

TUES
1501
M3854
1998
Ej. 2

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

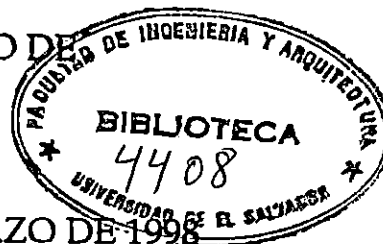


UTILIZACIÓN DE BLOQUES DE SUELO-CEMENTO
MACHIMBRADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE
BAJO COSTO

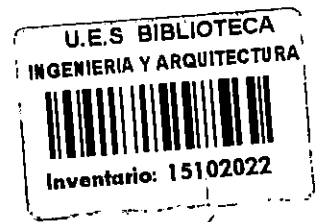
PRESENTADO POR
RUDY ARMANDO MARTÍNEZ DERAS
OMAR EDGARDO REYES BARRERA
JOSÉ JOAQUÍN VAQUERO ESCOBAR

15102022 15102022

PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL



CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO DE 1998



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :
DR. JOSÉ BENJAMÍN LÓPEZ GUILLEN

SECRETARIO GENERAL :
LIC. ENNIO ARTURO LUNA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :
ING. JOAQUÍN ALBERTO VANEGAS AGUILAR

SECRETARIO :
ING. JOSÉ RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :
ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURAN

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

Titulo :
UTILIZACIÓN DE BLOQUES DE SUELO-CEMENTO
MACHIMBRADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE
BAJO COSTO.

Presentado por :
RUDY ARMANDO MARTÍNEZ DERAS
OMAR EDGARDO REYES BARRERA
JOSÉ JOAQUÍN VAQUERO ESCOBAR

Trabajo de Graduación Aprobado Por:

Coordinador :
ING. JOSÉ MIGUEL LANDAVERDE

Asesor :
ING. RENÉ SALVADOR CARDOZA

San Salvador, Marzo de 1998

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador


ING. JOSÉ MIGUEL LANDAVERDE

Asesor


ING. RENÉ SALVADOR CARDOZA



ESTE TRABAJO ES DEDICADO EN MEMORIA DEL ING.
ROLANDO AMAYA DE LEÓN (Q.D.D.G.) QUIEN FUE
ASIGNADO COORDINADOR DE ESTE SEMINARIO DE
GRADUACIÓN MOSTRANDO UN INTERÉS ESPECIAL POR EL
DESARROLLO DEL PRESENTE TRABAJO.

AGRADECIMIENTO

Queremos demostrar nuestro agradecimiento a todas aquellas personas o entidades que de alguna u otra forma han contribuido al desarrollo y a la realización del presente trabajo de graduación, en especial a:

- Nuestro coordinador Ing. José Miguel Landaverde y asesor Ing. René Salvador Cardoza, quienes dedicaron su valioso tiempo y experiencia en el desarrollo de este seminario de graduación.

- A la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL) quien como institución vinculada con el desarrollo del tema, brindaron su total apoyo, proporcionando la información requerida a través del Ing. René Salvador Cardoza.

- Al personal del laboratorio de suelos y materiales "Ing. Mario Ángel Guzmán Urbina" de la Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador por su esmerada y valiosa colaboración.

- También queremos agradecer de manera muy especial a nuestra amiga y compañera Gladys Concepción Guardado, por su apoyo y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

- A todos nuestros amigos y compañeros que en uno u otro momento contribuyeron al desarrollo de este trabajo de graduación a todos muchas gracias.

RUDY, OMAR y JOAQUÍN

DEDICO EL PRESENTE TRABAJO:

A DIOS TODOPODEROSO, CON TODO AMOR QUIEN ME GUÍA EN EL
CAMINO DE MI VIDA.

A MIS PADRES:

ANA MARÍA

BOANERGES MARTÍNEZ

QUIENES ME AYUDARON EN TODO MOMENTO

Y A TODOS MIS AMIGOS QUIENES ME INCITARON A SEGUIR
ADELANTE.

EN ESPECIAL A:

DAYSÍ ACOSTA

NOHEMY VENTURA

OLGA VILLACORTA

ALFREDO GAVIDIA

AMIGOS DE TESIS:

JOAQUÍN

OMAR

QUIENES ME ACONSEJARON EN ESTA ETAPA DE MI VIDA

RUDY

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO POR HABERME AYUDADO A CULMINAR MI CARRERA ESTANDO EN LOS MOMENTOS MÁS DIFÍCILES, MOSTRÁNDOME MOMENTO A MOMENTO QUE ÉL NUNCA ME ABANDONÓ Y DICIÉNDOME POR MEDIO DE SU PALABRA QUE A LOS QUE AMAN A DIOS TODAS LAS COSAS LES AYUDAN A BIEN.

- A MI PADRE LEONARDO BARRERA QUIEN ME APOYÓ EN TODO TIEMPO DÁNDOME LA AYUDA QUE SI NO HUBIERA SIDO POR EL NO HUBIERA SIDO POSIBLE LLEGAR HASTA HOY.

- A MI MADRE ANTONIA ELIZABETH REYES QUIEN ME CONSOLÓ EN TODO TIEMPO DÁNDOME ANIMO Y PROTECCIÓN EN TODO TIEMPO. GRACIAS MAMÁ.

- A MI HERMANA GRISELDA REYES QUIEN ME MOSTRÓ SU AYUDA MORAL PARA ALCANZAR ESTA META.

- A MI HERMANA NANCY REYES QUIEN ME AYUDÓ EN TODO MOMENTO PARA LOGRAR TERMINAR MI CARRERA.

- A MI HERMANO MARDEN LEONEL QUIEN ME APOYO SIEMPRE PARA LLEGAR A OBTENER EL TRIUNFO EN MI CARRERA.

- A MIS COMPAÑEROS DE UNIVERSIDAD QUE FUERON LOS QUE SIEMPRE ME ANIMARON PARA LLEGAR A CULMINAR LA CARRERA A MI QUERIDA COMPAÑERA DAYSI (LA COLOCHA), NOHEMI (LA DELICADA), OLGA, MITZY, GAVIDIA Y A TODOS LOS QUE MOSTRARON SU APOYO EN TODO MOMENTO.

OMAR

DEDICATORIA

ESTE TRABAJO LO DEDICO A:

A DIOS TODOPODEROSO, JESUCRISTO MI SEÑOR Y SALVADOR, QUE POR SU AMOR Y MISERICORDIA ME HA PERMITIDO ALCANZAR LA META DESEADA Y QUIEN ME HA GUIADO E ILUMINADO EN TODOS LOS MOMENTOS DE MI VIDA.

A MIS QUERIDOS PADRES:

A MI PAPÁ:

FILIBERTO M. VAQUERO GALLARDO (Q.D.D.G.), QUIEN SIEMPRE ANHELÓ VER ESTE MOMENTO, HOY LO DEDICO A SU MEMORIA, POR SER UN PADRE EJEMPLAR Y HABERME APOYADO EN TODO MOMENTO.

A MI MAMÁ:

ROSA A. ESCOBAR FIGUEROA DE VAQUERO, POR SUS ORACIONES Y SER ESE APOYO PARA CONTINUAR HOY LE DEDICO ESTE TRIUNFO QUE SE LO MERECE.

A MIS HERMANOS:

FILIBERTO ANTONIO, ANA CECILIA, DELIA MARÍA, CARMEN ROSA, JOSÉ EFRAÍN, RINA MARÍA Y MAURICIO ANTONIO. POR SUS PALABRAS DE ALIENTO Y ESTAR SIEMPRE CONMIGO.

A MIS AMIGOS, COMPAÑEROS, PROFESORES Y DEMÁS FAMILIARES QUE DE UNA U OTRA FORMA CONTRIBUYERON A LLEVAR A FELIZ TERMINO MI CARRERA. MUCHAS GRACIAS

JOAQUÍN

INDICE

	PAG.
CAPITULO I.	
ANTEPROYECTO	1
1.1 JUSTIFICACIÓN	2
1.2 OBJETIVOS	4
1.3 DELIMITACIÓN	5
1.4 ANTECEDENTES DE LA VIVIENDA RURAL	6
1.4.1 ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE BLOQUES DE SUELO-CEMENTO MACHIMBRADO	8
1.5 METODOLOGÍA	10
CAPITULO II.	
SUELO-CEMENTO	12
2.0 GENERALIDADES	13
2.1 SUELOS	14
2.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS	15
2.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS GRUESOS	16
2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS FINOS	17
2.1.4 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS	23
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	27
2.2.1 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS	27

	PÁG.
2.3 SUELO-CEMENTO	31
2.3.1 PROPIEDADES DEL SUELO CEMENTO	31
2.3.1.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	31
2.3.1.2 RESISTENCIA AL DESGASTE	32
2.3.1.3 CAMBIOS VOLUMÉTRICOS	33
2.3.1.4 RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN	33
2.3.1.5 MODULO DE ELASTICIDAD	34
2.3.1.6 AGRIETAMIENTO	35
2.4 ESTABILIZACIÓN DEL SUELO	35
2.5 SUELOS APTOS PARA LAS MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO	36
2.6 MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO	37
2.6.1 ESTRUCTURA INTERNA DEL SUELO CEMENTO	39
2.7 VENTAJAS Y CARACTERÍSTICAS DE MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO	41

CAPITULO III.

SELECCIÓN DE MATERIALES, MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN Y MAQUINARIA PARA LA FABRICACIÓN DE LOS BLOQUES	44
3.0 INTRODUCCIÓN	45
3.1 SELECCIÓN DE LOS BANCOS DE MATERIALES	46
3.2 UBICACIÓN DE LOS BANCOS DE MATERIALES	49
3.3 PRUEBAS DE MATERIALES	52

	PÁG.
3.4 PRUEBAS DE CAMPO	52
3.4.1 RESISTENCIA SECA	53
3.4.2 SACUDIMIENTO	53
3.4.3 PLASTICIDAD	53
3.4.4 FINURA	54
3.4.5 CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	54
3.5 PRUEBAS DE LABORATORIO	56
3.5.1 CONTENIDO DE HUMEDAD	56
3.5.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	58
3.5.3 GRAVEDAD ESPECIFICA	60
3.5.4 CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	64
3.5.5 RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO	65
3.6 DIFERENTES MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DEL SUELO, PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES	77
3.6.1 ESTABILIZACIÓN CON ZACATE	78
3.6.2 ESTABILIZACIÓN CON CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ	78
3.6.3 ESTABILIZACIÓN CON CAL	79
3.6.4 ESTABILIZACIÓN CON ASFALTO	80
3.6.5 ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO	81
3.7 MAQUINARIA UTILIZADA EN LA FABRICACIÓN DE LOS BLOQUES	82

3.8	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE MAQUINAS PRODUCTORAS DE BLOQUES DE SUELO CEMENTO	89
3.9	EQUIPO A UTILIZAR EN LA FABRICACIÓN DEL BLOQUE	92

CAPITULO IV.

	DISEÑO DEL BLOQUE DE SUELO-CEMENTO MACHIMBRADO	98
4.1	INTRODUCCIÓN	99
4.2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE BLOQUE DE SUELO-CEMENTO MACHIMBRADO	99
4.3	ANÁLISIS CONSTRUCTIVO	102
	4.3.1 DIMENSIONES DEL BLOQUE	105
	4.3.2 DISEÑO DEL MOLDE	110
4.4	DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA	113
	4.4.1 CANTIDAD DE CEMENTO	116
	4.4.2 MEZCLA FRESCA	119
	4.4.2.1 HUMEDAD OPTIMA	122
	4.4.2.2 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA	122
	4.4.3 MEZCLA ENDURECIDA	125

CAPITULO V.

	DISEÑO DEL BLOQUE DE SUELO-CEMENTO MACHIMBRADO	127
5.0	INTRODUCCIÓN	128
5.1	ABSORCIÓN (NORMA ASTM C-90)	128

	PÁG.
5.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NORMA ASTM C-140)	131
5.3 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (NORMA ASTM D-63)	137
5.4 ELABORACIÓN DE PRISMAS	141
5.4.1 PRUEBAS MECÁNICAS DE PRISMAS	141
5.4.1.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS	144
5.4.1.2 RESISTENCIA A LA FUERZA CORTANTE ..	146
5.5 RESULTADOS DE PRUEBAS MECÁNICAS	150
CAPITULO VI.	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	151
BIBLIOGRAFÍA	164
ANEXOS	

RESUMEN

El presente trabajo de graduación ha sido desarrollado con el propósito de dar una alternativa de solución al problema del alto costo de la vivienda en nuestro país. A través de métodos y tecnologías no tradicionales.

La investigación es presentada en seis capítulos de los cuales en el primer capítulo contiene el anteproyecto, la justificación del tema, objetivos generales y específicos, delimitación, antecedentes y la metodología a desarrollar. Luego procedemos a las generalidades del suelo-cemento, las propiedades y características físicas y mecánicas del mismo, analizando previamente las generalidades de los suelos y obtener así los suelos aptos para el diseño de mezclas de suelo-cemento. Se delimita la ubicación de los bancos de materiales (suelo) a utilizar para la fabricación de las unidades, realizándose previamente las pruebas de campo como: sacudimiento, brillantez, olor y color y las pruebas de laboratorio como: granulometría, gravedad específica, contenido de materia orgánica y contenidos de humedad desarrollados en el capítulo II y III respectivamente.

Con la selección del material adecuado procedemos al diseño de la mezcla de suelo-cemento, para obtener la dosificación que presente mejor comportamiento y continuar con la elaboración del bloque, analizando el tipo de maquinaria a utilizar en la fabricación de las unidades.

Antes de proceder a la elaboración de los bloques, definiremos el diseño del molde a utilizar, lo cual es desarrollado en el capítulo IV, detallando las dimensiones del bloque, el análisis constructivo y detalle del refuerzo a colocar.

Se le realizaron a las unidades terminadas diferentes pruebas de laboratorio como: resistencia a la compresión, a la flexión, absorción y la elaboración de prismas para la revisión de esfuerzos a compresión y cortante para conocer el comportamiento estructural como pared (capítulo V).

Finalmente se presentan en el capítulo VI las conclusiones y recomendaciones del siguiente seminario de graduación.

CAPITULO I ANTEPROYECTO

CAPITULO I.

ANTEPROYECTO

1.1 JUSTIFICACIÓN

El problema de la vivienda en El Salvador se ha venido agudizando cada día más de tal forma que en la actualidad alcanza niveles inquietantes, lo cual se ha debido a diferentes causas como la baja capacidad de pago en la mayoría de la población, el costo de la tierra, la falta de servicios de infraestructura, poca correlación entre los ingresos familiares y el elevado costo de las viviendas, la falta de políticas crediticias y muchas otras causas más que han contribuido que la gran mayoría de la población no cuenta o posea una vivienda digna donde puede habitar.

De manera que el problema habitacional se vuelva más crítico. Se desea contribuir presentando un nuevo sistema el cual ha sido implementado en otros países con buenos resultados, garantizando una solución viable al sector vivienda.

Es necesario hacer investigaciones en universidades, especialmente en la Universidad de El Salvador, como institución que tiene un papel importante en la solución de problemas de carácter social, es esencial realizarlas con la ayuda de instituciones gubernamentales y no

gubernamentales e instituciones privadas para desarrollar una tecnología apropiada en la formulación de nuevos sistemas o técnicas que conlleven al conocimiento de un mejor aprovechamiento de los materiales en su estado natural que se encuentran en las zonas donde se proyecta la construcción de viviendas.

En esta dirección queremos con el apoyo de la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL), institución que ha demostrado su total respaldo al desarrollo del tema, en coordinación con la Universidad de El Salvador y así tener una relación directa entre ambas instituciones. De esta forma buscar alternativas al problema del alto costo de la vivienda para las grandes mayorías, presentando un nuevo método constructivo utilizando bloques de suelo cemento machimbrado, como opción alternativa en la construcción de viviendas de bajo costo.

De acuerdo a estudios realizados el suelo estabilizado con cemento ha demostrado excelente calidad y comportamiento ante los fenómenos naturales que se dan en nuestro país.

El sistema de bloques de suelo-cemento machimbrado justifica una economía en el costo de producción, ahorro de mortero, encofrado, rapidez y es de fácil colocación, ya que actualmente se utiliza en países de América latina como Colombia, Cuba, Brasil y otros.

Por todo esto se cree que el bloque de suelo-cemento machimbrado puede resultar hoy un aporte positivo en la construcción de viviendas de bajo costo para las grandes mayorías de nuestro país, por lo cual se desarrolla el presente trabajo.

1.2 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Investigar la aplicación del sistema de bloques de suelo-cemento machimbrado en la construcción de vivienda popular.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar la ubicación de bancos para obtener los materiales a usar en las pruebas de laboratorio.
- Elegir la dosificación adecuada para la fabricación de bloques que se utilizarán en la construcción de viviendas a bajo costo.
- Fabricación de unidades con la proporción óptima de suelo-cemento del banco seleccionado.
- Evaluar el comportamiento físico y mecánico de muestras y especímenes que se someterán a ensayos en el laboratorio.

1.3 DELIMITACIÓN.

La investigación de este tema estará limitado a la utilización de bloques de suelo-cemento machimbrado en la construcción de viviendas de bajo costo en el área rural (vivienda de interés social), para obtener el material que será utilizado (suelo) en la construcción de los bloques se analizarán tres bancos de suelos ubicados en los siguientes lugares:

1. Banco N° 1.

Se encuentra localizado al norte del departamento de San Salvador, carretera troncal del norte Km. 1 1/2 al norte de la ciudad de Apopa.

2. Banco N°2.

Ubicado en la población de San Pedro Perulapía, carretera Panamericana en el Departamento de Cuscatlán.

3. Banco N°3.

Localizado en la población de Olocuilta, en la carretera que conduce del Aeropuerto Internacional de El Salvador, hacia San Salvador, el cual pertenece al Departamento de La Paz.

A los bancos de material antes mencionados se les efectuará ensayos de campo y laboratorio. En el campo se realizarán pruebas de resistencia seca, sacudimiento, plasticidad, finura y materia orgánica.

Los bloques de suelo-cemento se analizarán en el laboratorio y se efectuarán las pruebas de resistencia a la compresión, a la flexión, absorción y la elaboración de prisma para la revisión de esfuerzos horizontales y verticales, para conocer el comportamiento estructural como pared.

1.4 ANTECEDENTES DE LA VIVIENDA RURAL.

La población rural aumentó de 1.178,750 a 1.544,087 en el año de 1961, lo cual representa una variación absoluta del 30.99% y actualmente según los cálculos de proyección el número de habitantes de la zona rural asciende a 2.452,071 aproximadamente.

A pesar del impulso que ha experimentado el desarrollo industrial, la agricultura constituye la actividad más importante del país y proporciona empleo aproximadamente al 60% de la población económicamente activa.

El panorama que proyecta la situación actual de la vivienda rural en el país es extremadamente delicado, pues casi todas las habitaciones carecen de los servicios elementales de agua potable, alumbrado eléctrico, alcantarrillados, ventilación y espacio suficiente para alojar a sus ocupantes en condiciones saludables.

Se puede decir que el problema de la vivienda rural en el país, es sumamente complejo, pues aunque está ligado a los aspectos económicos y agrícolas del país, su solución o mejoramiento sólo puede ser logrado a través de una cuidadosa reputación de programas factibles, y de la ejecución continua de estos programas por parte de organismos específicos que respondan a una política de vivienda rural definida.

En 1971 se realizó el 1er. Censo Nacional de Vivienda obteniéndose por primera vez información sobre las viviendas ubicadas en el área rural. El total de viviendas existentes en ese año era de 680,711, de las cuales 283,620 (41.7%) corresponden al área urbana y 397,091 (58.3%) a la rural.

Se puede observar en este censo que más de la mitad del total de viviendas en el país corresponden al área rural, sector que hasta hoy no ha sido tomado en cuenta en el mejoramiento de estas viviendas reconociendo que forman parte de las mayorías.

En el último censo realizado en el año de 1992 el total de viviendas existentes en el área rural ascendió a 562,944 de los cuales 501,872 están ocupadas y 61,072 desocupadas. Por lo tanto esto es un sector de nuestro país que debe tomarsele en cuenta.

1.4.1 ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE BLOQUES DE SUELO-CEMENTO MACHIMBRADO.

- ANTECEDENTES:

El sistema inicia su proceso de experimentación en 1991 en Perú, a través del ININVI (Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda).

En donde, se emplean los primeros bloques, pero se desarrollan las primeras experiencias prácticas en Venezuela y Cuba.

Actualmente este sistema esta siendo utilizado para la construcción masiva de viviendas en Cuba y hasta el momento a presentado ser una alternativa tecnológica, con muy buenos resultados estéticos y estructurales.

- DESCRIPCIÓN:

El sistema está basado en el comportamiento de las estructuras a base de paredes portantes, es decir que cada módulo de pared se comporta como una viga, en el cual los mayores momentos son absorbidos en los extremos de cada una de las paredes.

Es por lo anterior que se debe reforzar los extremos con material preferentemente de vara de castilla, bambú o en un determinado caso con hierro de poco diámetro.

El secreto del sistema está en la eliminación de mortero para la junta y esta se sustituye por un sistema de machimbrado que se elabora en el momento de hacer el bloque en la maquinaria, especificada, ya sea manual o industrial.

En este sistema la única parte que incluye mortero, es en la parte de la modulación de la primera hilada, con el fin de establecer una nivelación adecuada y rígida, ya que es la base del sistema.

Para establecer la rigidez en el sistema se debe incluir un diafragma horizontal de concreto reforzado, con la especificación técnica mínima dada por el código sísmico nacional.

En cuanto al diseño arquitectónico de las edificaciones, se tiene que para los otros métodos de construcción con tierra (Adobe, Tapial, Bajareque, etc.) se especifica que debe predominar el diseño estructural ante el arquitectónico, especialmente en regiones con alta sismicidad.

1.5 METODOLOGÍA.

Para el desarrollo del presente trabajo, se ha tomado en cuenta las recomendaciones dadas por la Fundación Salvadoreña de Desarrollo de Vivienda Mínima (FUNDASAL), institución que ha brindado su total apoyo al desarrollo del presente trabajo.

Primeramente se tratará las generalidades sobre suelo-cemento, las propiedades y características físicas y mecánicas del mismo, se analizarán los suelos aptos para mezcla y las ventajas que presenta la mezcla.

Luego se seleccionará la ubicación del banco de donde se obtendrá el material a utilizar para la fabricación de las muestras, realizándole sus respectivas pruebas como: Granulometría, gravedad específica y contenido de materia orgánica.

Con la selección del material adecuado procederemos al diseño de mezcla de suelo-cemento, para obtener la dosificación que presente mejor comportamiento y continuar con la elaboración del bloque, analizando el tipo de maquinaria a utilizar en su fabricación y el tratamiento que se le dará al bloque (curado).

Se realizarán diferentes pruebas de laboratorio como la de resistencia a la compresión; resistencia a la flexión, absorción y la elaboración de prismas para conocer las propiedades físicas y mecánicas del bloque y que satisfagan los requisitos mínimos de resistencia y durabilidad.

Los ensayos se harán en los laboratorios de Suelos y Materiales en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador.

CAPITULO II

SUELO-CEMENTO

CAPITULO II

SUELO-CEMENTO

2.0 GENERALIDADES.

En las civilizaciones antiguas la utilización de suelos estabilizados fue un hecho innegable, ya que los materiales cementantes fueron conocidos desde tiempos muy remotos. Al emplearse una mezcla lograda mediante la combinación de la arcilla con cemento natural, mezclados con agua, se había dado el primer paso hacia la obtención de un material nuevo, dotado de mejores elementos de estabilidad.

La idea de "suelo-cemento" específicamente es tan antiguo como la del cemento mismo, pero los historiadores en materia de ingeniería coinciden en que el primer uso de que se guarda memoria respecto a ese material se logró en el año de 1917.

Así vemos que la necesidad de viviendas en las áreas subdesarrolladas de países de Africa, Asia y América impulsó a las autoridades a investigar las posibilidades de usar la tierra como material de construcción ya sea por la falta de otros materiales o dificultades de transporte.

Es de mencionar también que la tierra estabilizada con cemento ha demostrado buenos resultados e incluso, compite con algunos de los materiales de construcción más comunes, ya que hace más de 50 años se viene empleando dicho material en la construcción de base y sub-base de carreteras, caminos, aeropuertos, calles y en la ejecución de edificaciones de viviendas, naves agropecuarias e industriales.

2.1 SUELOS

Los suelos forman parte de la corteza terrestre y se encuentran constituidos en diferentes formas, por lo cual es necesario en toda obra civil conocer el tipo de suelo existente sobre el cual descansará una estructura.

Suelo desde el punto de vista de la ingeniería civil se define como: el conjunto de partículas, producto de la desintegración mecánica y química de las rocas, ya sea que estén saturadas o no, que tengan materia orgánica o no, con gases o líquidos incluidos.

Desde el punto de vista de su empleo como material de construcción los suelos se clasifican en dos grandes grupos:

- Suelos Finos.
- Suelos Gruesos.

- Suelos Finos:
Son aquellos que pasan el tamiz N° 200, compuestos principalmente por arcillas y limos.
- Suelos Gruesos:
Constituidos por arenas, las cuales se retienen en la malla N° 200 y las gravas, que son retenidas en la malla N° 4.

Estos dos grupos se fraccionan en subgrupos tomando en cuenta la granulometría o distribución de los diferentes tamaños de partículas que contienen y la plasticidad que ofrecen con diferentes contenidos de humedad. Cada sub grupo responde al comportamiento frente a las acciones internas y externas, como por ejemplo: la permeabilidad, las densidades posibles de alcanzar las deformaciones que pueden sufrir bajo carga y la estabilidad o resistencia entre otros parámetros. Basado en los sistemas de clasificación se puede abarcar una gran mayoría de los suelos creados por la naturaleza en un reducido numero de sub grupos y en relativa facilidad obtener una considerable información sobre cada suelo en específico.

2.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS.

Las propiedades físicas de los suelos quedan cualitativamente definidas en forma aproximado a partir de la ubicación de ese suelo en la carta de plasticidad.

Dentro de estas propiedades físicas se mencionan las características de los suelos gruesos y los suelos finos siguientes:

2.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS GRUESOS

FORMA: En las partículas gruesas, la forma de estas influye grandemente en la capacidad y estabilidad de los depósitos que conforman.

Atendiendo a la forma de los suelos gruesos pueden clasificarse como: redondeados, subredondeados, angulares y subangulares. Así se muestra en la siguiente figura 2.1.2.

Redondez de los suelos y de las rocas

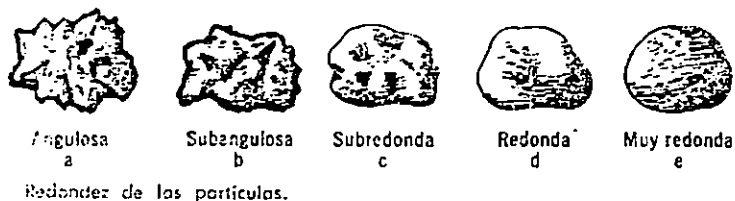


FIGURA 2.1.2

TAMAÑO: Para las partículas gruesas, el tamaño constituye el parámetro más importante para determinar la bondad ingenieril del material, pues la correcta distribución de tamaño (granulometría) en una masa de suelo puede garantizar una densidad óptima al emplearse métodos de compactación adecuados.

El análisis granulométrico o granulometría se refiere a la determinación de la cantidad (en porcentaje) de diferentes tamaños de partículas que constituyen el suelo. Dicho análisis sirve para estimar la influencia que puede tener en la densidad del material compactado; aunque esto último dependerá más que todo del tipo de suelo que se trate.

Existen varios procedimientos para determinar la granulometría de un suelo. En el caso de suelos gruesos la clasificación de los tamaños de partículas se realiza por el "tamizado" que consiste en el cribado del material por diferentes tamices, con distintas aberturas de la malla. A medida que el suelo es más fino la clasificación por tamizado se hace más dificultosa y hasta imposible, por lo que se recurre a la clasificación por "sedimentación" o análisis granulométrico húmedo.

Con toda la información obtenida de la composición granulométrica del material, se procede a representarla gráficamente para formar una curva granulométrica de dicho suelo.

2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS FINOS.

MINERALOGÍA:

La mineralogía de un material conformado por partículas gruesas, no es tan determinante como lo es para los suelos finos.

"En los granos gruesos de los suelos, las fuerzas de gravitación predominan fuertemente sobre cualesquiera otras fuerzas: por ello todas las partículas gruesas tienen un comportamiento similar. El comportamiento mecánico e hidráulico de tales suelos está definido por características circunstanciales, tales como la compacidad del depósito en la orientación de sus partículas individuales.

En los suelos de grano muy fino sin embargo, fuerzas de otros tipo ejercen acción inportantísima; esto es debido a que estos granos, la relación de agua-volumen alcanza valores de consideración y fuerzas electromagnéticas desarrolladas en la superficie de los compuestos minerales cobran significación. En general, se estima que esta actividad, en la superficie de la partícula individual es fundamental para tamaños menores que dos micras (0.002 mm.)".

LIMITES DE CONSISTENCIA:

Para hablar de límites es necesario hacer referencia a la plasticidad de los suelos como propiedad que presentan estos ante las deformaciones sin rompimiento. esta propiedad se presenta en la arcilla un grado variable.

Se define plasticidad: a la propiedad de un material cãpaz de soportar deformaciones rápidas sin agrietarse, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin deformarse.

Para determinar o conocer la plasticidad de un suelo se utilizan los límites de consistencia o límites de Attenberg, los cuales son:

- CAPA ABSORBIDA (CA):

Este estado se presenta en las arcillas y se dan en el momento que el agua se polariza y forma una capa alrededor de los iones de las partículas de suelo, manteniéndose unidos entre sí por fuerzas electroestáticas.

- LÍMITE LÍQUIDO (LL):

Es el contenido de humedad en un suelo con el cual este tiene una resistencia de 25 gr/cm².

- LIMITE PLÁSTICO (LP):

Es el contenido de humedad en un suelo con el cual se cuarteo cuando se hacen en el rodillo de 1/8 de plg. (3 mm.).

- LÍMITE DE CONTRACCIÓN (LC):

Es el contenido de humedad en un suelo para el cual este ya no cambia de volumen; o aquel en la que se detiene la contracción de su masa, aún cuando se continúe evaporando el agua presente en este.

En la figura 2.1.3 se representan gráficamente estos límites de consistencia.

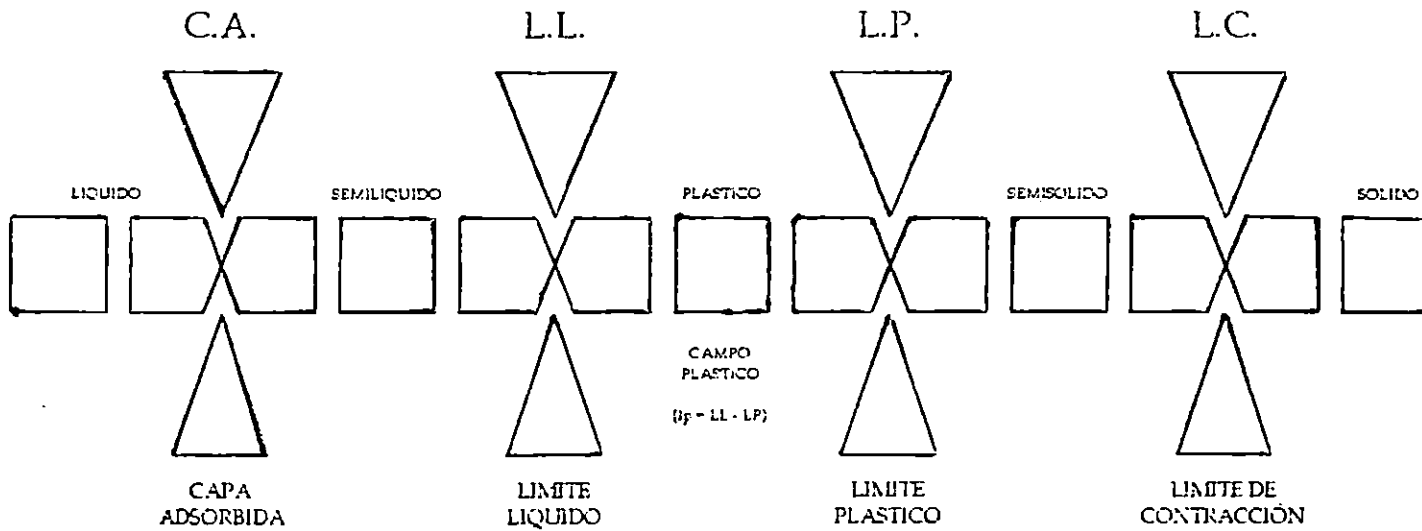


FIGURA 2.1.3
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA

Al intervalo de la variación de la humedad en lo cual el sistema se comporta como material plástico se llama intervalo plástico y la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico se conoce como Índice de Plasticidad (I_p).

$$I_p = LL - LP$$

El Límite Líquido y el Índice de Plasticidad proporcionan juntos una medida de la plasticidad de un suelo. En la siguiente tabla se muestran los valores de plasticidad.

