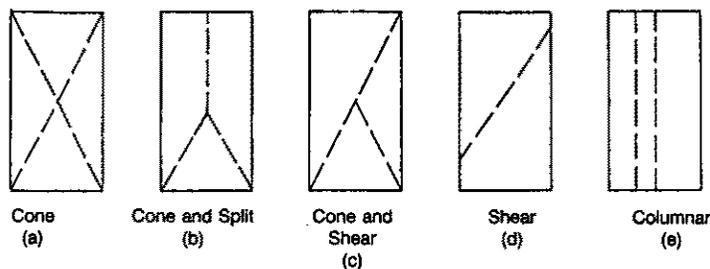


FIG. 2 Sketches of Types of Fracture

	Coefficient of Variation ⁴	Acceptable Range of ⁴	
		2 results	3 results
Single operator			
Laboratory conditions	2.37 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.87 %	8.0 %	9.5 %

⁴ These numbers represent respectively the (1s) and (d2s) limits as described in Practice C 670.

10.1.1 The values given are applicable to 6 by 12 in. (150 by 300 mm) cylinders with compressive strength between 2000 and 8000 psi (12 to 55 MPa). They are derived from CCRL concrete reference sample data for laboratory condi-

tions and a collection of 1265 test reports from 225 commercial testing laboratories in 1978.⁵

NOTE 12—Subcommittee C09.03.01 will re-examine recent CCRL Concrete Reference Sample Program data and field test data to see if these values are representative of current practice and if they can be extended to cover a wider range of strengths and specimen sizes.

10.2 Bias—Since there is no accepted reference material, no statement on bias is being made.

⁵ Research report RR:C09-1006 is on file at ASTM Headquarters.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.



Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field¹

This standard is issued under the fixed designation C 31/C 31M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This practice has been approved for use by agencies of the Department of Defense. Consult the DoD Index of Specifications and Standards for the specific year of issue which has been adopted by the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This practice covers procedures for making and curing cylindrical and prismatic beam specimens from representative samples of fresh concrete for a construction project.

1.2 The concrete used to make the molded specimens shall have the same levels of slump, air content, and percentage of coarse aggregate as the concrete it represents. This practice is not satisfactory for making specimens from concretes not having a measurable slump or requiring other sizes and shapes of specimens to represent a product or structure.

1.3 The values stated in either inch-pound units or SI units shall be regarded separately as standard. The SI units are shown in brackets. The values stated may not be exact equivalents; therefore each system must be used independently of the other. Combining values from the two units may result in nonconformance.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.5 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 138 Test Method for Unit Weight, Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete²
- C 143 Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete²
- C 172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete²
- C 173 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method²
- C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²
- C 231 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method²
- C 470 Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically²

C 511 Specification for Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes³

C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²

C 1064 Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland-Cement Concrete²

2.2 *American Concrete Institute Publication.*⁴

CP-1 Concrete Field Testing Technician, Grade I

3. Significance and Use

3.1 This practice provides standardized requirements for making, curing, protecting, and transporting concrete test specimens under field conditions.

3.2 If the specimens are made and standard cured, as stipulated herein, the resulting test data are able to be used for the following purposes:

3.2.1 Acceptance testing for specified strength,

3.2.2 Checking adequacy of mixture proportions for strength, and

3.2.3 Quality control.

3.3 If the specimens are made and field cured, as stipulated herein, the resulting test data are able to be used for the following purposes:

3.3.1 Determination of the time the structure is permitted to be put in service,

3.3.2 Comparison with test results of standard cured specimens or with test results from various in-place test methods,

3.3.3 Adequacy of curing and protection of concrete in the structure, or

3.3.4 Form or shoring removal time requirements.

4. Apparatus

4.1 *Molds, General*—Molds for specimens or fastenings thereto in contact with the concrete shall be made of steel, cast iron, or other nonabsorbent material, nonreactive with concrete containing portland or other hydraulic cements. Molds shall hold their dimensions and shape under all conditions of use. Molds shall be watertight during use as judged by their ability to hold water poured into them. Provisions for tests of water leakage are given in the Test Methods for Elongation, Absorption, and Water Leakage

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee C-9 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing Concrete for Strength.

