

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DEL LITORAL**

*FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA*

**"Estudio del Material Tierra,  
Fabricación de Bloques de Suelo-  
Cemento y Análisis Aplicado a la  
Construcción de Viviendas de Bajo  
Costo"**

*TESIS DE GRADO*

*Previa a la obtención del Título de:*

**INGENIERA CIVIL**  
**Especialización GEOTECNIA**



BIENOTECIA FICT  
ESPOL

*Presentada por:*

**BETHY MERCHAN SANMARTIN**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**1994**

*DEDICATORIA*



**BIBLIOTECA F. E.  
ESPOL**

*A MI PATRIA*

*A MIS PADRES*

*A MIS HERMANOS*

## AGRADECIMIENTO

*Al Ing. Julián Coronel, director de tesis, por su ayuda y colaboración.*

*A mis amigas: Norma Cecilia, Diana María 1, Marthita, Verónica, Diana María 2 y Karina.*

*A mis amigos: Julio, Recalde, Félix, Oscar, Javier C. y Napoleón.*

*A los Ings. Miguel Angel Chávez Moncayo, Enrique Luna Alcívar, Washington Villacís y Gabriel Colmont.*

*Al Centro Técnico del Hormigón y su equipo técnico y humano: Ing. Guillermo Di Pace, Ing. Hugo Eguez, Ing. Leonardo Carrión, Gina, Gladys, Octavio y Jorge.*

*A mi hermana Carmita, quien me apoyó en todo momento: moral, espiritual y materialmente. A mis padres y hermano.*

*Y a todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible la realización y culminación de este trabajo.*



DECLARACION EXPRESA

FACULTAD DE ING.  
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

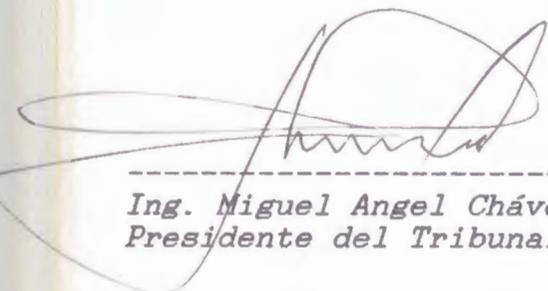
"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

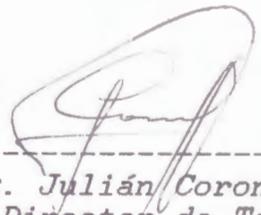


*Bethy Merchan* BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

BETHY MERCHAN SANMARTIN



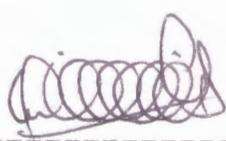
-----  
*Ing. Miguel Angel Chávez M.*  
Presidente del Tribunal



-----  
*Ing. Julián Coronel R.*  
Director de Tesis



-----  
*Ing. Alex Villacrés*  
Miembro del Tribunal



-----  
*Ing. Washington Villacís*  
Miembro del Tribunal



BIBLIOTECA  
ESPOL

## RESUMEN

Suelo-Cemento es un material de muchas aplicaciones. Sin embargo, es muy poco conocido en el país para el fin que intenta darle en este trabajo, el cual es:



Construcción de bloques de suelo-cemento para ser utilizados en la construcción de viviendas de bajo costo donde se emplee el sistema de auto-construcción.

Esta técnica ya ha sido aplicada en otros países con muy buenos resultados y en el nuestro contribuiría a solucionar el déficit habitacional de familias de bajos recursos económicos.

Se realizó el muestreo de suelos apropiados para estabilizarlos con cemento, luego se fabricaron bloques con diferentes porcentajes de cemento y agua después se los ensayó en compresión simple.

Primero se realizaron bloques con un porcentaje de cemento único: 7%, y con 10, 12 y 15% de agua. Cuando los bloques fueron ensayados se encontró que aquellos que tenían el 10% de agua no desarrollaron ninguna resistencia, los de 12% de agua mejoraron notablemente y fueron los que alcanzaron la mayor resistencia mientras que aquellos que se hicieron con

15% de agua desarrollaron una resistencia menor que la anterior.

Después se realizaron bloques con el suelo C-14 variando el contenido de cemento: 7%, 9%, 11% y diferentes contenidos de humedad 15%, 16%, y 18%.

Los bloques con 7% de cemento y 15% de agua desarrollaron baja resistencia; los de 9% de cemento y 16% de agua resistencia media, mientras que los que tenían 11% de cemento y 18% de agua alcanzaron las más altas resistencias.

La importancia de este trabajo consiste en resaltar que realmente los bloques de suelo-cemento pueden ser utilizados en la construcción de viviendas de bajo costo, porque han demostrado que pueden alcanzar resistencias aceptables para este tipo de obras.

# INDICE GENERAL

RESUMEN.....	V
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE ABREVIATURAS.....	XIV
INTRODUCCION.....	16
I GENERALIDADES.....	19
1.1 ANTECEDENTES.....	19
1.2 SUELO-CEMENTO.....	22
1.3 MATERIALES.....	22
1.3.1 Suelo.....	22
1.3.2 Cemento.....	28
1.3.3 Agua.....	31
1.4 TIPOS DE SUELO-CEMENTO.....	33
1.4.1 Suelo-Cemento Compactado.....	33
1.4.2 Suelo-Cemento Modificado.....	33
1.4.3 Suelo-Cemento Plástico.....	34
1.5 USOS QUE SE INTENTA DAR A LOS BLOQUES DE SUELO-CEMENTO.....	34
1.5.1 Aplicación en viviendas de bajo costo.....	37
1.6 PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LAS CONSTRUCCIONES DE TIERRA.....	42
1.6.1 Frente a los sismos.....	42



BIBLIOTECA FIC  
ESPOL 42

1.6.2	<i>Fisuración.....</i>	<i>49</i>
1.6.3	<i>Frente a la intemperie.....</i>	<i>50</i>
II	<b>RECONOCIMIENTO DEL SUELO.....</b>	<b>51</b>
2.1	<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>51</b>
2.2	<b>PRUEBAS O ENSAYOS PARA EVALUAR LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO.....</b>	<b>54</b>
2.2.1	<i>Contenido de humedad natural.....</i>	<i>55</i>
2.2.2	<i>Gravedad específica.....</i>	<i>55</i>
2.2.3	<i>Análisis granulométrico.....</i>	<i>56</i>
2.2.4	<i>Límites de consistencia.....</i>	<i>56</i>
2.2.5	<i>Ensayo de compactación.....</i>	<i>57</i>
2.2.6	<i>Resistencia en estado seco.....</i>	<i>58</i>
2.2.7	<i>Dilatancia o Prueba de sacudimiento.....</i>	<i>58</i>
2.2.8	<i>Tenacidad.....</i>	<i>59</i>
2.2.9	<i>Sedimentación o dispersión.....</i>	<i>60</i>
2.2.10	<i>Prueba del brillo.....</i>	<i>61</i>
2.2.11	<i>Sedimentación Simplificada.....</i>	<i>61</i>
2.2.12	<i>Prueba del crujido de dientes.....</i>	<i>62</i>
2.3	<b>CRITERIOS EMPLEADOS EN LA DETERMINACION DEL TIPO DE SUELO MAS CONVENIENTE PARA HACER BLOQUES DE SUELO-CEMENTO.....</b>	<b>62</b>
2.3.1	<i>Generalidades.....</i>	<i>62</i>
2.3.2	<i>Granulometría.....</i>	<i>63</i>
2.3.3	<i>Límites de Consistencia.....</i>	<i>68</i>
2.3.4	<i>Prueba Proctor.....</i>	<i>69</i>
2.4	<b>LOCALIZACION DE SUELOS PARA HACER</b>	

BLOQUES DE SUELO-CEMENTO.....	71
2.4.1  Ubicación.....	71
2.4.2  Ensayos de Laboratorio.....	73
2.4.2.1  Contenido de Humedad	
Natural.....	73
2.4.2.2  Granulometría.....	76
2.4.2.3  Límites de	
Consistencia.....	80
2.5  SELECCION DE SUELOS PARA HACER BLOQUES	
DE SUELO-CEMENTO.....	88
2.5.1  Prueba Próctor.....	95
III  PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LOS BLOQUES	
DE SUELO-CEMENTO.....	98
3.1  Materiales.....	99
3.2  Pesada.....	100
3.3  Mezclado.....	100
3.4  Compactación.....	101
3.5  Curado y Fraguado.....	102
3.6  Ensayo.....	104
IV  ANALISIS DE RESULTADOS.....	107
4.1  Resistencia a la compresión simple.....	107
4.1.1  Variación con el contenido	
de humedad.....	
4.2  Resistencia a la erosión.....	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	
ANEXOS.....	
BIBLIOGRAFIA.....	204



BIBLIOTECA NACIONAL  
**ESPOL**  
 187

## INDICE DE FIGURAS

No	Pag
1.	GRANULOMETRIA DADA POR CRATERre.....67
2.	GRAFICOS QUE RELACIONAN LIMITES DE CONSISTENCIA CON EL ENSAYO PROCTOR.....72
3.	MAPA DE UBICACION DE LAS CALICATAS.....74
4.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-1.....127
5.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-2.....129
6.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-3.....131
7.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-4.....133
8.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-5.....135
9.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-6.....137
10.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-7.....139
11.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-8.....141
12.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-9.....143
13.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-10.....145
14.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-11.....147
15.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-12.....149
16.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-13.....151
17.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-14.....153
18.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA L-15.....
19.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA L-16-1.....
20.	GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA L-16-2.....
21.	COMPARACION DE LAS CURVAS LIMITES CON LAS CURVAS GRANULOMETRICAS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS.....89



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

## INDICE DE TABLAS

No	Pag.
1.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA C-1.....126
2.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA C-2.....128
3.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA C-3.....130
4.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA C-4.....132
5.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA C-5.....134
6.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA C-6.....136
7.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA C-7.....138
8.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA C-8.....140
9.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA C-9.....142
10.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA C-10.....144
11.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA C-11.....146
12.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA C-12.....148
13.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA C-13.....150
14.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA C-14.....152
15.	ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA, C-14.....154
16.	ENSAYO DE HIDROMETRO, MUESTRA C-14.....155
17.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA L-15.....156
18.	ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA, L-15.....158
19.	ENSAYO DE HIDROMETRO, MUESTRA L-15.....159
20.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA L-16-1.....160
21.	ANALISIS GRANULOMETRICO, MUESTRA L-16-2.....162
22.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA C-1.....164

23.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA C-2.....	165
24.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA C-3.....	166
25.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA C-4.....	167
26.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA C-5.....	168
27.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA C-6.....	169
28.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA C-7.....	170
29.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA C-8.....	171
30.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA C-9.....	172
31.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA C-10.....	173
32.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA C-11.....	174
33.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA C-12.....	175
34.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA C-13.....	176
35.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA C-14.....	177
36.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA,	



BIBLIOTECA E  
ESPA

	MUESTRA L-15.....	178
37.	TABLA DE LIMITES DE CONSISTENCIA, MUESTRA L-16-2.....	179
38.	TABLA RESUMEN DE LA CLASIFICACION DE SUELOS.....	87
39.	TABLA DE REFERENCIA, FIGURA #21.....	90
40.	TABLA DE LA PRUEBA PROCTOR MUESTRA C-13 SIN CEMENTO.....	180
41.	TABLA DE LA PRUEBA PROCTOR MUESTRA C-13 CON 5% DE CEMENTO.....	181
42.	TABLA DE LA PRUEBA PROCTOR MUESTRA C-13 CON 7% DE CEMENTO.....	182
43.	TABLA DE LA PRUEBA PROCTOR MUESTRA C-13 CON 9% DE CEMENTO.....	183
44.	TABLA DE LA PRUEBA PROCTOR MUESTRA C-14 CON 7% DE CEMENTO.....	184
45.	TABLA PROCTOR MUESTRA C-14 CON 9% DE CEMENTO.....	185
46.	TABLA PROCTOR MUESTRA C-14 CON 11% DE CEMENTO.....	186
47.	TABLA RESUMEN DE LOS ENSAYOS A COMPRESION.....	112

## INDICE DE ABREVIATURAS

A.S.T.M.	:	American Society Testing Material
C.A.O.	:	Contenido de agua óptimo
cm.	:	centímetro
cms.	:	centímetros
cm <sup>2</sup>	:	centímetro cuadrado
CRATERRE	:	Centro Internacional de Investigación y Aplicación para la Construcción en Tierra
C.T.H.	:	Centro Técnico del Hormigón
fig.	:	figura
gr.	:	gramo
Gs	:	Gravedad Específica
Hz	:	Hertz
INEN	:	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ININVI	:	Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (Perú)
Ip	:	Índice de plasticidad
kg.	:	kilogramos
L	:	laboratorio
LC	:	Límite de Consistencia
LL	:	Límite Líquido
LP	:	Límite Plástico
lts.	:	litros
m.	:	metro
m <sup>3</sup>	:	metro cúbico



<i>mm.</i>	:	<i>milímetros</i>
<i>M</i>	:	<i>Módulo</i>
<i>MPa</i>	:	<i>Mega Pascal</i>
<i>( )</i>	:	<i>Peso volumétrico seco</i>
<i>p.</i>	:	<i>página</i>
<i>pp.</i>	:	<i>páginas</i>
<i>%</i>	:	<i>porcentaje</i>
<i>P.U.C.P</i>	:	<i>Pontificia Universidad Católica del Perú</i>
<i>S.U.C.S.</i>	:	<i>Sistema Unificado de Clasificación de Suelos</i>
<i>W(%)</i>	:	<i>Contenido de humedad en porcentaje</i>
<i>Z.L.</i>	:	<i>Zona Límite</i>
<i>Z.P.</i>	:	<i>Zona Preferencial</i>

## INTRODUCCION

La tierra es uno de los más antiguos materiales de construcción en la historia. Ya decía la señora Indira Ghandi en 1980, refiriéndose a las viviendas construidas con materiales tradicionales: " hay mucha lógica en lo que la gente ha venido ingeniando durante el curso de los años, de acuerdo con su clima, el medio ambiente y su modo de vida. No se puede conservar todo, porque nuestra forma de vivir ha cambiado, pero gran parte de ello se puede **adaptar** y hacer más eficiente " (4).