TABLA 2.1.1 VALORES DE PLASTICIDAD

TERMINO USADO	IP	RESIST. EN ESTADO SECO	ENSAYOS DE CAMPO
NO PLÁSTICO	0-3	MUY BAJA	CAE EN PEDAZOS FÁCILMENTE
LIGERAMENTE PLÁSTICO	4-15	LIGERA	SE TRITURA FÁCILMENTE CON LOS DEDOS
MEDIANAMENTE PLÁSTICO	15-30	MEDIANA	DIFÍCIL DE TRITURAR
MUY PLÁSTICO	31 O MAYOR	ALTA	IMPOSIBLE DE TRITURAR CON LOS DEDOS

FUENTE: Tomado de Peck "Ingeniería de Cimentaciones". 1a. Edición. Editorial Limusa.

CONSISTENCIA:

Es de las propiedades más importantes de los materiales finos, en estado natural, y se expresa cualitativamente con términos como blando, medio, firme y duro.

La medida cuantitativa de un suelo cohesivo inalterado puede expresarse en función de su resistencia a la compresión que (determina en probetas sin confinar).

En la tabla 2.1.2 se muestra la relación entre los términos cualitativos que denotan la consistencia y los valores cuantitativos de la resistencia y la compresión simple.

TABLA 2.1.2 EXPRESIONES CUALITATIVAS Y CUANTITATIVAS
DE LA CONSISTENCIA DE LAS ARCILLAS

CONSISTENCIA	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	RESIST. A LA COMP. SIMPLE que (kg/cm ²)
MUY BLANDA	El puño penetra en ella fácilmente varios centímetros.	Menos de 0.25
BLANDA	El pulgar puede penetrar en ella fácilmente varios centímetros.	0.25 a 0.50
MEDIA	El pulgar con esfuerzo moderado puede penetrar en ella varios centímetros.	0.50 a 1.00
FIRME	El pulgar se encaja fácilmente pero solo penetra con gran esfuerzo.	1.00 a 2.00
MUY FIRME	La uña del pulgar se encaja fácilmente.	2.00 a 4.00
DURA	La uña del pulgar se encaja con dificultad	mayor de 4.00

FUENTE: Tomado de Peck, "Ingeniería de Cimentaciones". 1a. Edición, Ed. Limusa, México, 1993, pág. 47.

SENSIBILIDAD:

Es una propiedad característica de las arcillas y puede observarse al moldear una muestra del suelo que ya haya sido probada anteriormente a la compresión, probándola nuevamente, teniendo el cuidado de conservar las mismas condiciones de humedad.

Numéricamente se define como:

$$St = q_u \text{ inalterado} / q_u \text{ alterada}$$

2.1.4 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS

PERMEABILIDAD: Es una propiedad que representa la facilidad que tiene el agua para moverse a través de un medio poroso. El suelo posee vacíos o cavidades y no están aisladas, sino que funcionan como conductos pequeños o irregulares que están interconectados y por los cuales pueden fluir el agua de la misma manera que lo hace en otros conductos.

No existe método confiable para poder determinar experimentalmente valores de esta propiedad, solamente se obtienen valores aproximados de la misma. Los métodos utilizados comúnmente se basan en el uso de la ley de Darcy.

$$V = Ki$$

Y la cantidad de flujo circulante es: $q = KAi$

Donde:

- K : Coeficiente de Permeabilidad.
- i : h/l gradiente hidráulico
- h : Diferencias de cargas hidráulicas a lo largo de la muestra.
- L : Longitud de la muestra a través de la cual se mide h.

- q : Cantidad de flujo por unidad de tiempo.
- A : Area de la sección transversal de la masa de suelo en consideración.

El coeficiente de permeabilidad es una constante (con dimensiones de velocidad) que expresa la facilidad con que el agua atraviesa un suelo.

La tabla 2.1.2 se muestra los valores relativos de permeabilidad.

TABLA 2.1.2 VALORES RELATIVOS DE PERMEABILIDAD
(Según Terzaghi y Peck)

PERMEABILIDAD RELATIVA	VALORES DE K (cm/sg).	SUELO TIPICO
MUY PERMEABLE	MAYOR QUE 1×10^{-1}	GRAVA CRUESA
MODERADAMENTE PERMEABLE	$1 \times 10^{-1} \times 1 \times 10^{-3}$	ARENA, ARENA FINA
POCO PERMEABLE	$1 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-5}$	ARENA LIMOSA, ARENA SUCIA
MUY POCO PERMEABLE	$1 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^{-7}$	LIMO, ARENISCA FINA
IMPERMEABLE	MENOS QUE 1×10^{-7}	ARCILLA

(Para convertir los cm/sg en pies por minuto se multiplican los valores de la tabla por 2; para convertirlos a pies por día se multiplican por 3×10^2).

RESISTENCIA AL CORTE: La resistencia al esfuerzo cortante es la característica principal relacionada con la capacidad de carga de los suelos o soportar cargas sin llegar a la falla.

Un esfuerzo aplicado a una superficie plana de un sólido se puede descomponer en o los componentes:

Una perpendicular (normal) al plano, que se llama normal (σ) y la otra que actúa en la superficie del plano que se le llama esfuerzo cortante (τ). Mohr demuestra que la falla de un material no es causada por esfuerzos normales que alcancen un cierto máximo o punto de fluencia o solo por esfuerzos cortantes que alcancen un máximo, sino por la combinación crítica de ambos esfuerzos el normal y el cortante.

La resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, depende de un número importante de factores; en suelos gruesos, los principales son la compacidad, la forma de los granos y la granulometría. En suelos cohesivos, existen enfoques en cuanto a los factores que afectan; el primero consiste en considerar que la resistencia depende esencialmente del esfuerzo efectivo, de la trayectoria de esfuerzo, y de la velocidad de deformación; el segundo, expresa el hecho experimental de que la resistencia de un suelo cohesivo que se deforma a volumen constante depende de la trayectoria de esfuerzos y la velocidad de deformación, siendo el primer factor el más importante.

CONSOLIDACIÓN: Se le llama proceso de consolidación a la disminución del volumen que tenga lugar en un lapso de tiempo, provocado por un aumento de las cargas sobre el suelo.

La prueba de consolidación se realiza con el objetivo de obtener información sobre los aspectos siguientes:

1. La magnitud de las deformaciones totales que pueden presentarse bajo distintas cargas.
2. La evolución con el tiempo de la deformación sufrida por un suelo bajo una carga determinada.
3. Los asentamientos o deformaciones del suelo.

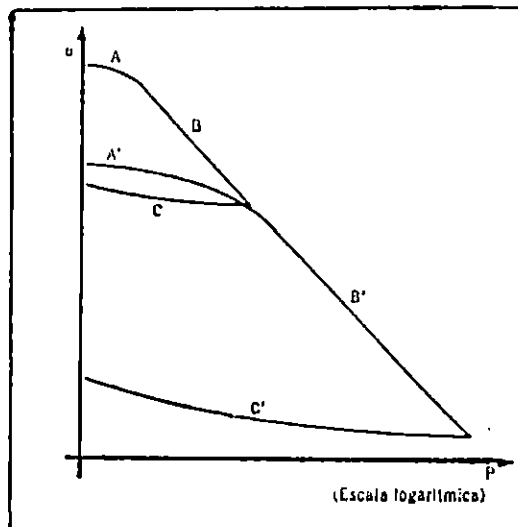


FIG. 2.1.4 CURVA DE COMPRESIBILIDAD
RELACIÓN DE VACÍOS VRS. LOG P.

2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Los sistemas de clasificación de los suelos son tan antiguos como la misma mecánica de suelos, en un principio estos se basaban más que todo, en una descripción visual (olor, color, textura, etc.), posteriormente se introdujo el análisis por tamizado o granulométrico que ofreció un medio más sencillo para clasificarlos. Cabe mencionar que este método a pesar de lo sencillo que resulta, presenta criterios de clasificación poco apropiados, porque la correlación de la distribución granulométrica con las propiedades fundamentales (resistencia, comprensibilidad, permeabilidad) resultan demasiado inseguras.

Actualmente existen métodos de clasificación de suelos, entre los cuales se pueden mencionar:

- Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
- Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carretera y Transporte (ASHTOO).
- Sistema de la Agencia Federal de Aviación (FAA), entre otros.

2.2.1 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

La naturaleza poco satisfactoria de la mayoría de los sistemas de clasificación condujo a una revisión crítica del problema con el fin de obtener

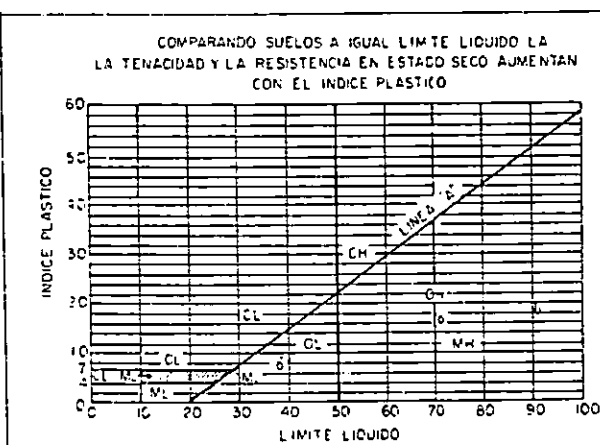
resultados satisfactorios, es aquí donde surge el sistema unificado de clasificación el cual se basa en el reconocimiento del tipo y predominio de los constituyentes, considerando tamaño de grano, graduación, plasticidad y comprensibilidad.

Según este sistema, los suelos se dividen en tres grupos principales de grano grueso, de grano fino y altamente orgánico (suelos-turbos).

En la tabla 2.2.1 nos muestra el resumen del sistema unificado de clasificación de suelos.

PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN EL CAMPO (Excluyendo las partículas mayores de 7.6 cms. (3") y basando las fracciones en pesos estimados).					SÍMBOLOS DEL GRUPO (*)	NOMBRES TÍPICOS
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla N°200 (±) (Las partículas de 0.074 mm. de diámetro (malla N°200) son aproximadamente los más pequeños visibles a simple vista).	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N°4. (Para clasificación visual puede usarse 1/2 cm. como equivalente a la abertura de la malla N°4.).	GRAVAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas)	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios		GW	Gravas bien graduadas, mezclas de gravas y arena, con poco o nada de finos.
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos.
		GRAVAS CON FINOS (cantidad apreciable de partículas finas).	Fracción fina poco o nada plástica (para identificarse véase grupo ML abajo).		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.
			Fracción fina plástica (Para identificación véase grupo CL abajo).		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N°4. (Para clasificación visual puede usarse 1/2 cm. como equivalente a la abertura de la malla N°4.).	ARENAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas).	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.		SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos.
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios		SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos.
		ARENAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas).	Fracción fina poco o nada plástica (Para identificación véase grupo ML abajo).		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
			Fracción fina plástica (Para identificación véase grupo CL abajo).		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad de material pasa la malla N°200 (Las partículas de 0.074 mm. de diámetro (malla N°200) son aproximadamente los más pequeños visibles a simple vista).	PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN LA FRACCIÓN QUE PESAS LA MALLA N°40.					
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (características del rompimiento).	DILATANCIA (Reacción al agitado)	TENACIDAD (Consistencia cerca del límite plástico).		
		Nula o ligera	Rápida o lenta	Nula	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillas ligeramente plásticas
		Media o alta	Nula o muy lenta	Media	CL	Arcillosos inorgánicos de bajo o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.
		Ligera o media	Lenta	Ligera	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido mayor de 50	Ligera o media	Lenta o nula	Ligera o media	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos.
		Alta o muy alta	Nula	Alta	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas
		Media o alta	Nula o muy lenta	Ligera o media	OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad
	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Fácilmente identificable por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.			PI	Turba y otros suelos altamente orgánicos

TABLA 2.2.1

INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO														
<p>Dése el nombre típico, indíquese los porcentajes aproximados de gravas y arena, tamaño máximo, angulosidad, características de la superficie y dureza de las partículas gruesas, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis.</p> <p>Para los suelos inalterados agréguese información sobre estratificación, compactación, cimentación, condiciones de humedad y características de drenaje.</p> <p>EJEMPLO</p> <p>Arena limosa con grava, como un 20% de grava de partículas duras, angulosas y de 15 cm. de tamaño máximo, arena gruesa o fina de partículas redondeadas o subangulosas; alrededor del 15% de finos no plásticos de baja resistencia en estado seco, compacto y húmeda en el lugar, arena aluvial, (SM).</p>	<p>Úsese la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo anotadas en la columna de identificación en el campo.</p>	<p>Determinese los porcentajes de grava y arena de la curva granulométrica.</p> <p>Dependiendo del porcentaje de finos (fracción que pasa la malla N°200).</p> <p>Los suelos gruesos se clasifican como sigue:</p> <p>Menos de 5% GW, GP, SW, SP. Más del 12% GM, GC, SM, SC. 5% AL 12%. Casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.</p>	<p>Coefficiente de uniformidad (Cu), Coeficiente de Curvatura (Cc). $Cu = D_{60}/D_{10}$, mayor de 4 $Cc = (D_{30})^2/(D_{10} \times D_{60})$, entre 1 y 3.</p> <p>No satisfacen todos los requisitos de graduación para GW</p> <table border="1" data-bbox="1274 359 1991 502"> <tr> <td>Límites de Plasticidad abajo de la "Linea A" ó Ip menos que 4.</td> <td>Arriba de la "Linea A" y con Ip entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.</td> </tr> <tr> <td>Límites de plasticidad arriba de la "Linea A" con Ip mayor que 7.</td> <td></td> </tr> </table> <p>$Cu = D_{60}/D_{10}$, mayor de 6 $Cc = (D_{30})^2/(D_{10} \times D_{60})$, entre 1 y 3.</p> <p>No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW.</p> <table border="1" data-bbox="1274 654 1991 798"> <tr> <td>Límites de Plasticidad abajo de la "Linea A" ó Ip menos que 4.</td> <td>Arriba de la "Linea A" y con Ip entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.</td> </tr> <tr> <td>Límites de plasticidad arriba de la "Linea A" con Ip mayor que 7.</td> <td></td> </tr> </table>	Límites de Plasticidad abajo de la "Linea A" ó Ip menos que 4.	Arriba de la "Linea A" y con Ip entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	Límites de plasticidad arriba de la "Linea A" con Ip mayor que 7.		Límites de Plasticidad abajo de la "Linea A" ó Ip menos que 4.	Arriba de la "Linea A" y con Ip entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	Límites de plasticidad arriba de la "Linea A" con Ip mayor que 7.					
Límites de Plasticidad abajo de la "Linea A" ó Ip menos que 4.	Arriba de la "Linea A" y con Ip entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.														
Límites de plasticidad arriba de la "Linea A" con Ip mayor que 7.															
Límites de Plasticidad abajo de la "Linea A" ó Ip menos que 4.	Arriba de la "Linea A" y con Ip entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.														
Límites de plasticidad arriba de la "Linea A" con Ip mayor que 7.															
	<p>EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>G: Grava</td> <td>M: Limo</td> <td>O: Suelos orgánicos</td> <td>W: Bien graduados</td> </tr> <tr> <td>L: Baja compresibilidad</td> <td>S: Arena</td> <td>Rt: Turba</td> <td>P: mal graduada</td> </tr> <tr> <td>H: Alta compresibilidad</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			G: Grava	M: Limo	O: Suelos orgánicos	W: Bien graduados	L: Baja compresibilidad	S: Arena	Rt: Turba	P: mal graduada	H: Alta compresibilidad			
G: Grava	M: Limo	O: Suelos orgánicos	W: Bien graduados												
L: Baja compresibilidad	S: Arena	Rt: Turba	P: mal graduada												
H: Alta compresibilidad															
<p>Dése el nombre típico indíquese el grado y carácter de la plasticidad, cantidad y tamaño máximo de las partículas gruesas, color del suelo húmedo, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis.</p> <p>Para los suelos inalterados agréguese información sobre la estructura, estratificación, consistencia tanto en estado inalterado como remoldeado, condiciones de humedad y drenaje.</p> <p>EJEMPLO:</p> <p>Limo arcilloso, café, ligeramente plástico porcentaje reducido de arena fina, numerosos agujeros verticales de raíces, firme y seco en el lugar, loess, (ML).</p>	<div style="text-align: center;"> <p>COMPARANDO SUELOS A IGUAL LIMITE LIQUIDO LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL INDICE PLASTICO</p>  <p>CARTA DE PLASTICIDAD PARA CLASIFICACION DE SUELOS DE PARTICULAS FINAS EN EL LABORATORIO ;</p> </div>														

2.3 SUELO-CEMENTO. PROPIEDADES.

DEFINICIÓN: SUELO-CEMENTO.

Es el resultado de una mezcla de suelo pulverizado con determinadas cantidades de cemento portland y agua que se compacta para obtener densidades altas y curado durante un tiempo para que se produzca su endurecimiento más efectivo.

2.3.1 PROPIEDADES DEL SUELO CEMENTO

Las propiedades principales que deben considerarse respecto al suelo-cemento son las siguientes:

- Resistencia a la Compresión.
- Resistencia al Desgaste.
- Cambios Volumétricos.
- Resistencia a la Absorción.
- Modulo de Elasticidad.
- Agrietamiento.

2.3.1.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

Como un caso de otros materiales unidos con cemento, la resistencia a la compresión de suelo-cemento debe aumentar con el tiempo.

Es así que en el Building Research and Development Laboratory del Gobierno de Birmania se ha investigado bastante en el comportamiento a compresión del suelo-cemento, relacionando dicha resistencia con la densidad en seco y el contenido de humedad al efectuarse la prueba así como la presión de compactación o de afirmado con la densidad en seco.

Los resultados obtenidos en dichas pruebas se presentan en la tabla 2.3.1.1.

TABLA N° 2.3.1.1 RESISTENCIA MÍNIMAS DE COMPRESIÓN
CON VARIACIONES DE CEMENTO Y ARENA.

CONTENIDO DE CEMENTO PORTLAND (%)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS	
	50 A 60% ARENA (KG/CM ²)	60 A 80% ARENA (KG/CM ²)
6	20	40
8	30	50
10	40	60
12	50	70

2.3.1.2 RESISTENCIA AL DESGASTE:

De acuerdo con algunas definiciones resistencia del suelo-cemento al desgaste es baja, la cual se puede atenuar agregando a la mezcla un material granular del diámetro variado.

En la elaboración de los bloques en base a la experiencia es recomendable colocar una capa protectora de un material vituminoso proporcionándole uno o dos tratamientos superficiales.

2.3.1.3 CAMBIOS VOLUMÉTRICOS:

Cambio de Volumen: El suelo cemento cambia ligeramente durante y después del período de endurecimiento; es muy importante conocer la naturaleza de estos cambios para poder evitar los esfuerzos elevados de tensión y el agrietamiento consiguiente y disminuirlo al mínimo controlando las variables que lo afectan.

En el caso de suelo cemento este resiste con más facilidad la primera, pero no la segunda que al resultar más adversa generalmente se traduce en forma de grietas. El mayor porcentaje de este cambio lo produce las variaciones de temperatura y de humedad. El factor controlable más importante que afecta a la contracción es la cantidad de agua por unidad de volumen, además del tamaño del grano; puede disminuirse la contracción manteniendo la proporción de agua tan baja como sea posible.

2.3.1.4 RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN:

El suelo-cemento no es afectado por las lluvias. Es de mencionar que esta cualidad es uno de los objetivos perseguidos por la estabilización de

suelo con cemento ya que según pruebas realizadas se ha demostrado que una capa de protección se logra mayor impermeabilidad como se da en el caso de la resistencia al desgaste.

2.3.1.5 MODULO DE ELASTICIDAD.

Otras de las propiedades del suelo-cemento que tiene estrecha relación con la determinación de la flexibilidad y rigidez, es el modulo de elasticidad. Se ha escrito considerablemente en relación con esta propiedad resultados obtenidos de diferentes ensayos los cuales se muestran en el siguiente tabla N° 2.3.1.5.

TABLA N° 2.3.1.5 VALORES DEL MODULO DE ELASTICIDAD

MODULO DE ELASTICIDAD (KG/CM ²)	TIPO DE SUELO	CARGAS A LA COMP. (KG/CM ²)	TIEMPO DE FRAGUADO. (DÍAS)	% CEMENTO
91000-140000	GRANULAR GRUESO	20-40	7	10-17
29400-45500	SUELOS FINOS	10-24	7	10-17
56000-154000	SUELO ARENOSO	14-121	28	VARIABLE
42000-56000	SUELO LIMOSO	47-82	28	VARIABLE

De la tabla N° 2.3.1.5 se puede observar que los suelos finos cuando se estabilizan con cemento tienen un modulo de elasticidad más bajo que el caso de los suelos granulares.

2.3.1.6 AGRIETAMIENTO.

Según observaciones realizadas por McClean y Robinson presume que una capa de suelo-cemento con moderados esfuerzos a la compresión y flexión, las grietas finas aparecen muy poco tiempo después de la construcción. Estas grietas, sin embargo, no atraviesan el espesor de la capa (Microfiguras incompletas).

2.4 ESTABILIZACION DEL SUELO.

Los suelos deficientes se les da un tratamiento especial con el objeto de mejorar la resistencia para soportar las cargas al cual estará sometido, no debe de contraerse ni expandirse y debe de mantener su impermeabilidad.

Este mejoramiento a los suelos se conoce como estabilización de suelos, tal proceso mejora el suelo para alcanzar los requisitos fijados anteriormente.

Los diferentes métodos de estabilización existentes se pueden clasificar de acuerdo a:

- Su propósito, función o efecto en el suelo.
- Al tipo de suelo que se puede aplicar.
- Al procedimiento empleado para aplicarlo.

Uno de los métodos más antiguos y utilizados es la compactación del suelo por medios mecánicos y dependiendo del tipo de suelo así será el método a usar: vibratorio, amasado, impacto, etc.

De la misma manera se seleccionará la prueba de laboratorio que represente mejor las condiciones de campo.

La estabilización también es usada para suelos buenos, con el fin de aumentar su resistencia e impermeabilidad y otras ventajas más. En nuestro país es muy usado por la facilidad de conseguir el equipo necesario, su mayor desventaja es la lentitud en compactar capa por capa.

El material más usado para estabilizar el suelo en nuestro medio es el cemento, lo cual se describirá en los siguientes apartados.

2.5 SUELOS APTOS PARA MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO.

Prácticamente todos los suelos pueden ser empleados para producir suelo-cemento con la excepción de la capa vegetal, sin embargo cuando se requiere ejecutar una mezcla con calidad y consumo mínimo de cemento, el número de suelos aptos se reduce.

Se consideran suelos aptos para mezclas de suelo-cemento aquellos cuyos consumos de cemento en peso se encuentre entre 5 y 12% con respecto al peso del suelo. Además, que la laborabilidad sea tal que permita la producción en serie de los elementos a fabricar.

Con los suelos aptos el suelo cemento debe ser estable en la contracción, tener una absorción de agua adecuada y alcanzar las resistencias necesarias en el menor tiempo.

Generalmente los suelos aptos son aquellos que tienen tales proporciones de suelos gruesos y finos que producen una granulometría abierta, sin predominio excesivo de un determinado tamaño.

De igual forma su plasticidad debe ser tal que aporte, una determinada cohesión a la mezcla, lo que mejora la laborabilidad y aumenta el aislamiento térmico sin que se produzcan agrietamiento de contracción.

2.6 MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO.

Las mezclas de suelo-cemento como material de construcción de elementos estructurales para edificaciones de cualquier tipo, deben cumplir con varios requisitos entre ellos ser económicas y tener la suficiente durabilidad y trabajabilidad.

Esto se cumplirá en la gran mayoría de los casos cuando exista un promedio de fracciones gruesas y el material idóneo de fracción fina que proporcione la cohesión necesaria para poder trabajar con esta masa. Esto significa que el suelo a utilizar debe presentar una granulometría abierta sin predominio excesivo de un determinado tamaño.

De igual forma su plasticidad debe ser tal que aporte una determinada cohesión a la mezcla, lo cual mejora la laborabilidad y aumenta el aislamiento sin que se produzcan agrietamiento por contracción.

Cuando los suelos que abundan en una determinada zona no cumplen con una granulometría especificada, ya sea por exceso o defecto de alguna fracción (finos o gruesos) siempre es posible añadir otro tipo de suelo para lograr la mezcla deseada por ejemplo si se diera el caso de un suelo con demasiado contenido de materia gruesa y poca o ninguna fracción fina, sería necesario encontrar otro suelo que al contrario tuviera material fino (arcilla), para determinar la proporción necesaria a añadir al suelo granular. De esta forma se obtiene un nuevo suelo que si cumple la granulometría requerida es apto para obtener una buena mezcla de suelo cemento.

En nuestro país la mayor parte de estratos de suelos aptos y mayormente utilizados para mezclas de suelo-cemento es la comúnmente conocida como "Tierra Blanca", la cual es una ceniza volcánica que posee un color blanco marfil, estando compuesta principalmente por cenizas

andecíticas y toba de pómez que poseen un alto porcentaje de vidrio volcánico y en muy pequeña proporción otros minerales.

En su forma más típica es una mezcla de grava, pómez, arena y limo; pero puede variar desde guijarros y gravas de pómez casi limpias hasta un limo arenoso. La cual cuando se mezcla con cemento bajo determinadas condiciones adquiere propiedades mecánicas favorables.

Estas propiedades se deben principalmente a la hidratación del cemento y a la energía de compactación. Los problemas que tiene el uso del suelo-cemento se originan en las características propias de los suelos, su gran variedad y comportamiento diferente en cada caso, haciéndose necesario investigar directamente el material con que se va a trabajar a fin de conocer sus características y comportamiento particulares.

Para conocer las propiedades de los suelos a utilizar, es necesario realizar pruebas preliminares o de campo y laboratorio, así saber que banco de préstamo presenta las mejores características para elaborar la mezcla de suelo-cemento adecuada.

2.6.1 ESTRUCTURA INTERNA DEL SUELO-CEMENTO

El suelo cemento difiere del concreto en varios aspectos. Uno de los más significativos es la manera en que los agregados o las partículas del suelo

se mantienen unidos. Una mezcla de concreto contiene la pasta suficiente para adherirse en una capa el área superficial de todos los agregados y llenar sus vacíos, ya que cada grano de cemento rodean las partículas del agregado.

En las mezclas de suelo-cemento la pasta es insuficiente para llenar dichos vacíos y formar una capa sobre todas las partículas lo que da como resultado una matriz de cemento que aglomera los módulos de material no cementado, formando un efecto de coagulación del suelo, en la medida que el cemento se va hidratando, lo cual produce un aumento en la fricción interna y una disminución en la cohesión y en la plasticidad del suelo, hasta que finalmente la mezcla se vuelva una masa solida.

El aumento de la fricción interna es ventajosa especialmente en los suelos modificados con cemento y particularmente en los suelos muy cohesivos en los cuales hay una disminución de la plasticidad y la cohesión.

En estudios petográficos realizados a la estructura interna del suelo-cemento endurecido, se ha descubierto que la estructura interna está formadas por "cadenas rígidas" originadas por la cristalización de las partículas de cemento y por las partes de suelo aglutinados por este fenómeno, como se muestra en la siguiente figura 2.6.1.

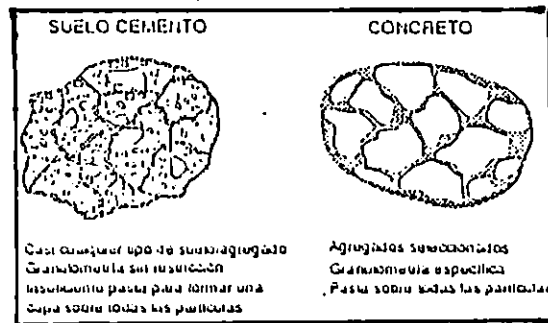


FIGURA 2.6.1 SECCIONES TRANSVERSALES SIMPLIFICADAS QUE COMPARAN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS PASTAS PARA EL SUELO-CEMENTO ENDURECIDO Y EL CONCRETO.

En dicha estructura también se forman "cadenas plásticas principalmente en suelos finos, por aquellas partículas de arcilla en que la cristalización de los granos de cemento no las alcanzó.

Es por esto que la mayoría de entendidos del tema, sostienen la idea de que el suelo-cemento debe poseer propiedades específicas y que requiera métodos y procedimientos especiales de ensayo y de fabricación.

2.7 VENTAJAS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO.

La principal característica que debe tener una buena mezcla de suelo-cemento es su capacidad de soportar la exposición a los elementos, o sea su

durabilidad; la resistencia mecánica, también puede consolidarse como un requisito importante.

Además las mezclas de suelo-cemento presentan una sencilla elaboración y construcción, debido a que no necesita satisfacción ni en los procedimientos de construcción y ni en la escogitación de materiales.

El primer beneficio sería el ahorro de combustible tan escaso en El Salvador, como es la leña, que es la que se usa o cualquier otro que se pudiera utilizar en la fabricación de ladrillos.

Entre otras ventajas y características en el proceso constructivo de este tipo están:

1. Los diferentes usos que se le pueden dar a las mezclas como base para pavimentos protección de taludes, en revestimientos, estabilización de cimientos para dar mayor capacidad soportante al suelo, la fabricación de bloque que es la parte que nos compete en el presente trabajo y otros.
2. Asimismo la producción de bloques es constante en todo el año utilizando el banco de tierra blanca más próximo al lugar en la estación lluviosa.

3. Manejabilidad de erección de las paredes de carga, ya que se puede lograr una resistencia promedio adecuada y con variaciones mínimas.
4. Simplificación de los detalles constructivos; ya que los bloques permiten la inclusión de las estructuras en la pared, sin utilización de encofrados.
5. Facilita el trabajo por ayuda mutua, debido a la escasa utilización del obrero calificado.

Todas estas atribuciones se traducen en la disminución de costos, permitiendo menor desperdicio de ladrillos y mortero; ahorro en materiales para encofrado; ejecución más rápida y limpia y mejor acabado, que permita hacer el repello de menor espesor.

CAPITULO III
SELECCIÓN DE MATERIALES,
MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN Y
MAQUINARIA PARA LA
FABRICACIÓN DE BLOQUES

CAPITULO III

SELECCIÓN DE MATERIALES, MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN Y MAQUINARIA PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES.

3.0 INTRODUCCIÓN.

De acuerdo a los estudios realizados en nuestro país, sobre los tipos de suelos existentes, se ha obtenido que la mayor parte están constituidos por arenas limosas (SM), y limos arenosos (ML), especialmente en la zona metropolitana existiendo en determinadas zonas una mezcla con otros materiales como lo son: arena arcillosa (SC), arcilla arenosa (CL), arenas mal graduadas y otros.

En el presente capítulo se muestran los bancos de materiales, a los cuales se le realizarán sus respectivas pruebas de campo y laboratorio para seleccionar el más adecuado y así obtener el material para la elaboración de los especímenes. Luego se describen los diferentes métodos de ESTABILIZACIÓN del suelo para elaborar bloques y las máquinas utilizadas en la fabricación de las unidades, de las cuales se elegirá la que presente mejores características y ventajas.

3.1 SELECCIÓN DE LOS BANCOS DE MATERIALES.

Para proceder a la selección de los bancos de materiales primeramente se tomaron ciertas características; como son: zonas en vías de desarrollo, profundidad de los estratos de "tierra blanca", propiedades de los suelos, contenidos de materia orgánica, suelos de bajo porcentaje de limo, porcentajes iguales de limo y arena, para la obtención de buenos resultados.

Estas características se han considerado debido a que existen gran variedad de suelos y el comportamiento en cada caso es diferente, haciéndose necesario investigar en cada banco de material las siguientes pruebas de campo, para la identificación de la "tierra blanca".

INSPECCIÓN VISUAL:

La tierra blanca posee en su mayor parte partículas del tamaño de arena, con cantidades importante de limo y en un porcentaje menor gravas de pómez, hasta de 5 cms. de diámetro.