Current edition approved Aug. 10, 1996. Published October 1996. Originally published as C 31 – 20. Last previous edition C 31 – 95.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.01.

⁴ Available from American Concrete Institute, P.O. Box 19150, Detroit, MI 48219-0150.

section of Specification C 470. A suitable sealant, such as heavy grease, modeling clay, or microcrystalline wax shall be used where necessary to prevent leakage through the joints. Positive means shall be provided to hold base plates firmly to the molds. Reusable molds shall be lightly coated with mineral oil or a suitable nonreactive form release material before use.

4.2 *Cylinder Molds:*

4.2.1 *Molds for Casting Specimens Vertically*—Molds for casting concrete test specimens shall conform to the requirements of Specification C 470.

4.3 *Beam Molds*—Beam molds shall be rectangular in shape and of the dimensions required to produce the specimens stipulated in 5.2. The inside surfaces of the molds shall be smooth. The sides, bottom, and ends shall be at right angles to each other and shall be straight and true and free of warpage. Maximum variation from the nominal cross section shall not exceed 1/8 in. [3 mm] for molds with depth or breadth of 6 in. [150 mm] or more. Molds shall produce specimens at least as long but not more than 1/16 in. [2 mm] shorter than the required length in 5.2.

4.4 *Tamping Rod*—A round, straight steel rod with the dimensions conforming to those in Table 1, having the tamping end or both ends rounded to a hemispherical tip of the same diameter as the rod.

4.5 *Vibrators*—Internal vibrators shall be electric motor driven flexible shaft type. The frequency or vibration shall be 7000 vibrations per minute or greater while in use. The outside diameter or side dimension of the vibrating element shall be at least 0.75 in. [20 mm] and not greater than 1.5 in. [40 mm]. The combined length of the shaft and vibrating element shall exceed the maximum depth of the section being vibrated by at least 3 in. [75 mm]. For cylinders, the diameter of the vibrating element must be no more than one fourth the diameter of the cylinder. For beams, the diameter of the vibrating element must be no more than one third the width of the mold. A vibrating-reed tachometer shall be used to check the frequency of vibration.

4.6 *Mallet*—A mallet with a rubber or rawhide head weighing 1.25 ± 0.50 lb [0.6 ± 0.2 kg] shall be used.

4.7 *Small Tools*—Shovels, hand-held floats, scoops, and a vibrating-reed tachometer shall be provided.

4.8 *Slump Apparatus*—The apparatus for measurement of slump shall conform to the requirements of Test Method C 143.

4.9 *Sampling Receptacle*—The receptacle shall be a suitable heavy gage metal pan, wheelbarrow, or flat, clean nonabsorbent board of sufficient capacity to allow easy remixing of the entire sample with a shovel or trowel.

4.10 *Air Content Apparatus*—The apparatus for measuring air content shall conform to the requirements of Test Methods C 173 or C 231.

5. Testing Requirements

5.1 *Cylindrical Specimens*—Compressive or splitting tensile strength specimens shall be cylinders cast and hardened in an upright position, with a length equal to twice the diameter. The standard specimen shall be the 6 by 12-in. [150 by 300-mm] cylinder when the nominal maximum size of the coarse aggregate does not exceed 2 in. [50 mm] (Notes 1 and 2). When the nominal maximum size of the coarse aggregate does exceed 2 in. [50 mm], either the concrete sample shall be treated by wet sieving as described in Practice C 172 or the diameter of the cylinder shall be at least three times the nominal maximum size of coarse aggregate in the concrete. For acceptance testing for specified strength, cylinders smaller than 6 by 12 in. [150 by 300 mm] shall not be used, unless another size is specified (Note 3).

NOTE 1—The nominal maximum size is the smallest sieve opening through which the entire amount of aggregate is required to pass.

NOTE 2—When molds in SI units are required and not available, equivalent inch-pound unit size mold should be permitted.