Es por esto que numerosos investigadores han tratado de mejorar este material, condicionándolo a las exigencias del mundo moderno sin apartarse de lo tradicional; buscando nuevas técnicas de estabilización, considerando que el suelo es y será siempre un bien económico.

La valorización de la tierra como material adecuado en el presente está unida a la investigación histórica de su uso, y a la experimentación de sus diversas formas de utilización. El camino hacia la industrialización se inició hace tan sólo unos 25 años, con la producción de bloques de tierra comprimida. La evolución de la artesanía a la producción industrial es posible y real, pero este proceso debe ser analizado a la luz de parámetros específicos

creados por una serie de situaciones, políticas de desarrollo proteccionista, aspectos socio económicos, culturales y dependencia tecnológica.

La intención del siguiente trabajo es experimentar en suelos del Campus Politécnico combinándolo con cemento para darle mayor estabilización.

Los suelos del Campus Politécnico según la tesis titulada " Estudio Geológico del Campus Politécnico" presentada por Gustavo Medina Posada corresponden a:

una acumulación volcano-sedimentario de origen marino perteneciente a la Fm. Cayo. Litológicamente se presenta con lutita, arenisca y aglomerado, siendo ésta última la de más amplia distribución en el área.

Existen tres tipos principales de rocas, las cuales se encuentran ocasionalmente cubiertas de depósitos aluviales, son:

- 1.- Aglomerados y brechas volcánicas que predominan en el área, ocupando niveles intermedios
- 2.- Areniscas que se encuentran alternando con lutitas, presentan su mayor espesor en la parte central
- 3.- Lutitas, principalmente silicificadas presentes en los niveles superiores que se encuentran en el oeste del área

La metodología que se sigue comprende la búsqueda de lugares adecuados que nos proporcionen los suelos convenientes para realizar bloques de tierra estabilizada con cemento y ensayar su resistencia a compresión con

*diferentes porcentajes de cemento y humedad.*

*Los resultados obtenidos se aplicarán en la construcción de viviendas de bajo costo dentro de programas de desarrollo gubernamental y donde se emplee el sistema de auto construcción.*

# CAPITULO I

## GENERALIDADES

### 1.1 ANTECEDENTES

#### *La tierra material de construcción*

*La construcción con tierra es un tema de actualidad en la discusión acerca de las alternativas constructivas para la vivienda popular y rural. Se conoce que la tercera parte de la población mundial habita en construcciones de tierra (10) y con frecuencia se trata de intervenir proponiendo "mejorar el habitat popular".*

*Existen propuestas para mejorar su calidad impulsadas por organismos internacionales; pero se ha observado un desconocimiento casi generalizado de esas mejoras por parte de la gran mayoría de la población (14), es así que países europeos han estimulado la investigación, difusión y el uso de este material en los países del tercer mundo.*

*También América Latina, desarrolla investigaciones en*



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

*el campo de las tecnologías de construcción con tierra, colocando en primer lugar la búsqueda de soluciones económicas y mejoradas para la construcción de conjuntos habitacionales e infraestructura pública.*

*La construcción con tierra desarrolla técnicas de producción, que van desde los más rudimentarios, artesanales, manuales, a las más sofisticadas, mecanizadas e industrializadas. La búsqueda de la industrialización se reafirma cada vez más para la producción de bloques de tierra comprimida. La evolución de lo artesanal a lo industrial es posible y real, pero es evidente que esta tendencia debe estar justificada en base a parámetros particulares de cada país y sus necesidades: es decir, su política de desarrollo global, aspectos socio-económicos, culturales y a su interdependencia económica y tecnológica.*

*Las construcciones de tierra, como las de cualquier otro material, tienen sus ventajas y desventajas. En función de ellas y de las características ecológicas de cada zona, depende el uso que se le da a este tipo de edificaciones.*

**Ventajas:**

- 1.- *Facilidad de construcción (su tecnología es tan sencilla que cualquier individuo puede realizarla)*
- 2.- *Material económico y fácil de obtener*
- 3.- *Aislamiento térmico y acústico*
- 4.- *Producción sin consumo de energía*
- 5.- *Con cantidades pequeñas de estabilizantes aumenta su resistencia mecánica y también a la erosión ocasionada por el viento y el agua*

***Desventajas:***

- 1.- *Durabilidad (erosión, humedecimiento, etc.)*
- 2.- *Fragilidad frente a desastres naturales (sismos e inundaciones)*
- 3.- *Disminución del área efectiva debido al espesor de los muros*
- 4.- *Aceptación social*

*Los monumentos históricos, alteran estos factores, en virtud de su majestuosidad. Estas ventajas e inconvenientes deben tenerse presente en los trabajos de prevención, restauración o reparación.*

*Después de revisar las ventajas podemos concluir que son importantes en el mundo de hoy; mientras que las desventajas son superables si el gobierno colabora con*

*programas educativos e investigación técnica.*

## **1.2 SUELO-CEMENTO**

*Suelo-cemento es una mezcla de suelo de determinadas características con cemento Portland debidamente dosificada, compactada y curada, que le da al suelo la propiedad de impermeabilidad que no tiene y al mismo tiempo le aumenta la resistencia.*

*Cuando cantidades relativamente pequeñas de cemento Portland y humedad son añadidas a suelo granular o suelo limo-arcilloso las propiedades físicas y químicas del suelo varían. El grado de mejora que alcance va a depender: en primer lugar del tipo de suelo, porcentaje de cemento y su calidad, del grado de densificación de la mezcla y del contenido de humedad.*

## **1.3 MATERIALES**

### **1.3.1 SUELO**

*De acuerdo con el concepto de ingeniería se considera que suelo es todo material no consolidado que incluye todos los materiales terrosos, orgánicos e inorgánicos que se*

encuentran en la zona o capa directamente encima de la corteza rocosa de nuestro planeta. Es el producto de la descomposición mecánica y química de las rocas. Se encuentran en una variedad de formas, tamaños y constituyentes minerales. Puede existir algún tipo de unión entre las partículas pero debe ser muy ligera, puesto que de otra manera sería clasificado como roca. La meteorización mecánica de la roca, se debe, básicamente, a los cambios de temperatura y la velocidad de descomposición depende de la resistencia de la roca a tales variaciones. Al mismo tiempo la roca es atacada químicamente por la acción disolvente del agua, que puede ser alcalina o ácida. Si se considera que las reacciones químicas son superficiales, el efecto total o volumétrico de dichas reacciones es más notable mientras menor es el tamaño de las partículas. El proceso mecánico de meteorización es responsable principal de la reducción de las partículas hasta 0.001mm.; tamaños más pequeños son el producto de los procesos químicos de disolución, recombinación y cristalización. Las partículas minerales muy pequeñas formadas por procesos químicos son cristalinas y son llamadas arcillas,



BIBLIOTECA FICT  
 ESPOL

arcillas coloidales, o suelos coloidales. Los minerales que se combinan para formar una arcilla son los mismos que tiene la roca originaria pero tienen una estructura cristalina diferente. Los minerales de las arcillas son básicamente silicatos y aluminatos hidratados y hierro. Los tres tipos básicos de arcillas son: montmorillonita, illita y caolinita.

Los suelos suelen ser divididos en dos grupos: suelos granulares y suelos de grano fino.

**Suelos Granulares.**- Los suelos granulares no poseen ninguna cohesión y consisten en rocas, gravas, arenas y limos, combinados o aislados. Las partículas que forman los suelos granulares se clasifican por su tamaño y obedecen a las fuerzas gravitacionales relacionadas con la mecánica de las cuales gobiernan su comportamiento mecánico, debido al tamaño relativamente grande de sus fragmentos.

**Suelos de Grano Fino.**- También llamados suelos cohesivos, son los que poseen características de cohesión y plasticidad. Estos suelos pueden

*ser granulares con partes de arcillas o limo orgánico, que les dan cohesión (debido a que obedecen a las fuerzas eléctricas superficiales de sus partículas) y plasticidad, o pueden ser arcillas o limos orgánicos sin componentes granulares.*

*Los suelos cohesivos aparecen solos o combinados. Tanto la arcilla como el limo orgánico poseen características de plasticidad entre determinados límites de contenido de agua.*

*Aunque en la mayoría de las veces una simple observación del suelo, basta para identificarlo como suelo granular o suelo de grano fino, es necesario un límite de tamaño arbitrario para definir la separación. En las clasificaciones más usadas en la actualidad se toma como base la malla #200 del sistema Patrón Americano (AASHTO). Se considera gruesos los que se quedan retenidos, después de ser lavado el suelo sobre el tamiz hasta el momento en que el agua de lavado que pasa la malla lo hace completamente limpia.*

*Los suelos están formados por la mezcla en*

diferentes proporciones de 4 elementos: gravas, arenas, limos y arcillas. El comportamiento de cada uno de estos es específico y, por ejemplo algunos cambian de volúmen (arcilla) en ciertas condiciones, mientras que otros no.

La ASTM da una tabla de los límites de los tamaños en milímetros de los componentes del suelo:

CLASIFICACION ASTM	MILIMETROS
Grava	Mayor de 4.76
Arena gruesa	de 4.76 a 2.00
Arena media	de 2.00 a 0.425
Arena fina	de 0.425 a 0.074
Finos (mezcla de limo y arcilla)	Menores de 0.074

#### CARACTERISTICAS

##### GRAVAS:

- Componente estable del suelo
- Sus propiedades mecánicas no se alteran significativamente en presencia del agua



**ARENAS:**

- *Componente estable del suelo*
- *Secas no poseen cohesión*
- *Presentan fuerte fricción interna, es decir alta resistencia mecánica de rozamiento a los desplazamientos relativos de las partículas que las componen*
- *Ligeramente húmedas poseen una cohesión aparente debida a la tensión superficial del agua que ocupa los vacíos entre los granos.*

**LIMOS:**

- *No poseen cohesión cuando están secos*
- *Presentan una resistencia al rozamiento más débil que las arenas.*
- *Húmedos ofrecen buena cohesión*
- *Sufren alteraciones en el volúmen, expansión y contracción cuando su humedad cambia*
- *Más permeables que las arcillas*

**ARCILLAS:**

- *Predominan minerales microscópicos o submicroscópicos en forma de laminillas cristalinas*

- *Propiedades de los coloides: plasticidad, cohesión, adsorber iones*
- *Las partículas poseen carga eléctrica negativa en exceso dispuesta en la superficie, mientras que las cargas positivas se ubican en el interior*
- *Las fuerzas eléctricas de atracción y repulsión y la forma estructural de agrupamiento consecuente, originan diferentes grados de adherencia (cohesión) entre las partículas*
- *Inestable en presencia de humedad*
- *Es el aglomerante del suelo granular*

### **1.3.2 CEMENTO**

*Cemento es cualquier clase de ligante que une dos o más elementos en el sentido más amplio. Aquí se tratará del cemento Portland comúnmente usado. Los cementos son aglomerantes que, amasados con agua, fraguan y endurecen, tanto expuestos al aire como sumergidos en agua, por ser los productos de su hidratación estables en tales condiciones.*

*La ASTM en su especificación ASTM C150-61 da la siguiente composición potencial media para*

cada uno de los cinco tipos de cemento Portland:

**TIPOS**                      **PROPORCION DE LOS CONSTITUYENTES**  
(en porcentaje)

	$C_3S$	$C_2S$	$C_3A$	$C_4AF$
I NORMAL	45	27	11	8
II MODIFICADO	44	31	7	13
III DE ELEVADA RESISTENCIA INICIAL	53	19	10	7
IV DE BAJO CALOR DE HIDRATAACION	20	52	6	14
V RESISTENTE A LOS SULFATOS	38	43		8



BIBLIOTECA FIG

ESPOL

Los cementos fabricados (57) por La CEMENTO NACIONAL son:

**CEMENTO TIPO IB ( INEN 152).**— Es usado en la construcción común.

**CEMENTO TIPO IE (INEN 1548).**— Es el cemento (modificado) de uso general en la construcción, con características especiales en lo que se refiere a resistencia inicial y final, durabilidad, acabado, y resistencia contra ataque de sulfatos.

**CEMENTO TIPO I (INEN 152).**— Cemento de altas resistencias iniciales de uso general en la

*construcción.*

*CEMENTO TIPO II (INEN 152).- Cemento para ser usado donde se requiere moderado calor de hidratación y resistencia al ataque de sulfatos.*

*CEMENTO TIPO IV (INEN 152).- Cemento que desarrolla bajo calor de hidratación.*

*CEMENTO TIPO V (INEN 152).- Cemento que origina alta resistencia al ataque de sulfatos..*

*CEMENTO TIPO G (API-10).- Cemento de uso básico usado en la perforación de pozos de petróleo, donde se requiere características especiales de resistencia y capacidad de fraguar a altas temperaturas así como moderada resistencia a sulfatos.*

*CEMENTO DE ALBAÑILERIA (INEN 1806).- Cemento para uso de mampostería, enlucido y colocación de bloques donde no se requiere resistencias mayores.*

*El cemento reduce la plasticidad del suelo y su capacidad de contener agua al mismo tiempo que le aumenta su resistencia.*

*Se va a utilizar el Cemento Tipo IE cuyas características principales son las*

siguientes;

% Retenido en tamiz 45 u ( ASTM: # 325 ) .....	25.63 %
% Retenido en tamiz 75 u ( ASTM: # 200 ) .....	8.7 %
Superficie específica.....	374 m <sup>2</sup> /Kg
Relación Agua/Cemento: A/C.....	0.58
Fluidez.....	104 %
Resistencia a la compresión en cubos de 5cm. de lado:	



Edad (días)	Resistencia (MPa)
3	14.4
7	20.3
14	27.4
28	32.5
60	35.8
90	38.0
120	39.5
180	42.7
360	43.7

### 1.3.3 AGUA

El agua usada en suelo-cemento debe ser limpia y libre de impurezas en suspensión o

disolución, tales como álcali, ácidos, sulfatos, cloruros o materias orgánicas. El agua de tomar es satisfactoria.