PRUEBA DE RUPTURA:

La tierra blanca en estado seco tiene baja resistencia, debido a su poca o falta de cohesión y al contenido de arena que posee.

PRUEBA DE OLOR:

En los bancos muestrados, se tomó material por debajo de la capa orgánica, por lo que no existe olor que indique la presencia de material orgánico.

PRUEBA DE BRILLO:

Presenta una superficie mate, lo cual indica que la tierra blanca es limosa, no plástica.

De los ensayos mencionados se puede deducir lo que es la tierra blanca, material que generalmente es una arena-limosa o limo-arenoso sin ninguna o muy poca plasticidad. Así de acuerdo a la tabla N° 3.1 se muestra la clasificación preliminar de campo para conocer el tipo de suelo.

TABLA 3.1 MÉTODO EXPERIMENTAL PARA IDENTIFICAR EL TIPO DE SUELO

TIPO DE SUELO	DIRECCIÓN VISUAL DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS Y ASPECTO GENERAL DE LA TIERRA	APRETADA EN LA MANO Y SOLTADA DESPUÉS.		LA TIERRA FORMA UNA CINTA ENTRE EL PULGAR Y DEDO CUANDO ESTÁ HÚMEDA
		AMBIENTE	EN HÚMEDO	
ARENA	Tiene un aspecto granuloso, en el que pueden distinguirse los distintos tamaños del grano. Fluye libremente cuando está seca.	No forma masas, se desmorona cuando desaparece la presión.	Forma una masa que no se desmorona cuando se toca libremente.	No forma cinta.
MARGA ARENOSA	Tierra esencialmente granulosa, con suficiente sedimento y arcilla para darle alguna cohesión. Predominan las características de la arena.	Forma una masa que se desmorona con rapidez si se le toca ligeramente.	Forma una masa que no se desmorona cuando si se la manipula con cuidado.	No forma cinta.
MARGA	Mezcla uniforme de sedimento arenoso y arcilla. La fracción de arena es muy uniforme, pasando de gruesa a fina. Es fina al tacto pero luego es áspera; no obstante, es bastante suave y ligeramente plástica.	Forma una masa que no se desmorona si se manipula con cuidado.	Forma una masa que puede manipularse con toda libertad sin quebrarla.	No forma cinta.
MARGA CON SEDIMENTARIA	Contiene una cantidad moderada de arena de los tipos más finos y una pequeña cantidad de arcilla. Más de la mitad de las partículas son sedimentos. Cuando está seca puede revestir la forma de terrones que se deshacen con facilidad y se pulverizan.	Forma una masa que puede manipularse con toda libertad. Cuando está pulverizada, es suave al tacto, como la harina.	Forma una masa que puede manipularse con toda libertad. Cuando está húmeda se aglutina y forma una pasta.	No forma cinta, sino que parece quebrada, es suave y puede ser ligeramente plástica.
SEDIMENTO	Contiene más del 80% de partículas sedimentaria con muy poca arena fina y arcilla. Cuando está seco, puede tener forma de terrones, se pulveriza con facilidad y es suave al tacto con la harina.	Forma una masa que puede manipularse sin quebrarla.	Forma una masa que puede manipularse. Cuando está mojada se convierte fácilmente en pasta.	Tiene a formar cinta, pero parece quebrada, es suave al tacto.
MARGA ARCILLOSA	Tierra de contextura fina, que se quiebra en terrones duros cuando está seca. Tiene más arcilla, que marga sedimentaria. Se parece a la arcilla cuando está seca. Se puede identificar observando su reacción física al quedar húmeda.	Forma una masa que puede manipularse sin quebrarla.	Forma una masa que puede manipularse con toda libertad sin quebrarla. Puede trabajar hasta convertirse en una masa densa.	Forma un cinta delgada, que se quiebra con facilidad, ya que apenas sostiene su propio peso.
ARCILLA	Tierra de contextura fina, que se quiebra en terrones muy duros cuando está seca, es difícil de pulverizar; cuando está seca, es difícil de pulverizar; cuando está seca forma un polvo suave parecido a la harina. Se puede identificar observando sus propiedades de aglutinación cuando está húmeda.	Forma una masa que puede manipularse con toda libertad sin quebrarla.	Forma una masa que puede manipularse con toda libertad sin quebrarla.	Forma una cinta larga, fina y flexible. Puede trabajarse hasta convertirla en una masa densa y completa. De considerable plasticidad.
SUELOS ORGÁNICOS	Se caracterizan por su elevado contenido de materias orgánicas. La tierra turbosa se compone de materias orgánicas completamente descompuestas, con una cantidad considerable de tierras minerales firmemente divididas y algunos residuos fibrosos se denominan turbas. Pueden localizarse con facilidad los residuos vegetales y a veces la estructura leñosa. Su color varía entre pardo y negro. Se encuentra en los terrenos más bajos, marismas y pantanos. Se contraen mucho al secarse.			

FUENTE: REVISTA, IMCYC, VOL. 8, N° 47. NOV.-DIC 1970.

3.2 UBICACIÓN DE LOS BANCOS DE MATERIALES.

En el presente trabajo se analizaron tres muestras de diferentes materiales y lugares los cuales fueron escogidos de acuerdo a las características mencionadas anteriormente.

Finalmente los bancos de materiales que se estudian se encuentran ubicados en los siguientes lugares.

BANCO DE MATERIALES N° 1.

Se encuentra localizado al Norte de San Salvador, carretera Troncal del Norte, específicamente Km 1 1/2 de la ciudad de Apopa. Este material presenta productos pirolásticos, detectando espesores de los estratos entre 8-12 mt. de acuerdo a estudios realizados en la zona.

Los suelos predominantes son arena-limoso (SM), de color café claro con mezcla de pómez de aproximadamente 1/2" de tamaño conteniendo arena en porcentaje mayor del 50%.

BANCO DE MATERIAL N° 2.

Ubicado en la población de San Pedro Perulapía, carretera Panamericana, en el departamento de Cuscatlán. En esta zona existe un suelo

arenoso (ML), con cierta cantidad de pómez y el contenido de arena varía de un 20% - 40%.

De acuerdo a estudios realizados en esta zona los espesores del material en este banco varían de 20 - 30 metros.

BANCO DE MATERIAL N° 3.

Situado en la carretera que conduce al aeropuerto internacional de El Salvador, hacia San Salvador, en la población de Olocuilta, departamento de La Paz. En esta zona se ha comprobado, mediante sondeos y cortes realizados que los espesores alcanzan hasta 30 mts. presentando descomposición en determinados estratos debido a la oxidación.

El material dominante de éste banco son los limos con poco o nada contenido de arenas y de muy baja plasticidad.

la ubicación de cada uno de los bancos de material descrito anteriormente se muestran en la Fig. 3.1.

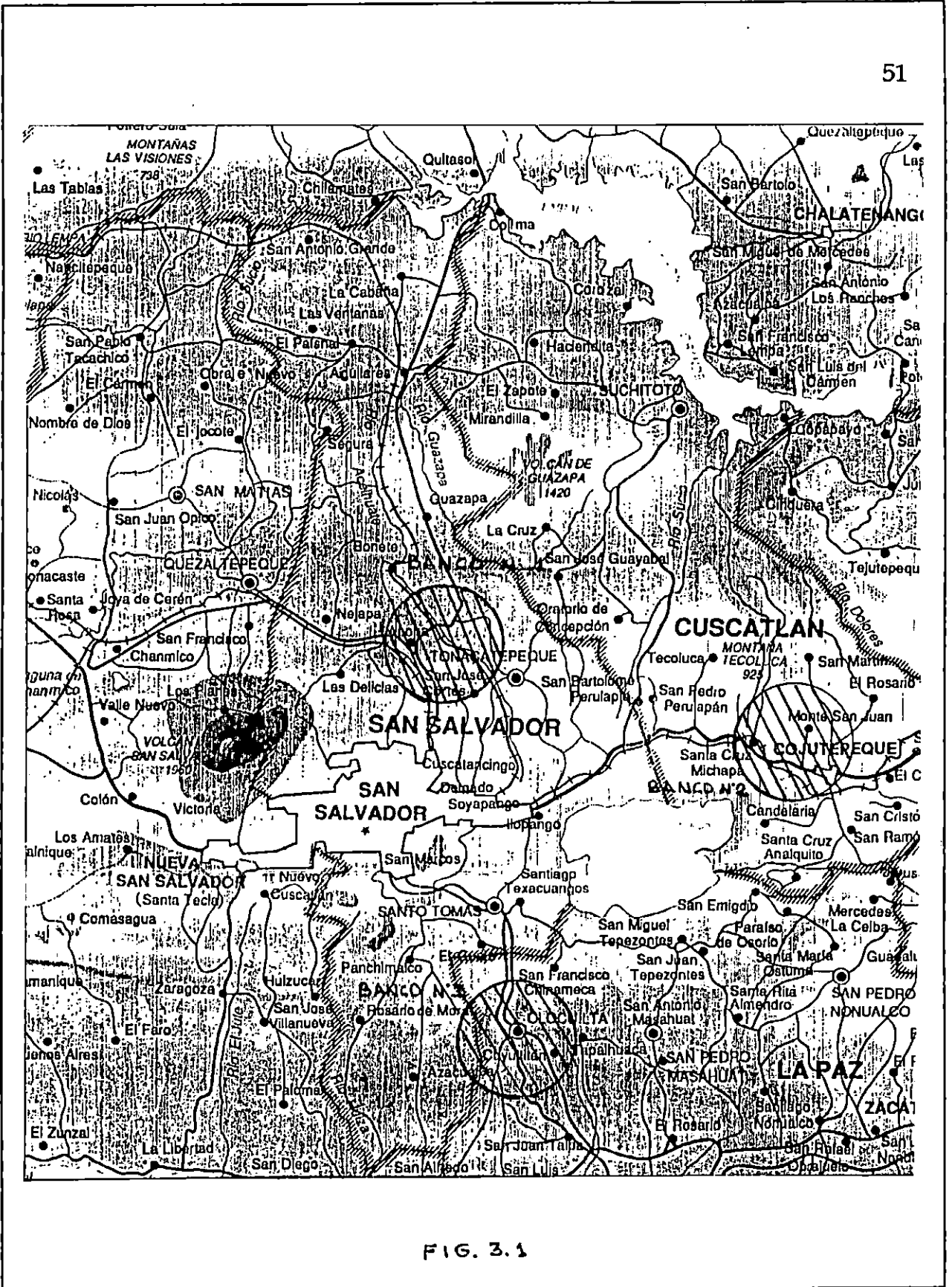


FIG. 3.1

3.3 PRUEBAS DE MATERIALES.

Para determinar las características físicas y conocer las propiedades de los suelos, es necesario realizar a los bancos de materiales seleccionando dos tipos de pruebas.

- Ensayos de campo.
- Ensayo de laboratorio.

Con las cuáles se podrán determinar qué material presenta mejores propiedades y características, para ser utilizado en la fabricación de los bloques.

3.4 PRUEBAS DE CAMPO.

Las pruebas de campo se efectúan para determinar de manera aproximada, las características propias del material y con los resultados obtenidos se decide a proceder o no, para efectuarle las pruebas de laboratorio.

De acuerdo a estudios realizados el tipo de suelo más adecuado para ser estabilizado con cemento es aquel que tiene más del 50% de arena, además de presentar una granulometría abierta.

Las pruebas necesarias para la identificación preliminar de un suelo son:

- Resistencia seca.
- Sacudimiento.
- Plasticidad
- Finura
- Contenido de materia orgánica.

3.4.1 RESISTENCIA SECA.

Se define como la resistencia que ofrece una pastilla de suelo seco a disgregarse con la presión de los dedos. En las arcillas es muy alta y baja en los suelos limosos no plásticos.

3.4.2 SACUDIMIENTO.

Consiste en sacudir en la palma de la mano una parte de suelo saturado, y la superficie puede tornarse brillante o permanecer opaca.

3.4.3 PLASTICIDAD

La plasticidad en el campo se determina haciendo barritas cilíndricas de unos 3 mm. de diámetro con la pasta húmeda del suelo. En los suelos

arcillosos las barritas se hacen con facilidad, aun de menos diámetro perdiendo humedad muy despacio y volviéndose muy rígidas, duras y resistentes a medida que se secan.

3.4.4 FINURA

Consiste en medir visualmente el tamaño de los granos, apreciar con el tacto la porosidad de la pasta húmeda o del suelo seco, o medir la rapidez de sedimentación de los granos suspendidos en el agua. Las arenas finas se sedimentan en el agua en 40 segundos, los limos de 15-30 segundos y las arcillas llegan a sedimentarse en horas o días.

3.4.5 CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA.

Para determinar la materia orgánica en los suelos básicamente se hace por medio del color y olor del material, el cual es característico, debido a la descomposición o a la presencia de hojas y raíces, los suelos orgánicos se distinguen también por su bajo peso.

De todas estas pruebas existen otras como las del roce y apariencia de corte y la pegosidad, los cuales no se analizaron ya que son representativos para el presente trabajo.

En la tabla 3.4 se muestran los resultados obtenidos en las diferentes pruebas realizadas a cada uno de los bancos de materiales en estudio.

TABLA 3.4 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO

NOMBRE DE LA PRUEBA	BANCO DE MATERIAL N° 1.	BANCO DE MATERIAL N°2.	BANCO DE MATERIAL N°3.
RESISTENCIA SECA	RESISTENCIA MEDIANA	RELATIVAMENTE Poca	MUY BAJA
SACUDIMIENTO	REACCIÓN RÁPIDA A LIBERAR AGUA	REACCIÓN RÁPIDA A LIBERAR AGUA	REACCIÓN RÁPIDA A LIBERAR AGUA
PLASTICIDAD	NINGUNA	NO TIENE	NULA
FINURA	MATERIAL CON Poca CANTIDAD DE FINOS	MATERIAL CON MEDIANA CANTIDAD DE FINOS	MATERIAL CON MEDIANA - ALTA CANTIDAD DE FINOS
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	SIN OLOR CARACTERÍSTICO, NO SE OBSERVÓ MATERIA ORGÁNICA	SIN OLOR CARACTERÍSTICO NO SE OBSERVÓ MATERIA ORGÁNICA	CON OLOR CARACTERÍSTICO UNA LEVE CANTIDAD DE ORGÁNICO
CLASIFICACIÓN PRELIMINAR	EL MATERIAL DE ESTE BANCO SE PUEDE CLASIFICAR COMO UNA ARENA LIMOSA (SM)	ESTE MATERIAL SE CLASIFICA COMO UNA ARENA LIMOSA MEZCLAS DE ARENA Y LIMOS (SM).	

3.5 PRUEBAS DE LABORATORIO.

Después de haber obtenido una clasificación de forma preliminar, por medio de ensayos de campo, en cada uno de los bancos de materiales. Procederemos a determinar en forma definitiva las propiedades y características de dichos materiales, a través de las pruebas de laboratorio.

Se analizará una muestra por banco de material, usando muestras alteradas y se realizarán las siguientes pruebas de laboratorio.

- | | | |
|---|--------------------------------|--|
| - | Contenido de Humedad. | Norma ASTM D2216 |
| - | Análisis Granulométrico. | Norma ASTM D422 (en seco)
Norma ASTM C117 (por lavado). |
| - | Gravedad específica. | Norma ASTM D854. |
| - | Contenido de Materia Orgánica. | Norma ASTM C40. |

Estas pruebas se realizan en base a los procedimientos establecidos por las normas de ASTM correspondientes, los cuales se muestran en los anexos. (ver anexos respectivos).

3.5.1 CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

Antes de iniciar con las pruebas de laboratorio, la obtención y reducción de las muestras, se llevó a cabo siguiendo la metodología establecida por la ASTM C - 702 (ver anexo N^o. 1).

El ensayo de contenido de humedad, se realizó lo más pronto posible, para evitar la pérdida de humedad de las muestras y así conocer el porcentaje de humedad en estado natural del suelo.

El contenido de humedad de una muestra de suelo, se define como la cantidad de agua que contiene el suelo en su estado natural y se expresa como la relación en porcentaje (%) del peso del agua de la muestra al peso del suelo en estado completamente seco y se obtienen por la siguiente expresión:

$$\%W = \frac{\text{Peso Agua}}{\text{Peso de Suelo Seco}} * 100$$

$$\%W = \frac{W1 - W2}{W2 - Wt} * 100$$

Donde:

- %W : Contenido de humedad en porcentaje.
- W1 : Peso de tara + suelo húmedo.
- W2 : Peso de tara + suelo seco.
- Wt : Peso del recipiente (tara).

Posteriormente se muestran los resultados obtenidos de cada banco de material analizado.

3.5.2 ANÁLISIS DE GRANULOMÉTRICO (ASTM - D 422), (ASTM - C 177).

En la clasificación de suelos, para usos de ingeniería, se acostumbra utilizar algún método de análisis granulométrico para separar las partículas del suelo de diferentes tamaños. Es así que con el análisis granulométrico se pretende determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de granos presentes en cada muestra de suelo.

El análisis granulométrico en el presente trabajo se realizó por dos procedimientos:

- Granulometría en seco.
- Granulometría por lavado.

En ambos procesos se utilizó el cribado por las mallas N° 8, 16, 30, 50, 100 y 200 (cuya designación se basa en las dimensiones de las aberturas cuadradas que quedan entre hilos).

Se utilizó el material que pasa la malla N° 4 según lo establecido por la norma ASTM que es la que separa las gravas de las arenas y finos.

La información obtenida en el análisis granulométrico se representa en una curva, en la cual la gráfica se dibuja en el eje de las ordenadas el porcentaje que pasa y en el eje de las abcisas el tamaño de las partículas.

Por ejemplo:

Un suelo que contenga partículas de un solo tamaño será representado por una línea vertical, en cambio si un suelo posee una curva muy tendida indica gran cantidad de tamaños, lo cual representa un suelo bien graduado.

A partir de la curva de distribución granulométrica, se puede obtener diámetros característicos, tales como D_{10} , D_{30} , D_{60} , etc., el D se refiere al tamaño del grano (diámetro aparente de la partícula del suelo) y el sub-índice (10, 30, 60), denota el porcentaje de material más fino.

Por ejemplo:

Si $D_{10} = 0.15$ mm. significa que el 10% de los granos de la muestra son menores en diámetro que 0.15 mm, el diámetro D_{10} es llamado también TAMAÑO EFECTIVO DE UN SUELO.

Una indicación de la variación (o rango) del tamaño de los granos presentes en la muestra, se obtiene mediante el COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (C_u) definido como:

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

Los suelos con $C_u < 3$, se consideran muy uniformes; aún las arenas naturales muy uniformes, rara vez presentan $C_u < 2$. Un valor grande en el parámetro C_u , indica que los diámetros D_{60} y D_{10} difieren en tamaño apreciable.

El COEFICIENTE DE CONCAVIDAD (C_c), es una medida de la forma de la curva entre D_{60} , y D_{10} y se define como:

$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{60} * D_{10})$$

Valores de C_c muy diferentes de 1.0 indican que falta una serie de diámetros entre los tamaños correspondientes al D_{10} y al D_{60} .

La graduación y el tamaño de las partículas del suelo afectan los requerimientos de cemento y agua, la economía, trabajabilidad, porosidad y contracción de muestras, por lo cual este ensayo tiene mucha importancia.

Los resultados obtenidos del análisis granulométrico se muestran en los cuadros de las páginas N° 65 a la 73.

3.5.3 GRAVEDAD ESPECÍFICA (ASTM D - 854).

La gravedad específica (G_s) de un suelo, se toma como el valor promedio para los granos que lo componen; y se define para cualquier

sustancia como el peso unitario del material dividido por el peso unitario del agua destilada (peso del volumen del agua desalojada).

El cálculo para la gravedad específica se tomó en base a un factor de corrección por temperatura (como se muestra en la tabla 3.5.3.1).

TABLA 3.5.3.1 FACTOR DE CORRECCIÓN α PARA AGUA
A DIFERENTES TEMPERATURAS

TEMPERATURA EN °C	DENSIDAD DEL AGUA EN gr/cm ³	FACTOR DE CORRECCIÓN α
20	0.99823	1.0000
21	0.99802	0.9998
22	0.99780	0.9996
23	0.99757	0.9993
24	0.99732	0.9991
25	0.99707	0.9988
26	0.99681	0.9986
27	0.99654	0.9983
28	0.99626	0.9980
29	0.99597	0.9977

El cálculo de la gravedad específica se obtendrá por la expresión:

$$G_s = \frac{W_s}{W_{fa} + W_s - W_{fma}} \times \alpha$$

Donde:

- W_s : Peso de los sólidos
 W_{fa} : Peso del matraz más agua a la temperatura del ensayo tomándolo de la carta de calibración del matraz.
 W_{fma} : Peso del matraz más agua a la temperatura del ensayo.
 α : Factor de corrección por temperatura.

La gravedad específica obtenida deberán compararse y si esta proporciona un error ≤ 1.02 se aceptarán los resultados y posteriormente se obtendrá un promedio de ellos.

En la siguiente expresión se muestra la relación

$$\frac{\text{Mayor valor de } G_s}{\text{Menor valor de } G_s} \leq 1.02$$

El valor de la gravedad específica queda expresado por un número abstracto, además de servir para fines de clasificación; calcular la relación de vacíos de un suelo y otros cálculos en mecánica de suelos.

El ensayo de la gravedad específica está basado en el principio de Arquímedes: "Un cuerpo sumergido dentro de una masa de agua, desplaza un volumen de agua igual al del cuerpo sumergido". El procedimiento para la obtención de la gravedad específica se muestra en el anexo N° 4, según ASTM D 854.

En la tabla N° 3.5.3.2 se muestran los valores de G_s, para diferentes tipos de suelos:

TABLA 3.5.3.2 VALORES DE GRAVEDAD ESPECÍFICA
PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELOS.

TIPO DE SUELO	GRAVEDAD ESPECÍFICA (G _s)
- SUELOS ORGÁNICOS	Menor que 2.00
- CENIZAS VOLCÁNICAS	2.20 - 2.50
- ARENAS	2.65 - 2.67
- ARENAS LIMOSAS	2.67 - 2.70
- ARCILLAS INORGÁNICAS	2.70 - 2.80
- SUELOS CON MICAS O HIERRO	2.75 - 3.00

3.5.4 CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA. (ASTM - C 40).

Este método cubre un procedimiento aproximado para determinar la presencia de materia orgánica dañina en los suelos a utilizar para la fabricación de los bloques. Basándose en el color y olor característico de la materia orgánica.

En la tabla N° 3.5.4 se muestran los resultados y conclusiones de la prueba de contenido de materia orgánica, realizada a los tres bancos de materiales en estudio.

TABLA N° 3.5.4 RESULTADOS DE PRUEBA.

BANCO DE MATERIAL	BANCO N° 1	BANCO N° 2	BANCO N° 3
PLACA ORGÁNICA N° DE COLOR	1	ENTRE EL N° 1 Y N° 2.	ENTRE EL N° 2 Y N° 3.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	NO CONTIENE COMPUESTOS ORGÁNICOS DAÑINOS	NO CONTIENE COMPUESTOS ORGÁNICOS DAÑINOS	NO CONTIENE COMPUESTOS DAÑINOS.1

3.5.5 RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROCEDIMIENTO: En Seco BANCO DE MATERIAL No.1
 PESO BRUTO: 645.8 gr TARA: 99.0gr
 PESO NETO: 546.8 gr

MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULATIVO	% QUE PASA LA MALLA
No. 4	0.0	0.00	0.00	100.00
No. 8	7.9	1.44	1.44	98.56
No. 16	15.7	2.87	4.31	95.69
No. 30	31.8	5.82	10.13	89.87
No. 50	51.8	9.47	19.6	80.40
No. 100	67.4	12.33	31.93	68.07
No. 200	104.6	19.13	51.06	48.94
Pasa 200	267.6	48.94	100.00	00.00
SUMA	546.8	100.00		

CONTENIDO DE HUMEDAD

BANCO DE MATERIAL	PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	PESO DE SUELO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	% HUMEDAD	PROMEDIO % HUMEDAD
B-1	65.6	61.9	3.7	10.1	51.8	7.1	7.4
	59.1	55.8	3.3	10.4	45.4	7.3	
	54.3	51.1	3.2	10.2	40.9	7.8	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROCEDIMIENTO POR LAVADO

BANCO DE MATERIAL No. 1

PESO BRUTO: 838.2 gr

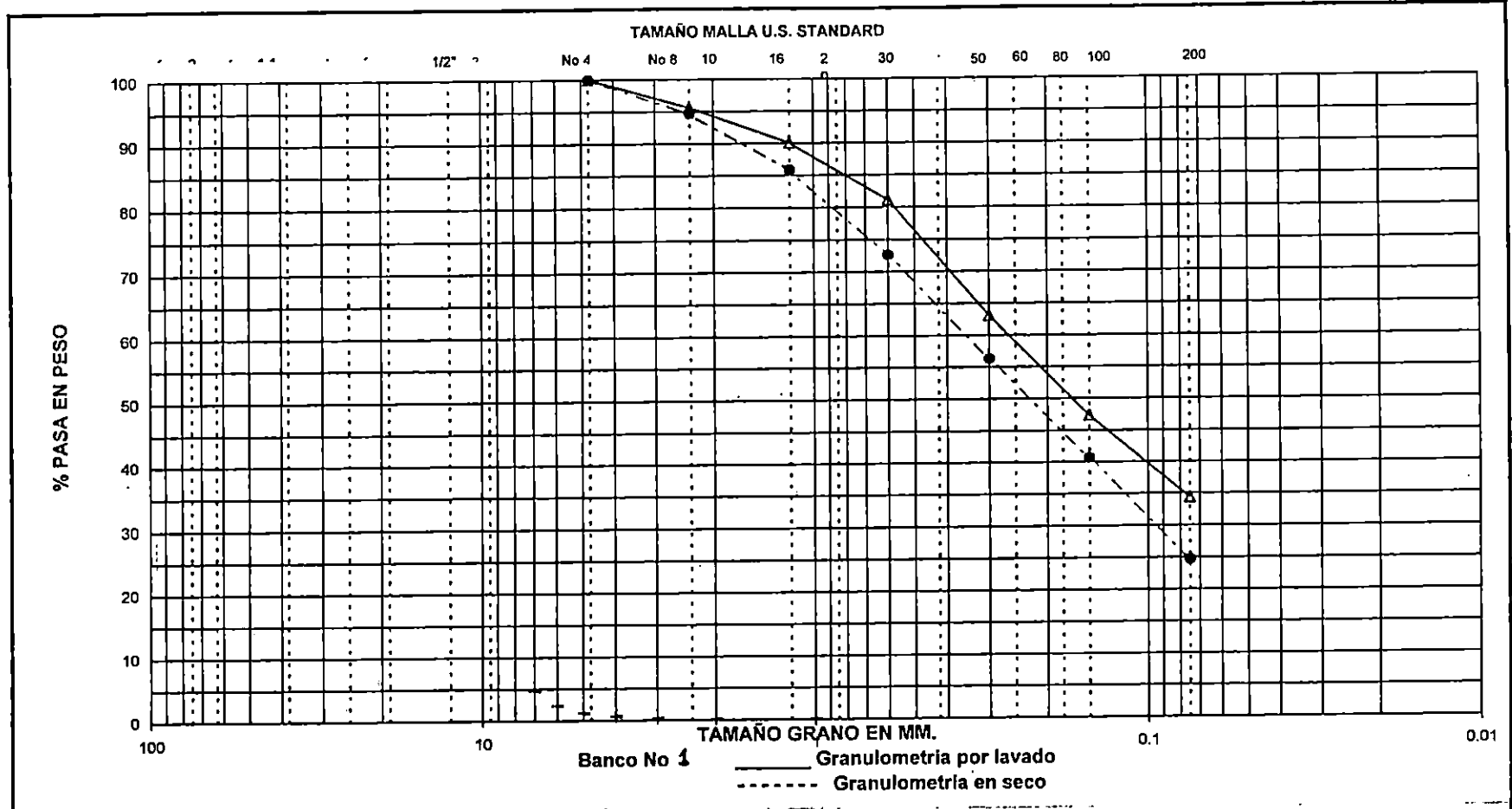
TARA: 98.9 gr

PESO NETO: 739.3 gr

MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA LA MALLA
No. 4	0.0	0.0	0.00	100.00
No. 8	0.9	0.12	0.12	99.88
No. 16	4.2	0.57	0.69	99.31
No. 30	12.7	1.72	2.41	97.59
No. 50	39.2	5.30	7.71	92.29
No. 100	65.5	8.86	16.57	83.43
No. 200	93.8	12.69	29.26	70.74
PASA 200	523.0	70.74	100.00	0.00
SUMA	739.3	100.00		

GRAVEDAD ESPECÍFICA

MUESTRA No. 1		
T (°C)	25	25
Ws (gr)	100.6	100.4
Wfa (gr)	667.4	686.45
Wfma (gr)	726.8	745.9
G.E.	2.44	2.45
G. E. PROMEDIO	2.45	



GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p> <p style="text-align: center;">ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL</p> <p style="text-align: center;">LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES</p> <p style="text-align: center;">"ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"</p>	<p>CURVA GRANULOMETRICA</p>
	<p>PROYECTO: Trabajo de graduación "Utilización de bloques de suelo cemento machimbrado..." TRABAJO No -</p> <p>UBICACION: Carretera Troncal del Norte. (Apopa)</p> <p>SOLICITA: -</p> <p>POZO No MUESTRA No 1 PROFUNDIDAD: -</p> <p>LABORATORISTA: Grupo de tesis. REVISO: FECHA: 09-10-1997</p>

ANÁLISIS GRANULOMETRICO

PROCEDIMIENTO EN SECO		BANCO DE MATERIAL N°2	
PESO BRUTO	535.9 gr	TARA	121.1 gr
PESO NETO	414.8 gr.		

MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULATIVO	% QUE PASA LA MALLA
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	20.5	4.94	4.94	95.06
N° 16	31.1	7.50	12.44	87.56
N° 30	42.7	10.30	22.74	77.26
N° 50	50.5	12.17	34.91	65.09
N° 100	57.5	13.86	48.77	51.23
N° 200	69.4	16.73	65.5	34.5
PASA 200	143.1	34.50	100.0	0.00
SUMA	414.8	100.0		

CONTENIDO DE HUMEDAD

BANCO DE MATERIAL	PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	PESO DE SUELO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	% HUMEDAD	PROMEDIO % HUMEDAD
B-2	69.1	64.9	4.2	10.5	54.4	7.7	7.13
	65.9	62.0	3.9	10.0	52.0	7.5	
	68.3	64.9	3.4	10.3	54.6	6.2	

ANÁLISIS GRANULAMETRICO

PROCEDIMIENTO POR LAVADO

BANCO DE MATERIAL N° 2

PESO BRUTO 904.1 gr

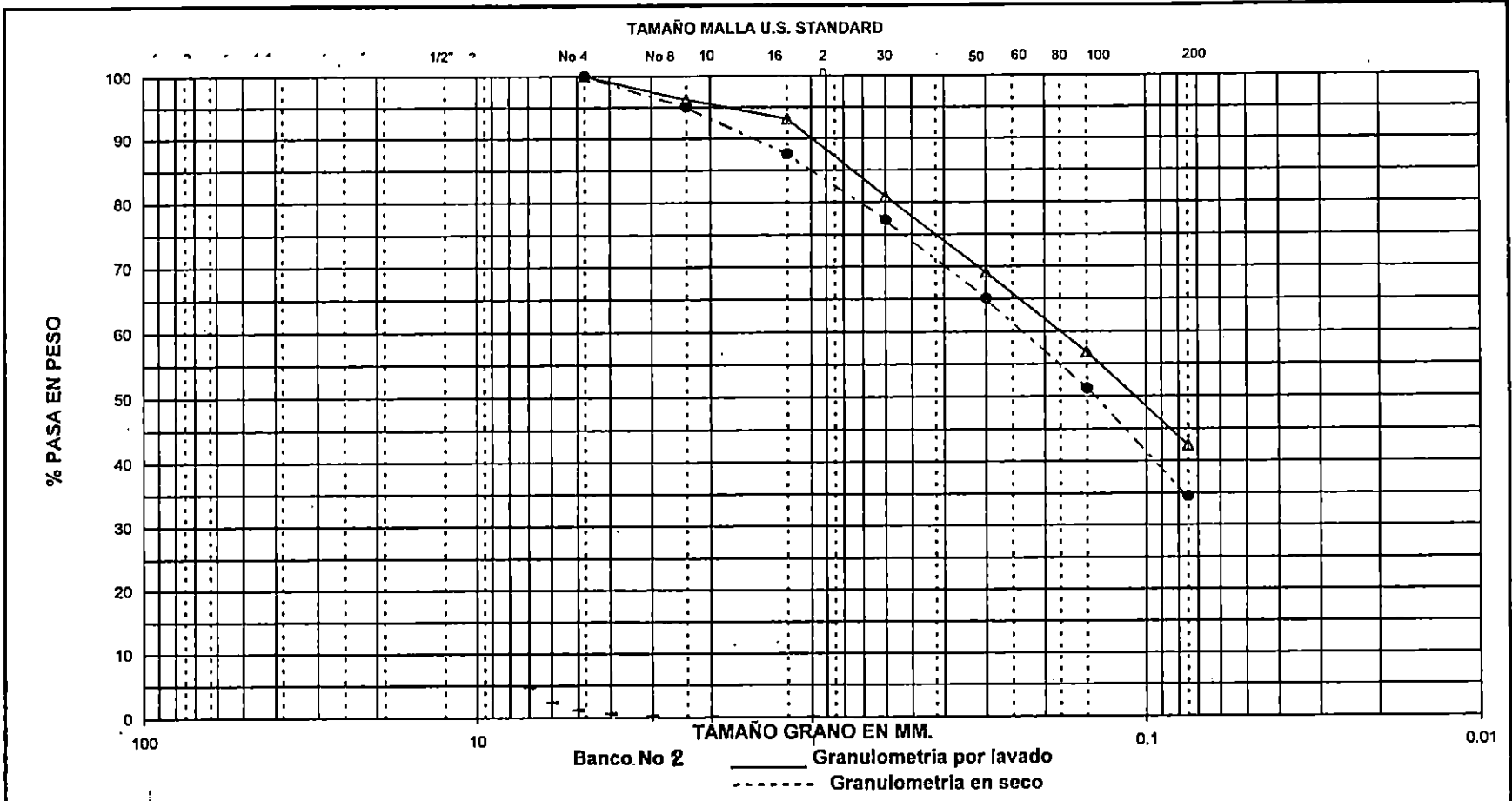
TARA 98.9 gr

PESO NETO 805.2 gr

MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULATIVO	% QUE PASA LA MALLA
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	30.3	3.76	3.76	96.24
N° 16	55.2	6.58	10.61	93.15
N° 30	68.2	8.47	19.08	80.92
N° 50	95.3	11.84	30.92	69.08
N° 100	98.8	12.27	43.19	56.81
N° 200	115.7	14.37	57.56	42.44
PASA 200	341.7	42.44	100.0	0.00
SUMA	805.2	100.0		

GRAVEDAD ESPECÍFICA

MUESTRA No. 2		
T (°C)	27	27
Ws (gr)	96.9	99.7
Wfa (gr)	667.08	686.15
Wfma (gr)	725.2	745.0
G.E.	2.49	2.44
G. E. PROMEDIO	2.47	



GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 "ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"

CURVA GRANULOMETRICA

PROYECTO: Trabajo de graduación "Utilización de bloques de suelo cemento machimbrado..." TRABAJO No -

UBICACION: Carretera Panamericana (San Pedro Perulapia.)

SOLICITA: -

POZO No MUESTRA No 2 PROFUNDIDAD: -

LABORATORISTA: Grupo de tesis. REVISOR: FECHA: 09-09-1997

ANÁLISIS GRANULOMETRICO

PROCÉDIMIENTO EN SECO

BANCO DE MATERIAL N° 3

PESO NETO: 724.1 gr

TARA: 168.3 gr

PESO NETO: 555.8 gr

MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULATIVO	% QUE PASA LA MALLA
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	29.8	5.36	5.36	94.64
N° 16	49.0	8.82	14.18	85.82
N° 30	73.8	13.28	27.46	72.54
N° 50	90.1	16.21	43.67	56.33
N° 100	87.1	15.67	59.34	40.66
N° 200	88.9	15.99	75.33	24.67
PASA 200	137.1	24.67	100.0	0.00
SUMA	555.8	100.0		

CONTENIDO DE HUMEDAD

BANCO DE MATERIAL	PESO DE SUELO HÚMEDO + TARA	PESO DE SUELO + TARA	PESO DE AGUA	TARA	PESO DE SUELO SECO	% HUMEDAD	PROMEDIO % HUMEDAD
B-3	68.2	65.4	2.8	10.5	54.9	5.1	5.03
	68.8	66.0	2.8	10.8	55.2	5.1	
	68.5	65.8	2.8	10.6	55.2	4.9	

ANÁLISIS GRANULAMETRICO

PROCEDIMIENTO POR LAVADO

BANCO DE MATERIAL N° 3

PESO BRUTO 761.2 gr

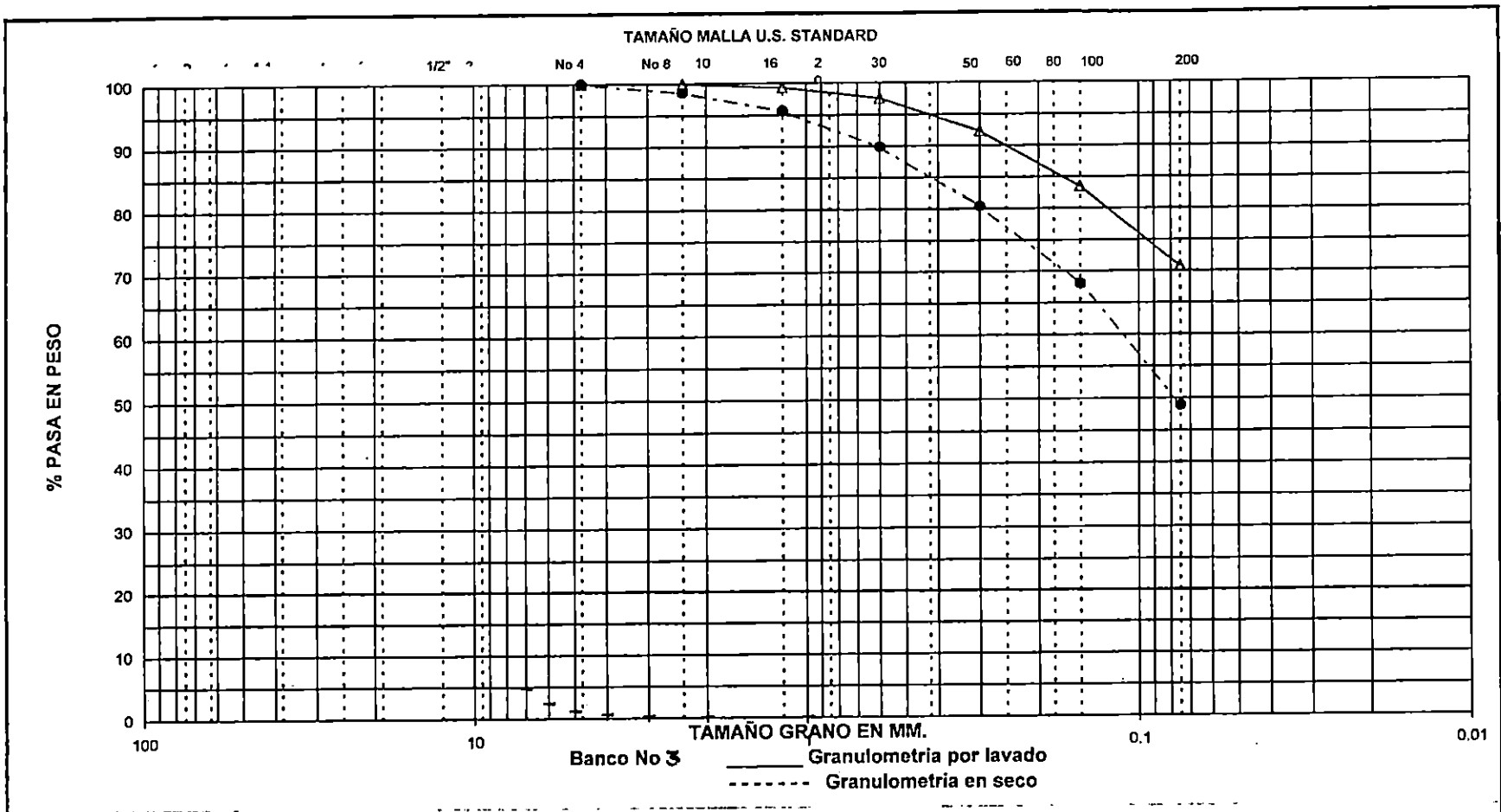
TARA 121.5 gr

PESO NETO 639.7 gr

MALLA	PESO RETENIDO PARCIAL (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULATIVO	% QUE PASA LA MALLA
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	28.3	4.42	4.42	95.58
N° 16	35.2	5.50	9.96	90.04
N° 30	57.1	8.93	18.85	81.15
N° 50	115.4	18.04	36.89	63.11
N° 100	100.8	15.76	52.65	47.35
N° 200	83.2	13.01	65.66	34.34
PASA 200	219.7	34.34	100.0	0.00
SUMA	639.7	100.0		

GRAVEDAD ESPECÍFICA

MUESTRA No. 3		
T (°C)	28	28
Ws (gr)	100.9	101.8
Wfa (gr)	666.9	686.0
Wfma (gr)	727.5	748.3
G.E.	2.48	2.58
G. E. PROMEDIO	2.53	



GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 "ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"

CURVA GRANULOMETRICA

PROYECTO: Trabajo de graduación "Utilización de bloques de suelo cemento machimbado..." TRABAJO No -

UBICACION: Población de Olocuilta.

SOLICITA: -

POZO No MUESTRA No 3 PROFUNDIDAD:

LABORATORISTA: Grupo de tesis. REVISO: FECHA: 09-08-1997

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYES DE LABORATORIO

PRUEBA	BANCO DE MATERIAL N°3	BANCO DE MATERIAL N°2	BANCO DE MATERIAL N°1	OBSERVACIONES
GRANULOMETRÍA EN SECO (% QUE PASA LA MALLA N° 200)	48.94	34.50	24.67	SE CUENTA CON SUELOS ARENO LIMOSO CON UN CONTENIDO APROXIMADO DEL 30%, 50% Y 70% DE ARENA.
GRANULOMETRÍA POR LAVADO (% QUE PASA LA MALLA N° 200)	70.74	42.44	34.34	
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	NO CONTIENE COMPUESTOS ORGÁNICOS DAÑINOS	NO CONTIENE COMPUESTOS ORGÁNICOS DAÑINOS	NO CONTIENE COMPUESTOS ORGÁNICOS DAÑINOS	APTA PARA USO DE MEZCLA DE SUELO-CEMENTO
GRAVEDAD ESPECÍFICA	2.45	2.47	2.53	CENIZA VOLCANICA

CONCLUSIÓN: Por lo tanto los resultados obtenidos nos muestran que son suelos adecuados para ser usados en la elaboración de bloques de suelo-cemento machimbrado.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos clasificar las muestras de suelos analizadas de la siguiente manera.

BANCO MATERIAL N° 1.

Se cuenta con una arena limosa (SM) ya que más del 34% pasa la malla N° 200 por el método de lavado y un 25% pasa la malla N° 200 por el método en seco.

Mostrando este material una gravedad específica promedio $GE_{prom} = 2.53$, clasificándose así como ceniza volcánica.

BANCO MATERIAL N° 2.

Se cuenta con una arena limosa - limo arenoso (SM-MS) ya que más del 42% pasa la malla N° 200 por el método de lavado y un 34% pasa la malla N° 200 por el método SECO. Mostrando este material una gravedad específica promedio $GE_{prom} = 2.47$, clasificándolo así como ceniza volcánica.

BANCO DE MATERIAL N° 3.

Se cuenta con un limo arenoso (MS) ya que menos del 70% pasa la malla N° 200 por el método de lavado y un 48% pasa la malla N° 200 por el método seco. Mostrando este material una gravedad específica promedio $GE_{prom} = 2.45$, clasificándolo así como ceniza volcánica.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que los tres bancos de materiales son buenos para construir con suelo-cemento pero el banco de Material que presentó las mejores propiedades es el Banco de Material N° 2. Ya que muestra una granulometría abierta mostrando en ella que más del 50% esta constituido por arenas y las demás por limos y un bajo contenido de pómez por la cual se utilizará este suelo, de dicho Banco.

De acuerdo a las pruebas de campo realizadas se observa que los suelos presentan un alto contenido de arena y un porcentaje menos de limos, determinándose de esta forma que los suelos en estudio no poseen plasticidad.

Por esta razón no se realizaron los límites de consistencia ya que los materiales en estudio presentan un alto contenido de arena.

Los coeficientes de uniformidad (Cu) y Curvatura (Cc) no pueden calcularse por falta del diámetro efectivo del suelo D₁₀.

3.6 DIFERENTES MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DEL SUELO, PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES.

Muchas veces se ha tratado de mejorar el suelo agregándole diferentes productos, como fibras, productos industriales, productos naturales; como jugos de ciertas plantas y otros.

Todo con el fin de obtener un mejor comportamiento de la estructuras (viviendas) a construir, logrando este fin a propósito por medio de la ESTABILIZACIÓN, la cual consiste en agregar algún material o producto a la mezcla de manera que los bloques adquieran mayor resistencia, impermeabilidad y duración.

Técnicamente los estabilizadores actúan sobre los materiales de la siguiente manera:

- Aumentan la fricción interna entre los partículas (suelo-estabilizante)
- Logran mayor adherencia o cohesión entre los agregados.
- Consolidan el material actuando como cementantes.
- Varían la composición química de la mezcla mejorándola.

Como se mencionó anteriormente existen diferentes estabilizadores, los cuales pueden ser derivados en los grupos siguientes.

- Productos Naturales: vegetales como jugos de ciertas plantas, ácidos, aceites y otros.
- Productos Industriales: Como ácidos, resinas, sales y otros.

Entre los métodos de estabilización que se han usado describiremos los siguientes:

3.6.1 ESTABILIZACIÓN CON ZACATE.

Este es uno de los procedimientos tradicionales que inicialmente se han utilizado en la fabricación de adobes, en los cuales los componentes principales son: Suelo- Agua- Zacate.

Es de hacer notar que por la experiencia en muchos años en este trabajo, los adoberos reconocen por inspección visual que suelo es "bueno" para hacer adobes y que suelo no lo es. El mezclado de los componentes se realiza con los pies y luego se deja reposar durante dos días para que la mezcla se pudra; después de ese tiempo se vuelve a mezclar y luego se procede a la hechura de los adobes.

3.6.2 ESTABILIZACIÓN CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ.

Se trata de abordar en esta parte un estudio de posibles aplicaciones de la cascara de arroz en la construcción, Utilizando la ceniza de la cascara de

arroz como un estabilizante o cementante, en la elaboración de bloques o ladrillos estabilizados con dicho material.

El proceso de obtención de la ceniza de cascara de arroz, se inicia en un horno con capacidad de 370 Lts., lo que supone aproximadamente unos 45 Kg. de cascara. La temperatura del horno varía de -60° a $+1200^{\circ}\text{C}$ internamente, produciendo la pulverización de la cascara de arroz.

Del resultado de este proceso obtenemos un material cementante que al adicionarle cemento o cal de mayores resistencias, obteniendo así, otro estabilizante alternativo para la modernización del bloque y ser utilizados en la construcción de vivienda de bajo costo.

3.6.3 ESTABILIZACIÓN CON CAL.

La cal tiene diferentes efectos sobre el suelo, los suelos arcillosos, por ejemplo se ponen más livianos y se dejan trabajar más fácilmente si se agrega cal.

La cal mezclada con ciertas arcillas, reacciona químicamente y las insensibiliza al agua, produciendo un mejor comportamiento, evitando el agrietamiento y la absorción de humedad, por lo cual se recomienda utilizar la cal como estabilizante en suelos con contenidos altos de arcilla y en pocas cantidades.

3.6.4 ESTABILIZACIÓN DE ASFALTO.

El asfalto emulsificado que se usa como estabilizador de suelos, consiste de glóbulos microscópicos de asfalto que están rodeados y suspendidos en un medio acuoso.

El asfalto mezclado con el suelo, envuelve los granitos de dicho material con una capa muy delgada e impermeable, especialmente en los rellenos que poseen una mayor capacidad de absorción de agua que los suelos arenosos, proporcionando una mayor resistencia a la penetración del agua, mayor durabilidad; resistencia a insectos, incendios y un menor costo.

En la estabilización de bloques con asfalto, existen diferentes métodos para determinar la cantidad de estabilizador a usarse. Principalmente se basan en el porcentaje de suelo que pasa la malla N° 200 y el índice de cohesión.

En experimentos realizados (en Instituto Internacional Tecnológico de Viviendas de Estados Unidos) se ha demostrado que el estabilizante RC-250, ha presentado resultados satisfactorios y que el porcentaje de adición varía de 1% a 3% de dicho estabilizante. En emulsiones asfálticas varía el porcentaje de adición de un 2% a 6%.

Estas pruebas han revelado que la resistencia al agua y otras propiedades del bloque estabilizado con asfalto RC-250 son similares a los de aquellos bloques estabilizados de RC-250 es la mitad de la cantidad de emulsión.

En la fabricación de las unidades se puede realizar en forma manual y por métodos mecánicos que es el más usado.

3.6.5 ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO.

Es el método más ampliamente usado y de mayor éxito en la estabilización de suelos, el suelo-cemento, mejora la resistencia al esfuerzo cortante y su rigidez, reduce la permeabilidad en la mayoría de los suelos ya que los poros son llenados por el cemento, aumenta su módulo de estabilidad, disminuye la comprensibilidad y muchas propiedades más, las cuales ya fueron presentados en el capítulo II del presente trabajo.

Por todas estas características y propiedades que proporcionan el suelo al estabilizarlo con cemento y por el material seleccionado, se concluyó que los bloques a elaborar serán de suelo-cemento.

3.7 MAQUINARIA UTILIZADA EN LA FABRICACIÓN DE BLOQUES.

Para la fabricación de bloques se ha desarrollado una amplia gama de equipos en los cinco continentes que van desde equipos manuales que producen 200 unidades diarias, hasta máquinas sofisticadas conocidas como ponedoras, con una producción de 20,000 bloques diarios y que ejercen una presión de compactación de 16 MN/m².

Dentro de las aplicaciones con suelo-cemento como material de construcción se encuentra la producción de bloques con equipo:

- MANUAL:** En este caso el pisonado lo hace una o varias personas por medio de un sistema de palanca o de pistón.
- MECANICO:** El apisonamiento del material se realiza por un sistema de palanca o de pistón accionado mecánicamente por un motor de gasolina, diesel o eléctrico.
- HIDRAULICO:** La energía del motor se transmite a la bandeja de compactación por un sistema hidráulico.
- NEUMÁTICO:** La energía del motor se transmite del pistón por un sistema neumático.

La elección del tipo de máquina depende de la producción diaria exigida, a continuación se presentan algunas de las máquinas más conocidas.

CINVA-RAM:

Esta prensa manual ha sido perfeccionada en Bogotá (Colombia), en 1952 por el Centro Interamericano de Vivienda "CINVA". Es sencilla, sólida, económica y puede ser construida por un artesano. A continuación se muestran las partes de la máquina CINVA-RAM.

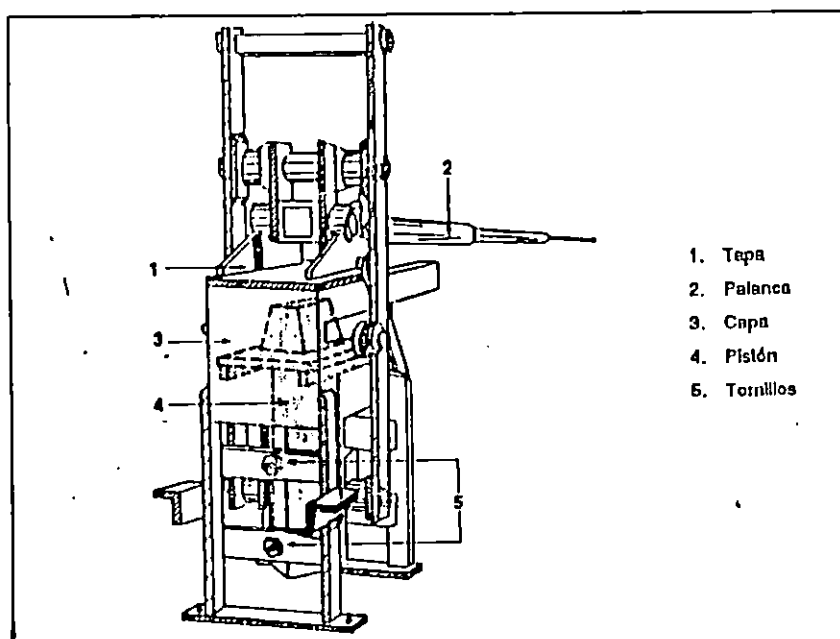


FIGURA 3.7.1 MAQUINA CINVA-RAM PARA PRODUCIR
TODO TIPO DE BLOQUES

Esta prensa es ampliamente conocida y utilizada. A partir de ella se ha creado modelos basados en el mismo principio. La CINVA-RAM se ha utilizado extensamente tanto en países subdesarrollados como en los en vía de desarrollo. Este equipo está basado en el principio de que el suelo sometido a grandes presiones adquiere propiedades estables haciéndose resistente a la compresión y al desgaste, posteriormente se describirá ampliamente esta maquinaria.

TEC-BLOCK:

La TEC-BLOCK es una prensa manual que ha sido perfeccionada en Ghana, por el departamento de investigaciones de la vivienda y planeación de la Facultad de Arquitectura, de la Universidad de Ciencias y Tecnología. Kumasi (Ghana). Esta máquina es muy parecida a la CINVA_RAM, sólo que el cierre y apertura de la tapa son automáticas. El manejo es más fácil y acelera el ritmo de producción. Además el molde, la tapa y el pistón de compresión son de acero, así como las piezas de compresión son de acero, así como las sujetas a roce.

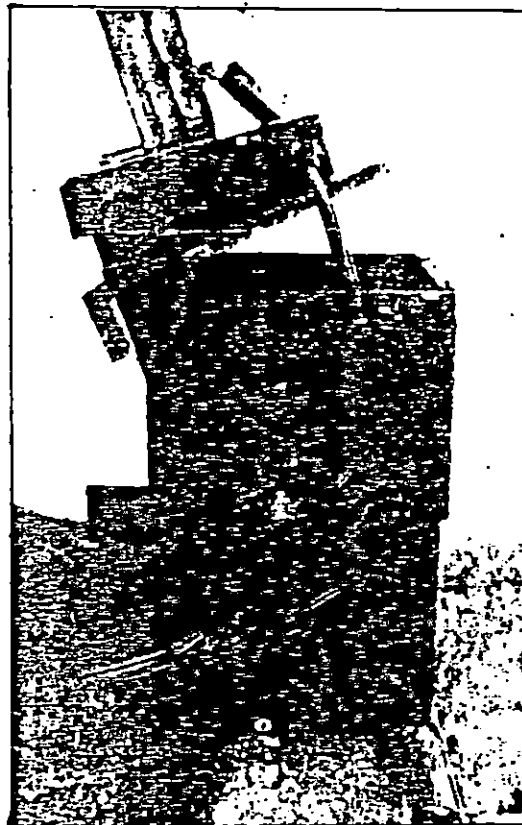


FIGURA 3.7.2 PRENSA TEK-BLOCK GHANA.

ELLSON BLOCKMASTER:

Es una prensa manual fabricada en al India, existen modelos que producen modelos diferentes. A continuación se mencionan las partes de las cuales se compone la máquina.

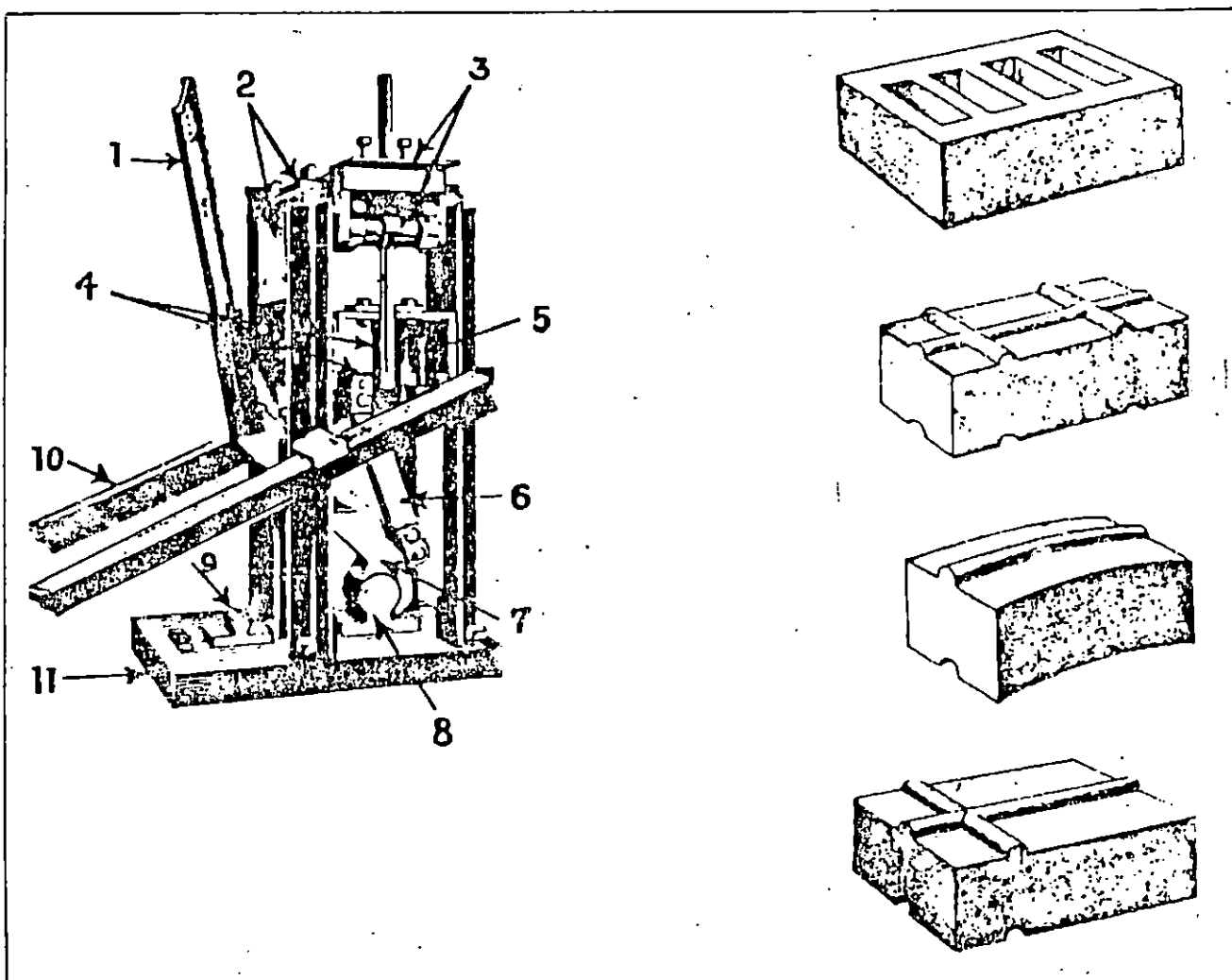


FIGURA 3.7.3

PRENSA ELLSON BLOCK MASTER

DIFERENTES FORMAS DE BLOQUES

1. La palanca principal se introduce en la pieza N° 7.
2. Molde y tapa.
3. Apertura y cierre de la tapa comprendidas por unas abrazaderas rebatible y un árbol excéntrico.
4. Travesaño del pistón: dos travesaños se articulan entre las corredoras N° 5 para guiar al pistón.
5. Corredoras.
6. Biela principal que acciona el pistón.
7. Palanca dentada que gira el pivote N° 8 en el momento de la compresión. Cuando la palanca llega al tipo y sobre el segundo pivote N° 9, la compresión se termina. Se abre entonces la tapa y al bajar la palanca, el diente se suelta del pivote N° 8 produciéndose el desenmolde.
8. Pivote de compresión.
9. Pivote de desenmolde.
10. Soportes que aseguran la estabilidad de la prensa.
11. Zócalo.

TESTARAM:

Esta prensa manual es algunas veces más conocida por el nombre de "Landarete" y "Stabibloc". Y actualmente a tenido modificación que la hacen la mejor prensa manual disponible en el mercado. Algunas ventajas son:

- Buena presión.
- Moldes Intercambiables.
- Solidez
- Caja para herramientas.
- Precompactación por caja rebatible.

CLU 2000:

La singularidad de esta prensa hidráulica, con bandeja giratoria, es que está equipada con un mezclador de eje horizontal de 140 lts. y montado sobre un remolque, que permite desplazarla fácilmente. Esta prensa es fabricado en Alemania y comercializada en Suiza. esta máquina es original y atractiva pero muy costosa y es de bajo rendimiento.

CETA-RAM:

La máquina CETA-RAM; desarrollada en Guatemala, bajo el mismo principio que CINVA-RAM, produce bloques de igual dimensión, pero incorpora aligeramiento, que permite también el paso de barras de acero colocadas en obra, especialmente en zonas sísmicas. Su presión de compactación es de 2MPa, produce unos 250 bloques diarios, y requiere tres trabajadores.

Existen otras prensas comerciales para la fabricación de bloques como la M.M.H. 2000; A.B.I.; Hullumeca; Drostholm 13 y otras. Las cuales su costo es más elevado y su funcionamiento delicado, por lo cual no son descritos.

PRESSE-TERSTARAM:

La máquina PRESSE-TERSTARAM; desarrollada en Bélgica, opera bajo el mismo principio antes citado, pero requiere de dos operadores que aplican la carga simultáneamente y produce dos bloques a la vez, de 290X140X90 mm admitiendo variación de las piezas. Su rendimiento es de 1000 bloques diarios y requiere de 7 operadores.

GEO-50:

La máquina GEO-50 construida en Francia, incorpora el doble efecto, es decir, compacta por las dos caras, produce un elemento de 290X140X90 mm., requiere de dos operadores y produce entre 160 y 400 unidades diarias. Existe en Cuba.

BREPAK:

La máquina BREPAK; construida en Inglaterra, desde 1979, aplica la compresión mediante un gato hidráulico, con una presión de 10 MPa, tiene

un rendimiento de 35-40 bloques/hora (sobre 300 bloques por día) de 290X140X90 mm, con 3 operarios.

Se puede notar que todas las máquinas antes citadas producen bloques cuya altura es de 10 cm. como máximo, valor que se puede considerar preferido por máquina manuales.

3.8 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE MAQUINAS PRODUCTORAS DE BLOQUES DE SUELO-CEMENTO.

Las siguientes características son parte del diseño de máquinas para la fabricación de bloques de tierra prensada con algún producto estabilizador. En la comercialización de estas máquinas y principalmente en la compra de alguna de ellas se debe conocer:

1. Modo de Compresión:

La presión estática se realiza por el acercamiento lento de las dos superficies entre las cuales se encuentra la tierra, que es retenida lateralmente.

Con su presión dinámica la compactación se obtiene por un apisonamiento de la tierra en un molde. La presión ejercida sobre el bloque no se controla fácilmente.

2. Denominación:

El constructor debe dar el nombre de la máquina diseñada y origen.

3. Características Físicas:

Se presenta la dimensión de la prensa: ancho, largo, alto, peso, la naturaleza del motor (gasolina, diesel o eléctrico) y su consumo aproximado.

En los lugares alejados no se aconseja el motor eléctrico ya que su arreglo, en el caso de daño, es más difícil que en los dos motores diesel o de gasolina. Los filtros de los motores deben poder limpiarse y no recargarse.

4. Otras Características:

La presión se pierde por las transmisiones, los razonamientos y la elasticidad del material. Las presiones de compactación de 7 a 10 Kg/cm², puede ser suficientes pero son mínimas, las presiones de 20 a 40 Kg/cm² son excelentes.

La tasa de comprensión es la relación entre el volumen de una tierra esponjada y el de la tierra compactada es teóricamente 1.65.

Es de notar que casi todas las prensas manuales o mecánicas tienen una relación inferior o igual a 1.65.

La profundidad máxima del molde es la distancia entre la tapa cerrada y la bandeja de compresión en reposo. Esta disminución restada del recorrido de la bandeja da el espesor máximo del bloque a producir.

El recorrido máximo de la bandeja no puede ser regulado. El esfuerzo de compresión máximo se produce al final del recorrido, los bloques producidos de esta forma serán menos resistentes que los otros.