NOTE 3—For uses other than acceptance testing for specified strength, a 4 by 8 in. [100 by 200 mm] or 5 by 10 in. [125 by 250 mm] cylinder may be suitable. However, the diameter of any cylinder shall be at least three times the nominal maximum size of the coarse aggregate in the concrete (Note 1). When cylinders smaller than the standard size are used, within-test variability has been shown to be higher but not to a statistically significant degree. The compressive strength results are affected by a number of factors including cylinder size.

5.2 *Rectangular Beam Specimens*—Flexural strength specimens shall be rectangular beams of concrete cast and hardened in the horizontal position. The length shall be at least 2 in. [50 mm] greater than three times the depth as tested. The ratio of width to depth as molded shall not exceed 1.5. The standard beam shall be 6 by 6 in. [150 by 150 mm] in cross section, and shall be used for concrete with nominal maximum size coarse aggregate up to 2 in. [50 mm] (Note 2). When the nominal maximum size of the coarse aggregate exceeds 2 in. [50 mm], the smaller cross sectional dimension of the beam shall be at least three times the nominal maximum size of the coarse aggregate. Unless required by project specifications, beams made in the field shall not have a width or depth of less than 6 in. [150 mm].

5.3 *Field Technicians*—The field technicians making and curing specimens for acceptance testing shall be certified ACI Field Testing Technicians, Grade I or equivalent. Equivalent personnel certification programs shall include both written and performance examinations, as outlined in ACI CP-1.

6. Sampling Concrete

6.1 The samples used to fabricate test specimens under this standard shall be obtained in accordance with Practice C 172 unless an alternative procedure has been approved.

6.2 Record the identity of the sample with respect to the location of the concrete represented and the time of casting.

7. Slump, Air Content, and Temperature

7.1 *Slump*—Measure and record the slump of each batch of concrete from which specimens are made immediately after remixing in the receptacle, as required in Test Method C 143.

TABLE 1 Tamping Rod and Rodding Requirements

Diameter of Cylinder, in. (mm)	Rod Dimensions		Number of Roddings/Layer
	Diameter of Rod, in. (mm)	Length of Rod, in. (mm)	
< 6 (150)	3/8 (10)	12 (300)	25
6 (150)	3/8 (16)	24 (600)	25
8 (200)	3/8 (16)	24 (600)	50
10 (250) (or greater)	3/8 (16)	24 (600)	75

TABLE 2 Specimen Size, Type, and Molding Requirements

Specimen Type and Size, as Depth, in. (mm)	Mode of Consolidation	Number of Layers	Approximate Depth of Layer, in. (mm)
Cylinders:			
12 (300) or less	rodding	3 equal	4 (100) or less
Over 12 (300)	rodding	as required	4 (100) or less
12 (300) or less	vibration	2 equal	6 (150) or less
12 (300) to 18 (450)	vibration	2 equal	half depth of specimen
Over 18 (450)	vibration	3 or more	8 (200) or as near as practicable
Beams:			
6 (150) to 8 (200)	rodding	2 equal	half depth of specimen
Over 8 (200)	rodding	3 or more	4 (100)
6 (150) to 8 (200)	vibration	1	depth of specimen
Over 8 (200)	vibration	2 or more	8 (200) as near as practicable

7.2 *Air Content*—Determine and record the air content in accordance with either Test Method C 173 or Test Method C 231. The concrete used in performing the air content test shall not be used in fabricating test specimens.

7.3 *Temperature*—Determine and record the temperature in accordance with Test Method C 1064.

NOTE 4—Some specifications may require the measurement of the unit weight of concrete. The volume of concrete produced per batch may be desired on some projects. Also, additional information on the air content measurements may be desired. Test Method C 138 is used to measure the unit weight, yield, and gravimetric air content of freshly mixed concrete.

8. Molding Specimens

8.1 *Place of Molding*—Mold specimens promptly on a level, rigid surface, free of vibration and other disturbances, at a place as near as practicable to the location where they are to be stored.