Cada tipo de suelo requiere un grado de humedad para su correcta densificación, este valor puede ser obtenido realizando el ensayo normalizado de compactación: Próctor Stándard o el Próctor Modificado; los resultados de este ensayo nos dan un C.A.O. (contenido de agua óptimo) que corresponde a un Peso específico seco máximo ( ), el que nos indica que a tal contenido de agua se produce la máxima compactación del suelo o realizando una sencilla prueba de campo descrita posteriormente. Así tenemos (10):

C.A.O. (%)	OBSERVACION	POSIBILIDAD DE ESTABILIZACION	ESTABILIZANTE
7- 9	Bien	Difícil	Cemento BIBLIOTECA FICP ESPOL
9-17	Excelente	Fácil	
17-22	Aceptable	Difícil	

La cantidad de agua tiene dos objetivos: ayudar a obtener la máxima compactación ( densidad ) por lubricación de las partículas de suelo; e hidratar al cemento, que endurece

*y liga al suelo en una masa sólida.*

#### **1.4 TIPOS DE SUELO-CEMENTO**

*Hay 3 tipos generales de suelo-cemento:*

*Suelo-Cemento Compactado*

*Suelo-Cemento Modificado*

*Suelo-Cemento Plástico*

##### **1.4.1 SUELO-CEMENTO COMPACTADO**

*Es aquel que contiene suficiente cemento para endurecer el suelo y suficiente humedad para una compactación adecuada e hidratación del cemento. Otros términos son: " cement-treated base ", "cement stabilized soil" y "stabilized aggregate".*

*Se la utiliza como sub-base y capas de base para pavimentos flexibles; en carreteras, calles, aeropuertos, espaldones y áreas de parqueo.*

##### **1.4.2 SUELO-CEMENTO MODIFICADO**

*Es una mezcla de consistencia blanda a*

*semidura de suelo-cemento. Aquí sólo se usa la cantidad suficiente de cemento para cambiar las propiedades físicas del suelo al grado deseado, por ejemplo, reducir el índice plástico, disminuir la cantidad de agua y su capacidad de cambio del volúmen. Es decir el suelo-cemento modificado necesita menos cantidad de cemento que el suelo-cemento compactado.*

#### **1.4.3 SUELO-CEMENTO PLASTICO**

*Es una mezcla de suelo granular y cemento, que contiene al tiempo de colocado, suficiente agua para producir una consistencia similar a aquella del mortero de enlucido; es el que se utiliza para el revestimiento de canales y cunetas de carreteras donde el acceso de maquinaria es difícil.*

#### **1.5 USOS QUE SE INTENTA DAR A LOS BLOQUES DE SUELO-CEMENTO**

*La tierra es un material de construcción que no ha tenido publicidad, a pesar de haber sido utilizado en numerosos lugares de nuestro planeta desde la época prehistórica, por ser altamente maleable, fácil de*

utilizar y que ofrece un buen aislamiento térmico, ha sido siempre fuente de atracción para el hombre, quien ha intentado darle diferentes usos y experimentar para mejorar su calidad.

Es así que su tecnología varía de un sitio a otro, dependiendo del tipo de suelo y en su mayoría del comportamiento social. La práctica, los ensayos sucesivos y la tradición que ha sido transmitida de generación en generación han optimizado el uso y la eficiencia. De allí que cuando queremos racionalizar, -sistematizar y generalizar procesos nos encontramos con que existe un vasto campo para la investigación, pues no hay una forma única de uso universal de prácticas relacionadas con el empleo de este material que por ser el más abundante y carente de costo, ha sido, es y seguirá siendo el de uso más frecuente en zonas de bajos recursos económicos donde la autoconstrucción representa la única alternativa de poseer una vivienda.



De ahí que se presenta como una opción mejorar el suelo; la tierra ha sido combinada experimentalmente con cementos, cales, asfaltos y tantos otros procedimientos que incluyen inyecciones, drenajes, estabilizantes físicos, químicos, etc. de uso poco conocido.

Luego de analizar la información disponible hemos decidido utilizar el cemento para estabilizar el suelo porque es el material más accesible en cualquier tiempo y lugar, y que al ser combinado con el suelo, éste adquiere características inusuales en su comportamiento tales como aumento en su resistencia, mejoras en su calidad, mayor durabilidad, etc. y además sigue siendo barato.

Los bloques de suelo-cemento van a ser usados para la fabricación de paredes de vivienda económica, pero pueden ser aplicados de acuerdo a la imaginación del individuo.

Construcciones con bloques de suelo-cemento se han realizado ya varias y los resultados son realmente esperanzadores. El edificio de investigaciones de la Universidad de Kansas se considera actualmente como la construcción de mayor envergadura en bloques de tierra cemento; sus muros cubren uno  $650 \text{ m}^2$  y son dobles, de 10 cm cada uno de espesor con cámara de aire intermedia de 5 cm. Salvo dos pequeñas grietas debajo de las ventanas el resultado ha sido perfecto y a los dos años de haber sido construido la Jefatura del departamento de Ingeniería Civil de dicha Universidad los considera sin efecto (17).

La PCA (Portland Cement Association) construyó dos edificios en Fort Washakie ( EE.UU ) con muros de bloques de tierra cemento utilizando una máquina hidráulica portátil para comprimir bloques de 20 x 20 x 30 cms. (17).

Estos bloques fueron curados y secados durante más de un mes y colocados en los muros como si se tratara de ladrillos cerámicos. Los muros construidos eran de seis a quince metros de largo e inspeccionados al año de su construcción, se encontraron únicamente tres grietas producidas por contracción, las tres a lo largo de las juntas aunque una de ellas parecía ser producida por cimentación deficiente (17).

En estos últimos años la combinación de tierra-cemento ha sido muy utilizada especialmente en el sur de los Estados Unidos de Norteamérica, América Central y del Sur (17).

#### 1.5.1 APLICACION A VIVIENDAS DE BAJO COSTO

Hay pueblos y ciudades que, por su ubicación geográfica, desarrollo económico y tecnológico, facilidades de mano de obra y disponibilidad de material regionales, no tienen otra alternativa que la de utilizar la

*tierra sin cocer para la construcción de sus viviendas. El uso de la tierra como material de construcción es una realidad inherente a la población tercermundista, más que una elección voluntaria. A pesar de esto, es necesario reconocer que la tierra posee excelentes propiedades de aislamiento térmico y acústico. Además la utilización de este material identifica y caracteriza el paisaje urbano, al hombre y su ciudad. Es necesario antes de cualquier intervención conocer los rasgos culturales de los pueblos para evitar el enfrentamiento con la cultura preexistente*



- En 1993, bajo la iniciativa del PNUD/UNESCO del ICCROM se llevó a cabo una reunión internacional: "Simposium internacional y curso taller sobre conservación del adobe". Un aspecto importante de ésta fue tratar sobre el uso y técnicas de la tierra sin cocer, en la construcción en el área específica de América Latina. Este seminario ha sido uno de los más importantes en la materia. Se desarrolló bajo el tema de conservación del adobe, no obstante consideró en forma global toda arquitectura

*de tierra, sea arqueológica, histórica o contemporánea, parcial o enteramente realizada con tierra (9).*

*- Las construcciones de tierra han sufrido serios daños debido a las inclemencias climáticas, los desastres naturales y al hombre mismo. Las desventajas asociadas con este comportamiento vienen siendo superadas gracias a los trabajos de investigación realizadas durante los últimos tiempos (9).*

*- Corrientes internas en los países latinoamericanos han impulsado el uso de la tierra como una vuelta a las raíces histórico-culturales y como un rechazo al uso indiscriminado del hormigón armado (21).*

*En el Ecuador el uso de la tierra en la construcción, estuvo ampliamente difundido hasta los años cincuenta tanto en el área rural como urbana. Posteriormente, fue reemplazada rápidamente por el hormigón armado, al punto que hoy en día es difícil encontrar mano de obra especializada en arquitectura de tierra, particularmente en las ciudades de mayor población y sus*

alrededores. La calidad del adobe y tapial van desmejorando en forma paulatina así como su "prestigio" como material de construcción (22).

El sismo del 5 de marzo de 1987 destruyó muchas viviendas tanto de hormigón como de tierra, pero esta experiencia sirvió para detectar los problemas o fallas que "provocaron" la destrucción; para proponer algunas técnicas de mejora de los materiales tradicionales, aprovechando de experiencias anteriores en el país y en el exterior. Los sistemas adoptados han tenido cierta acogida por parte de la comunidad y se encuentran en etapa de realización, rescatando así una importante tradición cultural. El comportamiento de los materiales tradicionales puede considerarse bueno para la tierra y los daños sufridos son imputables principalmente a errores de ubicación de viviendas, a la mala construcción de ellas y a la falta de mantenimiento (22).

Nuestra propuesta como ya hemos mencionado es la de estabilizar el suelo con cemento que da como resultado una mayor resistencia a la

erosión bajo la acción de la lluvia porque disminuye la porosidad, le aumenta la permeabilidad e incrementa su resistencia mecánica.

Es así que se han desarrollado algunas construcciones recientes o en ejecución, las cuales son (10):

**Agrupación La Luz:** Barrio suburbano de Albuquerque (Nuevo México, E.E.U.U.) que agrupa 100 viviendas lujosas con adobe. Concebido por el arquitecto americano Antoine Predock y terminado en 1975.

**La Vereda 2:** Parcelación de una quincena de casas de adobe con energía solar pasiva, construidas en la parte alta de Santa Fe (Nuevo México, E.E.U.U.) por Wayne y Susan Nichols y acabadas en 1981.

**El museo nacional de Malí:** Edificación en banco estabilizado, proyecto demostrativo; concebido por el arquitecto francés Jean Claude Pivin y finalizado en 1981, Bamako.

**Proyecto para la residencia del representante del F.E.D. (Fondo Europeo para el Desarrollo):** En Ouagadougou, Alto Volta, por la ADAUA.

**Proyecto en la Isla Mayyote:** El CRAterre colabora con la SIM (Sociedad Inmobiliaria de Mayyote) para la puesta en marcha de 25 bloqueras, la construcción de 8 viviendas en bloque estabilizado y un programa de 350 viviendas por año, a ejecutar por autoconstructores, 1981-1982.

**Construcción de 10 viviendas de interés social en Banconi:** En las afueras de Bamako, Malí realizado dentro del programa Rexcoop, por el ACA en 1962.

Numerosos proyectos, día a día se finalizan

*en diferentes partes del mundo, mencionamos a continuación algunas realizadas en Francia.*

**Un paradero para bus y guardarropa en zona deportiva:** Del Parque Nacional de la Montaña de Reims.

**Casas por autoconstrucción:** Cerca de Rennes, en la región del Dauphine, de Tolosa; viviendas bioclimáticas cerca de Tolosa, Marsella y en el departamento del Var.

**Centro Comunal en Pigna:** Un taller para la ejecución de órganos, Córcega.

**Proyecto de 63 viviendas:** (H.L.M.) en Isle D'Abeau; bajo el auspicio del Plan-construcción con el OPAC del Isere y EPIDA (Instituto Estatal de Isle D'Abeau).

*Vemos así que tenemos a nuestra disposición un material de costo reducido que puede ser utilizado en la construcción de casas baratas para zonas rurales y suburbanas con el empleo de mano de obra no especializada, ya que la técnica de construir con tierra es bien sencilla. Por lo tanto no se puede pensar construir rascacielos pero sí viviendas de una y dos plantas.*

## **1.6 PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LAS CONSTRUCCIONES DE TIERRA**

### **1.6.1 FRENTE A LOS SISMOS**

*Un enemigo tradicional de las construcciones de tierra son los sismos, que a lo largo de la historia han puesto a prueba su estabilidad.*

*En general los terremotos traen la destrucción parcial o total no sólo de las edificaciones de tierra, sino la de otros materiales también, con la consecuente pérdida de vidas humanas y ocasionando además, cuantiosos daños físicos, morales y materiales.*

*Las ondas sísmicas son perturbaciones elásticas que se propagan a través de la tierra hasta llegar a la superficie, y a su paso deforman los sólidos. Producido un sismo, el efecto que ocasiona en una estructura es el de una vibración en su base que se trasmite a lo largo de todos los elementos de la misma (24).*

*En la década del 70 se tomó conciencia en Perú de la necesidad de estudiar el problema de la resistencia sísmica de las construcciones de tierra, específicamente de adobe. Tanto en la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) como en la Universidad Nacional de Ingeniería, se realizaron desde entonces importantes esfuerzos de investigación experimental.*

*Ellos determinaron que un suelo debe tener dos propiedades básicas para hacer adobes y morteros:*

*- tener adecuada plasticidad, lo que se logra con un contenido suficiente de arcilla, elemento indispensable para la cohesión,*

*- poseer una granulometría conveniente, lo que se puede regular con mezclas de suelos o adiciones de arena.*

*Otro aspecto destacable de esta investigación fue el determinar que la resistencia sísmica de la mampostería de adobe depende en gran parte de la integración mortero-bloque, es decir, de la eficacia de la junta, más que de la resistencia del bloque en sí.*

*Se está llevando a cabo actualmente un programa de ensayos que utiliza un simulador de sismos que emplea como señal la componente longitudinal del sismo del 31 de mayo de 1970 captada en la estación del Instituto Geofísico del Perú. Esta señal fue filtrada para eliminar frecuencias menores de 0.15 Hz. e*

*integrada para obtener el patrón de desplazamientos de comando del sistema de simulación. La intensidad del movimiento se regula mediante la amplitud máxima de la señal de comando, pudiendo variar de 0 a 140mm.*

*En una primera etapa ellos han ensayado cinco módulos:*

*M 1 - Con tecnología tradicional y sin refuerzo*

*M 2 - Con tecnología mejorada mediante adiciones naturales y sin refuerzo.*

*M 3 - Con tecnología tradicional y refuerzo consistente en malla interior de caña, dinteles y anillo de coronación.*

*M 4 - Con tecnología mejorada como en M 2 y refuerzo como en M 3*

*M 5 - Con diseño del Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (ININVI), tecnología mejorada como en M 2 y con refuerzo similar a M 3 excepto por el diseño diferente del anillo de coronación y la ausencia de dinteles en puertas y ventanas.*

*Se trató de seguir una misma secuencia de*

ensayo, en cinco fases predeterminando las amplitudes máximas de cada fase en 10, 20, 40, 80 y 120mm. Sin embargo hubo, en algunos casos fases intermedias, cuando se intuía un posible colapso, y en el caso de M 4 se llevó hasta 140mm.