El hecho de no descender la palanca hasta su tope crea la ilusión de regulado en el recorrido de la bandeja.

La dimensión de los bloques puede ser "estándar".

5. Producción:

Hay cuatro niveles de producción:

- Baja:

En el caso de las prensas manuales cuyo rendimiento varía en función de la organización de 300 a 1200 bloques por día.

- **Media:**
Las prensas hidráulicas móviles tienen una producción de 2000 a 2800 bloques por día.
- **Alta:**
Las prensas mecánicas móviles tienen producciones elevadas han sido diseñadas para moldear la tierra en estado plástico.
- **Muy alta:**
Son prensas sofisticadas de una infraestructura importante y de un personal altamente calificado.

En la producción se debe tomar en cuenta la cantidad de bloques por día que corresponde al número de bloques producidos en una jornada de ocho horas, el volumen de tierra compactado por día en m^3 y la cantidad de obreros que realizan la alimentación con la tierra, la compresión y la evacuación de los bloques.

3.9 EQUIPO A UTILIZAR PARA LA FABRICACIÓN DEL BLOQUE.

LA MÁQUINA CINVA-RAM.

La máquina CINVA-RAM fue diseñada por el ingeniero chileno Raúl Ramírez. Esta máquina es una herramienta liviana portátil de operación manual, fácil y sencilla, construida totalmente de acero, consiste en una prensa para fabricar rápidamente bloques de construcción, empleando suelo

y un aditivo estabilizante, generalmente cemento, tiene un bajo costo y por tratarse de un aparato sumamente portátil, de gran simplicidad y operación manual, es capaz de moldear a presiones de unos 35 kg/cm² obteniendo bloques o ladrillos de la más alta calidad y resistencia para la construcción de casas a razón de 500 a 800 unidades por jornada de trabajo de 8 horas.

El bloque de construcción que produce mide 29 cm. de largo por 14 de ancho y 9 de alto lo cual permite una modulación de 30*15*10cm. La máquina viene provista de estampas de madera que permiten producir, además bloques semi-huecos, acanalados y baldosas. Estos bloques ofrecen muchas ventajas sobre la mayoría de materiales de construcción conocidos, ya que sus características estructurales son suficientes para causa de uno o dos pisos y otras construcciones pequeñas, ofreciendo una alta resistencia a la compresión, al deterioro, al impacto y a los vientos. Son uniformes, de dimensiones precisas y superficie pareja. Se fabrican más fácil que los bloques de concreto, ya que se sacan de la prensa inmediatamente sin necesidad de usar paleta. No necesitan horno, pues su curación es completamente natural, por no requerir recubrimiento de exterior, pueden pintarse directamente. Como la materia prima principal proviene del mismo terreno en que se va a construir, el costo de fabricación se reduce notablemente, eliminándose al mismo tiempo los gastos de transporte. La máquina CINVA-RAM, fuerte y duradera, está construida para un uso recio y prolongado, y exceptuando su lubricación y el cuidado necesario para evitar la oxidación, no demanda gastos de mantenimiento.

Básicamente, la máquina consta de una caja a molde, la cual después de llenarse con la cantidad apropiada de mezcla húmeda de suelo-cemento, se cierra con una tapadora pivotante, y de un mecanismo o palanca, la cual, al ser presionada, comprime la mezcla en el interior del molde, formando el bloque. Al tirar de la palanca en sentido inverso y previa apertura de la tapadera, el bloque es eyectado fuera del molde, de donde se retira manualmente para ser puesto a curar.

PARTES DE LA MÁQUINA.

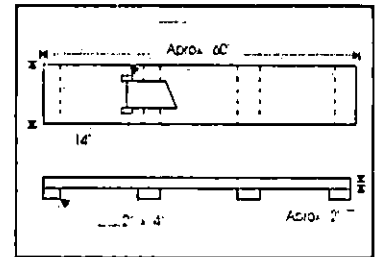
1. PALANCA. Consta de un juego de bielas accionadas por un brazo que permiten poner en movimiento el pistón.
2. TAPA. Rectángulo metálico, unido a la caja por dos tirantes laterales móviles que le permiten deslizarse para taparla y destaparla.
3. CAJA. Molde metálico sostenido por cuatro patas de hierro angular el cual constituye el esqueleto de todo el mecanismo.
4. PISTÓN. Formado por un cilindro guiado entre dos ángulos regulables rematado en una platina rectangular que hace las veces de émbolo de compresión.
5. TORNILLO PARA GRADUAR LAS GUÍAS DEL PISTÓN. Sirven para aflojar el pistón si estuviera muy apretado entre las guías o viceversa.

MONTAJE DE LA MÁQUINA.

Para conseguir la estabilidad necesaria, la máquina debe fijarse en una plataforma de madera.

MANEJO DE LA MÁQUINA.

A fin de producir buenos bloques o baldosas, la caja de compresión de la máquina debe llenarse con una cantidad de mezcla que requiera una presión fuerte sobre la palanca. Se recomienda hacer varios bloques a baldosas de prueba para determinar la cantidad correcta de mezcla que debe emplearse en cada operación.

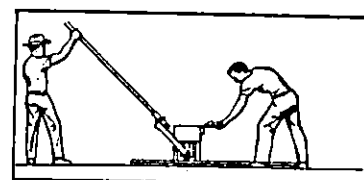
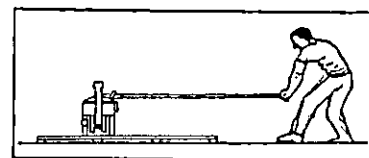
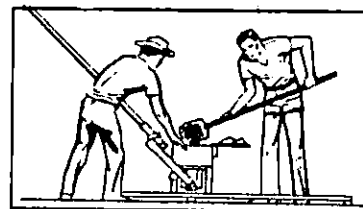


Se requiere tres movimientos básicos para fabricar bloques o baldosas:

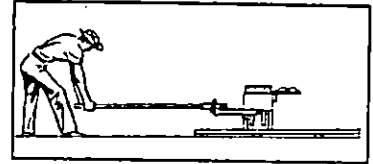
1. Llenar la caja de compresión.
2. Comprimir la mezcla.
3. Sacar el producto terminado.

DETALLE DE ESTOS MOVIMIENTOS.

1. Coloque la palanca en posición de descanso y abra la caja deslizando la tapa horizontalmente hasta su tope. llene la caja con la mezcla preparada.
2. Cierre la caja eliminando así el exceso de mezcla y coloque la palanca en posición vertical, desconectando entonces el pestilo o gancho que la sostiene.
3. Baje la palanca en dirección contraria a la posición de descanso hasta que quede paralela al suelo. Este movimiento proporcionará la presión necesaria para formar el bloque. Si la caja ha sido llenada correctamente, la acción de bajar la palanca requerirá una "presión fuerte".
4. Devuelva la palanca a su posición de descanso y abra la caja en la misma forma como se hizo anteriormente.

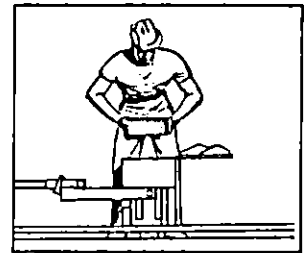


5. Baje la palanca en dirección opuesta descrita en el numeral 3 hasta que quede paralela al suelo. Este movimiento hace salir el bloque.



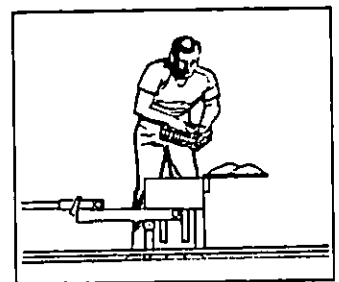
COMO RETIRAR LOS BLOQUES.

Coloque las palmas de las manos en los extremos del bloque, cuidando de no dañar las esquinas y bordes del mismo, luego se levanta suavemente y se coloca de canto en el lugar de curación.



COMO RETIRAR LAS BALDOSAS.

Coloque la palma de una mano encima de la superficie de la baldosa. Manteniendo unidos baldosa y molde, deslícelos suavemente hasta que la otra mano pueda colocarse debajo del molde. Ubique ambas piezas de canto en el sitio de curación y luego separe el molde con cuidado.



CAPITULO IV
DISEÑO DEL BLOQUE DE
SUELO-CEMENTO MACHIMBRADO

CAPITULO IV

DISEÑO DEL BLOQUE DE SUELO-CEMENTO MACHIMBRADO

4.1 INTRODUCCION

En este capítulo se mencionará la descripción del sistema machimbrado mostrando sus ventajas al momento de construir, además se estará dando enfoque al análisis constructivo, incluyendo en este las dimensiones del bloque y el diseño del molde todo esto para efectuar un proceso de construcción adecuado.

Algo importante en la ejecución de una obra es la dosificación de la mezcla, ya que de esta forma se está asegurando una buena calidad en los especímenes a fabricar, donde la cantidad de cemento, suelo y agua constituyen un factor primordial en la seguridad del sistema.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE BLOQUE DE SUELO-CEMENTO MACHIMBRADO.

El proceso constructivo elimina el mortero para la junta de los bloques lo cual es sustituido por un sistema machimbrado que se elabora al momento de hacer el bloque en la máquina CINVA-RAM, ya sea manual o industrial.

La única parte que incluye mortero es en la modulación de la primera hilada con el fin de establecer la nivelación adecuada y rígida, ya que es la base del sistema.

El sistema está basado en el comportamiento de las estructuras a base de paredes portantes, es decir que cada módulo de pared se comporta como una viga en el cual los mayores momentos son absorbidos en los extremos de cada una de las paredes, cuando se trabaja reforzando únicamente con varillas de acero de poco diametro o vara de castilla los extremos de las paredes.

Esta es una de las formas en que el sistema puede ser aplicado pero existen otros métodos los cuales también pueden ser usados como es el sistema a través de paredes que actúan en forma gravitacional, el cual consiste en reforzar las esquinas en forma cuatrapiada, rigidizando la construcción de las viviendas.

Otra forma que puede ser utilizado para la construcción de viviendas con este tipo de bloque es el uso de "Marco Estructural" el cual actúa a través de nervios y soleras intermedias utilizando especimenes como material de relleno, mostrando una forma practica y sencilla en la construcción de viviendas.

Es así que en el tipo de sistema machimbrado debe predominar lo estructural antes que lo arquitectónico especialmente en regiones de alta sismicidad.

MODULACIÓN Y REFUERZO

De los sistemas mencionados anteriormente se describe el método a utilizar el cual consiste que en la unión de las esquinas en las paredes será cuatrapiada para la fijación de los mismos, esto sustituirá el refuerzo vertical (nervio) y actuarán como columna en el sistema machimbrado. Los bloques se colocaron de lazo, dando mayor rigidez a las paredes, además se colocará una solera de coronamiento la cual actuará como una viga para dar una rigidez total al sistema.

Las paredes construidas con bloques de suelo-cemento presentan menos irregularidades que las construidas tradicionalmente. Por lo tanto el repello será más delgado.

Si se dejan vistos los bloques, se debe proteger con pinturas especiales a base de cemento o aplicar primero una lechada de cemento como base para otras pinturas y a la vez mejora la resistencia de los bloques a la intemperie

y al maltrato; aumenta la dureza superficial y sirve como el sello y proporciona un ahorro de pintura.

4.3 ANÁLISIS CONSTRUCTIVO.

En este análisis se tomó en cuenta las siguientes características:

1. Características físicas de los bloques
 - a) Forma
 - b) Peso
2. Características del bloque fresco
3. Características del bloque endurecido
4. Características del acero como refuerzo.

1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL BLOQUE.

A. Forma:

Los bloques a elaborar son de la forma tradicional existentes en el país, en forma de paralelepípedo ortogonal y con huecos y salientes característico de este bloque machimbrado.

Sus dimensiones modulares son 29X14X9 cm., pudiendo tener variación de más o menos 5 mm., también se contará con medios bloques de 14X14X10 cm, la forma de colocación se hará como se muestra en la figura 4.3.

B. Peso:

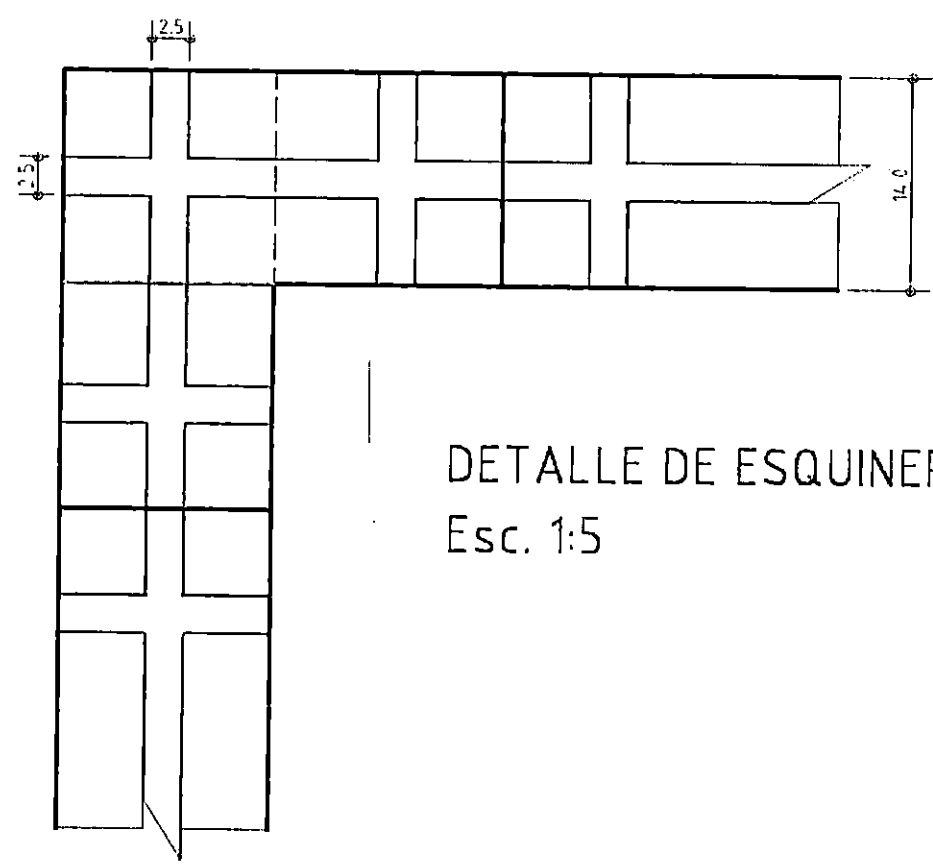
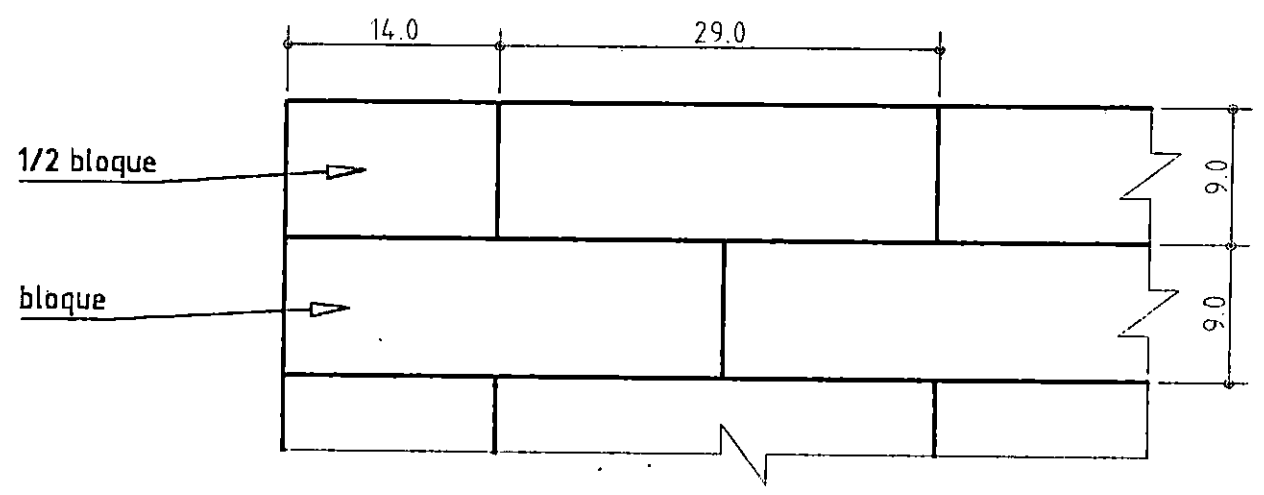
El calculo de peso para los diferentes bloques se realizó en base a un 25.5% de agua establecidos de acuerdo a los siguientes criterios:

En estudios de bloques de suelo-cemento compactado por vibración interna se han obtenido para un contenido de humedad óptima del 27% un valor de peso volumétrico seco de 1650 Kg/m³.¹_/

¹_/ "Aplicación del Suelo Cemento a la Construcción de Vivienda Mínima". Ignacio Francés Fadón, Jaime A. Sánchez. Seminario de Graduación de 1976.

FORMA DE COLOCACION DE BLOQUES

Esc.1:5



DETALLE DE ESQUINERA

Esc. 1:5

NOTA: Todas las medidas estan en centimetros.

2. Características del Bloque Fresco:

Estas serán determinadas mediante pruebas, en las cuales se verificarán las dosificaciones de agua y cemento más adecuados para que el material sea trabajable y que el bloque presente menor contracción por secado, minimizando deformaciones en húmedo, además de lograr una textura superficial lisa y aristas bien definidas.

3. Características del Bloque Endurecido:

El bloque en esta etapa debe presentar las resistencias mínimas de compresión requerida para los diferentes períodos de curado y edades esperando aproximadamente resistencias mínimas a los 7 días (25 Kg/cm²), 14 días (42 Kg/cm²) y 28 días (50 Kg/cm²).

4. Características del Acero como Refuerzo.

El acero se usará en la forma que el sistema machimbrado requiere reforzando en la solera terminal o de coronamiento, el resto de la construcción será hecho con el sistema machimbrado.

4.3.1 DIMENSIONES DEL BLOQUE:

Los bloques elaborados tienen dimensiones modulares de 29X14X9 cm. pudiendo tener variación de más o menos 5 mm., además se contará con medios bloques de 14X14X9 cm. como se muestra en la figura 4.3.1.1, 4.3.1.2, 4.3.1.3 y 4.3.1.4.

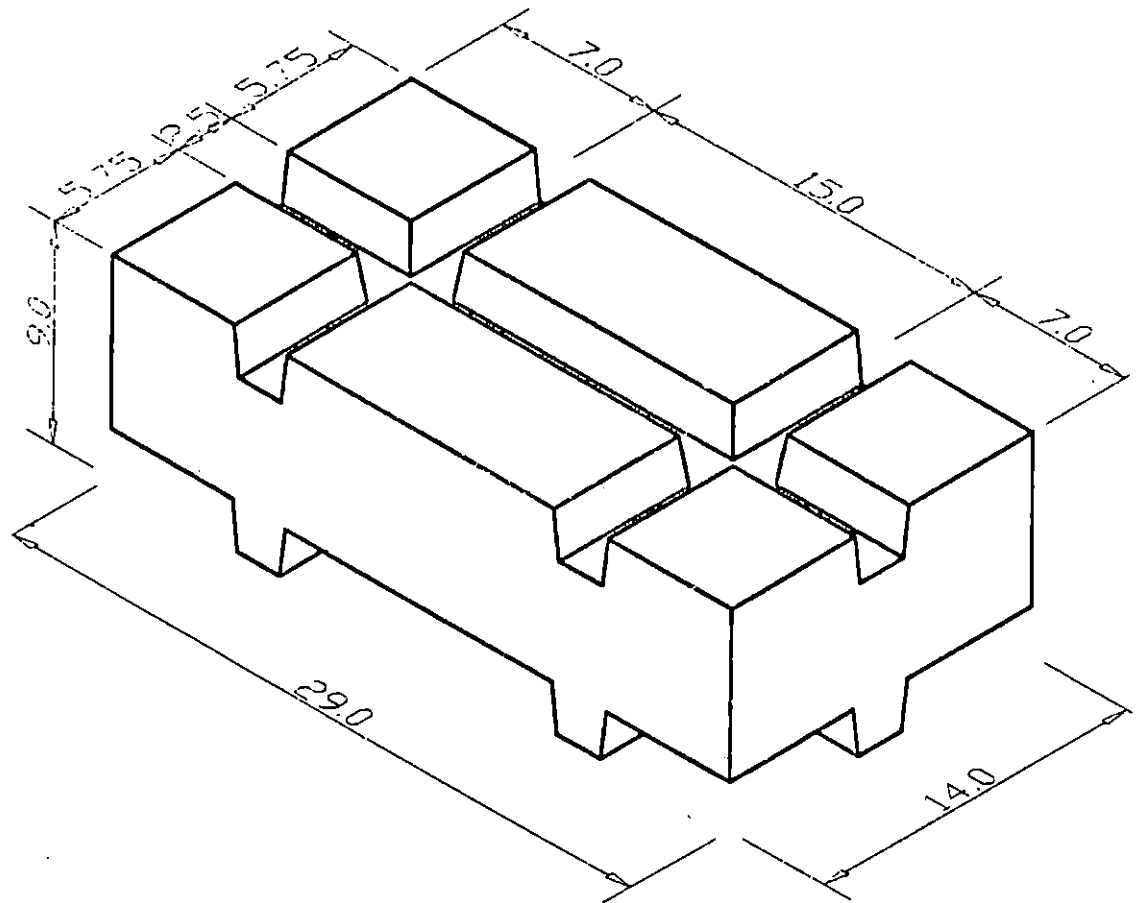
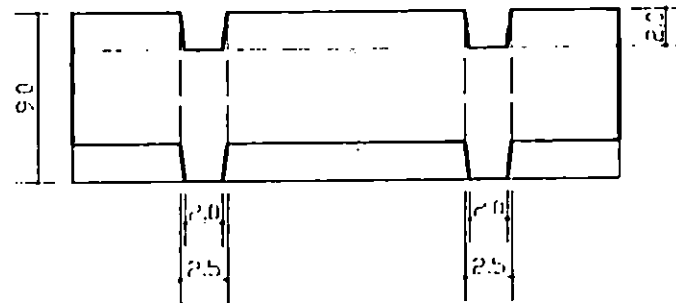
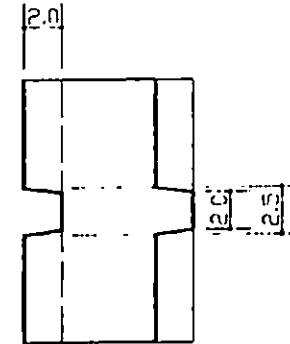
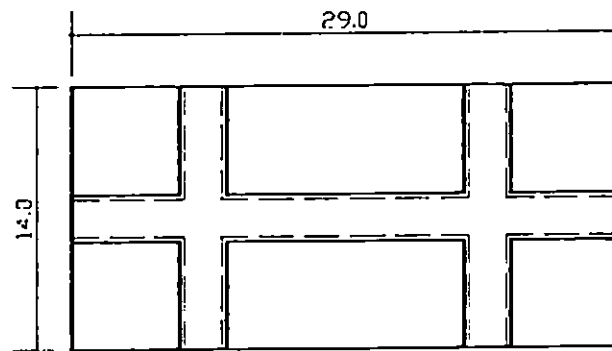


FIG. 4.3.1.1
DIMENSIONES DEL BLOQUE



Escala 1:4

Cotas en cms.

FIG. 4.3.1.2
VISTAS DEL BLOQUE

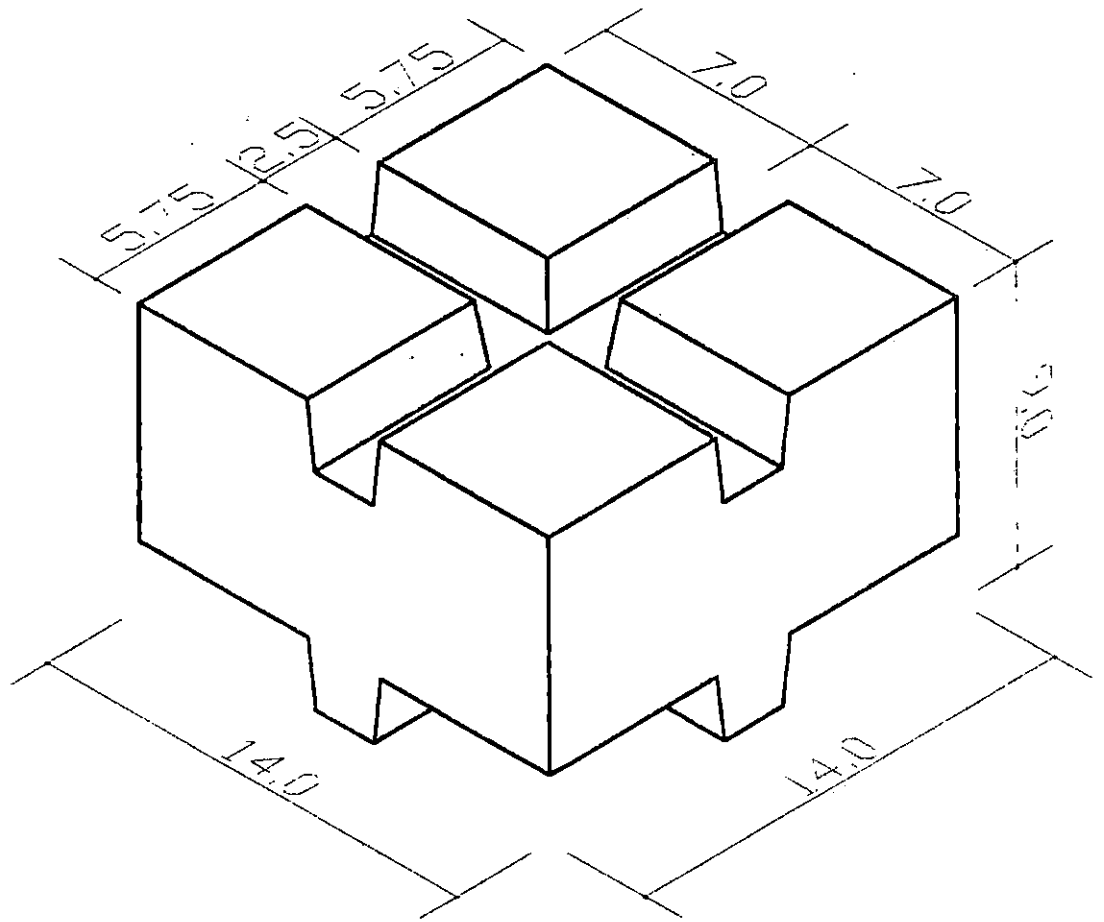


FIG. 4.3.1.3
DIMENSIONES DEL MEDIO BLOQUE

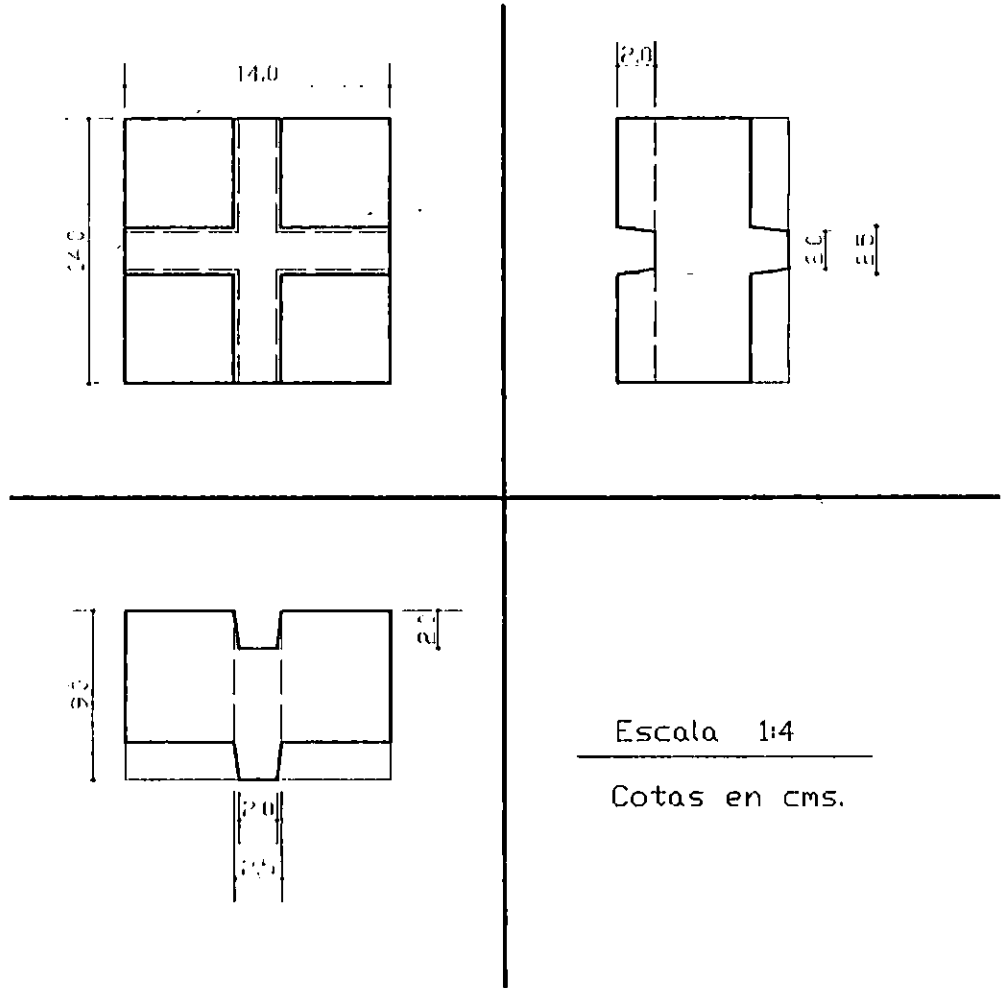


FIG. 43.1.4
VISTAS DEL MEDIO BLOQUE

4.3.2 DISEÑO DEL MOLDE:

Para el diseño del molde se tomó en cuenta el análisis constructivo ya que se basa en el tipo de bloque a elaborar para obtener una adecuada modulación, tanto en la construcción de las paredes como en la continuidad del sistema machimbrado.

El molde está constituido por dos placas, una superior y otra inferior, cada placa consta de una sección trapezoidal en el caso de la placa superior muestra un saliente (macho) el cual se alarga en la superficie en forma de doble cruz, en cuanto a la placa inferior (hembra) ésta muestra un canal en forma trapezoidal alargándose también en forma de doble cruz. como se muestra en las figuras 4.3.2.1 y 4.3.2.2.

Para efectos de extraer el bloque se hará de acuerdo a los procedimientos que la máquina ofrece presionando las dos placas con las manos y luego colocar el bloque en un lugar seguro.