8.2 *Casting Cylinders*—From Tables 1, 2, and 3, determine method of consolidation, the number and approximate depth of the layers and number of roddings per layer. If consolidation is by rodding, select the size of the tamping rod from Table 2. If consolidation is by internal vibration, select the proper vibrator to meet the requirements in 4.5. Select a small tool, such as a scoop, blunted trowel, or shovel, of a size and shape large enough so each amount of concrete obtained from the sampling receptacle will be representative and small enough so concrete is not lost when being placed in the mold. While placing the concrete in the mold, move the small tool around the perimeter of the mold opening to ensure an even distribution of the concrete and minimize segregation. Each layer of concrete shall be consolidated as required. In placing the final layer, add an amount of concrete that will fill the mold after consolidation. Underfilled or overfilled molds shall be adjusted with representative concrete during consolidation of the top layer.

8.3 *Casting Beams*—From Tables 2 and 3 determine the method of consolidation, the approximate depth, and number of layers. If consolidation is by rodding use the 5/8-in. [16-mm] tamping rod. Determine the number of roddings

per layer, one for each 2 in.² [14 cm²] of the top surface area of the beam. If consolidation is by internal vibration, select the proper vibrator to meet the requirements in 4.5. Select a small tool, such as a scoop, blunted trowel, or shovel, of the size and shape large enough so each amount of concrete obtained from the sampling receptacle is representative and small enough so concrete is not lost when placed in the mold. While placing the concrete in the mold, move the small tool around the opening to ensure even distribution of the concrete and minimize segregation. Each layer shall be consolidated as required. In placing the final layer, add an amount of concrete that will fill the mold after consolidation. Underfilled or overfilled molds shall be adjusted with representative concrete during consolidation of the top layer.

8.4 *Consolidation*—The methods of consolidation for this practice are rodding or internal vibration.

8.4.1 *Rodding*—Place the concrete in the mold, in the required number of layers of approximately equal volume. Rod each layer with the rounded end of the rod using the required number of roddings. Rod the bottom layer throughout its depth. Distribute the roddings uniformly over the cross section of the mold. For each upper layer allow the rod to penetrate about 1/2 in. [12 mm] into the underlying layer when the depth of the layer is less than 4 in. [100 mm], and about 1 in. [25 mm] when the depth is 4 in. [100 mm] or more. After each layer is rodded, tap the outsides of the mold lightly 10 to 15 times with the mallet, to close any holes left by rodding and to release any large air bubbles that may have been trapped. Use an open hand to tap light-gage single-use cylinder molds which are susceptible to damage if tapped with a mallet. After tapping, spade the concrete along the sides and ends of beam molds with a trowel or other suitable tool.

8.4.2 *Vibration*—Maintain a uniform time period for duration of vibration for the particular kind of concrete, vibrator, and specimen mold involved. The duration of vibration required will depend upon the workability of the concrete and the effectiveness of the vibrator. Usually sufficient vibration has been applied as soon as the surface of the concrete has become relatively smooth. Continue vibration only long enough to achieve proper consolidation of the concrete. Overvibration may cause segregation. Fill the molds and vibrate in the required number of approximately equal layers. Place all the concrete for each layer in the mold before starting vibration of that layer. In compacting the specimen, the vibrator shall not be allowed to rest on the bottom or sides of the mold. Carefully withdraw the vibrator in such

TABLE 3 Method of Consolidation Requirements

NOTE—Use method of consolidation in Table 3 unless another is specified.

Slump in. (mm)	Method of Consolidation
>3 (75)	rodding
1 to 3 (25 to 75)	rodding or vibration
<1 (25)	vibration

a manner that no air pockets are left in the specimen. When placing the final layer, avoid overfilling by more than 1/4 in. [6 mm].

8.4.2.1 *Cylinders*—Use three insertions of the vibrator at different points for each layer. Allow the vibrator to penetrate through the layer being vibrated, and into the layer below, approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is vibrated, tap the outsides of the mold lightly 10 to 15 times with the mallet, to close any holes that remain and to release any large air bubbles that may have been trapped. Use an open hand to tap light-gage single-use molds which are susceptible to damage if tapped with a mallet.

8.4.2.2 *Beams*—Insert the vibrator at intervals not exceeding 6 in. [150 mm] along the center line of the long dimension of the specimen. For specimens wider than 6 in., use alternating insertions along two lines. Allow the shaft of the vibrator to penetrate into the bottom layer approximately 1 in. (25 mm). After each layer is vibrated, tap the outsides of the mold lightly 10 to 15 times with the mallet to close any holes left by vibrating and to release any large air bubbles that may have been trapped.