En las primeras dos fases (10 y 20mm.) se trató de representar el estado de servicio, con las fisuras habituales que suele haber en las edificaciones de adobe.

El módulo M 1 fue sometido a una fase intermedia 3a de 60mm en la cual resultó evidente el cuantioso daño en todos los muros. En la fase 4 la fisuración era total pasando siempre a través del mortero. Se aplicó otra fase intermedia de 100mm. que dejó al módulo en una situación inestable que se podría definir como colapso.

El módulo M 2 tubo un comportamiento, en general muy similar al M 1 excepto que la fisuración de los muros laterales en la fase 4 fue repentina y violenta.

Sólo los módulos reforzados fueron sometidos

a la fase 5. En general, el daño se incrementó con la caída de muchas piezas de adobe de los muros. El daño se concentró en las ventanas especialmente. Las fisuras verticales aparecieron pero fueron controladas con el refuerzo, evitando así la separación de los muros transversales y, en consecuencia, el colapso.

Resultó interesante notar que el módulo M 5 tuvo un movimiento relativo importante entre el techo y los muros, hasta el punto que logró romper los dispositivos de unión entre ambos.

Sólo el módulo M 4 fue sometido a la fase de 140mm. que es el límite del sistema de simulación. El daño fue espectacular sobre todo en los muros longitudinales donde las fisuras llegaron desde los vanos de ventanas hasta las esquinas superiores del módulo. Las cañas de refuerzo vertical, cerca de las ventanas se rompieron pero, aún con la violencia de este movimiento, no ocurrió el colapso.

Como conclusión se puede notar que la existencia de refuerzo de caña vertical y

horizontal, en combinación con el anillo de coronación a nivel de techo, efectivamente mejora el comportamiento sísmico de las construcciones de adobe (24).

*La mejora de la calidad de materiales mediante adiciones naturales es efectiva para incrementar la resistencia y rigidez de los muros, pero no es capaz de controlar el colapso frágil de la edificación por lo que se debe complementar con refuerzo estructural.*

*A la vista de las investigaciones realizadas hasta el momento en las construcciones de adobes, y de los resultados positivos que se han obtenido al mejorar el comportamiento frente al sismo de las mismas, se puede concluir que es posible evitar pérdidas de vidas humanas durante futuros sismos, de aquellas personas que tienen que vivir en edificaciones de adobe porque sus condiciones económicas así lo imponen.*

*Es necesario resaltar el trabajo realizado en el Perú, donde se ha dado la importancia que se merece a las construcciones de tierra y se han realizado varias investigaciones y*

*estudios con la asesoría de CRATerre (entidad francesa creada sólo con el fin de adaptar, mejorar y realizar estudios e investigaciones aplicadas referentes a este material).*

#### **1.6.2 FISURACION**

*Es la que se produce cuando la mezcla de suelo compactada pierde rápidamente su contenido de agua por efectos de temperatura o por manejo inadecuado en su transporte y colocación, lo cual ocasiona grietas o fisuras que se traducen en pérdidas de su resistencia o el deterioro total.*

*Usar la mayor cantidad de arcilla posible puede significar fisuración excesiva, la que debe ser controlada con la adición de paja o arena. Otras medidas para controlar la fisuración durante el secado son: baja temperatura, sombra, viento, alta humedad ambiental y secado sobre una superficie espolvoreada de arena que facilite la contracción uniforme (24).*

*Se aprecia que el incremento de arena mejora la resistencia hasta un óptimo y luego decae.*

Luego, es necesario determinar el porcentaje mínimo que hace que desaparezca la fisuración (31).

### 1.6.3 FRENTE A LA INTEMPERIE

Este problema ha sido superado al agregar a la tierra pequeñas cantidades de estabilizantes sean éstos clásicos o tradicionales como cemento, cal o asfalto; o entre los más modernos que se encuentran en proceso investigativo como serían las resinas epóxicas y emulsiones de aminoácidos.



## CAPITULO II



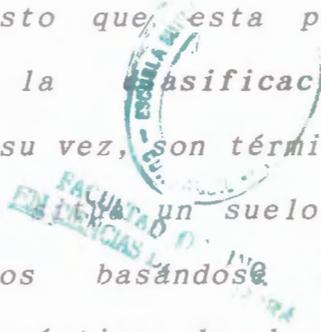
### RECONOCIMIENTO DEL SUELO

BIBLIOTECA FICT  
UNIVERSIDAD DE LA PAZ

#### GENERALIDADES

Desde el punto de vista geotécnico se llama suelo a la acumulación no-consolidada, con o sin contenido de materiales orgánicos; de sedimento, formado de partículas sólidas producto de la desintegración física y química de rocas. Otra acepción dice: cualquier depósito natural, parte de la corteza terrestre, que consista de un conjunto de partículas sólidas diferenciadas (en general minerales, y, en algunos casos con materia orgánica), con contenidos variables de agua y gas (normalmente aire) que pueden ser separadas por medio mecánicos (1).

Es así que los suelos para su identificación necesitan mucho tino y cuidado; puesto que esta palabra: *identificación*, implica la *clasificación* y *descripción* del suelo, que a su vez, son términos muy diferentes. La clasificación de un suelo en un limitado número de grupos basándose en la granulometría y en las características de plasticidad



de una muestra de suelo alterada, ignorando las condiciones en las que se encuentra el suelo en el terreno. Sin embargo, una descripción completa del suelo debe incluir detalles acerca del color, grado de compactación o resistencia in situ, macroestructura y estado de meteorización del suelo en estado inalterado. Es importante señalar que cuando el suelo va a ser utilizado en su estado natural, como estrato de cimentación; una descripción completa debe dar la mejor indicación posible con respecto a su comportamiento ingenieril mientras que si el suelo se utiliza como material de construcción la clasificación del suelo nos da la conveniencia de utilizar tal suelo de acuerdo al fin que se persigue, y lo que se quiere realizar (2).

Es tan importante la identificación de un suelo que las muestras que se recolectan para los diferentes ensayos deben ser representativas del suelo a estudiar de tal manera que los parámetros medidos reflejen su comportamiento.

Existen dos tipos de muestras: alteradas e inalteradas; las muestras alteradas son aquellas en las cuales la macroestructura y la textura del suelo han sido seriamente distorsionadas o destruidas por completo pero en las cuales la distribución por tamaño

de las partículas sigue siendo representativa del suelo *in situ*. Se utilizan para realizar ensayos de clasificación que comprenden contenido de humedad natural, granulometría, límites de plasticidad, ensayos de compactación, etc..

Las *muestras inalteradas* deben conservar la macroestructura natural y tener la misma densidad y el mismo contenido de humedad que el suelo *in situ*, además de poseer una excelente calidad, deben ser representativas de la masa de suelo en el campo. Se utilizan para determinar los parámetros de consolidación o de resistencia al corte, necesarios en los análisis de asentamiento y estabilidad (2).

La variedad de suelos existentes ha determinado la necesidad de desarrollar métodos empíricos para clasificarlos y estudiarlos en función de:

- su mejor identificación
- sus características físicas y mecánicas
- su comportamiento como material de construcción
- su modificación en caso de necesidad

Los suelos en depósitos naturales se componen de diversas proporciones de las partículas sólidas

designadas; las mismas, a su vez, poseen características físicas, químicas y un comportamiento mecánico diverso y no siempre adecuado a un buen suelo para la manufactura del bloque de suelo-cemento.

Como consecuencia de las características específicas de cada una de las partículas, la proporción en que éstas formen parte del suelo determinará un comportamiento distinto del suelo en el caso de su utilización como mezcla para adobes. La experiencia demuestra que con ciertos suelos no es posible producir un bloque con un mínimo aceptable de estabilidad que permita su uso como material de construcción. Por lo tanto, es fundamental definir las características del suelo para la manufactura de los bloques.

La operación que sigue a la extracción del suelo consiste en la remoción de todos los residuos indeseables contenidos en este. Estos pueden ser: piedras gruesas, gravas y eventualmente material orgánico en forma de hojas, cortezas, raíces, etc.. Los desperdicios domésticos y otros deben eliminarse; se recomienda utilizar la malla #4 (ASTM).

2 PRUEBAS O ENSAYOS PARA EVALUAR LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO



BIBLIOTECA FIC  
ESPOL

## ENSAYOS DE LABORATORIO

### 2.2.1 CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

*Es la relación entre el peso de agua contenida en la muestra que viene del campo y el peso de la muestra después de ser secada en el horno a una temperatura de  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$*

### 2.2.2 GRAVEDAD ESPECIFICA

*La gravedad específica es la relación de un material entre el peso de los sólidos y el peso del volúmen de agua que tales sólidos desalojan. En el caso de los suelos la densidad se da en relación al agua destilada a una temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$ . La densidad de los suelos varía entre:*

<i>Cenizas volcánicas .....</i>	<i>2.30-2.50</i>
<i>Suelos orgánicos .....</i>	<i>2.40-2.65</i>
<i>Arenas y gravas .....</i>	<i>2.65-2.67</i>
<i>Limos inorgánicos y guijarros ...</i>	<i>2.67-2.72</i>
<i>Arcillas poco plásticas y medianamente plásticas.....</i>	<i>2.72-2.78</i>
<i>Arcillas medianamente plásticas y muy plásticas .....</i>	<i>2.78-2.84</i>
<i>Arcillas bentoníticas.....</i>	<i>2.84-2.88</i>

### 2.2.3 ANALISIS GRANULOMETRICO

*El análisis granulométrico se lo emplea para determinar la granulometría de un suelo, la misma que consiste en determinar la distribución porcentual por peso de cada uno de los componentes del suelo ( gravas, arenas, limos y arcillas ).*

### 2.2.4 LIMITES DE CONSISTENCIA

*Más conocidos como Límites de Atterberg (por el científico sueco que los ideó ). Comprende el conjunto de los llamados Límite Líquido, Plástico y de Contracción, que sirven para definir las fronteras entre los cuatro estados de consistencia de un suelo.*

*Límite Líquido.- Es el contenido de agua tal que, para un material dado, fija la división entre el estado casi líquido y el plástico. Arriba del Límite Líquido el sistema de suelo y agua es una suspensión.*

*Límite Plástico.- Es el contenido de agua que limita el estado plástico del estado resistente semisólido. Abajo del Límite*

Líquido y arriba del Límite Plástico, el sistema de suelo y agua se dice que está en estado plástico.

**Límite de Contracción.**- Se define como el cambio del estado sólido al estado semisólido o estado no plástico, corresponde al contenido de agua en el cual el volúmen permanece constante.

#### 2.2.5 ENSAYO DE COMPACTACION



Se llama compactación a la densificación de un suelo por medio de manipulación mecánica, con el fin conseguir que sus propiedades como material estructural para la ingeniería sean las mejores posibles. Estos son algunos de los aspectos que se mejoran;

- Aumenta la resistencia al corte y por lo tanto, mejora la estabilidad de terraplenes y la capacidad de carga de cimentaciones y pavimentos
- Disminuye la posibilidad de licuefacción
- Disminuye la relación de vacíos, por lo tanto disminuye la compresibilidad y por ende reduce los asentamientos

- Incrementa la resistencia a la erosión.
- Disminuye la permeabilidad

### **IDENTIFICACION DE CAMPO**

Para hacer una distinción preliminar, cualitativa, entre suelos fino-granulares y grueso-granulares, y entre arenas y cascajos, basta con una simple apreciación visual, se describirá tan sólo una serie de pruebas que se recomiendan llevar para diferenciar entre limos y arcillas, especialmente para las personas de poca experiencia.

#### **2.2.6 RESISTENCIA EN ESTADO SECO**

Se toma un trozo de suelo al aire y se analiza su resistencia a ser roto, sea con la presión de la mano o con golpes de piedra o de martillo. Una resistencia alta indica mucha cohesión entre las partículas, característica de las arcillas mientras que una resistencia en estado seco baja nos indica limo.