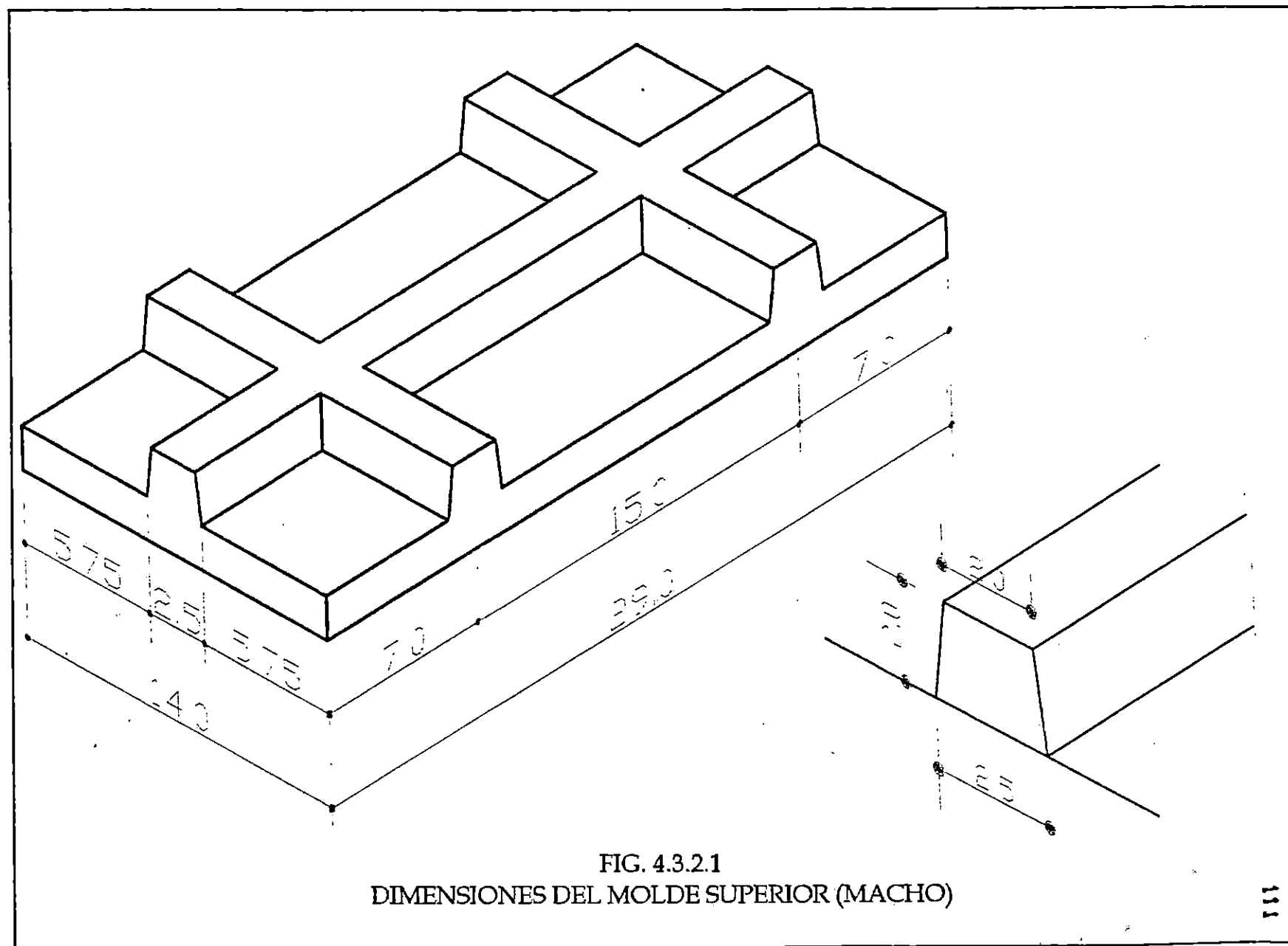


FIG. 4.3.2.1
 DIMENSIONES DEL MOLDE SUPERIOR (MACHO)

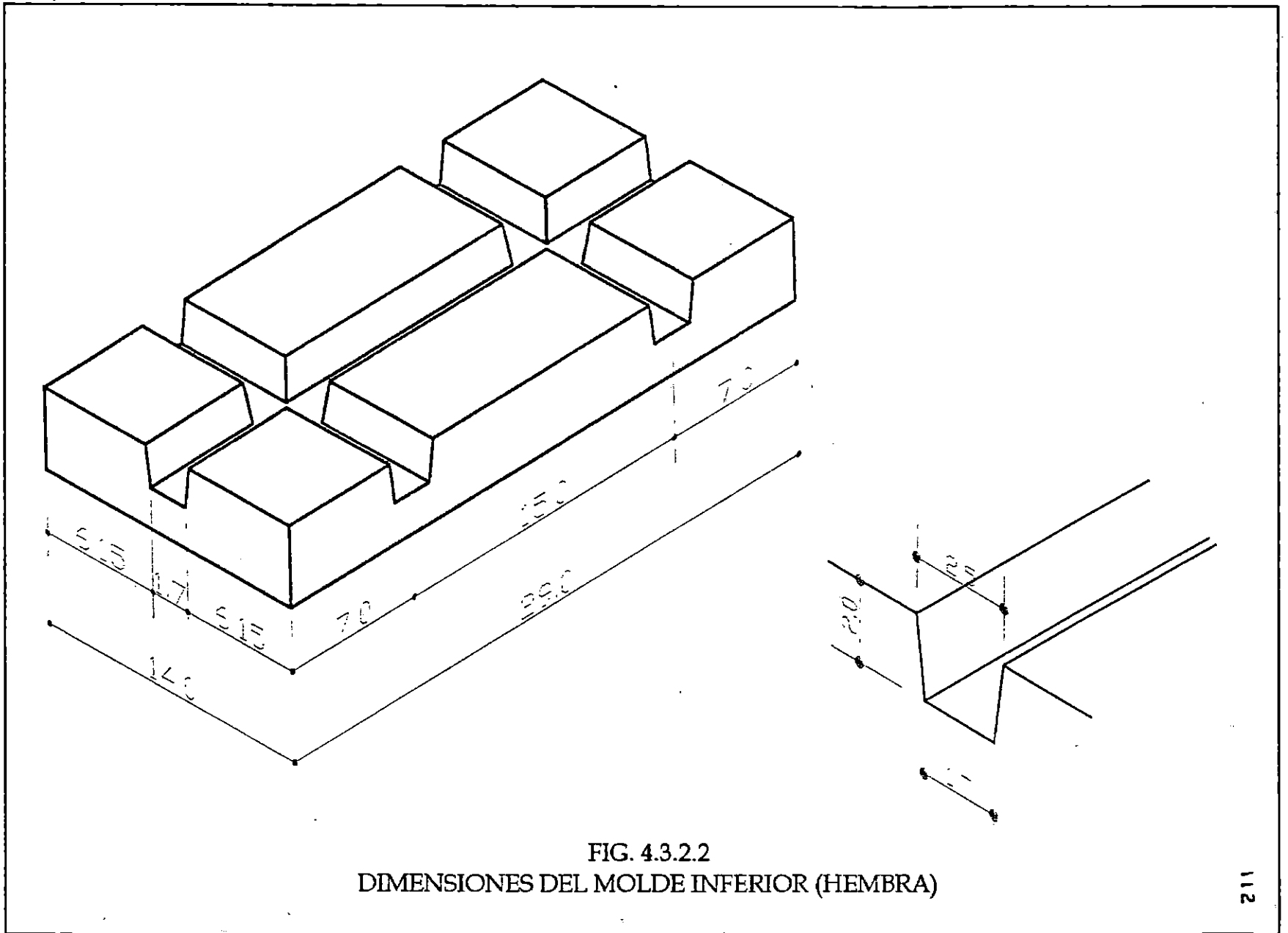


FIG. 4.3.2.2
 DIMENSIONES DEL MOLDE INFERIOR (HEMBRA)

4.4 DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA.

El proceso de diseño de mezclas de suelo-cemento consiste en realizar una serie de ensayos de laboratorio, para poder determinar:

- La cantidad de cemento que debe agregarse al suelo para que la mezcla adquiera una resistencia adecuada.
- La cantidad de agua que se debe agregar a la mezcla, para alcanzar la densidad de compactación deseada.

Para determinar los factores anteriores, se han realizado a la fecha numerosas investigaciones acerca del comportamiento mecánico de las mezclas de suelo-cemento. Destinados para el uso en la elaboración de bloques, por lo cual el presente trabajo, no se profundizará en cuanto a la dosificación de las mezclas, ya que la prioridad será la elaboración de los bloques machimbrados y conocer su comportamiento del sistema en sí (como pared).

De los estudios realizados sobre el comportamiento mecánico del suelo-cemento se han obtenido muy buenos resultados, así podemos observar la tabla 4.4.1, las resistencias mínimas de compresión con diferentes porcentajes de arena y cemento, en la tabla 4.4.2 se muestra las propiedades mecánicas.

TABLA 4.4.1 RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN
DEL SUELO-CEMENTO

CONTENIDO DE CEMENTO PORTLAND EN %	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS	
	50 A 60% ARENA (KG/CM ²)	60 A 80% DE ARENA (KG/CM ²)
6	20	40
8	30	50
10	40	60
12	50	70

TABLA 4.4.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO-CEMENTO.

CILINDRO	% DE SUELO	% DE ARENA	% DE AGUA	% DE CEMENTO	RELAC. AGUA/CEMENTO	TIEMPO DE FRAGUADO (DIAS)	VD	Kg/m ³	ESF. COMP. Kg/cm ²	PROMEDIO Kg/cm ²
1	53.48	16.04	23.53	6.95	3.39	28	1.98	1,689.89	59.79	62.43
2	53.48	16.04	23.53	6.95	3.39	28	1.95	1,698.30	59.79	
3	53.48	16.04	23.53	6.95	3.39	28	1.96	1,739.79	59.79	
1	53.76	16.13	23.12	6.99	3.21	28	1.97	1,735.02	71.37	76.62
2	53.76	16.13	23.12	6.99	3.21	28	1.98	1,769.71	79.63	
3	53.76	16.13	23.12	6.99	3.21	28	1.95	1,774.53	78.87	
1	53.85	16.15	23.70	6.30	3.76	28	1.97	1,711.14	54.28	56.62
2	53.85	16.15	23.70	6.30	3.76	28	1.97	1,729.63	54.28	
3	53.85	16.15	23.70	6.30	3.76	28	1.97	1,736.89	54.28	
1	54.15	16.24	23.28	6.33	3.68	28	1.98	1,741.15	66.13	65.56
2	54.15	16.24	23.28	6.33	3.68	28	1.96	1,704.25	66.90	
3	54.15	16.24	23.28	6.33	3.68	28	1.98	1,721.93	63.65	

FUENTE: TRABAJO DE GRADUACIÓN "APLICACIÓN DE SUELO-CEMENTO A LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MÍNIMA".

ING. IGNACIO FRANCES FADON,

ING. JAIME A. SÁNCHEZ A. 1976.

Se sabe que la resistencia que alcanzan los bloques de suelo-cemento aumentan en relación directa al contenido de cemento de la mezcla y con el tiempo de curado. Obteniendo los siguientes resultados; mostrado en la tabla 4.4.3.

TABLA 4.4.3. INTERVALO DE RESISTENCIAS

TIEMPO DE FRAGUADO (DIAS)	INTERVALO DE RESISTENCIA (Kg/cm ²)
7	8 - 101 (Kg/cm ²)
28	14 - 121 (Kg/cm ²)
90	19 - 163 (Kg/cm ²)
365	23 - 202 (Kg/cm ²)

El bloque endurecido debe presentar las resistencias mínimas de compresión requeridas para los diferentes períodos de curado de:

A los 7 días 25 Kg/cm².

A los 14 días 42 Kg/cm²

A los 28 días 50 Kg/cm².

4.4.1 CANTIDAD DE CEMENTO:

Para lograr las resistencias mínimas especificadas anteriormente, se necesita determinar la cantidad de cemento portland que se le adicionará al

suelo para la completa contabilización del mismo (suelo). La cual varía como ya se dijo entre 8 y 14% en volumen de mezcla compactada y en base al porcentaje de peso seco, la mezcla nunca debe ser mayor de 15% ni menor del 4%.

Estos porcentajes varían de acuerdo al tipo de suelo, al contenido de arena y la cantidad de finos que posee.

En el presente trabajo, se analizaron tres bancos de materiales de los cuales fue seleccionado el N° 2, por poseer más del 50% de arena y otras características que ya fueron detalladas. Usando suelos que contengan como mínimo un 50% de arena,, se consigue su estabilización con un 11% de cemento, es decir, aproximadamente una relación de 9 partes de suelo, por una parte de cemento en volumen. Siendo esta la dosificación a utilizar para la elaboración de los bloques.

Los porcentajes se usaran en volumen, ya que en esta forma se realizan las mezclas normalmente en las obras y por ser más sencillo su uso. Si se desea transformar el porcentaje en peso de suelo seco a porcentaje en volumen de la mezcla de suelo-cemento compactada o viceversa se recomienda utilizar la figura 4.4.1.

Lo principal en una buena mezcla de suelo-cemento debe ser la capacidad soportar la exposición a los elementos, o sea su durabilidad; la resistencia mecánica y la exposición al intemperismo, con lo cual se pretende lograr una dosificación a utilizar en el presente trabajo.

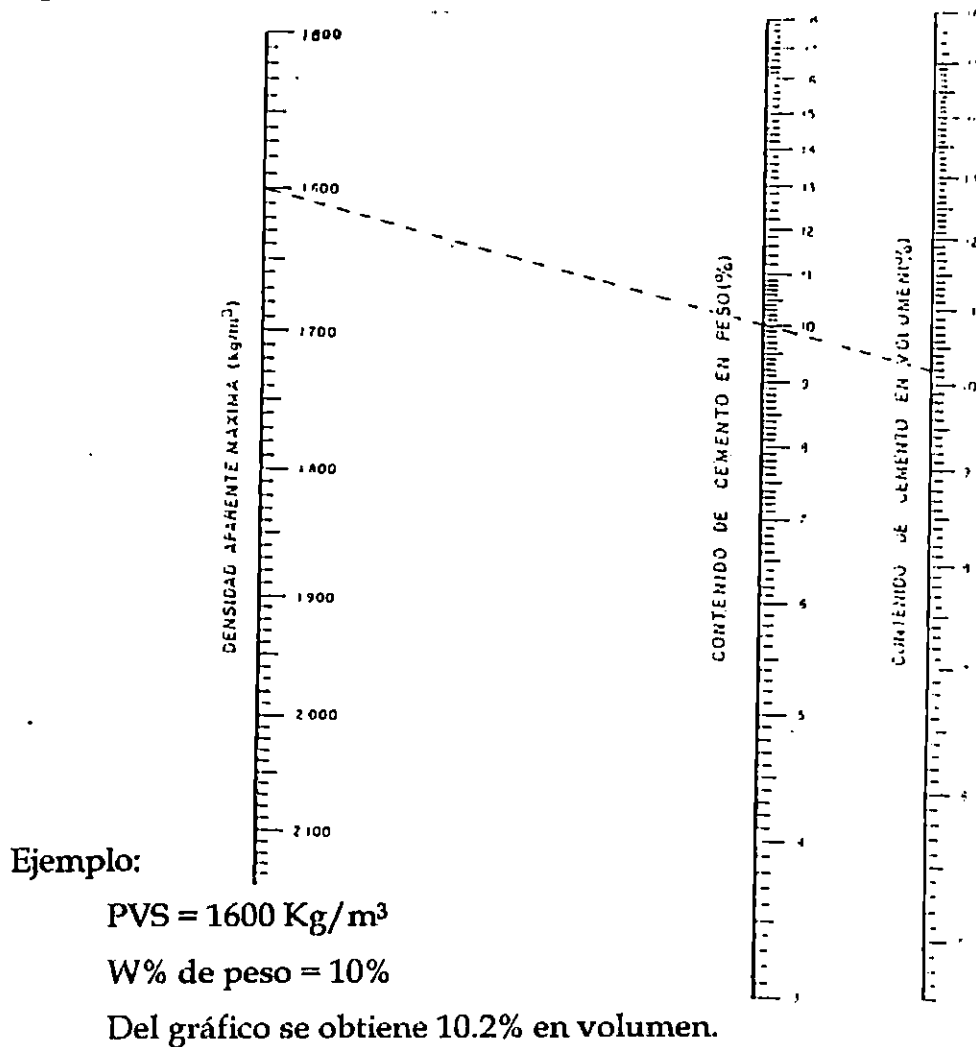


FIGURA 4.4.1

NOMOGRAMA PARA TRANSFORMAR CONTENIDO DE CEMENTO EN PESO A CONTENIDO DE CEMENTO EN VOLUMEN.

En la dosificación de la mezcla de suelo-cemento se consideran las etapas de mezcla fresca y etapa de mezcla endurecida para conocer a cada uno de ellas el proceso a seguir en la elaboración de los bloques.

4.4.2 MEZCLA FRESCA.

Como es conocido en las obras civiles el término mezcla es la unión de arenas, cemento y agua. En nuestro caso es suelo + cemento + agua. Para llegar a esta unión de materiales se necesita conocer la cantidad en volumen de cemento, suelo y agua. Para proceder a efectuar la mezcla de los primeros dos ya se definió la proporción a utilizar, ahora se define la cantidad de agua que debe poseer la mezcla para la elaboración de los bloques.

Para la determinación de la humedad óptima se realizaron pruebas, con el suelo del banco de material seleccionado considerando el contenido de humedad del suelo. En estas pruebas se dejó constante el porcentaje de cemento en un 10% y se varió la cantidad de agua, logrando así determinar cuantitativamente la influencia que tiene el contenido de humedad en una determinada mezcla.

Los resultados promedios obtenidos en esta serie de pruebas realizadas al suelo seleccionado fueron los siguientes (tabla 4.4.2.1).

**TABLA 4.4.2.1 RESULTADO DE RESISTENCIAS OBTENIDOS
EN BLOQUES DE SUELO-CEMENTO A DIFERENTES PORCENTAJES
DE HUMEDAD.**

CONTENIDO DE HUMEDAD EN %	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DIAS			
	P (Kg)	A (cm ²)	ESFUERZO A COMPRESIÓN Kg/cm ²	
19.1	3150	232	13.58	PROMEDIO 14.15
	3600	232	15.52	
	3100	232	13.36	
23.3	5300	232	22.84	PROMEDIO 21.23
	4650	232	19.61	
26.1	8600	232	37.07	PROMEDIO 39.17
	9100	232	39.22	
	8800	232	37.93	
	9850	232	42.46	

De los resultados obtenidos en el cuadro anterior se observó que los bloques que se realizaron con el contenido de humedad del 23.3% y 26.1% presentaron un mejor comportamiento en cuanto a la facilidad para sacarlos de la máquina CINVA-RAM, no se agrietaron las esquinas y no poseen mucha absorción, por lo que procederemos a definir la humedad óptima. Como se muestra en la figura 4.4.2.1 Esfuerzo-Humedad.

ESFUERZO-HUMEDAD

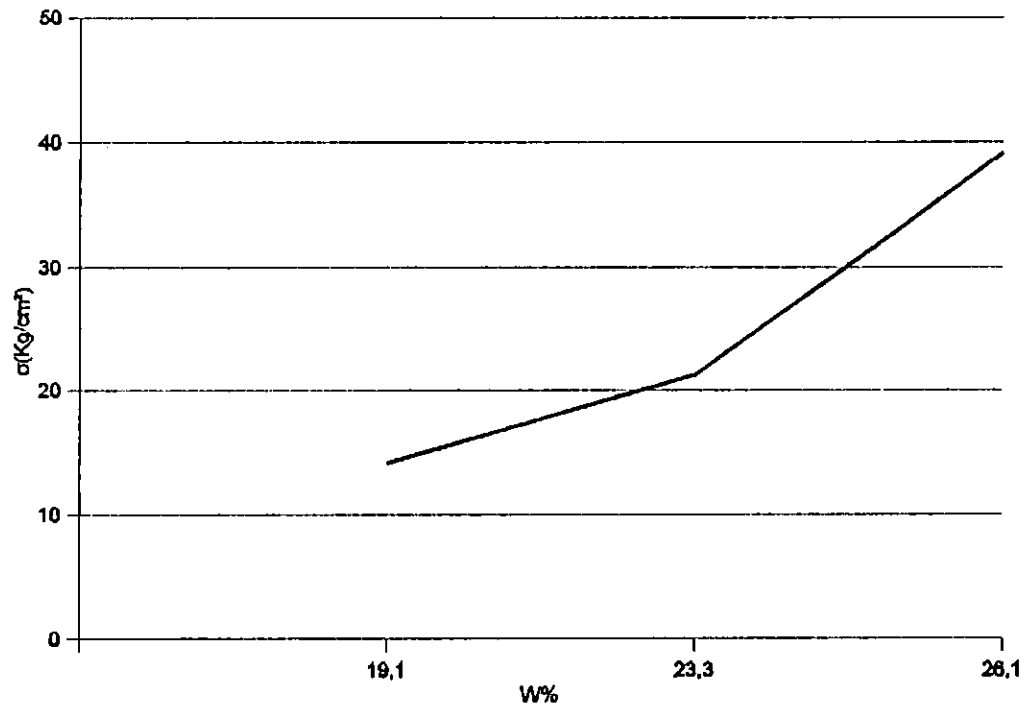


FIGURA 4.4.2.1.

La humedad óptima para bloques de suelo-cemento machimbrado es de 24.2%

A la edad de 7 días el esfuerzo mínimo a compresión es de 25 Kg/cm².

4.4.2.1 HUMEDAD ÓPTIMA:

La energía de compactación en este caso está determinada por el diseño de la máquina CINVA-RAM, la cual es capaz de moldear a presiones de unos 35 Kg/cm², obteniendo bloques o ladrillos de la más alta calidad, para la construcción de viviendas. Para lograr esta compactación la mezcla a utilizar se trabajará con el 24.2% de humedad, con la cual se logran las características mencionadas anteriormente y los bloques presentan un mejor comportamiento. Este porcentaje se determina en base a los resultados obtenidos en las pruebas preliminares los cuales se mostraron en la tabla 4.4.2.1.

Para que el proceso sea reproducible en las áreas rurales, se describe a continuación de manera práctica y fácil un procedimiento para establecer el contenido de humedad de la mezcla: Se toma una muestra de la mezcla con la mano, luego se presiona y si no brota agua y al abrirla no se desmorona, entonces se dirá que la cantidad de humedad es correcta.

4.4.2.2 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA:

Brevemente se describirá el procedimiento de preparación de la mezcla de suelo-cemento para la elaboración de los bloques, la cual se realizará en forma manual donde los resultados obtenidos sean similares a los que se

pueda dar en el campo (áreas rurales). Con las pruebas efectuadas en el presente trabajo de investigación se está proporcionando un aporte positivo a la elaboración de los bloques en las áreas rurales del país.

A continuación se describirán los pasos a seguir:

- Pulverización del Suelo:

El suelo puesto en el lugar de construcción de los bloques, deberá ser desmenuzado hasta obtener una granulometría tal que se pase por una zaranda de abertura máxima de 5 mm. (Tamiz N° 4), similar a la empleada en obras de albañilería.

El material sin pulverizar que quede retenido durante el tamizado, debe ser eliminado por ser parte de material clasificado como agregado grueso.

- Mezcla de Cemento con el Suelo:

Esta etapa como ya se mencionó se efectúa en forma manual hasta obtener una distribución uniforme del cemento portland con el suelo. Se considera terminado cuando se ha obtenido uniformidad de color en la mezcla.

Es importante aclarar que en esta etapa el suelo se mezcla con su humedad natural.

- Incorporación del Agua a la Mezcla:

Una vez mezclado el suelo y el cemento, se incorpora a la mezcla la cantidad de agua necesaria hasta el contenido óptimo de humedad, el cual ya se determinó anteriormente.

La cantidad de agua necesaria para la mezcla se deberá incorporar en forma lenta y uniforme precediéndose a mezclar el suelo-cemento hasta obtener uniformidad de color. La cantidad de agua se distribuye generalmente empleando una regadera, para que se distribuya en todo el material.

- Colocación de Mezcla en el Molde:

Ahora procedemos con la mezcla preparada a introducirla en la máquina CINVA-RAM, ya en esta etapa procedemos de la manera que se mencionó en el capítulo anterior, en el apartado de uso de maquinaria.

4.4.3 MEZCLA ENDURECIDA.

En la etapa de mezcla fresca quedó definido las proporciones y propiedades que debe poseer la mezcla, para llegar a la fabricación de los bloques. En esta etapa se procederá a la elaboración de los especímenes con la mezcla descrita en la etapa anterior.

El bloque ya terminado debe de poseer las siguientes características.

- **Peso Unitario:**

La resistencia y durabilidad son directamente proporcionales al peso unitario del material, se sabe que el mayor peso unitario corresponderá al mejor bloque.

- **Dureza:**

Esta característica puede comprobarse tomando con la mano un clavo de 4" y si golpeamos al bloque oblicuamente no deberán producirse cavidades superiores a 5 mm. de profundidad.

- El bloque debe poseer aristas bien definidas, vivas y firmes.

- Las unidades no deben presentar cambios marcados en sus dimensiones originales y al ser golpeados levemente con un martillo producirán un sonido metálico.

Previamente antes de ser ensayados los bloques se mantendrán, durante 7 días en curado por el método de aspersión, curándolos 3 veces al día. Procediendo posteriormente a determinar las propiedades importantes del comportamiento mecánico del suelo-cemento como son: resistencia a la compresión, absorción, flexión y la elaboración de prismas, para obtener la resistencia a la compresión y cortante de los mismos.

CAPITULO V
PRUEBAS FISICAS Y MECÁNICAS DE
LOS BLOQUES DE SUELO-CEMENTO
MACHIMBRADOS

CAPITULO V
PRUEBAS FISICAS Y MECÁNICAS DE LOS BLOQUES
DE SUELO-CEMENTO MACHIMBRADOS

5.0 INTRODUCCIÓN

Después de haber realizado el diseño del molde a utilizar en la fabricación de los bloques, lo cual se trató en el capítulo anterior, se procedió a la fabricación de las unidades para realizar las diferentes pruebas como: absorción, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y la elaboración de prismas que se ensayaron a compresión y por cortante. Cada uno de estos ensayos, se describirá en el presente capítulo y así conoceremos las propiedades físicas y mecánicas del bloque de suelo-cemento machimbrado y los diferentes factores que intervienen en el sistema.

Puede decirse entonces que de los resultados que se obtengan en el presente capítulo, los bloques de suelo-cemento machimbrados, son un aporte positivo a la alternativa tecnológica para la construcción de viviendas de bajo costo y comprobando que el suelo-cemento es un material de construcción apto para este sistema.

5.1 ABSORCIÓN (NORMA ASTM C-90).

Se conoce como absorción a la capacidad que tienen los bloques de suelo-cemento machimbrado de absorber agua, la cual variará su porcentaje

de acuerdo a la cantidad de cemento que posea la mezcla, el cemento que posea la mezcla, el contenido de humedad y la compactación de los bloques.

PROCEDIMIENTO

- Se seleccionan cinco muestras representativas sin presentar grietas, se sumergen en el agua durante veinticuatro horas.
- Transcurriendo las veinticuatro horas, se retiran las muestras del agua y se secan superficialmente con un paño húmedo.
- Se pesan las muestras antes de transcurrir cinco minutos de haber sido retiradas del agua.
- Este peso de representa por W_{saturado} .
- Seguidamente se colocan las muestras al horno durante veinticuatro horas a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, tiempo suficiente para que las muestras pierdan la humedad.
- Se retiran las muestras del horno, se dejan enfriar y se pesan. Este peso se denomina peso seco de la muestra y se representa W_{seco} .

La absorción se determina:

$$\text{ABS} = \frac{W_{\text{sat}} - W_{\text{s}}}{W_{\text{s}}} \times 100$$

Donde:

ABS = Absorción del bloque en porcentaje.

W_{sat} = Peso Húmedo.

W_s = Peso seco.

Los resultados se muestran en la tabla N° 5.1.

TABLA 5.1 RESULTADO DE PRUEBAS DE ABSORCIÓN
DE BLOQUE MACHIMBRADO

MUESTRA (N°)	W _{humedo} (Grs).	W _{seco} (Grs).	ABS (%)	ABS prom (%)
1	5,135	4,176	22.96	20.17
2	5,128	4,202	22.04	
3	5,077	4,304	17.96	
4	5,216	4,470	16.69	
5	4,957	4,090	21.20	

5.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NORMA ASTM C-140).

Esta prueba se realiza para obtener la capacidad de carga gravitacional de los bloques de suelo-cemento machimbrados colocados principalmente en la primera hilada.

La modulación o la primera hilada soporta las demás unidades tomando en cuenta el peso de influencia del techo.

PROCEDIMIENTO

- Se seleccionan treinta y seis muestras (doce unidades por un período de tiempo de curado de los siete, catorce, y veintiocho días de edad).
- Las muestras se centran con respecto al eje del cabezal de la máquina.
- El esfuerzo a compresión se determina:

$$fa' = \frac{F}{A}$$

Donde:

- fa' = Esfuerzo a compresión (Kg/cm²).
- F = Carga máxima (Kg.).
- A = Area promedio de la superficie de carga (cm²).

La resistencia a la compresión representa al valor del esfuerzo unitario de carga que pueden soportar los bloques de suelo cemento machimbrado.

Los resultados se muestran en las tablas N° 5.2.1, N° 5.2.2, N° 5.2.3 y su comportamiento se muestra en la figura 5.2.1.

TABLA N° 5.2.1 RESISTENCIA DE BLOQUE MACHIMBRADO A COMPRESIÓN

EDAD 7 DÍAS

MUESTRA N°	DIMENSIONES (cm).			AREA (cm²)	FUERZA (Kg).	fa' (Kg/cm²)	fa' prom. (Kg/cm²).
	L	b	h				
1	29	8	14	232	5100	21.98	
2	29	8	14	232	8100	34.91	
3	29	8	14	232	7300	31.47	
4	29	8	14	232	7200	31.03	
5	29	8	14	232	5900	25.43	28.29
6	29	8	14	232	5650	24.35	
7	29	8	14	232	5100	21.98	
8	29	8	14	232	6300	27.16	
9	29	8	14	232	7100	30.60	
10	29	8	14	232	6900	29.74	
11	29	8	14	232	7300	31.47	
12	29	8	14	232	6800	29.31	

TABLA N° 5.2.2 RESISTENCIA DE BLOQUE MACHIMBRADO A COMPRESIÓN
EDAD 14 DÍAS

MUESTRA N°	DIMENSIONES (cm).			AREA (cm ²)	FUERZA (Kg).	fa' (Kg/cm ²)	fa' prom. (Kg/cm ²).
	L	b	h				
1	29	8	14	232	11100	47.84	
2	29	8	14	232	11000	47.41	
3	29	8	14	232	8350	35.99	
4	29	8	14	232	8700	37.50	
5	29	8	14	232	7400	31.90	
6	29	8	14	232	8800	37.93	40.12
7	29	8	14	232	8600	37.07	
8	29	8	14	232	11800	50.86	
9	29	8	14	232	8650	37.28	
10	29	8	14	232	8900	38.36	
11	29	8	14	232	9350	40.30	
12	29	8	14	232	9050	39.01	

TABLA 5.2.3 RESISTENCIA DE BLOQUE MACHIMBRADO A COMPRESIÓN
 EDAD 28 DÍAS

MUESTRA N°	DIMENSIONES (cm).			AREA (cm ²)	FUERZA (Kg).	fa' (Kg/cm ²)	fa' prom. (Kg/cm ²).
	L	b	h				
1	29	8	14	232	11900	51.29	
2	29	8	14	232	12900	55.60	
3	29	8	14	232	10700	46.13	
4	29	8	14	232	10250	44.18	
5	29	8	14	232	10850	46.77	
6	29	8	14	232	12200	52.59	
7	29	8	14	232	12250	52.80	50.61
8	29	8	14	232	12900	55.60	
9	29	8	14	232	11000	47.41	
10	29	8	14	232	10750	46.34	
11	29	8	14	232	11200	48.28	
12	29	8	14	232	14000	60.34	

ESFUERZO DE COMPRESIÓN COMPORTAMIENTO DE PRUEBAS MECANICAS

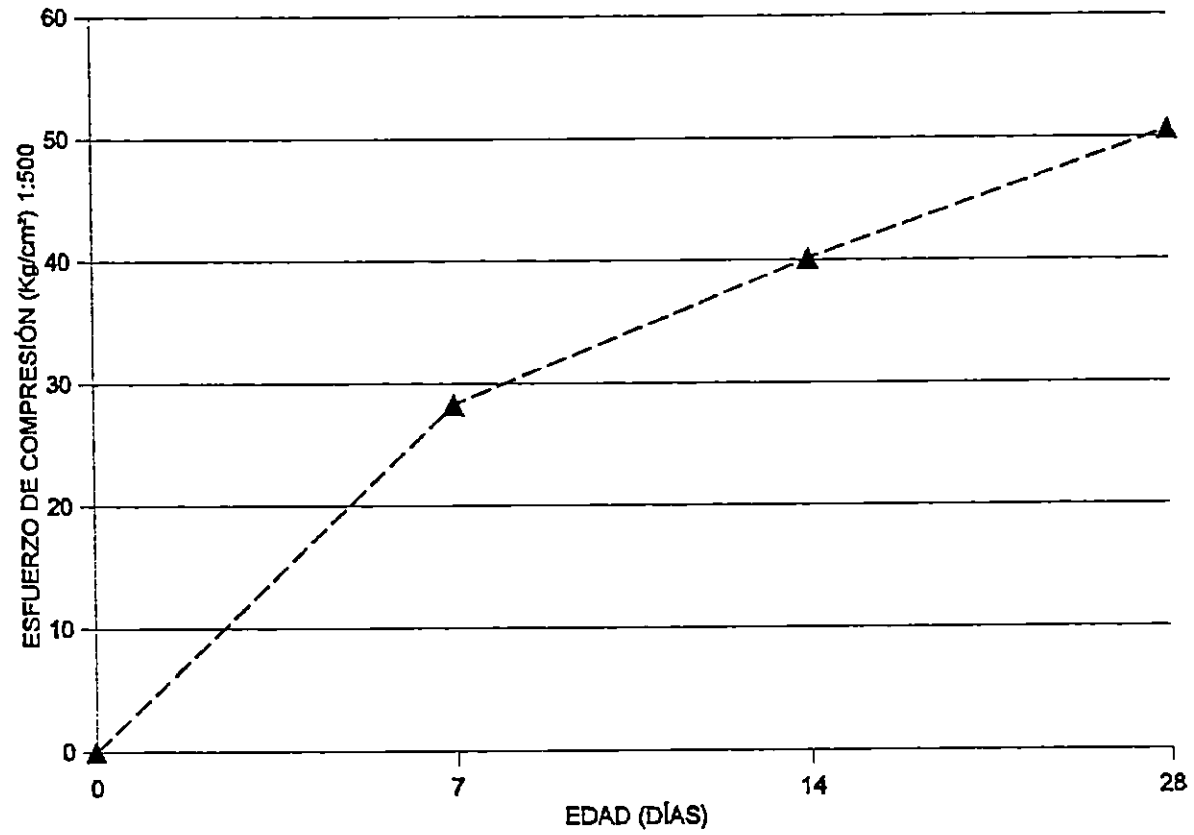


FIGURA N°5.2.1

5.3 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (ASTM D-63).