8.5 *Finishing*—After consolidation, strike off excess concrete from the surface and float or trowel as required. Perform all finishing with the minimum manipulation necessary to produce a flat even surface that is level with the rim or edge of the mold and that has no depressions or projections larger than 1/8 in. [3.3 mm].

8.5.1 *Cylinders*—After consolidation, finish the top surfaces by striking them off with the tamping rod where the consistency of the concrete permits or with a wood float or trowel. If desired, cap the top surface of freshly made cylinders with a thin layer of stiff portland cement paste which is permitted to harden and cure with the specimen. See section on Capping Materials of Practice C 617.

8.5.2 *Beams*—After consolidation of the concrete, use a hand-held float to strike off the top surface to the required tolerance to produce a flat, even surface.

8.6 *Identification*—Mark the specimens to positively identify them and the concrete they represent. Use a method that will not alter the top surface of the concrete. Do not mark the removable caps. Upon removal of the molds, mark the test specimens to retain their identities.

9. Curing

9.1 *Protection*—Immediately after finishing, precautions shall be taken to prevent evaporation and loss of water from the specimens. Protect the outside surfaces of cardboard molds from contact with wet burlap or other sources of water. Cover specimens with a nonabsorbent, nonreactive plate or sheet of impervious plastic. When wetted burlap is used over the plate or plastic sheet to help retard evaporation, the burlap must not be in contact with the surface of the concrete.

9.2 *Standard Curing*—Standard curing is the curing method used when the specimens are made and cured for the purposes stated in 3.2.

9.2.1 *Storage*—Immediately after finishing move the specimens to an initial curing place for storage (Note 5). If cylinders in the single use molds are moved, lift and support the cylinders from the bottom of the molds with a large trowel or similar device. If the top surface is marred during

movement to place of initial storage, immediately refinish.

9.2.2 *Initial Curing*—After molding, the specimens shall be stored in a temperature range between 60 to 80°F [16 to 27°C] and in a moist environment preventing any loss of moisture up to 48 h (Note 5). At all times the temperature in and between specimens shall be controlled by shielding from direct rays of the sun and radiant heating devices. Specimens that are to be transported to the laboratory for final curing of Section 9.2.3 before 48 h shall remain in the molds in a moist environment, until they are received in the laboratory, demolded and placed in final curing. If specimens are not transported within 48 h, the molds shall be removed within 24 ± 8 h and final curing used until transported (see 10.1).

NOTE 5—It may be necessary to create an environment during initial curing to provide satisfactory moisture and to control the temperature. The specimens may be immersed immediately in saturated limewater, and/or stored in tightly constructed wooden boxes, damp sand pits, temporary buildings at construction sites, under wet burlap, or in heavyweight closed plastic bags. Immersing in saturated limewater is not acceptable for specimens in cardboard or other molds that expand when immersed in water. Other suitable methods may be used provided the foregoing requirements limiting specimen temperature and moisture loss are met. The temperature may be controlled by ventilation, or thermostatically controlled cooling devices, or by heating devices such as stoves, light bulbs, or thermostatically controlled heating elements. Temperature record of the specimens may be established by means of maximum-minimum thermometers. Early age results may be lower when stored near 60°F [16°C] and higher when stored near 80°F [27°C].

9.2.3 *Final Curing:*

9.2.3.1 *Cylinders*—Upon completion of initial curing and within 30 min after removing the molds, store specimens in a moist condition with free water maintained on their surfaces at all times at a temperature of $73 \pm 3^\circ\text{F}$ [$23 \pm 2^\circ\text{C}$]. Temperatures between 68 and 86°F [20 and 30°C] are permitted for a period not to exceed 3 h immediately prior to test if free moisture is maintained on the surfaces of the specimen at all times, except when capping with sulfur mortar capping compound. When capping with this material, the ends of the cylinder will be dried as described in Practice C 617. Specimens shall not be exposed to dripping or running water. The curing requirements for water storage tanks, moist rooms and cabinets are in Specification C 511.