#### **2.2.7 DILATANCIA O PRUEBA DE SACUDIMIENTO**

Se toma una pequeña porción de suelo muy húmedo en la palma de la mano y se hace una

*bolita de 2 a 3 cm de diámetro; se golpea ésta por debajo con la otra mano y se observa si la superficie de la pasta de suelo toma una apariencia lisa, brillante o grasa debido a que el agua aflora a su superficie. Si el agua sale entre los 5 y 10 golpes la reacción es rápida, y si cuando se presiona la bolita el agua desaparece y la superficie se vuelve mate, se trata entonces de una arena muy fina o de limos gruesos sin materia orgánica. Si el agua aparece después de 20 a 30 golpes la reacción es lenta y si cuando se presiona la muestra no se resquebraja ni se pulveriza sino que se aplasta como una bola de masilla, nos dice que se trata de un limo ligeramente plástico o una arcilla limosa. Si después de darle muchos golpes no se observa nada, la reacción es muy lenta nos está indicando que el suelo es arcilloso.*

#### **2.2.8 TENACIDAD**

*Consiste en manipular una muestra húmeda de suelo haciéndola rodar con presión de la palma de la mano sobre una superficie plana y lisa hasta formar pequeños cilindros de un diámetro aproximado de 3mm. Se pliegan los cilindros*

formando una bola y se hacen rodar de nuevo, con lo cual el suelo va perdiendo humedad. A medida que se pierde agua va resultando mucho más difícil realizar la operación sin que el material se desintegre o desmenuce. Por otra parte, se toma el pequeño cilindro o bastoncito de un extremo con los dedos y se coloca verticalmente para observar si se rompe por su propio peso con una determinada longitud. La mayor facilidad con que la pasta del suelo puede modelarse sin que se agriete ni desintegre da una indicación cualitativa de la plasticidad del suelo y de su cohesión en estado húmedo. Así tenemos que la tenacidad baja indica limo y la tenacidad alta indica arcilla.



#### 2.2.9 SEDIMENTACION O DISPERSION

Luego de remojar el suelo para separar los granos se hace una suspensión de las partículas en una probeta o en una jarra de vidrio y se observa la velocidad de caída de las partículas en el seno del fluido. Partículas de arena caen con suma rapidez; partículas tamaño limo permanecen en suspensión uno o varios minutos, en tanto que

*partículas tamaño arcilla permanecen en suspensión durante una o varias horas; inclusive hay algunas que no caen durante ese lapso, lo que puede notarse por la turbiedad del agua; éstas son "coloides" que precipitarán si se agrega alguna sustancia especial para el efecto. Es pues una prueba cualitativa de tamaño de granos.*

#### **2.2.10 PRUEBA DEL BRILLO**

*Se frota la superficie del suelo seco o poco húmedo con la hoja de una navaja o con la uña; una superficie brillante indica arcilla; una superficie mate indica limo.*

#### **2.2.11 SEDIMENTACION SIMPLIFICADA**

*Se toma un frasco de vidrio cilíndrico, transparente, de boca ancha, con fondo plano y una capacidad mínima de medio litro. Se llena de suelo hasta un cuarto de su altura y se completa el resto con agua; luego se tapa, se agita fuertemente y se deja en reposo sobre una superficie plana. Después de una hora se agita nuevamente y se deja decantar. Ocho horas más tarde, se mide la altura de las*

*diferentes capas y la total de los sedimentos. Se obtiene así una idea de las proporciones de cada uno de los componentes del suelo.*

#### **2.2.12 PRUEBA DEL CRUJIDO DE DIENTES**

*Se toma una muestra a la cual se le retiran las partículas gruesas, de dimensiones superiores a 5mm.; se pulveriza entre los dientes, lo que permite evaluar la dimensión de los componentes. Es así que: la arena, cruje desagradablemente entre los dientes; el limo cruje menos y no es tan desagradable, mientras que las partículas de arcilla no crujen, y se siente lisa y harinosa entre los dientes. Se obtiene así una idea del tamaño de las partículas del suelo y de que material se trata: arenas, limos o arcillas.*

### **2.3 CRITERIOS EMPLEADOS PARA LA DETERMINACION DEL TIPO DE SUELO MAS CONVENIENTE PARA HACER BLOQUES DE SUELO-CEMENTO**

#### **2.3.1 GENERALIDADES**

*Se han realizado diversos estudios para determinar que tipo de suelo es el más*

conveniente para hacer bloques de suelo - cemento, estas recomendaciones sirven de guía para especificar la resistencia mínima ,la durabilidad del material y permite a los constructores dar las garantías necesarias. Se exponen estos criterios para tener una idea al elegir el tipo que más conviene experimentando en suelos disponibles y a nuestro alcance; así como determinar si cumplen las normas y criterios para que puedan ser seleccionados. Luego se analizará, de acuerdo a nuestro estudio.

### 2.3.2 GRANULOMETRIA



BIBLIOTECA FIC  
ESPOL

Cuando se habla de la granulometría de un suelo, y sobre todo, cuando sobre ella recae la mayor importancia si se trata de hacer bloques de suelo-cemento; se deben tomar ciertas consideraciones de carácter fundamental. Así tenemos que se puede determinar, de acuerdo a la forma y extensión de la curva granulométrica si el suelo está bien o mal gradado; es decir, que existen todos los tamaños posibles y adecuados para formar una masa compacta; puesto que las partículas más pequeñas irán buscando su lugar

entre las más grandes y formarán así un aglomerado perfecto, donde unos granos sirven de relleno para otros. Veamos ahora cuales son esos criterios:

" Una curva poco extendida dentro de la escala horizontal indica que los tamaños de los granos del suelo no son muy diferentes entre sí, lo cual indica que esta mal gradado. Mientras que un suelo que tiene una escala amplia de valores se denomina bien gradado " (16).

Se tiene entonces que un suelo bien gradado presenta una curva granulométrica que se extiende bastante horizontalmente y presenta una forma característica: S invertida y alargada. Un suelo puede ser mal gradado por dos aspectos:

- 1.- Por tener carencia de tamaños de granos intermedios
- 2.- Por ser uniforme en tamaño de granos

Lo primero se manifiesta por una curva granulométrica que puede ser extensa, pero

presenta jorobas o partes casi verticales; y lo segundo cuando no se cumple la característica de extensión de la curva.

Como conclusión podemos decir que un suelo bien gradado puede ser mucho más y mejor compactado que un suelo mal gradado.

Por lo tanto, cuando de seleccionar se trate, se tomará en consideración todos estos requerimientos de gradación que al final se traducirán en una mayor resistencia a la compresión y erosión del bloque terminado, por que estará mejor compactado si se utiliza un suelo bien gradado.

Otros requerimientos granulométricos se enumerarán citando las fuentes:

**CRATerre ( Francia):**

- 1.- La curva granulométrica debe estar comprendida entre las curvas límite
- 2.- Debe acercarse a la curva ideal
- 3.- Deberá ser más o menos paralela a las curvas límites y a la curva ideal, especialmente en la zona de los limos

Se denominan curvas límite a aquellas obtenidas por el equipo de CRATerre representando una granulometría óptima que enmarca a una curva ideal; es decir, comprende un intervalo de valores dentro de los cuales se puede jugar con la granulometría de un suelo para ver si es apto o no. ( fig. #1 )

Bonwcentrum Argentina, dice que la composición más adecuada para realizar bloques de suelo-cemento luego de análisis y ensayos es:

ARENA:	60 - <del>80</del> %
LIMO:	10 - 20 %
ARCILLA:	5 - <del>10</del> %



La mayoría de las fuentes bibliográficas consultadas prefieren un suelo arenoso para estabilizar con cemento, casi no suelen dar proporciones exactas, y siempre se recomienda hacer pruebas de ensayo para determinar que porcentaje de cemento y agua se debe utilizar para alcanzar la máxima compactación y resistencia a la erosión.

Siempre existe la posibilidad de utilizar cualquiera de los suelos que tengamos a

E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA

PERFORACION: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

MUESTRA: \_\_\_\_\_

PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_

CURVA GRANULOMETRICA

Nº	PROYECTO:
----	-----------

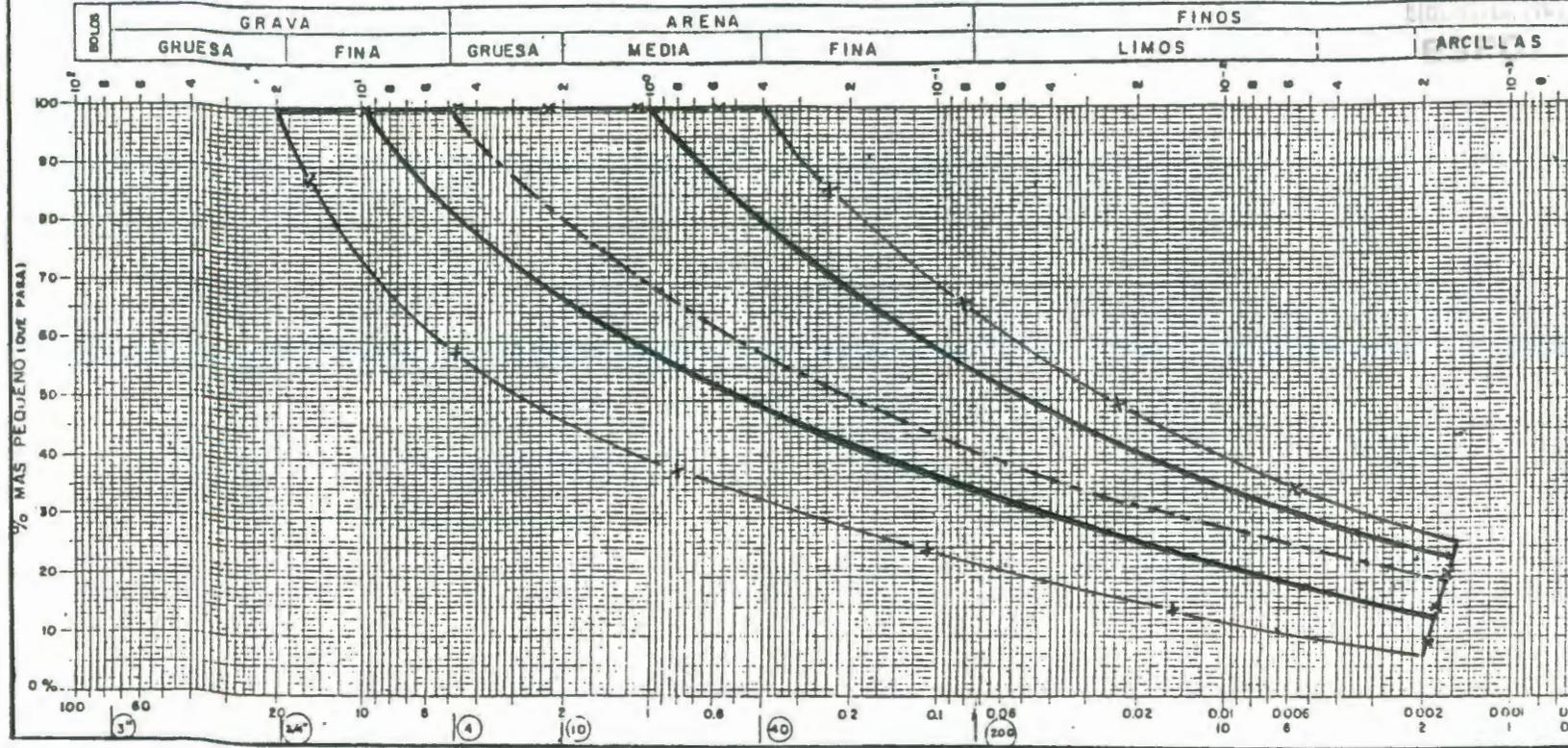


FIGURA # 1.- GRANULOMETRIA DADA POR CRATERRE

- Curva ideal
- Curvas límites de la curva ideal
- x——— Curvas límites para hacer bloques prensados

nuestra disposición en cuanto se analicen de manera cualitativa al menos (identificación de campo) de qué tipo de suelo podría tratarse y preferir siempre aquel que contenga un buen porcentaje de arena, lo cual se puede determinar rápidamente con el método de sedimentación simplificado, tomando en consideración, y esto es muy importante, cuartear muy bien la muestra a ensayar para que sea bastante representativa de lo que tenemos, para poder y saber aprovecharlo.

Se coincide entonces que los mejores suelos a ser estabilizados con cemento son los arenosos, pero que si tenemos cualquier otro suelo más o menos apto, no debemos perderlo ni restarle importancia porque también sirve.

### 2.3.3. LIMITES DE CONSISTENCIA

Los requerimientos para límites de consistencia son:



Zonas límites      Zonas preferenciales

BIBLIOTECA FICT

ESPOL  
LL

25 - 50

30 - 35

LP

10 - 25

12 - 22

<i>Ip</i>	7 - 29	7 - 18
<i>Lc</i>	8 - 18	< C.A.O.

*Esta información, fue obtenida de CRATERRE (Francia), y es una de las pocas literaturas encontradas que se refiere a límites de consistencia. Parece que las investigaciones no les han dado mucha importancia, tal vez se deba a que se desconoce que para caracterizar un suelo, los límites de Atterberg son fundamentales, aunque sólo se traten de contenidos de humedad. Los límites de Atterberg son ensayos normalizados que nos dan una idea de lo que tenemos y con que vamos a trabajar.*

*Se considera que son muy importantes y se sugiere que deberían realizarse más investigaciones para verificar y comprobar si los resultados obtenidos por CRATERRE son adaptables a nuestro medio.*

#### **2.3.4. PRUEBA PROCTOR**

*Al consultar la mayoría de los informes que trataban del tema de suelo-cemento y su aplicación en viviendas, proporcionan sólo una*

idea general de qué es, cómo se lo obtiene, cómo se aplica, y cuando se trata de decir que cantidad de agua se le debe poner para alcanzar la máxima resistencia, se refieren a una prueba de tipo cualitativo: tome un puñado de la mezcla de suelo-cemento como si fuese una bola de nieve, y aprétela en la mano hasta moldearla, déjela caer a continuación sobre una superficie dura; si la mezcla ha quedado moldeada en la mano y se ha destrozado al caer en el suelo nos indica que tiene el grado de humedad adecuado; si al caer al suelo no se destroza, señala un exceso de humedad, mientras que si no agarra el molde de la mano indica que es excesivamente seca.

También existe un procedimiento de ensayo llamado Próctor, ya sea Stándard o Modificado, que proporciona un contenido de agua óptimo al que le corresponde un máximo peso unitario, es decir, una máxima densidad.