MÉTODO DE LOS TRES APOYOS.

Se realiza con el propósito de determinar la resistencia del bloque ante cargas de esta naturaleza. El módulo de ruptura es la resistencia máxima de las unidades cuando se somete a la prueba de los tres apoyos.

PROCEDIMIENTO

Se realiza de la siguiente manera:

- Se seleccionan diez muestras (cinco para un período de curado a los siete días y cinco para los catorce días).
- Las muestras se preparan alisando la superficie de la carga (cabeceo).
- Se apoya el espécimen donde la carga aplicada sea en el sentido de su altura.
- Se aplica la carga al centro de la luz con un claro igual a su longitud menos dos centímetros en cada extremo.
- El procedimiento se ilustra en la figura siguiente:

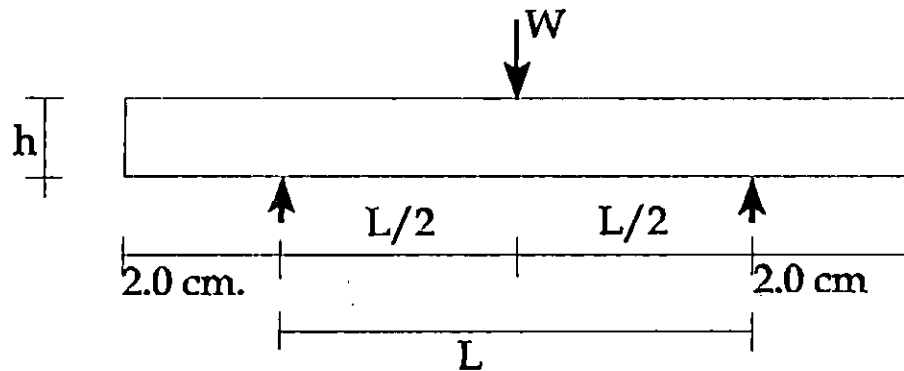


FIGURA N° 5.3
 APLICACIÓN DE FUERZA A FLEXIÓN

El módulo de ruptura de la sección transversal se determina:

$$S = \frac{3WL}{2bd^2}$$

Donde:

- W = Máxima carga indicado por la máquina de ensayo (Kgr).
- L = Distancia entre los soportes en cms.
- b = Ancho de la muestra de cara a cara en cms.
- d = Espesor de la muestra en cms.

Los resultados se muestra en las tablas N° 5.3.1, N° 5.3.2, y su comportamiento en la figura 5.3.1.

TABLA N° 5.3.1. RESISTENCIA DE BLOQUES MACHIMBRADOS A FLEXIÓN
EDAD 7 DÍAS

$$S = \frac{3WL}{2bd^2}$$

PROPORCIÓN (Volumen)	DIMENSIONES (cm).	PESO (Kgr.)	W (Kgr.)	L (cm).	b (cm).	d (cm).	Mod. Rup. (Kg/cm ²)	Mod. Rup. prom. (Kg/cm ²)
1:9	8X14X29	4,652	110	25	14	8	4.60	
	8X14X29	4,754	165	25	14	8	6.91	
	8X14X29	4,978	130	25	14	8	5.44	6.152
	8X14X29	4,713	160	25	14	8	6.70	
	8X14X29	4,887	170	25	14	8	7.11	

TABLA N° 5.3.2 EDAD 14 DÍAS

PROPORCIÓN (Volumen)	DIMENSIONES (cm).	PESO (Kgr.)	W (Kgr.)	L (cm).	b (cm).	d (cm).	Mod. Rup. (Kg/cm ²)	Mod. Rup. prom. (Kg/cm ²)
1:9	8X14X29	4,723	250	25	14	8	10.46	
	8X14X29	4,752	200	25	14	8	8.37	
	8X14X29	4,670	199	25	14	8	8.33	8.86
	8X14X29	5,255	250	25	14	8	10.46	
	8X14X29	4,544	160	25	14	8	6.70	

MODULO DE RUPTURA

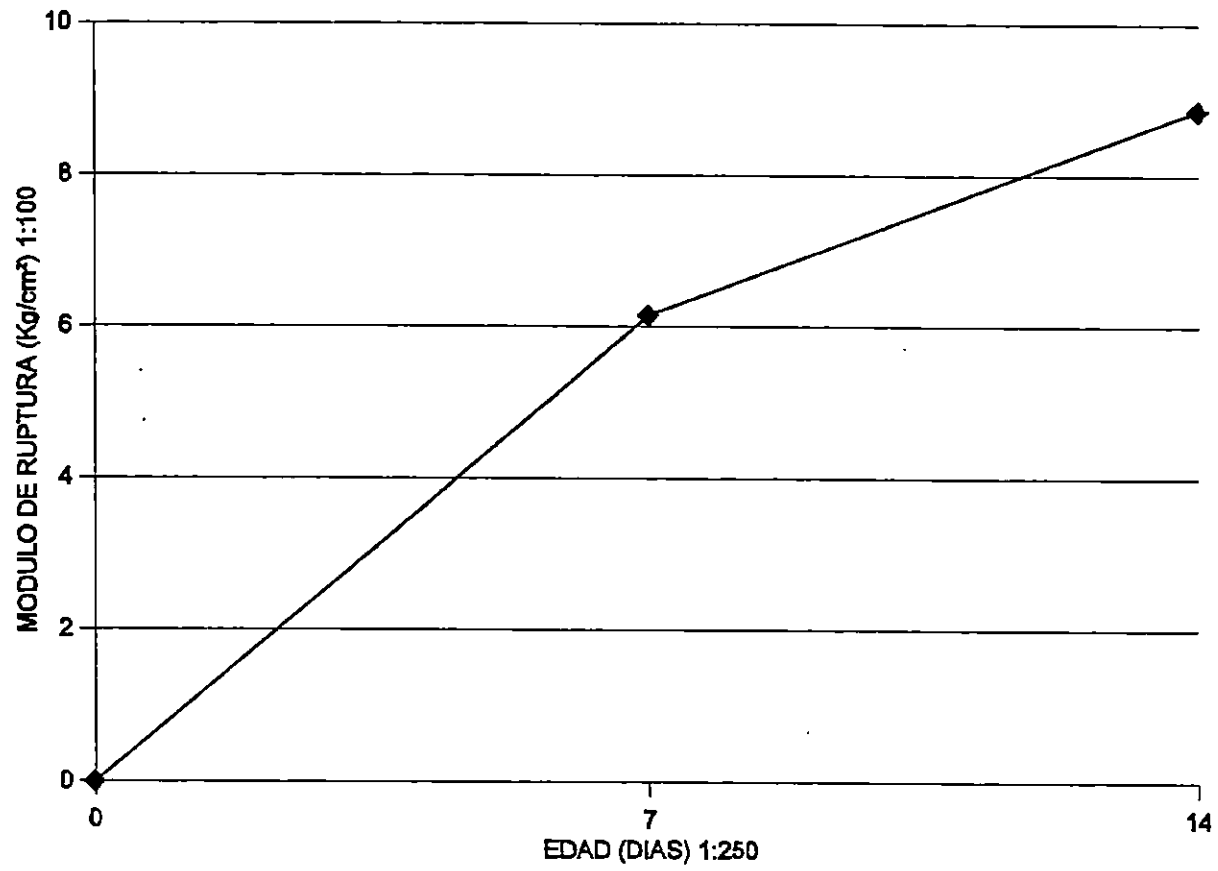


FIGURA N° 5.3.1

5.4 ELABORACIÓN DE PRISMAS

Realizados los ensayos de los bloques de suelo-cemento machimbrados, en sus diferentes pruebas, se han obtenido resultados satisfactorios, en su comportamiento individual. Es necesario conocer el comportamiento de las unidades formando un sistema de pared, para determinar parámetros tales como resistencia al cortante y a la compresión; los cuales son indicadores del comportamiento real de las paredes en una vivienda.

Para precisar el comportamiento estructural de la pared hay que tomar muestras de ello, las que técnicamente se conocen como PRISMAS, llamados así por la forma prismática de las muestras a ensayar.

EL UNIFORM BUILDING CODE (UBC), recomienda que los prismas sean, contruidos con el mismo material y bajo las mismas condiciones de la pared terminada para que los resultados obtenidos sean similares a las cargas que estarían sometida las paredes en una vivienda. De acuerdo al código (UBC), las muestras deberán ser aproximadamente de 16" de alto por 16" de largo (40 cm X 40 cm.) y espesor de la pared a usarse, en nuestro caso será de 5.5" (14 cm).

5.4.1 PRUEBAS MECÁNICAS DE PRISMAS.

Los prismas se han elaborado con cinco bloques y cinco medios bloques de suelo cemento machimbrado, teniendo las dimensiones de 40X40X14 cms.

Se ha tratado de que los prismas sean representativos, como segmento de una pared por tal motivo se han utilizado medios bloques para que exista un traslape en cada hilada y ahí lograr una resistencia a esfuerzos de compresión y cortante.

En la siguiente figura (Fig. 5.4.1) se muestran la posición y aplicación de las cargas a los prismas, y en la figura 5.4.2 se muestran las unidades antes de formar los prismas y después los prismas formados.

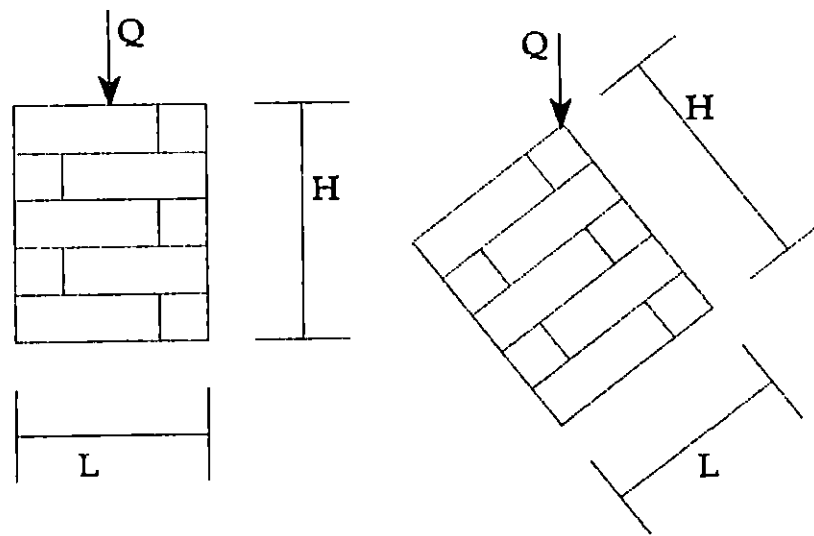
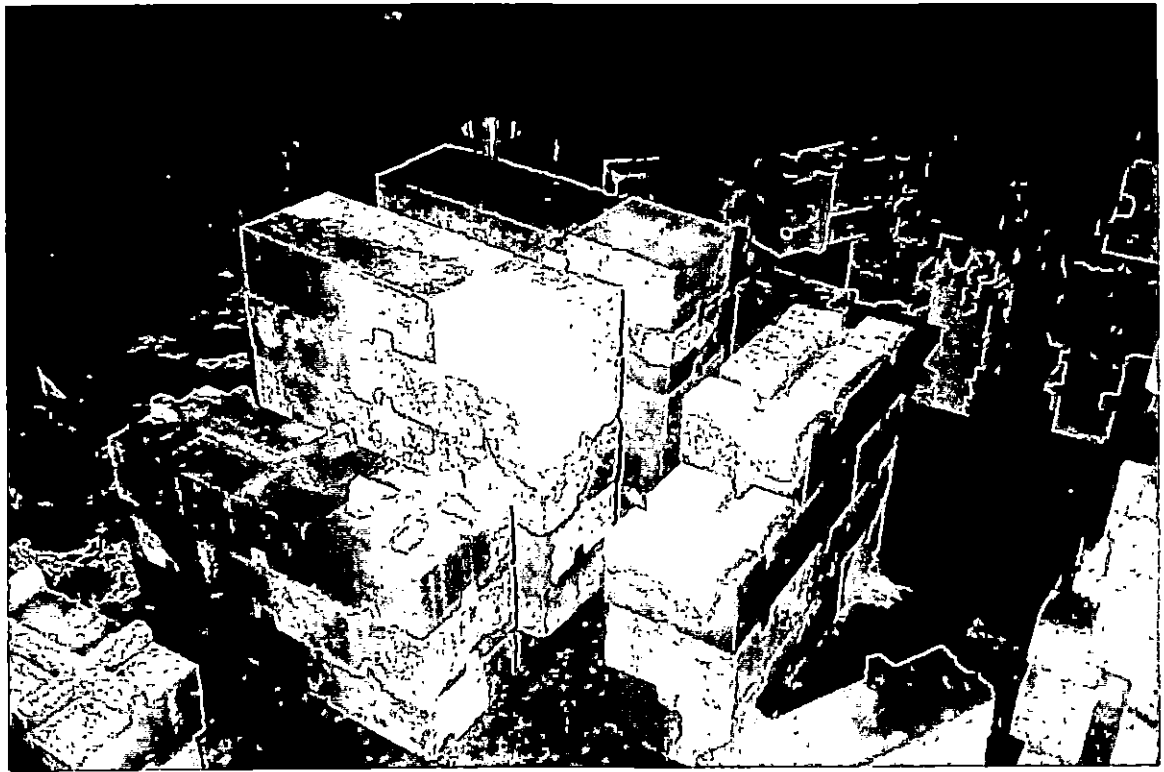
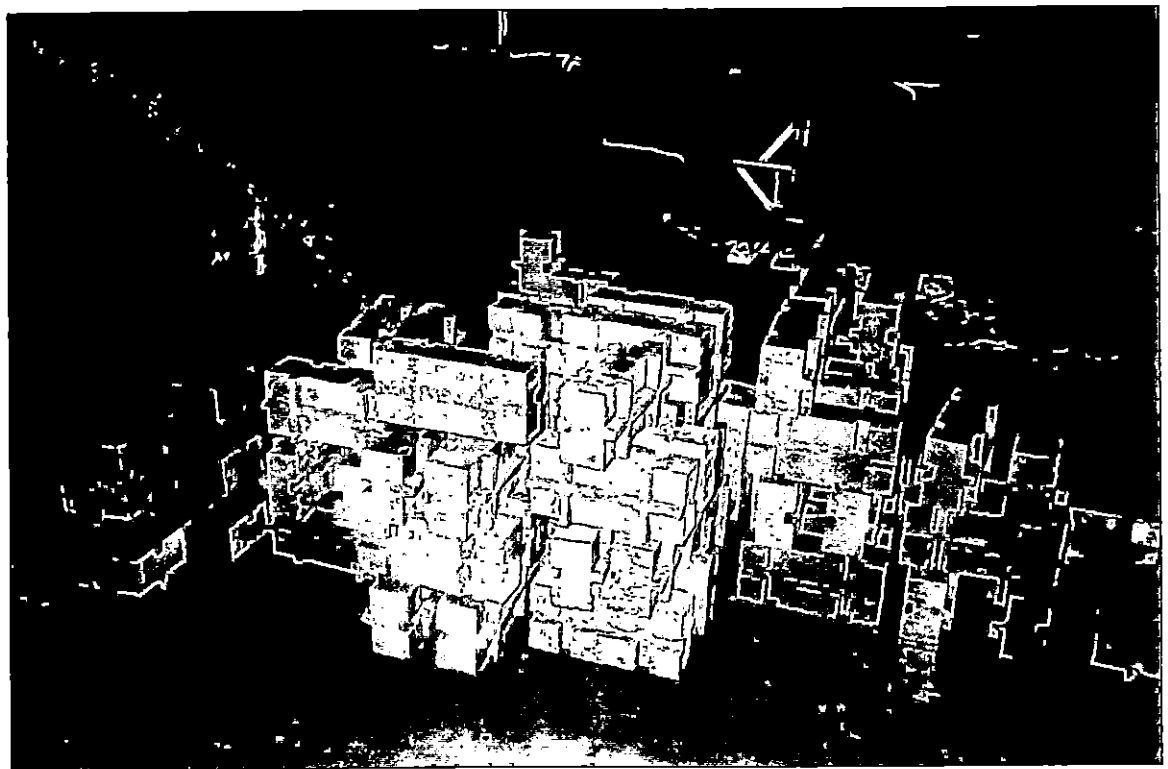


FIGURA N° 5.4.1 POSICIÓN Y APLICACIÓN DE LA CARGA
A PRISMAS



FORMA DE COLOCACIÓN DE LOS BLOQUES PARA FORMAR LOS PRISMAS



BLOQUES DE SUELO-CEMENTO MACHIMBRADO, ANTES DE FORMAR LOS PRISMAS
FIGURA 5.4.2

5.4.1.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS.

Esta es la primera prueba que se les efectuará a los prismas, la cual tiene por objeto determinar la capacidad soportante de carga de los bloques de suelo cemento machimbrado, actuando conjuntamente entre cargas verticales confinantes.

Los pasos a efectuar para llevar a cabo esta prueba son las siguientes:

1. Primeramente se seleccionan las muestras (bloques) a utilizar en la fabricación de los prismas las cuales deben poseer aristas y superficies bien definidas. Se utilizan 5 bloques y 5 medios bloques por prisma y se construirán cinco prismas para desarrollar esta prueba.
2. Luego se procederá a cabecear cada uno de los prismas, para garantizar que la aplicación de la carga sea en forma uniforme y en toda la sección.
3. Posteriormente se procede a colocar los especímenes (prismas) en la máquina universal según se muestra en la siguiente figura:

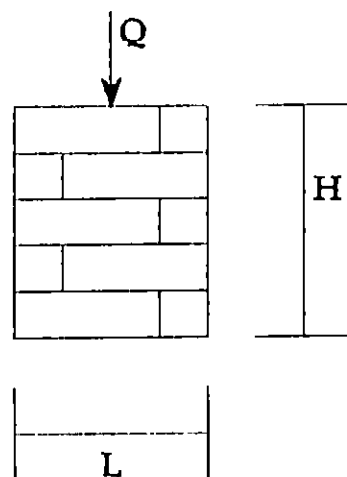


FIGURA N° 5.4.1.1 COLOCACIÓN DE PRISMAS PARA ENSAYARSE A COMPRESIÓN

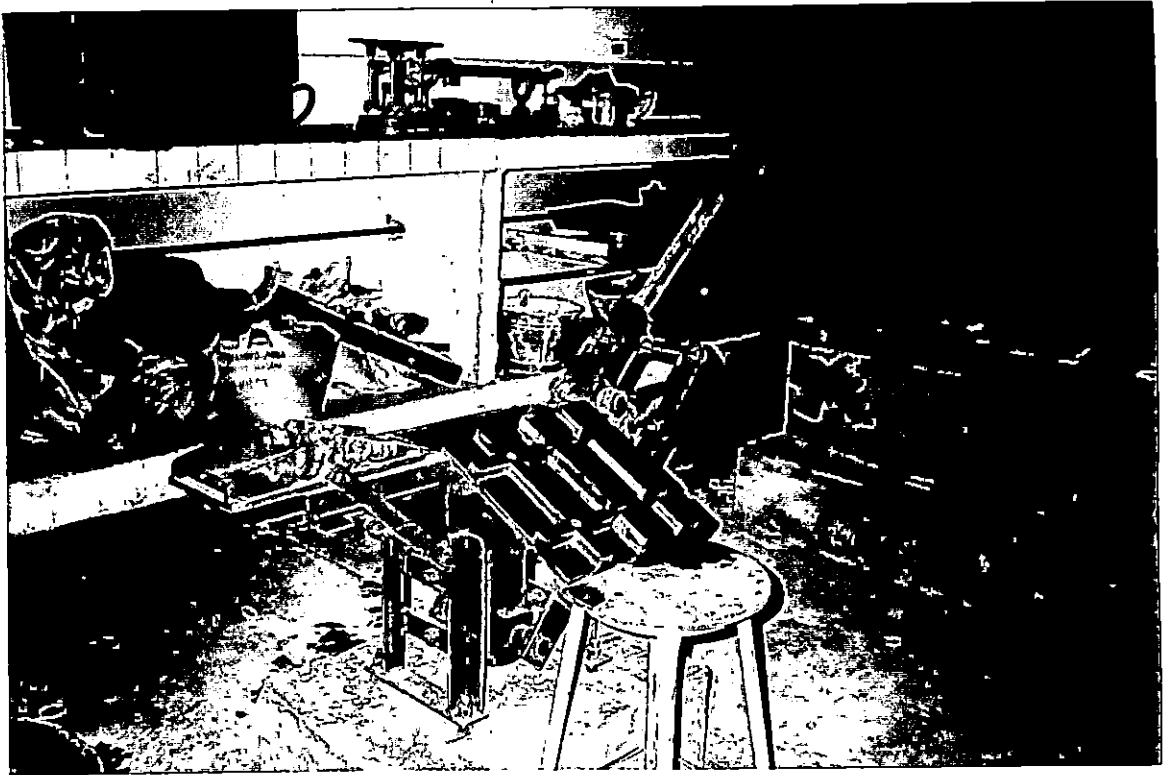
4. Finalmente procedemos a aplicarle la carga a cada prisma y así obtendremos la resistencia a la compresión la cual se calcula con la siguiente expresión.

$$f_m = \frac{F}{tL}$$

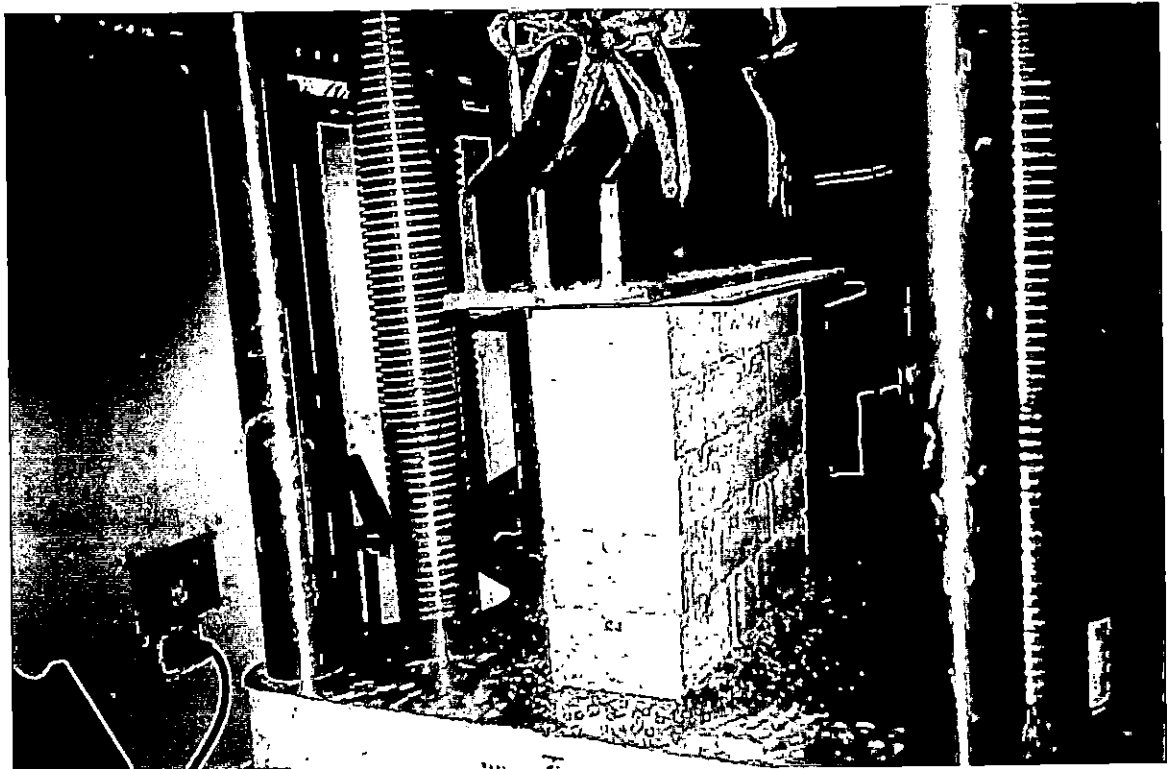
Donde:

- f_m = Resistencia a la compresión
 F = Carga máxima aplicada
 t = Espesor del prisma
 L = Longitud del prisma.

Los resultados obtenidos en esta prueba se muestran en la siguiente tabla 5.4.1.2.1.



MAQUINA CINVA-RAM Y MOLDES



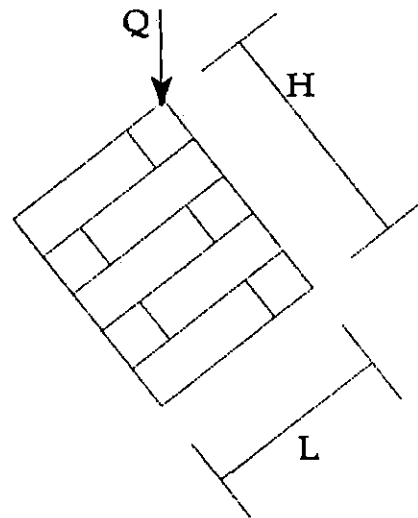
PRUEBA DE PRISMAS A COMPRESIÓN
FIGURA 5.4.1.1.A.

5.4.1.2 RESISTENCIA A LA FUERZA CORTANTE.

Esta prueba tiene por objeto determinar la resistencia de la mampostería ante esfuerzos tangenciales en las juntas, además se observará la capacidad a la fuerza cortante del saliente en cada bloque mechimbrado, cuando se le aplique la carga en forma diagonal.

Es importante que las dimensiones del prisma tengan la relación de 1 a 1, por ser ortogonales, con la finalidad de evitar que exista excentricidad al instante de aplicar la carga cortante. La aplicación de la carga se muestra en la siguiente figura 5.4.1.2.

FIGURA 5.4.1.2 COLOCACIÓN
DE PRISMAS PARA
ENSEYARSE A CORTANTE



Los pasos a efectuar para realizar esta prueba son:

1. Al igual que en la prueba anterior, para desarrollar este ensayo se construirán cinco prismas de cinco bloques y cinco medios bloques cada uno.
2. A los cuales se les aplicó mezcla en las partes laterales para mantenerlos en diagonal, al momento de realizar la prueba.
3. Luego se procede a labrar la superficie de contacto del prisma, con la pieza angular que trasmite la carga aplicada.

4. Se da continuidad al ensayo de los prismas, montando los prismas en la máquina universal y se procede a aplicar la carga a una velocidad de un milímetro por minuto (ver figura 5.4.1.2).
5. Con la carga aplicada, encontramos el esfuerzo cortante de los prismas y lo calculamos con la expresión.

$$V = \frac{F}{t \sqrt{b^2 + L^2}}$$

Donde:

- V = Esfuerzo cortante en Kg/cm².
F = Carga aplicada en Kgs.
t = Espesor del prisma, en cms.
b = Ancho del prisma en cms.
L = Longitud del prisma en cms.

Los resultados obtenidos de esta prueba se muestran en la tabla 5.4.1.2.2.

TABLA N° 5.4.1.2.1 RESULTADOS DE PRISMAS ENSAYADOS A COMPRESIÓN.

MUESTRA N°	PORCENTAJE DE CEMENTO EN VOLUMEN	DIMENSIONES			AREA (cm ²)	FUERZA (Kg)	F _m = F/tL (Kg/cm ²)	PROMEDIO
		L (cm)	H (cm)	t (cm)				
1	11%	40	40	14	560	25100	44.82	
2	11%	40	40	14	560	27200	48.57	
3	11%	40	40	14	560	28300	50.54	50.32
4	11%	40	40	14	560	28100	50.18	
5	0,11	40	40	14	560	32200	57.50	

TABLA N° 5.4.1.2.2 RESULTADOS DE PRISMAS ENSAYADOS POR CORTANTE

MUESTRA N°	PORCENTAJE DE CEMENTO EN VOLUMEN	DIMENSIONES			FUERZA (Kg)	F _m = F/tL (Kg/cm ²)	PROMEDIO
		L (cm)	H (cm)	t (cm)			
1	11%	40	40	14	1600	2.02	
2	11%	40	40	14	1500	1.89	
3	11%	40	40	14	880	1.11	1.7
4	11%	40	40	14	1400	1.77	
5	11%	40	40	14	1350	1.71	

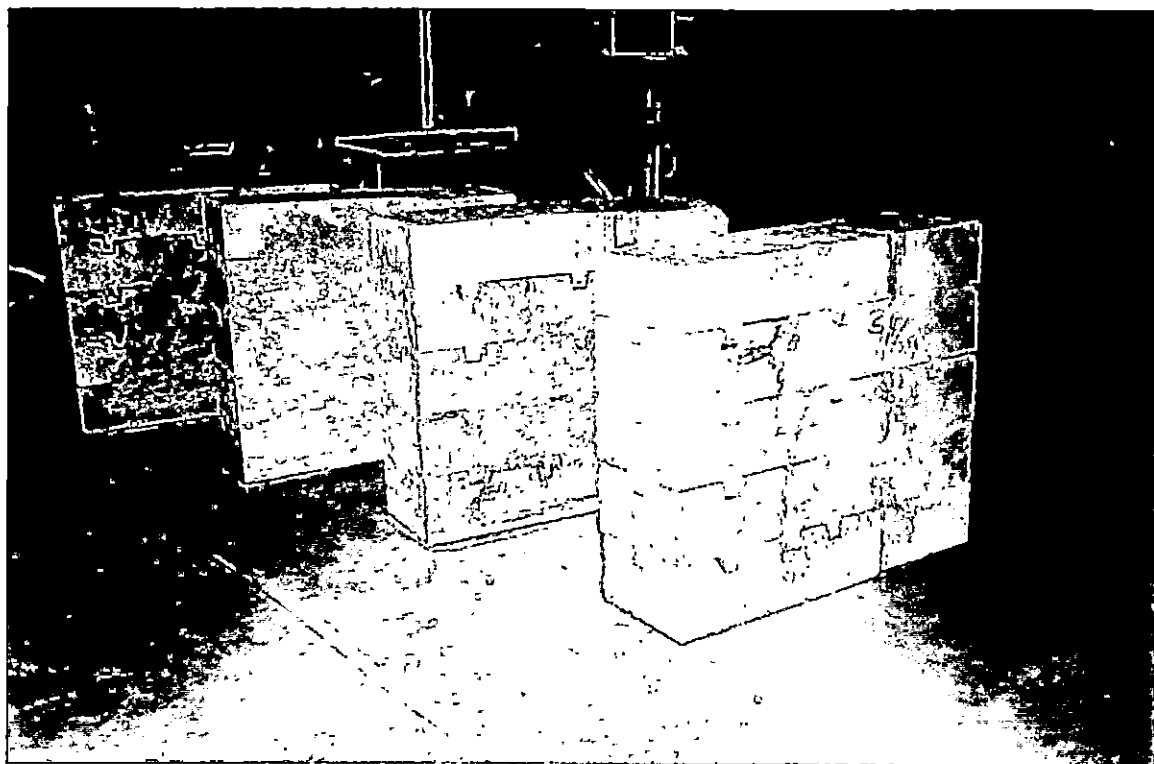
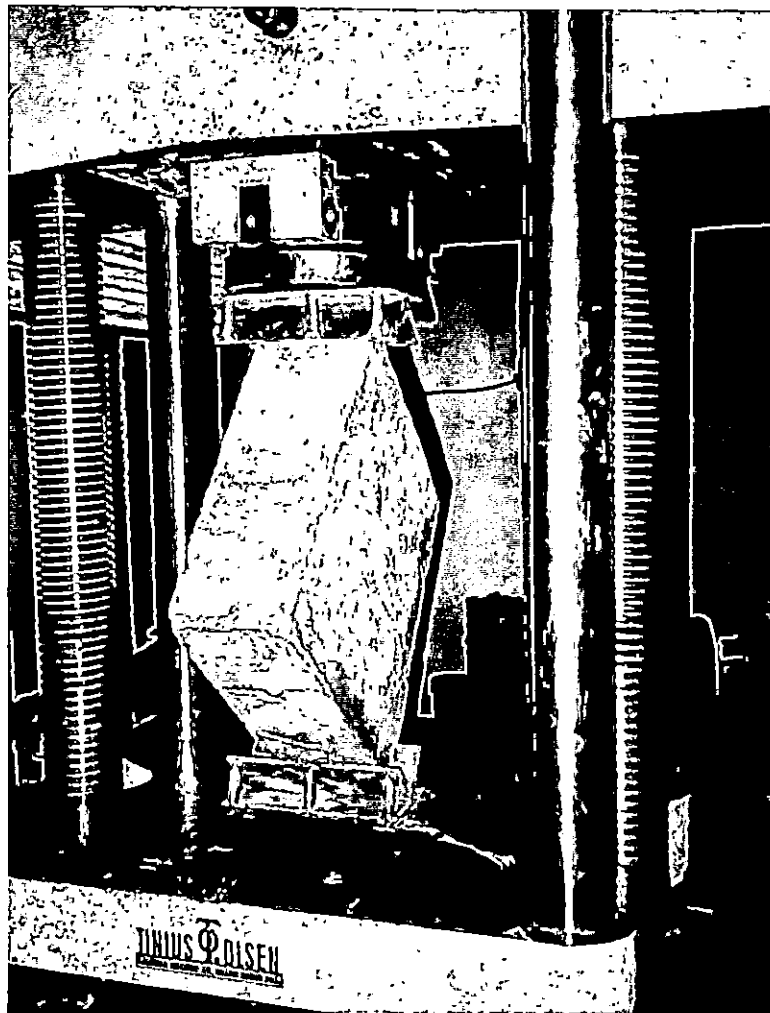


FIGURA 5.4.2.1.1 ENSAYO DE PRISMAS POR CORTANTE

5.5 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS MECÁNICAS

- De acuerdo a estudios realizados en bloques de suelo-cemento se ha demostrado que el porcentaje de absorción se encuentra en un rango de 18 a 23%, éstos dependiendo de la humedad de la mezcla, en nuestro caso el porcentaje de absorción es de 20.18%, demostrando así que el valor obtenido es aceptable respecto al contenido de humedad utilizado en la mezcla.
- En cuanto a la prueba de compresión los resultados obtenidos son satisfactorios, ya que estos cumplen con las resistencias mínimas esperadas, los cuales son 25 Kg/cm² (7 días), 42 Kg/cm² (14 días), 50 Kg/cm² (28 días); obteniendo en el presente trabajo las resistencias siguientes: 28.3 Kg/cm² (7 días), 40.12 Kg/cm² (14 días), 50.6 Kg/cm² (28 días).
- La flexión es otra de las pruebas realizadas a los especímenes, en ésta se obtuvieron los siguientes resultados: 6.15 Kg/cm² (7 días), 8.86 Kg/cm² (14 días), según se mostró en las tablas 5.3.1 y 5.3.2.
- Finalmente se realizaron las pruebas de prismas a la edad de 28 días, los cuales presentaron las resistencias esperadas en cuanto a su comportamiento como pared, los resultados se muestran en las tablas 5.4.1.2.1 y 5.4.1.2.2.