9.2.3.2 *Beams*—Beams are to be cured the same as cylinders (see 9.2.3.1) except for a minimum of 20 h prior to testing, they shall be stored in water saturated with calcium hydroxide at $73 \pm 3^\circ\text{F}$ [$23 \pm 2^\circ\text{C}$]. Drying of the surfaces of the beam shall be prevented between removal from limewater and completion of testing.

NOTE 6—Relatively small amounts of surface drying of flexural specimens can induce tensile stresses in the extreme fibers that will markedly reduce the indicated flexural strength.

9.3 *Field Curing*—Field curing is the curing method used for the specimens made and cured as stated in 3.3.

9.3.1 *Cylinders*—Store cylinders in or on the structure as near to the point of deposit of the concrete represented as possible. Protect all surfaces of the cylinders from the elements in as near as possible the same way as the formed work. Provide the cylinders with the same temperature and

moisture environment as the structural work. Test the specimens in the moisture condition resulting from the specified curing treatment. To meet these conditions, specimens made for the purpose of determining when a structure is permitted to be put in service shall be removed from the molds at the time of removal of form work.

9.3.2 *Beams*—As nearly as practicable, cure beams in the same manner as the concrete in the structure. At the end of 48 ± 4 h after molding, take the molded specimens to the storage location and remove from the molds. Store specimens representing pavements of slabs on grade by placing them on the ground as molded, with their top surfaces up. Bank the sides and ends of the specimens with earth or sand

10. Transportation of Specimens to Laboratory

10.1 Prior to transporting, specimens shall be cured and protected as required in Section 9. During transportation, the specimens must be protected with suitable cushioning material to prevent damage from jarring and from freezing temperatures, or moisture loss. Excessive moisture loss is prevented by securely wrapping the specimens in plastic or surrounding them with wet sand or wet saw dust. The time for transportation shall not exceed 4 h.

11. Report

11.1 Report the following information to the laboratory



Standard Test Method for Bulk Density by Physical Measurements of Manufactured Carbon and Graphite Articles¹

This standard is issued under the fixed designation C 559; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

^{ε1} NOTE—Section 10 was added editorially in June 1995.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the bulk density of manufactured articles of carbon and graphite of at least 500 mm³ volume. The bulk density is calculated to an accuracy of 0.25 %, using measurements of mass and dimensions in air at 25 ± 5°C.

1.2 *This standard does not purport to address the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

E 380 Practice for Use of the International System of Units (SI) (the Modernized Metric System)²

3. Terminology

3.1 Definition of Term Specific to This Standard:

3.1.1 *bulk density*—the mass of a unit volume of material including both permeable and impermeable voids.

4. Significance and Use

4.1 Bulk density as determined by this test method is a basic material property of importance in manufacturing and application of carbon and graphite.

4.2 This test method can be used for quality and process control, material characterization and description, and other purposes.

5. Preparation of Test Specimens

5.1 Machine test specimens from the manufactured article in the form of a rectangular parallelepiped or a right circular cylinder. The minimum mass of the specimen shall be 2000 times the sensitivity of the balance used to weigh the specimen, and the volume of the specimen shall not be less than 500 mm³. The minimum dimension of the specimen shall be the larger of:

5.1.1 Ten times the length of the largest visible particle and

5.1.2 2000 times the resolution of the device used for measuring the dimension.

5.2 During the machining operation, use no lubricant having a boiling point above 100°C. All corners, edges, and faces of the specimen should be free of chips or gouges. Ensure that the specimen is free of any residue from the machining operation. Dry the specimen for a minimum of 2 h at 110°C, and then allow it to cool to 25 ± 5°C in a desiccator. The specimen shall not be removed from the desiccator until immediately prior to weighing.

6. Procedure

6.1 Weigh the specimen to an accuracy of 0.05 % using a balance or scale. During the weighing operation, handle the specimen with soft-tipped tongs.