Se va a determinar si realmente es necesario realizar el ensayo Próctor en el laboratorio, o si el C.A.O. (contenido de agua óptimo) de ese suelo se puede determinar confiablemente, realizando el ensayo cualitativo descrito

anteriormente. En el libro publicado por CRATERRE-FRANCIA, encontramos los datos que se dan a continuación:

Si la masa obtenida en el C.A.O. está contenida entre 1650 y 1760 kg/m<sup>3</sup>, es regular el resultado, entre 1760 y 2100 kg/m<sup>3</sup> el resultado es muy bueno, el material es arcilloso. Entre 2100 y 2200 kg/m<sup>3</sup> es excelente y el material rico en granos gruesos. Entre 2200 y 2400 kg/m<sup>3</sup> el resultado es excepcional (10).

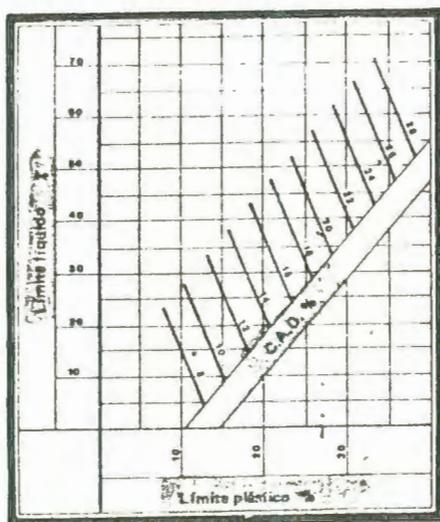
Existe otra información que relaciona los LC y nos proporciona el C.A.O. y el volúmen seco máximo en Kg/m<sup>3</sup>. (fig. #2).

## 2. LOCALIZACION DE SUELOS PARA HACER BLOQUES DE SUELO - CEMENTO

### 2.4.1. UBICACION

La recolección de las muestras toma en consideración la siguiente alternativa; se encuentra en etapa de realización el proyecto Presa II para el Campus Politécnico, este proyecto estaba en la fase de muestreo y se aprovechó de las muestras que llegaron al laboratorio para analizarlas y ver si alguno de esos suelos se podría utilizar para

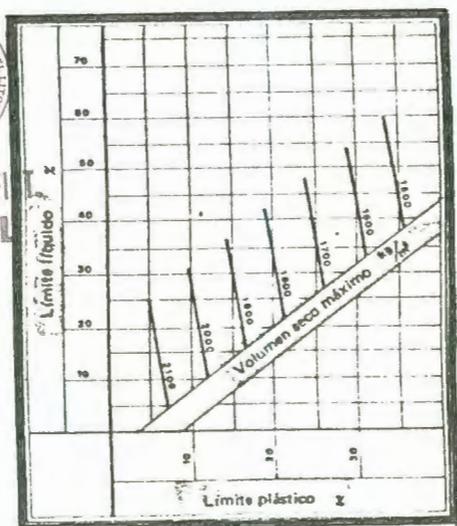
FIGURA #2



LIMITES DE CONSISTENCIA Y EL C.A.O.



BIBLIOTECA F.  
ESPOL



LIMITES DE CONSISTENCIA Y EL  $\delta_s$

Gráficos tomados de CRAterre (10)

realizar los bloques de suelo-cemento de acuerdo a los requerimientos que se han especificado en el ítem 2.3.

Se recolectaron 12 muestras de ese proyecto cuya ubicación se la da en la fig. #3 y dos muestras más que se recolectaron de diferentes lugares del Campus. Estas fueron C-13 y C-14. La muestra C-13 corresponde al Cerro que se encuentra a lado de la Presa I en la margen derecha de la quebrada que allí había. La muestra C-14 corresponde a una material de préstamo que se haya ubicado al frente del Instituto de Química de la ESPOL.

Existen las muestras L-15, L-16-1 y L-16-2 que corresponden a combinaciones realizadas en el laboratorio a fin de obtener la más apta según las especificaciones.

## 2.4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

### 2.4.2.1 CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

Las muestras recolectadas tenían un contenido de humedad natural que variaba entre 7.13 y 25% (En

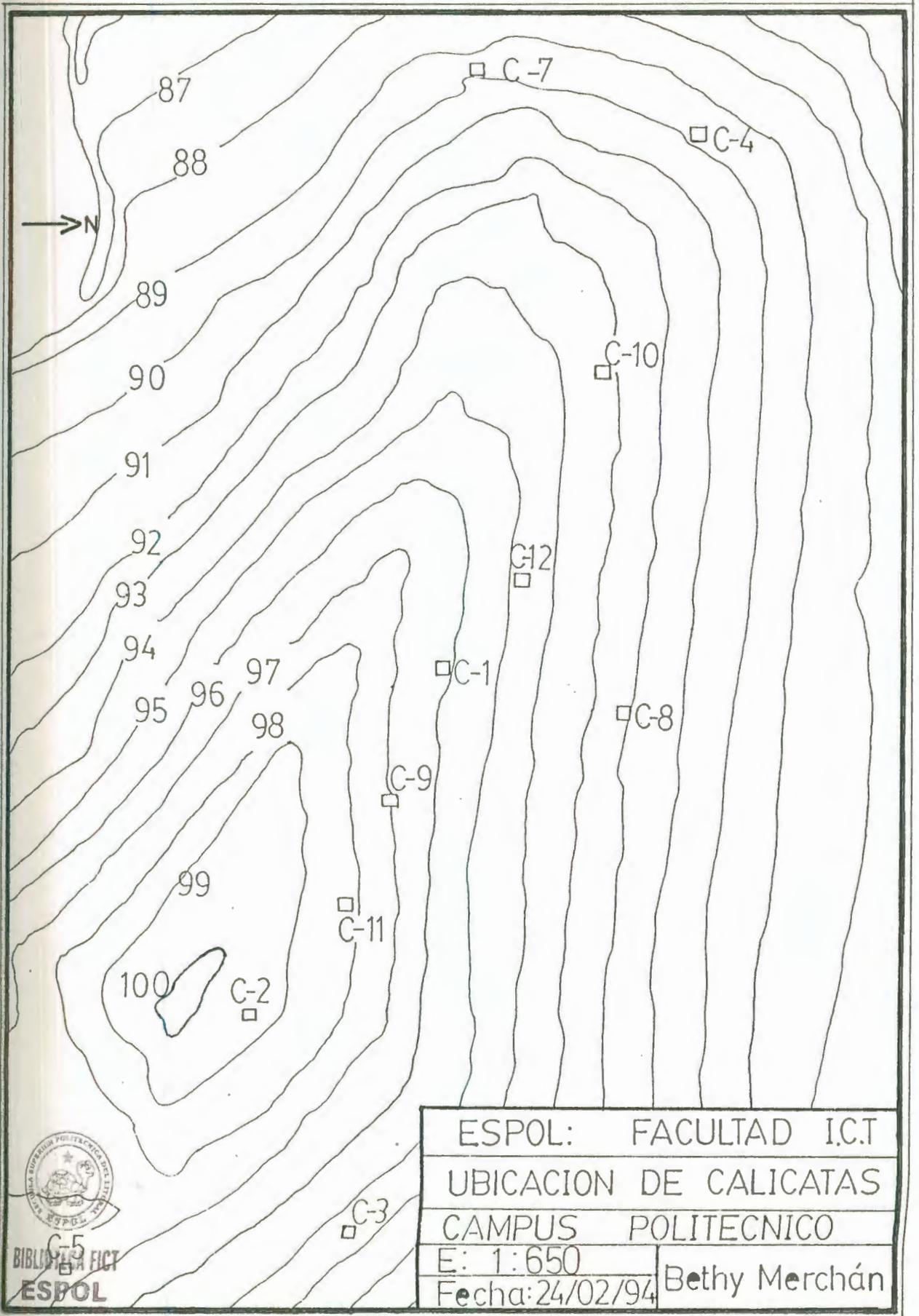


fig. 3

la época invernal es mayor). Esto se tomará en cuenta al analizar, en el suelo seleccionado, la cantidad de agua que habría que añadirle por diferencia del C.A.O., o para secarlo, aireándolo o tendiéndolo al sol hasta alcanzar el grado de humedad deseado.

Tenemos entonces:

Muestra	W (%)
C-1	18.68
C-2	12.58
C-3	23.80
C-4	18.09
C-5	21.49
C-6	18.94
C-7	24.77
C-8	15.86
C-9	19.79
C-10	18.31
C-11	18.38
C-12	15.65
C-13	7.63
C-14	19.66

L-15	-----
L-16-1	-----
L-16-2	-----

#### 2.4.2.2 GRANULOMETRIA

Se explicará cada uno de los suelos ensayados: La clasificación de Análisis Granulométrico se basa en la norma ASTM (pág. 26)

- \ C-1 Su curva se presenta en forma de S semi-alargada con pocos gruesos, bastante arena y pocos finos: 82% de arena y 18% entre limos y arcilla; (tab. # 1, fig. #4).
  
- C-2 Aquí la curva tiene el aspecto de un suelo mal gradado, con una curva alargada pero con tramos casi verticales, 5% gravas, 78% arena y 17% de finos; (tab. #2, fig. #5).
  
- C-3 Curva poco extendida, mal gradada y con muchos finos; 38% de arena

y 62% de finos; (tab. #3, fig. #6).

C-4 Curva poco extendida, suelo mal gradado; 87% de arena y 13% de finos; (tab. #4, fig. #7).

C-5 Curva que no presenta la forma característica de una S, suelo mal gradado, con 41% de arena y 59% de finos; (tab #5, fig #8).

C-6 Suelo mal gradado con muchos finos, 7% de arena y 93% finos; (tab. #6, fig. #9).

C-7 Curva que no presenta la forma característica, suelo mal gradado; con 2% de grava, 27.0% de arena y 71% de finos; (tab. #7, fig. #10).

C-8 Curva que no presenta la forma característica, suelo mal gradado; 2% de grava, 17% de arena y 81% de finos; (tab. #8, fig. #11).

C-9 Curva que presenta la forma característica de S invertida y que tiene el 94% de arena y 6% de finos; (tab. #9, fig. #12).

C-10 La curva granulométrica de este suelo presenta la forma característica con 1% de grava, 87% de arena y 12% de finos; (tab. #10, fig. #13).



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

C-11 Esta curva presenta la forma característica con 3% de grava, 75.5% de arena y 21.5% de finos; (tab. #11, fig. #14).

C-12 Suelo bien gradado con 69% de arena y 31% de finos; (tab. #12, fig. #15).

C-13 Curva poco extendida, mal gradada y con pocos finos, 96% de arena y 4% de finos; (tab. #13, fig. #16).

C-14 Curva extendida con bastante finos, 58% de arena; (tab. #14,

fig. #17) y con el análisis de hidrómetro (ASTM D422-63 tab. #15, tab. #16) se determinó 36% de limos y 6% de arcilla.

Aquí se debe anotar que se realizó la combinación de 2 suelos; el C-13 y C-14 y se obtuvo la muestra L-16, mientras que la muestra L-15 corresponde a la combinación de arcilla tomada en la planta San Eduardo de La Cemento Nacional con la muestra C-13. Las características obtenidas son:

L-15 Curva que casi no presenta la forma característica, tiene 82% de arena y 18% de finos (tab. #17, fig. #18); y con el análisis de hidrómetro (ASTM D422-63 tab. #18, tab. #19) se determinó 13% de limos y 5% de arcilla.

L-16 Aquí vamos a tener dos casos: L-16-1 donde se combina 20% de C-13 y 80% de C-14, y L-16-2 que corresponde al 15% de C-13 y 85%

de C-14 con la que se obtuvo mejores resultados.

L-16-1 Curva extendida, con 4.5% de grava, 60.5% de arena y 35% de finos; (tab. #20, fig. #19).

L-16-2 Curva granulométrica extendida, posee la forma características de un suelo bien gradado con 4% de grava, 60% de arena y 36% de finos; (tab. #21, fig. #20), y en general mejor apariencia que la otra combinación, aparte de las mejoras alcanzadas cuando se utilizó este material al realizar los bloques.

#### 2.4.2.3 LIMITES DE CONSISTENCIA

Se enumerará cada uno comparando sus valores con los dados en el ítem 2.3.3

C-1 Su límite líquido igual a 44.1, se localiza dentro de la denominada zona límite. Su límite plástico igual a 33.6 no se localiza siquiera en la

zona límite y el  $I_p$  igual a 10.5 se halla en la zona preferencial; (tab. #22).

C-2 Su límite líquido igual a 45 --> se localiza en la zona límite, su límite plástico igual a 29.3 se sale de la zona límite y su  $I_p$  igual a 15.7 se enmarca en la zona preferencial; (tab. #23).

C-3 Su LL igual a 68.2 --> se localiza fuera de la zona límite, su LP igual a 32.5 se halla también fuera de la zona límite, mientras que su  $I_p$  igual a 35.7 se localiza fuera de la zona límite; (tab. #24).

C-4 Su LL igual a 55.1 --> se localiza fuera de la zona límite, su LP igual a 37.1 se halla también fuera de la zona límite; y su  $I_p$  igual a 18 se encuentra en la zona preferencial; (tab. #25).



C-5 Su LL igual a 57.8 --> se localiza fuera de la zona límite, su LP igual a

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

32.8 se halla fuera de la zona límite y su  $I_p$  a 25 se localiza en la zona límite; (tab. #26).

C-6 Su LL igual a 96.8, el cual es un valor muy lejos del máximo permitido en la zona límite, su LP igual a 36 se localiza fuera de la zona límite, y su  $I_p$  igual a 60.8 totalmente fuera de lugar; (tab. #27).

C-7 Su LL igual a 65.8 --> fuera de la zona límite, su LP igual a 34.2 se localiza fuera de la zona límite, y su  $I_p$  igual a 31.6 se localiza fuera de la zona límite; (tab. #28).