**CAPITULO VI
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones están basadas en las investigaciones teóricas, práctica y en los resultados de los ensayos de campo y laboratorio que se desarrollaron en el presente trabajo.

Primeramente se realizará un análisis de costo para concluir en cuanto a la comparación de los sistemas tradicionales de construcción (ladrillo calavera).

- ANÁLISIS DE COSTO

De acuerdo a los resultados obtenidos en las diferentes pruebas realizadas a los bloques de suelo-cemento machimbrado y teniendo en cuenta que los requisitos mínimos de resistencia a la comprensión han sido superados para la construcción de viviendas, de área rural quedando el bloque definido con las dimensiones de 29 x 14 x 9.

El análisis de costo se realizó con la idea de que los bloques sean contruidos por las mismas personas tomando en cuenta que la maquina CINVA-RAN la proporcionará la comunidad y que el material (suelo), lo obtendrán del lugar, donde se fabriquen las unidades.

El equipo y las herramientas que se utilizará es el siguiente:

- Máquina CINVA-RAM
- Moldes para la fabricación de los bloques
- Palas
- Mallas No. 4
- Carretillas
- Valde
- Regadera

Número de unidades por bolsa de cemento:

La proporción de cemento que se utilizó es del 11% que son 1 parte de cemento por 9 partes del suelo.

El depósito que se usó para medir la mezcla tiene un volumen de 0.0024 M^3 así:

$$\frac{0.028 \text{ M}^3}{0,0024} = 11.7 \text{ m}^3$$

Volumen de mezcla: 0.024 M^3

Volumen del bloque sin compactar: $0.14 \times 0.29 \times 0.12 = 0.0048 \text{ M}^3$

Así:

$$\frac{0.024}{0.0048} = 5 \text{ Unidades por volumen mezcla}$$

Para 1 bolsa de cemento = $(11.7)(5) = 58.5 = 58 \text{ Unidad / Bolsa}$

- Personal

1 encargado

2 peones

- Tareas específicas de fabricación

1. Deshacer terrones y tomizar el suelo (Tamiz No. 4)
2. Elaborar la mezcla, controlando el contenido de la humedad.
3. Colocar la mezcla en la máquina CINVA-RAM, la cual ya tiene los moldes.
4. Aplicar la carga a la mezcla en la máquina.
5. Retirar los especímenes y colocarlos en el lugar donde se estarán curando durante los primeros 7 días.

- Producción

La máquina CINVA-RAN tiene capacidad para producir de 500-800 unidades por jornada de trabajo de 8 horas.

Para 1 bolsa de cemento se producen 58 unidades, así en la jornada de 8 horas produciremos un promedio de 650 unidades, asumiendo que la mano de obra no es calificada.

- Costo por Unidad: (En Jornada de 8 horas)

Mano de obra:

Encargado	1.....	¢ 47.50	47.50/día
Peones	2.....	¢ 42.50	<u>85.00/día</u>
			¢ 132.50/día

Materiales:

En una jornada de 8 horas se ocuparan 11.2 bolsas para producir 650

unidades así: 11.2 x ¢ 35.00 ¢ 392.00

Sub-total ¢ 524.50

Costo Unitario

Como produciremos 650 unidades por jornada obtenemos un costo por unidad de:

$$\frac{¢ 524.50}{650} \Rightarrow ¢ 0.81 \text{ por unidad}$$

De los resultados obtenidos del análisis de costo concluimos que: el costo de la mano de obra fue calculado en base al rendimiento promedio de 2 peones y 1 encargado, él cual trabajará igual a los peones en los procesos de

amasado de la mezcla y la hechura propiamente del bloque. El salario incluye, prestaciones (vacaciones, aguinaldo, indemnización). Con estos criterios un bloque de suelo-cemento machimbrado de 14 x 29 x 9 (cm), hecho con la dosificación técnicamente óptima de 9:1 (suelo, cemento), tendrá un costo por unidad de ¢ 0.81 valor que resultó ser un poco alto o similar al costo de producción de un ladrillo tipo calavera (ladrillo de obra).

Pero el secreto del sistema de bloques de suelo-cemento machimbrado, no está en el costo de producción, si no en el ahorro de mortero, para pegar el bloque, contrario a lo que sucede con el ladrillo de obra o el mismo block de concreto. Ya que en este sistema el mortero o mezcla es eliminado por el Machihembrado que se produce en las unidades al momento de fabricarlas, obteniendo bloques de mejor calidad, aristas bien definidas, superficies lisas y acabados adecuados.

Asi mismo la producción de bloques es constante en todo el año, utilizando el banco de tierra blanca más próximo al lugar de fabricación de las unidades, simplificando procesos constructivos como, el ahorro de encofrados, rapidez en el montaje del bloque ya que es de fácil colocación.

Por todo lo anterior se concluye que el bloque de suelo cemento Machimbrado resulta un aporte positivo a disminuir el costo de construcción de las viviendas del interés popular, para las grandes mayorías.

- Las propiedades de los suelos quedan cualitativamente definidos en forma aproximada a partir de la ubicación de suelo en la carta de plasticidad. Es por lo tanto que para usos de ingeniería se puede acudir a la carta de plasticidad con los resultados obtenidos a través del Índice de Plasticidad, de esta forma se está asegurando si un suelo es de baja, media o alta plasticidad y así conocer las propiedades que estos posean, ya que según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos se dividen en tres grupos principales de grano grueso, de grano fino, y altamente orgánico (suelos turbos).

- El suelo cemento es un método que ha demostrado excelentes resultados debido a que aumenta la resistencia el esfuerzo cortante y su rigidez, reduce la permeabilidad en la mayoría de los suelos ya que los poros son llenados por el cemento, aumenta la elasticidad disminuye la comprensibilidad y muchas propiedades que hacen del suelo cemento un método eficaz en obras de ingeniería.

- El suelo cemento apto para la elaboración de bloques de suelo-cemento es aquel que presenta una granulometría abierta con un contenido de arena mayor del 50% ya que el tamaño del grano es un factor importante para obtener valores de mayor resistencia.

- Para la selección de suelo adecuado en la construcción de bloques es necesario tomar en cuenta ciertos parámetros como lo son las pruebas

de campo y las pruebas de laboratorio ya que de esa forma se está asegurando que el suelo a utilizar posee las características deseadas.

- La humedad óptima para el diseño de una buena mezcla de suelo-cemento es un factor determinante de la resistencia esperada de los bloques como también en la trabajabilidad de la mezcla, la cual de acuerdo a las pruebas realizadas se demostró que la humedad con los bloques alcanzan una resistencia mínima requerida es de 25%, presentado el mejor comportamiento en cuanto a la facilidad para sacarles de la maquina, no se agrietan las esquinas y poseen poca absorción.
- La relación suelo-cemento es otro factor importante para obtener resistencia deseados la cual varía entre el 8% y 14% del volumen de la mezcla compactada estos rangos de porcentaje se deben usar de acuerdo al tipo de suelo, al contenido de arena y la cantidad de finos que posee el material. Así el suelo analizado en el presente trabajo posee más del 50% de arena logrando estabilizarlo con un 11% de cemento, es decir una relación de 9 partes de suelo por una parte de cemento en volumen obtenido de esta forma resistencias adecuados para el tipo de vivienda a construir.
- Los suelos pueden mejorarse a través de métodos de estabilización, existiendo muchos métodos para estabilizarlos como lo son: zacate,

ceniza de cáscara de arroz, con asfalto, estos métodos han demostrado ser muy efectivos en circunstancias que el tipo de suelo requiera pero el método más ampliamente usado para estabilizar es el cemento.

- Se utilizó un mortero de Mampostería para rajar los primas ensayados por cortante para determinar el comportamiento de los salientes.

- Los resultados obtenidos de las pruebas mecánicas realizadas a los bloques de suelo-cemento muestran que el porcentaje de absorción cumple con los rangos de valores esperados para esta prueba logrando obtener un valor del 20.18% de absorción, en cuanto a las pruebas de comprensión se puede observar que las resistencias para las diferentes edades de 7, 14 y 28 días son las requeridas como se mostró en los cuadros anteriores.

Otra de las pruebas realizadas es la flexión en donde se obtuvieron resistencias de 6.15 fg/cm^2 (7 días) y 8.86 Kg/cm^2 (14 días), finalmente se realizó las pruebas de prismas sometidos a comprensión y a cortante a la edad de 28 días logrando obtener resistencias deseados como se muestra en los cuadros 5.4.1.2.1 y 5.4.1.2.

- La fabricación de bloques de suelo-cemento machimbrado, facilita el trabajo por ayuda mutua, debido a la escasez de mano de obra calificada, además este sistema presente ahorro de combustible, tan escaso en nuestro país, como es la leña que es la que se usa o cualquier

otro que se pudiera utilizar en la fabricación de otro tipo de ladrillo o bloques.

- La maquina CINVA-RAN, es de fabricación artesanal, lo cual facilita su transporte al lugar de elaboración de las unidades, además es de fácil montaje y puede ser utilizada con personal de mano de obra no calificada. Obteniendo unidades con acabados aceptables, aristas bien definidas, donde el diseño estructura prevalece ante el diseño arquitectónico.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar cemento PORTLAND TIPO I para la elaboración del bloque de suelo-cemento machimbrado.

- Se recomienda usar otras proporciones de suelo-cemento para disminuir el costo de producción de bloques de suelo-cemento Machimbrado.

- La humedad óptima debe mantenerse constante, para no variar la resistencia a la comprensión de las unidades, además es recomendable que para suelos de diferente clasificación, se realicen varios ensayos para determinar la humedad óptima.

- Se recomienda usar mezclas con diferentes tipos de suelos, o suelos que contengan arcillas para conocer el comportamiento de los bloques Machimbrados con éstos materiales, asimismo utilizar otro tipo de estabilizadores como fibras vegetales o industriales.

- Se recomienda que en la modulación del sistema habitacional a construir (viviendas), se utilice mezcla, para obtener una buena nivelación y montaje de los bloques machimbrados, obteniendo así paredes rígidas y resistentes.

- Se recomienda modificar la sección de los moldes a una dimensión mayor, ya que en los ensayos de cortante realizados a los prismas se observa que la falla ocurre a lo largo del saliente.
- Al momento de construir se recomienda usar un repello a una altura de un metro como protección contra el clima y el intemperismo.
- Se recomienda usar los bloques a la edad de veintiocho días porque es aquí cuando los especímenes logran la resistencia adecuada, además de tener disminución en el contenido de humedad.
- El suelo a utilizar para la mezcla de suelo-cemento debe ser tamizado por la malla de 6.35 mm(1/4").
- Al momento de construir la sección de puertos y ventanas se recomienda usar cargadores de concreto, ya que los bloques no actuarán a flexión.
- Se recomienda que en todas las esquinas la modulación de las hiladas sea en forma cuatrapeada para sustituir el refuerzo vertical, logrando que funcione el sistema en forma de columna.
Al elaborar la mezcla de suelo-cemento se recomienda agregar el agua con una regadera en forma lenta, y uniforme para evitar la formación de grumos.

- Es recomendable continuar la investigación, realizando el reforzamiento de las paredes con varillas de acero de poco diámetro, vara de castilla o utilizando nervios y soleras intermedias en las paredes.

- Con todo lo anterior es recomendable continuar con el estudio o análisis de sistemas constructivos no tradicionales, en este caso con el uso de bloques de suelo-cemento machimbrado para disminuir el alto costo de las viviendas.

Con este trabajo de graduación, creemos haber dado el primer paso con este tipo de sistema constructivos, que es hoy un aporte positivo para disminuir el costo de la vivienda.

BIBLIOGRAFÍA

- **Mecánica de Suelos**
Juárez Badilla, Eulalio
3a. Edición, Tomo I

- **Análisis de las propiedades mecánicas del Suelo**
Marcos Barahona
1996

- **Mecánica de suelos en la Ingeniería práctica**
Terzaghi, Karl
2a. Edición.

- **Ingeniería de Cimentaciones**
Peck
1a. Edición Ed. Limusa
México 1993

- **Materiales y Métodos constructivos para la vivienda
Marginal y rural II**
Berganza Otoniel
Febrero 1987

- **IMCYC**
Suelo-Cemento
Nov-Dic. 1970

- **Mecánica de suelos guía de laboratorio**
Papeles Técnicos UCA
Febrero 1992

- **Fabricación de bloques estabilizadores con**
Asfalto y Emulsiones
Dr. International Institute de Housing
Technology California State University
Junio 1972.

- **Adobe Estabilizado**
Ing. Manuel Antonio Cañas Lazo
FUNDASAL, 1977

- **Seguir construyendo con tierra**
FUNDASAL
Septiembre 1993

- **Contra el hambre de la vivienda**
Julián Salas Serrano
Edit. Escala, Colombia
Marzo 1992

- Manejo de la máquina CINVA-RAM
Boletín METALIBEC S.A.
Bogotá-Barranquilla

- Dosificación de mezclas de suelo-cemento,
ICPC Notas Técnicas
Colombia- Medellin 2a. Edición
1983

- Construcciones de suelo-cemento
Instituto de cemento portland Argentino
1994.

- Mampostería de suelo-cemento para vivienda de
bajo costo (utilizando cemento especial de mampostería)
Francisco Miranda Romero
Abril 1985.

- Materiales y Métodos Constructivos para la vivienda
Marginal y rural I
Méndez, Raymundo Cirillo
1986.

- **Catálogo de técnicas constructivas en tierra**
CYTED HABITERRA
Colombia 1990.

- **Aplicación de suelo-cemento a la construcción**
Huezo Solís, José Antonio
1983.

ANEXOS

ANEXO N°1.

NORMA ASTM C-702

Método estandar para reducir muestras de campo, de agregado, al tamaño de prueba.

Alcance: este método cubre la reducción de muestras de campo a un tamaño adecuado para las pruebas, empleando técnicas que permiten minimizar las variaciones en las características que se medirán entre la muestra de campo y la de laboratorio.

Nota: bajo ciertas circunstancias no se recomienda reducir el tamaño de las muestras de campo antes de las pruebas de laboratorio. algunas veces no se puede evitar que se produzcan diferencias substanciales en las muestras de prueba como por ejemplo en el caso de un agregado que tiene relativamente pocas partículas de gran tamaño en la muestra de campo. La Ley de las probabilidades establece que éstas pocas partículas seguramente serán desigualmente distribuidas en la reducción de las muestras de prueba. En forma similar si la muestra de prueba se examinara para determinar cierto tipo de contaminación que se encuentra presente en un número reducido de fragmentos y sólo en pequeños porcentajes, debe tenerse precaución que se encuentra presente en un número reducido de fragmentos y sólo en pequeños porcentajes, debe tenerse precaución en la interpretación de los resultados obtenidos de las muestras reducidas de laboratorio. Existe la posibilidad de que la inclusión o exclusión de solamente una o dos partículas en la muestra seleccionada, tenga una importante influencia en la interpretación de las características de la muestra de campo. En caso de que esto suceda, debe probarse la muestra de campo completa.

Selección del Método

Las muestras de campo que tengan agua libre en las superficies de las partículas, deberán reducirse de tamaño por cuarteo de acuerdo con el método B.

Tamaño de muestra de campo:

Cuando únicamente se planifican realizar pruebas de granulometría, el tamaño de la muestra será el establecido en A S T , C- 75. Cuando se vayan a realizar pruebas adicionales, el usuario, por sí mismo deberá determinar cuál es el tamaño adecuado de la muestra de campo para poder realizar todas las pruebas.

Método B - Cuarteo:

Equipo:

- 1 cucharón
- 1 pala o cuchara
- 1 escoba o cepillo
- contenedores o bolsas.

Procedimiento:

a) Se coloca la muestra de campo en una superficie dura, limpia y nivelada; tal que ni se pierda material ni haya contaminaciones accidentales por la adición de materiales extraños.

b) Mezcle el material traspaleando la muestra entera al menos tres veces; formando al final con la totalidad de la muestra, una pila cónica depositando cada palada en la parte más alta del cono formado con las anteriores.

c) Presionar cuidadosamente con una pala la parte superior de la pila hasta obtener un espesor y diámetro uniforme, de tal forma que cada cuarto de la pila contenga el material que originalmente se encontraba en él. El diámetro de la pila debe ser aproximadamente de cuatro a ocho veces su espesor.

d) Divida la pila con una pala en cuartos aproximadamente iguales y remueva los cuartos diametralmente opuestos incluyendo todo el material fino.

e) Mezcle y cuarteo sucesivamente el material hasta que la muestra se reduzca al tamaño deseado. En este caso ASTM recomienda para agregado una cantidad de 25 Lbs. ó 10 Kg.

f) Las muestras se transportarán en bolsas u otros contenedores construidos para ello, para evitar pérdidas y contaminación de cualquier parte de la muestra o daño del contenido por el manejo durante el transporte. dichos contenedores deben tener una adecuada identificación individual; tanto en la parte externa como interna del recipiente.

ANEXO N°2

NORMA ASTM D-422

Método estandar para análisis de partículas de suelos.

Alcance: Este método cubre la determinación cuantitativa por medio de mallas de distribución de tamaños de partículas en suelos, retenidos en la malla No. 200.

Equipo: Balanza sensitiva al 0.1% del peso de la muestra en cualquier zona del rango de carga usado.

Mallas: Las mallas o tamices irán montados en marcos construidos de tal forma que se evite la pérdida del material durante el tamizado. Deberán seleccionarse mallas que tengan espaciamentos uniformes de puntos para la gráfica. Las mallas a usar serán las No. 4, 8, 16, 30, 40, 100 y 200.

Horno: De tamaño adecuado que tenga la capacidad de mantener la temperatura uniforme en $110^{\circ} \text{C} \pm 5$.

Muestra de Prueba: La muestra de suelo cuyo análisis por tamizado vaya a efectuarse, debe mezclarse completamente y reducirse a una cantidad conveniente por el método de cuarteo. Las muestras deben pesar, después de secas aproximadamente 500 grs.

Procedimiento: Sequese la muestra hasta obtener peso Cte.. a temperatura de $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$.

Ensámblase las mallas en orden decreciente de abertura de la malla y coloque la muestra en la malla superior. Agite las mallas manualmente o por medio de un equipo mecánico por un tiempo suficiente, establecido por tanteos o verificado a través de mediciones hechas en la muestra real de pruebas.

- Continúese el tamizado por el período de tiempo necesario de tal manera que una vez terminado no más del 1% en peso del residuo en cualquier malla individual pase por ella durante 1 minuto de tamizado continuo a mano.

- Determinar la masa de cada fracción en una balanza. Al final del pesado, la suma de las masas retenidas en todas las mallas usadas, debería igualar aproximadamente a la masa original de la cantidad pasada por las mallas.

- Cálculo: para determinar el porcentaje total que pasa por cada malla, dividir la masa total que pasa entre la total de la muestra y multiplicar el resultado por 100.

- Gráfica: Deberá hacerse una gráfica de la prueba, ploteando los diámetros de las partículas en la escala logarítmica como la abscisa y los porcentajes totales que pasan por cada malla como ordenadas.

El tamizado en seco es normalmente satisfactorio para pruebas de rutina en agregado con granulometría normal. sin embargo, si se desea una determinación exacta del total de materia que pasa la malla No. 200, realice la prueba por lavado del material más fino que la malla 200. (norma ASTM C - 117)

ANEXO N°3.

NORMA ASTM D-117

Método estandar de prueba para material más fino que la malla 200, en agregado mineral, por lavado.

Alcance: Este método cubre el procedimiento para determinar, por lavado, la cantidad de material más fino que la malla 200, que contiene un agregado. durante la prueba, se separan de los agregados tanto las partículas de arcilla y otros tipos de partículas del agregado que se dispersan con el agua de lavado, como los materiales solubles en el agua.

Equipo: Balanza con precisión del 0.1%
Juego de mallas, la inferior la No. 200 y la superior la No. 8.

Recipiente: de tamaño adecuado para contener la muestra cubierta de agua y permitir una vigorosa agitación sin que se de la pérdida de muestra o agua.

Horno: de tamaño adecuado y capaz de mantener la T° Cte. a 110° ± 5° C.

Muestra de

prueba: La muestra de agregado que se va a probar deberá mezclarse completamente y reducirse por cuarteo a una cantidad adecuada para la prueba. El agregado deberá humedecerse antes de realizar la reducción para minimizar la segregación y pérdida de polvo. el espécimen de prueba será el que se obtenga al final del proceso de reducción. El peso del espécimen de prueba después de secado, debe ser el que se indica a continuación:

Tamaño nominal máximo	Peso mínimo de la muestra (Gr)
No. 4	500
No. 8	100

Procedi-

miento: Séquese la muestra de la prueba hasta lograr peso Cte. a una T° de 110 ± 5 °C y peso aproximado al 0.1% más cercano del peso de la muestra. Después de secar y pesar la muestra de prueba, colóquela en un recipiente y añada agua suficiente como para cubrirla (Nota 2). Agite el conjunto con suficiente vigor como para lograr una completa separación de todas las partículas más finas que la malla 200, de las partículas grandes y que el material fino quede en suspensión. Inmediatamente, vierta el agua de lavado que contiene los sólidos de suspensión y solución en el juego de mallas, en el que la malla más gruesa se encuentra arriba, téngase cuidado de evitar en lo posible la decantación de las partículas gruesas de la muestra.

Nota 2. - No deberán añadirse el agua detergente, dispersos, ni otro de tipo de substancias.

- Añádase una segunda carga de agua a la muestra de prueba, agítelo y decántese como ya se indicó. Repítase esta operación hasta que el agua de lavado quede limpia.

- Incorpórese por lavado de las mallas todo el material retenido en ellas a la muestra lavada. Seque el agregado lavado hasta obtener peso constante a una temperatura de 110 ± 5°C y péselo aproximándolo al 0.1%, más cercano.

Cálculos: Calcúlese la cantidad de material que pasa la malla No. 200 por lavado, aproximándola al 0.1% más cercano, como se indica a continuación:

$$A = (B - C) / B \times 100$$

Donde: A = Porcentaje de material más fino que la malla No. 200 por lavado.

B = peso seco original de la muestra en gramos.

C = peso seco de la muestra después del lavado.-

ANEXO N°4

NORMA ASTM D-854

Método estandar de prueba para gravedad específica de suelos.

Alcance: Este método cubre la determinación de la gravedad específica de los suelos por medio de un picnómetro, cuando el suelo está compuesto de partículas tanto m's grandes como más pequeñas que la malla # 4; la muestra se separa en la malla # 4 y el método apropiado de prueba será usado en cada porción.

Definición: Gravedad específica: Es la relación del peso en el aire de un volumen dado de un material a una temperatura establecida con el peso en el aire de un volumen igual de agua destilada a una temperatura establecida.

Equipo: Picnómetro: Puede ser un frasco que tenga una capacidad de al menos 100 m.L. o una botella con tapón que tenga una capacidad de al menos 50 m.L.

Balanza: sensitiva al 0.01 grs. para usar con el frasco volumétrico.

Termómetro.

Calibración del picnómetro:

El picnómetro se limpiará, secará, pesará y se anotará el peso; este debe estar lleno con agua destilada a temperatura de la habitación. el peso del picnómetro y el agua (W_a), se determinará y se anotará. Se insertará un termómetro en agua y se determinará su temperatura T_x aproximada al grado entero más próximo.

Del peso W_a determinado a la temperatura observada T_1 , se prepara una tabla de valores de pesos W_a para una serie de temperaturas que posiblemente prevalecerá cuando se determinen los pesos W_b más tarde. Estos valores de W_a , se calcularán como sigue:

$W_a (a T_x) = (\text{densidad del agua a } T_x / \text{Densidad del agua a } T_1) \times (W_a (a T_1) - W_f) + W_f$.

Donde: W_a = peso del picnómetro y agua, gramos.

W_f = peso del picnómetro y agua, gramos

T_1 = Temperatura observada del agua a °C.

T_x = Cualquiera otra temperatura deseada, °C.

Muestra: La muestra a usarse en la prueba de la gravedad específica puede contener su humedad natural o ser secada al horno, el peso de la muestra de prueba en base a una secada al horno deberá ser de al menor 25 gr. Cuando una muestra se secará por al menor 12 horas, o a peso constante, en un horno mantenido a $110^{\circ} \pm 1^{\circ}$ °C, enfriada en un desecador, y pesada al removerla del mismo. La muestra luego se sumergirá en agua destilada por al menos 12 horas.

NOTA: El secado de ciertos suelos a 100° C, puede traer la pérdida de humedad de composición o hidratación, en tales casos el secado se hará si se desea, en presión de aire reducido y a una menor temperatura.

Procedimiento: Colocar la muestra en el picnómetro, teniendo cuidado de no perder parte del suelo en caso que el peso de la muestra se haya determinado. Agregar agua destilada para llenar el frasco volumétrico hasta aproximadamente 3/4 de lleno.

Remover el aire entrampado de la manera siguiente:

Hervir lentamente por lo menos 10 minutos, rodando ocasionalmente el picnómetro para ayudar a remover el aire. someter los contenidos a presión de aire reducido usando un bote acampanado.

Enfriar las muestras que son calentadas a la temperatura de la habitación.

Llenar el picnómetro con agua destilada, limpiar el exterior, y secar con un trapo limpio y seco.

Determinar el peso del picnómetro y contenido W_b y la temperatura en °C, T_x , de los contenidos como se describió anteriormente.

Cálculos: Calcular la gravedad específica del suelo en el agua a temperatura T_x : como sigue:

$$G.E. = \frac{W_o}{W_o + (W_o - W_b)}$$

Donde W_o = peso de la muestra de suelo secado al horno gr.

W_a = peso del Picnómetro llenado con agua a temperatura T_x , * (Gr.)

W_b = peso del picnómetro llenado con agua y suelo a temperatura T_x , gr.

T_x = Temperatura de los contenidos del picnómetro cuando se determina el peso W_b , °C.

* Este se toma de la calibración del picnómetro.

ANEXO N°5.

NORMA ASTM C-140

Objetivo: Estudiar un procedimiento de laboratorio para determinar la resistencia a la comprensión simple de las unidades de suelo-cemento.

Equipo: Máquina de Prueba (Universal tinius Olsen).

- Balanza con sensibilidad de por lo menos 0.5% del peso del espécimen más pequeño.
- Balanza Hidrostática
- Calibrador con graduación mínima de 1/64" (ó 0.5 mm.)
- Regla metálica graduada con 1/32" (ó 1 mm.)

Material: Unidades de mampostería de suelo-cemento.

- Azufre y arcilla.

Procedimiento:

- Debe marcarse cada espécimen no ocupado para ello más del 5% del área superficial del espécimen.
- Hacer la prueba de comprensión de los especímenes 72 horas después de que éstos hayan llegado al laboratorio.

- Cabecear las unidades adecuadamente garantizando la aplicación uniforme de las cargas en toda la sección.

Cabeceando con azufre y arcilla (dejar enfriar 2 horas por lo menos).

- El período de carga no debe ser mayor de 2 minutos, ni menor que uno.
- Las muestras deben centrarse con respecto al eje del cabezal de la máquina con un error menor de 1/16 pulgada.

Cálculos:

Calcular esfuerzo total por medio de:

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

- Donde:
- C= esfuerzo de comprensión (Kg/cm²)
 - P= Carga máxima aplicada (Kg.)
 - A= área bruta de la superficie de carga.)cm²)

ANEXO N°6.

NORMA ANSI ASTM C-90

Objetivo: Estudiar un procedimiento de laboratorio para determinar la absorción de bloques suelo - cemento.

Equipo:

- Balanza, con una sensibilidad de aproximadamente 20 gr.
- Regla metálica graduada con 1/32" (ó 1 mm.)
- Horno, con regulador de temperatura

Procedimiento:

- Debe marcarse cada espécimen no ocupado para ello más del 5% del área superficial del espécimen.

- Sumergir los especímenes de prueba en agua durante el período necesario a una temperatura de 15.6° a 26.7°C, para saturar los especímenes.

- Pesar el espécimen sumergido en el agua para cada período establecido (14 y 18 días), obteniendo así Wss.

- Remover del agua los especímenes y dejarlos escurrir por un minuto.

- Remover el agua visible con un paño húmedo y pesar cada espécimen.

- Secar al horno durante 24 horas por lo menos a una temperatura de 110° ± 5°C y pesar suavemente.

Cálculos:

Calcular la absorción por medio de la fórmula:

$$\text{Absorción máxima en Kg/m}^3 = \frac{W_{\text{sat}} - W_{\text{seco}}}{\text{sat} - W_{\text{ss}}} \times 1000$$

donde: W_{sat} = Peso saturado superficialmente seco en Kgs.

W_{seco} = Peso seco en Kgs.

W_{ss} = Peso sumergido en Kgs.

$$\text{Absorción máxima en porcentaje} = \frac{W_{\text{sat}} - W_{\text{seco}}}{W_{\text{seco}}} \times 100$$

donde: W_{sat} = Peso del espécimen saturado superficialmente seco en Kgs.

W_{seco} = Peso del espécimen completamente seco en Kgs.