6.2 Measure each dimension of the test specimen to an accuracy of 0.05 %.

6.2.1 If the specimen is a rectangular parallelepiped, make four measurements of the length (longest dimension). Take each measurement along the center of each of the four long faces of the specimen. Measure the width and thickness at each end and at two intermediate points along the length of the specimen. Determine the mean of each dimension.

6.2.2 If the specimen is a right circular cylinder, measure the length at four points, 90° apart on the periphery of the circular end faces. Make two sets of diameter measurements. Each set shall consist of four measurements, one at each end and two at intermediate points along an axial line. These sets shall lie at 90° to each other. Determine the mean length and the mean of each of the two sets of diameter measurements.

7. Calculation

7.1 Convert the mass to milligrams and the dimensions to millimetres, or convert the mass to megagrams and the dimensions to metres. Conversion factors are available in Practice E 380.

7.2 The volume of the specimen may be calculated as follows:

For a rectangular parallelepiped:

$$V = l wt$$

where:

V = volume, mm³ (or m³),

l = mean length, mm (or m),

w = mean width, mm (or m), and

t = mean thickness, mm (or m).

For a right circular cylinder:

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-5 on Manufactured Carbon and Graphite Products and is the direct responsibility of Subcommittee C05.03 on Property Measurements.

Current edition approved Mar. 30, 1990. Published May 1990. Originally published as C 559 – 68 T. Last previous edition C 559 – 85.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

$$V = (\pi d_1 d_2 l) / 4$$

where:

d_1, d_2 = mean diameters, mm (or m).

7.3 The bulk density of the specimen may be calculated as follows:

$$D = M/V$$

where:

D = bulk density, mg/mm³ (or Mg/m³),

M = mass, mg (or Mg), and

V = volume, mm³ (or m³).

8. Report

8.1 Report the following:

8.1.1 Type, source, grade, and form of the sample, and

8.1.2 Densities of the individual specimens and the mean.

9. Precision and Bias

9.1 No numerical statement can be made on the intralaboratory or interlaboratory precision of this test method, since such tests have not been run. The resultant density will be accurate to within the claimed 0.25 % if the following conditions are met in their entirety:

9.1.1 All measuring devices (calipers, scales, and balances) have accuracy, at the time of use, equal to the resolution of the device. Such accuracy can be verified by measurement of standards before and after any series of density determinations, plus a program of regular calibration of standards.

9.1.2 The machined specimens have right angles accurate to $\pm 1^\circ$.

9.1.3 The machined specimens have plane surfaces flat to within 0.05 % of the dimension perpendicular to the plane. If the specimen is a rectangular parallelepiped, nonparallel opposite sides will cause a systematic error if a standard

micrometer having flat anvil faces is used. (If a round anvil micrometer is used, disregard the following.) The systematic error will be greater than the accuracy of the measurement if the measurements of a given dimension are uniformly increasing or decreasing along the specimen, and if

$$\tan \theta > \frac{(0.001)(\text{mean dimension being measured})}{(\text{micrometer anvil diameter})}$$

where θ is the angle by which the sides deviate from parallelism ($\theta = 0^\circ$ for parallel sides). If $\tan \theta$ is greater than the specified tolerance, the specimen should be discarded.

9.2 If specimens having volumes close to the minimum (500 mm³) are used, extra care should be taken to ensure that the specified accuracies are achieved.

9.3 Surface roughness may cause systematic errors in dimension measurements since micrometer calipers generally read surface peaks. In order to ensure that the accuracy standards for dimension measurements are met, the maximum peak-to-valley distance shall be less than 0.05 % of the dimension being measured.

9.4 The buoyant effect of the air will cause a systematic error. For typical carbon and graphite, the densities will be low by approximately 0.05 %. This systematic error has been taken into account in the overall bias (0.25 %) of the test method.

9.5 Errors can be introduced by deformation of specimens from application of force during dimensional measurement. Care must be taken not to exert force on a specimen during measurement, particularly when measuring a low modulus material.

9.6 Contamination of specimens during handling can cause the apparent mass to deviate from the true mass. The cautions in Sections 5 and 6 concerning specimen handling and cleanliness must be observed.

10. Keywords

10.1 bulk; carbon density; graphite; gravimetric; physical

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.