C-8 Su LL igual a 65.6 --> fuera de la zona límite, su LP igual a 35.9 se localiza fuera de la zona límite y su  $I_p$  igual a 29.7 se localiza también fuera de la zona límite; (tab. #29).

C-9 Su LL igual a 49.8 --> se localiza en la zona límite, su LP igual a 30.5 se localiza en de la zona límite y su  $I_p$  igual a 19.3 se localiza en la zona

*límite; (tab. #30).*

*C-10 Su LL igual a 48.5 --> se enmarca dentro de la zona límite, pero fuera de la zona preferencial, su LP igual a 36.4 se localiza fuera de la zona límite y su Ip igual a 12.1 se localiza en la zona preferencial; (tab. #31).*

*C-11 Su LL igual a 45 --> se halla en la zona límite, su LP igual a 28 se localiza fuera de la zona límite y su Ip igual a 17 se halla en la zona preferencial; (tab. #32).*

*C-12 Su LL igual a 49.8 se localiza en la zona límite, su LP igual a 31.8 se localiza fuera de la zona límite y su Ip igual a 17 se halla en la zona límite; (tab. #33).*

*C-13 Su LL igual a 37.5 se localiza fuera de la zona preferencial y en la zona límite, su LP igual a 27.3 se localiza fuera de la zona límite pero es muy cercana y su IP igual a 10.2 se*

*localiza en la zona preferencial;  
(tab. #34).*

*C-14 Su LL igual a 50.2 se localiza en la zona límite, su LP igual a 34.6 se halla un poco fuera de la zona límite y su Ip igual a 15.6 se localiza en la zona preferencial; (tab. #35).*

*L-15 Su LL igual a 38.7 se localiza casi en la zona preferencial, su LP igual a 21.7 se localiza en la zona preferencial y el Ip igual a 17 se halla en la zona preferencial; (tab. #36).*

*L-16-1 No se le realizaron ensayos de plasticidad, se consideró que la mezcla resultaba tosca e irregular cuando se hicieron los bloques*

*L-16-2 Su LL igual a 41.4 se localiza en la zona límite, el LP igual a 21.1 se halla en la zona preferencial y su Ip igual a 20.3 se localiza en la zona límite; (tab. #37).*



*Identificación de las muestras según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)*

*Toma en consideración los límites de consistencia, la granulometría, el Cu (Coeficiente de Uniformidad) y el Cc (Coeficiente de redondez).*

*C-1 Suelo que tiene un Cu de 33.3 y un Cc de 3.7, se clasifica como un suelo arenoso limoso (SM).*

*C-2 Suelo con un Cu de 3.1 y un Cc de 17.2, se clasifica como un suelo arenoso limoso (SM)*

*C-3 Arcilla inorgánica (CH)*

*C-4 Suelo con un Cu de 7.5 y un Cc de 0.1. Se clasificó como un suelo (SM)*

*C-5 Suelo que se clasificó como un limo de alta plasticidad (MH)*

*C-6 Suelo arcilloso, se clasificó como un (CH)*

*C-7 Suelo arcilloso, clasifica como (CH)*

*C-8 Es un limo inorgánico de alta plasticidad, clasificó como un (MH)*

- C-9      *Arena bien gradada con mezcla de arena y limo  
(SW-SM)*
- C-10      *Mezcla de arena y limo, (SM)*
- C-11      *Suelo con un Cu de 5 y un Cc de 1.74, clasifica  
como (SM)*
- C-12      *Suelo bien gradado, clasifica como un (MH)*
- C-13      *Arena bien gradada, (SW)*
- C-14      *Arena bien gradada, (SM)*
- L-15      *Es una arena arcillosa, (SC)*
- L-16-1    *Suelo con un Cu de 26.3 y un Cc de 1.8, clasifica  
como un (SM)*
- L-16-2    *Suelo con un Cu de 24 y un Cc de 1.8, clasifica  
como un (SM)*

*A continuación se presenta la tabla resumen de las características de los suelos. El Límite de Contracción que allí aparece no se obtuvo mediante ensayos sino por medio de correlación entre el límite líquido y el índice de plasticidad (tabla # 38).*

RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS

MUESTRA	PROF. ( m.)	LIMITES DE ATTERBERG				POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ #			S.U.C.S
		LL	LP	Ip	LC	% 10	% 40	% 200	
C - 1	0.2 - 0.6	44.1	33.6	10.5	22.5	95.28	53.25	19.66	SM
C - 2	0.2 - 0.5	45.0	29.3	15.7	23.0	83.30	41.68	17.11	SM
C - 3	0.3 - 0.7	68.2	32.5	35.7	20.0	99.79	95.47	62.62	CH
C - 4	0.3 - 0.5	55.1	37.1	18.0	28.0	95.60	58.31	13.06	SM
C - 5	0.3 - 0.5	57.8	32.8	25.0	22.5	96.42	82.78	58.23	MH
C - 6	0.0 - 0.9	96.8	36.0	60.8	17.5	98.58	97.00	93.12	CH
C - 7	0.3 - 0.5	65.8	34.2	31.6	20.0	95.43	88.09	71.22	CH
C - 8	0.2 - 0.5	65.6	35.9	29.7	18.5	93.80	86.70	80.94	MH
C - 9	0.3 - 0.6	49.8	30.5	19.3	23.5	86.56	26.98	5.41	SW-SM
C - 10	0.2 - 0.6	48.5	36.4	12.1	30.0	93.19	41.91	12.47	SM
C - 11	0.3 - 0.5	45.0	28.0	17.0	22.0	84.05	37.03	21.08	SM
C - 12	0.3 - 0.6	49.8	31.8	18.0	24.0	98.36	74.99	31.59	SM
C - 13	0.2 - 0.9	37.5	27.3	10.2	23.5	55.19	18.64	3.55	SW
C - 14	0.2 - 1.0	50.2	34.6	15.6	27.0	98.65	94.47	45.50	SM
L - 15	----	38.7	21.7	17.0	17.0	64.08	30.02	18.14	SC
L-16-1	----					89.34	73.73	34.39	-----
L-16-2	----	41.4	21.1	20.3	14.5	91.48	77.16	36.31	SC

TABLA #38

Criterios de CR Aterre		
	Z.L.	Z.P
LL	25-50	30-35
LP	10-25	12-22
Ip	7-29	7-18
LC	8-18	<C.A.O.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

## 2.5 SELECCION DE SUELOS PARA HACER LOS BLOQUES DE SUELO-CEMENTO

Se elegirán aquellos suelos que cumplan o traten de cumplir las características de granulometría y límites de consistencia.

Sólo a los suelos escogidos se les hizo la prueba de compactación: Ensayo Próctor Stándard (ver ASTM D 558-82).

La curva granulométrica de cada suelo se superpuso sobre el rango de las curvas granulométricas consideradas límites para hacer bloques prensados, (ver figura #21). Y en cuanto a Límites de Atterberg se seleccionaron aquellos que se localizaron más cerca de los valores de las zonas límites.

C-1 No se localiza dentro de la curva granulométrica en la parte de finos. Límites cumplen a excepción del límite plástico --> Descartado

C-2 Tampoco se localiza dentro de la curva granulométrica en la parte de los limos como se especifica. Límites bien a excepción del Límite Plástico --> Descartado



E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

BIBLIOTECA ESPOL

PERFORACION: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_  
MUESTRA: \_\_\_\_\_  
PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_

CURVA GRANULOMETRICA

Nº \_\_\_\_\_ PROYECTO: \_\_\_\_\_

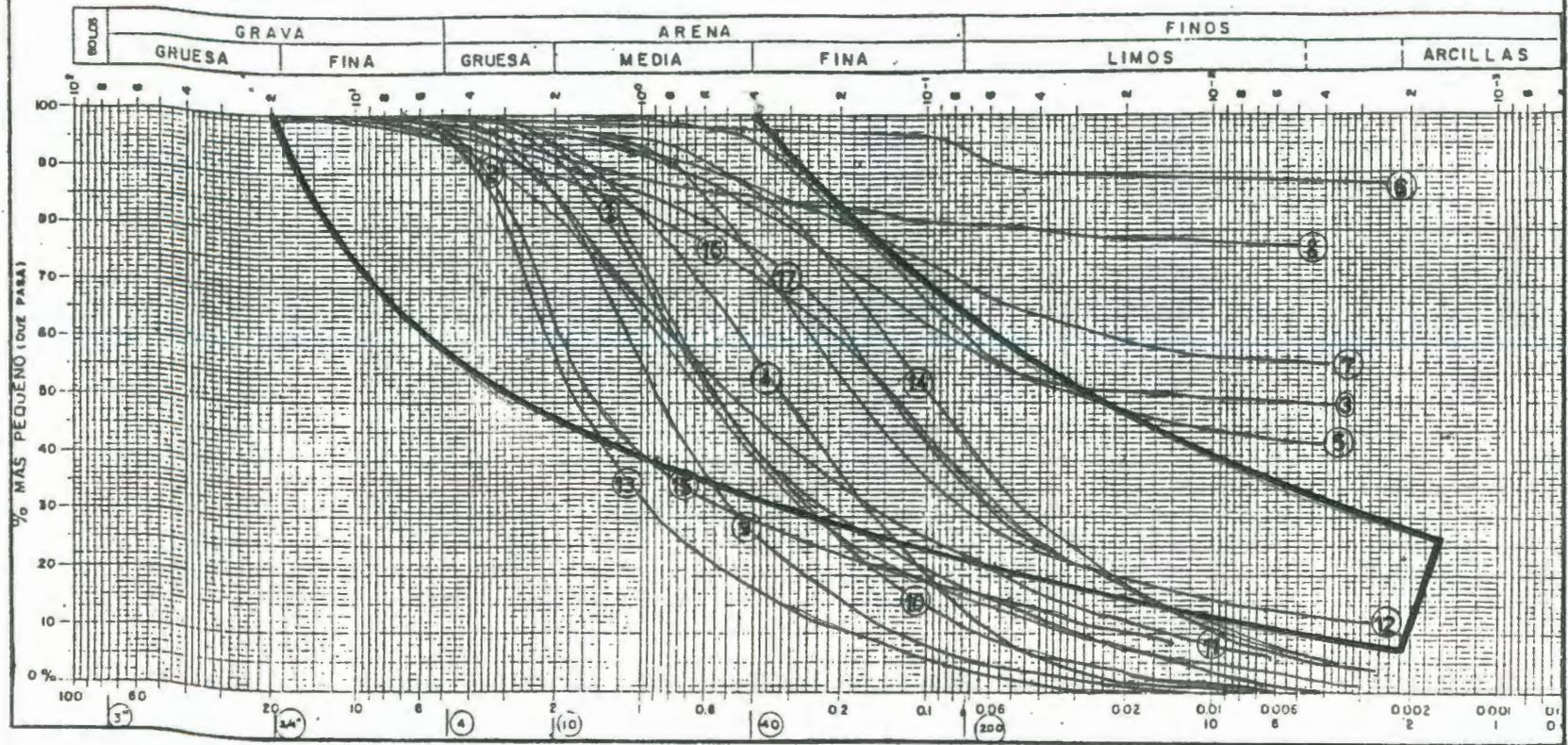


FIGURA # 21.- COMPARACION DE LAS CURVAS LIMITES CON LAS CURVAS GRANULOMETRICAS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

## TABLA #39

## REFERENCIA DE FIGURA 21

- |   |                |
|---|----------------|
| ① | MUESTRA C-1    |
| ② | MUESTRA C-2    |
| ③ | MUESTRA C-3    |
| ④ | MUESTRA C-4    |
| ⑤ | MUESTRA C-5    |
| ⑥ | MUESTRA C-6    |
| ⑦ | MUESTRA C-7    |
| ⑧ | MUESTRA C-8    |
| ⑨ | MUESTRA C-9    |
| ⑩ | MUESTRA C-10   |
| ⑪ | MUESTRA C-11   |
| ⑫ | MUESTRA C-12   |
| ⑬ | MUESTRA C-13   |
| ⑭ | MUESTRA C-14   |
| ⑮ | MUESTRA L-15   |
| ⑯ | MUESTRA L-16-1 |
| ⑰ | MUESTRA L-16-2 |



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

- C-3 *No se localiza dentro de las curvas límites, especialmente en la zona de limos. En cuanto a los límites el estado es pésimo. No cumple ninguna --> Descartado*
- C-4 *Tampoco se halla dentro de las curvas granulométricas en los finos y respecto a los límites de consistencia ninguno de los dos se halla ni siquiera en la zona límite --> Descartado*
- C-5 *Se localiza dentro de las curvas granulométricas menos en los limos, y con respecto a los límites tenemos que están mal, ninguno se localiza ni siquiera en las zonas límites --> Descartado*
- C-6 *Su curva no tiene nada que ver en comparación con las curvas límite, es un suelo arcilloso de alta plasticidad que no nos conviene, sus límites de consistencia: pésimos --> Descartado*
- C-7 *Casi el mismo caso anterior pero con menos finos, límites tampoco son aceptables --> Descartado*

- C-8 Se tiene un caso parecido a C-6 y C-7, muchos finos y con límites de consistencia mal también --> Descartado
- C-9 Corta a la curva límite inferior por la mitad, sin cumplir con los requerimientos de arena, menos aún de limos y arcillas; respecto a los límites están sólo en zonas límites --> Descartado
- C-10 Caso parecido a C-9, tampoco se halla dentro de las curvas granulométricas y en cuanto a los límites de Atterberg están más o menos extremos --> Descartado
- C-11 No se encuentra en la zona granulométrica en la parte de limos. Sus límites de consistencia están en las zonas límites a excepción del límite plástico --> Descartado
- C-12 Se localiza dentro de la zona granulométrica y en cuanto a los límites líquido e índice plástico bien, no así el límite plástico Probable
- C-13 Su curva granulométrica totalmente fuera de la zona óptima. Límites: líquido bien y plástico

*regular e índice plástico perfecto -->*  
*Descartado*

*C-14 Su curva granulométrica casi coincide y falla en los finos, tiene muy pocos. Límites: líquido bien, plástico regular e índice plástico perfecto --> Probable*

*L-15 Su curva granulométrica se sale de la especificada. Límites: líquido bastante cerca del óptimo, plástico perfecto e índice plástico perfecto --> Probable*

*L-16-1 Su curva granulométrica se localiza dentro de la norma, finos tiene muy pocos. Límites, no se hicieron debido a que la otra mezcla resultó mejor, aunque se decidió realizar cuatro bloques de ensayo con éste suelo para observar el resultado y analizar la influencia de la granulometría.*

*L-16-2 Su curva granulométrica se localiza dentro de la norma a excepción de los finos. Límites; Líquido cerca del óptimo, plástico perfecto e índice plástico bien --> Probable*

*En base al análisis de toda la información precedente*



BIBLIOTECA FICT  
 ESPOL

se eligió a los siguientes suelos:

*C-12, C-14, L-15, L-16-1, L-16-2*

*C-12 tiene el inconveniente del acceso, ya sea para los materiales como para el personal, aunque su LP es un poco alto sería perfecto, pero también existe el inconveniente de que no existe suficiente cantidad, las reservas probables son pocas.*

*C-14 Desde el punto de vista económico C-14 resulta ser el más apropiado debido a que es un suelo que está listo para ser usado, para su inmediata utilización sólo se necesitarían una malla #4 (abertura = 4.76 mm) y una pala. Además de que el lugar es de fácil acceso si se decide utilizar este suelo para realizar alguna obra en la ESPOL.*

*L-15 tiene un grave inconveniente, mezcla el suelo C-13 con 15% de arcilla tomado en la planta San Eduardo de La Cemento Nacional. Para realizar una gran producción se necesitaría esa arcilla que habría que comprarla, lo que encarecería al bloque y ese no es el propósito de este trabajo.*

*L-16-1 y L-16-2 tienen también el problema de mezclado, pero es menor debido a que los dos suelos C-*

13 y C-14 se hallan dentro del Campus Politécnico y muy fáciles de obtener, por lo que se decidió hacer bloques con estos suelos llamados con el prefijo L debido a que surgieron en laboratorio (L) para ver si eran más convenientes en cuanto a mejorar resistencia que la que el suelo C-14 podría desarrollar por sí sólo.

Se debe señalar que sólo se realizó el ensayo de compactación a los suelos C-13 y C-14 por separado, y luego con estos resultados se decidió mezclar en diferentes proporciones para hacer los bloques en obra

Se eligió el suelo C-14 a pesar de su granulometría. Si analizo comparando con los requerimientos de Bonwcentrum Argentina sólo cuento con 58% (mínimo 60, máximo 80), supero los limos: 36% (20%-30% son los requeridos), con las arcillas se cumple: 6% (5%-10%) pero en cambio el material sí cumple con las curvas límites de CRAterre para hacer bloques, a excepción de arcillas: 6%; y allí el mínimo es 10% --> pero es apto por la cantidad disponible que existe en el lugar y costos de operación.

#### 2.5.1 PRUEBA PROCTOR

C-13.- De acuerdo a los gráficos presentados en 2.3.4 cuando ingresamos con los valores de

LL=37.5 y LP=27.30 para el suelo C-13 obtenemos para C.A.O un valor cercano a 20 y cuando se realizó el ensayo se obtuvo (tablas 40, 41, 42, y 43):

C.A.O.	% CEMENTO
16.0	0
10.6	5
10.5	7
15.0	9

Mientras que para el volúmen seco máximo se obtiene con los límites un valor de 1650 Kg/m<sup>3</sup> y en el ensayo valores de:

(Kg/m <sup>3</sup> )	% CEMENTO
1453.0	0
1614.0	5
1595.0	7
1567.5	9

C-14.- Si ingresamos con los valores de LL=50.20 y LP=34.60 obtenemos para C.A.O un valor de 25.5% y cuando se realizaron los ensayos se obtuvo (tablas 44, 45 y 46):

C.A.O	% CEMENTO
-------	-----------

21.5	7
27.5	9
23.0	11

En tanto que para el volúmen seco máximo: Se obtiene con los límites un valor de 1500 kg/m<sup>3</sup> y con el ensayo se obtienen valores de:

<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>% Cemento</b>
1500	
1368	BIBLIOTECA FICT
1427	ESPOL
	11

## CAPITULO III

### *PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LOS BLOQUES DE SUELO-CEMENTO*

*La base de tener una dosificación conveniente para la fabricación del suelo-cemento no constituye, por sí sola, garantía suficiente para un producto acabado de buena calidad; así que, antes de iniciar la construcción de los bloques de suelo-cemento es indispensable verificar la adecuación del suelo disponible y el proceso constructivo que se empleará.*

*En vista de esto, después de obtener los resultados del laboratorio se recomienda la construcción de los bloques, en el cual deben ser observadas las siguientes condiciones:*

- Suelo proveniente de fuentes, convenientemente caracterizadas y dosificadas en el laboratorio, para la utilización en suelo-cemento.*
- Cemento, vamos a utilizar el tipo IE descrito anteriormente.*
- Agua, con aquellas características antes mencionadas.*

### **Equipo Utilizado**

- *Balanzas*
- *Mezcladora*
- *Compactador (máquina para hacer bloques Cinva Ram)*
- *Regadera de agua*
- *Cucharones*
- *Plásticos*
- *Cubierta y base de madera*
- *Toallas*

### **3.1 MATERIALES**

- *Suelo*
- *Cemento*
- *Agua*

*Preparación.- Primero se seca el suelo que vaya a usarse, en este caso C-13 y C-14, luego de secado se lo pasa por el tamiz #4 y queda listo para usarse.*

*El cemento se lo obtuvo en el C.T.H para todas las pruebas: las del ensayo de compactación y luego se utilizó el mismo para hacer los bloques.*

*El agua fue obtenida de la llave en los laboratorios del C.T.H.*

### 3.2 PESADA

Se pesaron los materiales en dos balanzas de Marca OHAUS electrónicas: la primera de capacidad de 150 Kg con una aproximación de 0.05 kg. y la segunda de 30Kg. de capacidad y de 0.01 Kg. de aproximación. La #1 se usó para el material suelo y la otra para el agua y el cemento; (Anexos C y D).

### 3.3 MEZCLADO

El objetivo del mezclado es producir una completa e íntima unión entre los diferentes componentes del suelo-cemento: la tierra, el cemento y el agua. La tierra tamizada por la malla #4 (4.76mm.) se mezcla con el cemento, y la forma más sencilla es revolver con una pala, si es en el campo; si es en laboratorio con la mezcladora destinada para ello hasta lograr un color uniforme en la mezcla.

La mezcla se la realizó en una mezcladora eléctrica hormigonera para laboratorio y obra, siendo la criba (recipiente donde se colocan los materiales a mezclar) desmontable, lo que permite la limpieza y el vaciado fácilmente. Tiene una capacidad de 25 lts. con un rendimiento de  $0.75m^3$  por hora. (Anexos E y F)

*Los materiales se colocan en estado seco: primero, si se van a mezclar dos materiales se debe esperar que su mezcla alcance un color uniforme, dos o tres minutos, luego se le pone el cemento (2 ó 3 minutos) hasta que haya un color uniforme, se debe recordar que un mezclado deficiente puede reducir hasta en un 50% la resistencia final y que es preciso por esta razón revisar cuidadosamente los bordes internos del recipiente ya que suele quedarse material sin revolver.*

*Después se le añade el agua en forma de lluvia (con una regadera) para evitar que se formen grumos muy grandes y se mezcla durante 4 a 5 minutos aproximadamente hasta que el color de toda la mezcla sea uniforme. Luego se para la mezcladora y se va colocando en la máquina compactadora (bloquera Cinva Ram).*

*La mezcla de tierra, cemento y agua no debe prepararse sino hasta el momento de ser usada, debiendo tenerse presente que el suelo-cemento comienza a fraguar después de una hora de haberse mezclado.*

#### **3.4 COMPACTACION**

*El mejor procedimiento para los suelos estabilizados*



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

con cemento es la compactación estática en prensa. Se colocó el material mezclado en el molde de la máquina bloquera Cinva Ram, la cual es accionada por una persona que baja una palanca manual y ejerce fuerza en la parte inferior; hacia arriba se va comprimiendo el suelo suelto transformándose en un bloque compacto de suelo-cemento.

Los bloques salen con dimensiones de 29x14 cm. variando su altura desde 7.0 hasta 8.7 cm. aproximadamente por el tipo de dosificación que se emplee.

Desde la máquina bloquera se los transporta hasta el lugar donde recibirán el proceso de curado.

### 3.5 CURADO Y FRAGUADO

*Curado.* - Es el efecto mediante el cual los bloques se someten a un proceso de fraguado uniforme. Con el fin de que no haya una pérdida violenta de la humedad que lleva, y que, como ya hemos mencionado le sirve para obtener la máxima compactación (densidad) por lubricación de las partículas de suelo; e hidratar al cemento, que endurece y liga al suelo en una masa sólida. Se debe obtener un secado relativamente lento y regular. El calor excesivo provoca una

deshidratación rápida que seguramente resultará en la fisuración del bloque. Asimismo, la humedad o el frío pueden prolongar este proceso. El ambiente inmediato del bloque durante el secado debe ser, por lo tanto, cuidadosamente controlado. Esto se logra con algún tipo de cubierta protectora sea ésta del tipo de mantas o toallas húmedas que se colocan inmediatamente luego de fabricado el bloque durante las primeras 48 horas al menos; intentar colocarlos en un lugar donde no se produzcan cambios bruscos de temperatura. Luego se someten a riego de lluvia fina durante 7 días (1).

En los bloques que se realizaron en el C.T.H se debe considerar lo siguiente. Los primeros bloques (1 al 20) luego del período de 7 días fueron tapados con un plástico, luego se colocó otro piso para poner los bloques (del 21 al 35) y a estos últimos les ocurrió un accidente: unos niños que estaban jugando no se dieron cuenta de la existencia de los bloques y los pisaron, dañándose en esta maniobra los bloques #32 y 33.

Aquí también se debe considerar que cuando llegó la etapa del curado empezó el invierno, así que fueron sometidos a estas lluvias fuertes ya que sólo se les había colocado mantas durante las primeras 48 horas, las lluvias y el ambiente húmedo fueron la razón de

que los bloques no se secan completamente cuando llegó el día del ensayo.

Del curado depende, en parte, la mayor resistencia de un bloque de suelo-cemento; solamente los bloques completamente curados conformarán una estructura adecuadamente coagulada con sus partículas finas, un contenido de humedad aceptable (con el cual no se verificaran contracciones posteriores del bloque).

No se justifica, en ningún caso el uso de bloques parcialmente curados, es decir, aquellos que tengan menos de 21 días de fabricados.

*Fraguado.*— Es el proceso mediante el cual los bloques de suelo-cemento endurecen, por pérdida de humedad y, considerando que la resistencia del suelo-cemento aumenta con el tiempo; 14 días de fraguado es indispensable, siendo conveniente esperar los 28 días, sin embargo a los 21 días ya pueden ser utilizados en la construcción.

Además completado el fraguado es importante someter los bloques a pruebas de control de calidad, generalmente a 28 días.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Los bloques luego de terminado el período de curado y fraguado fueron sometidos al ensayo de compresión simple en una máquina con 200 KN de capacidad de la marca IPEMSA (España). Se los colocó en la máquina tal y como van a soportar las cargas una vez que entren en funcionamiento, esto es, sobre la cara de  $29 \times 14 \text{ cm}^2$  perpendicular a su altura. El ensayo duraba aproximadamente de 90 a 120 segundos.

## CAPITULO IV



### ANALISIS DE RESULTADOS

BIBLIOTECA FIC  
ESPOL

#### 4.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

*Para los materiales L-16-1 y L-16-2*

*Al realizar los bloques (# 1,2,3 y 4) con la muestra preparada en el laboratorio: L-16-1 (composición de 20% de la muestra C-13 y 80% de la muestra C-14) con 7% de cemento y 10% de agua, se observó lo siguiente: al salir de la máquina bloquera quedaron ilesos e intactos, se los pudo transportar bien, pero a medida que perdieron humedad ya no fue posible transportarlos porque se partían en dos y por lo tanto no pudieron ser sometidos al ensayo de compresión simple por lo que su resistencia es igual a  $0.0 \text{ kg/cm}^2$ . Debe notarse aquí, que la mezcla fue difícil de realizar puesto que era muy tosca e irregular.*

*Cuando se realizaron bloques con la segunda mezcla preparada en el laboratorio: L-16-2 (composición de 15% de la muestra C-13 y 85% de la muestra C-14) con 7% de cemento y 15% de agua, mejoró notablemente el*

resultado, se alcanzaron resistencias en promedio de  $11.41 \text{ kg/cm}^2$  para los que se ensayaron en estado semi-seco y de  $7.78 \text{ Kg/cm}^2$  para aquellos que todavía estaban húmedos, es decir que alcanzaron sólo el 70% de la resistencia máxima de los bloques con esa dosificación y que como se conocía, por una de las informaciones, en estado húmedo sólo suelen alcanzar el 50% de la resistencia en seco; éstos fueron los bloques #5, 6, 7, 8, 9, y 10.

A los bloques llamados #11, 12, 13 y 14 se les agregó 12% de agua y 7% de cemento con la misma composición: L-16-2), se alcanzaron resistencias en promedio de  $13.56 \text{ kg/cm}^2$ .

Obsérvese la variación que resulta por el cambio de la composición de 20% a 15% de muestra C-13 y de 80% a 85% de la muestra C-14, puesto que el agua sólo se aumenta de 10% a 12% y 15%, y se obtienen resultados completamente diferentes: de resistencia cero a valores que oscilan desde  $7.55 \text{ Kg/cm}^2$  en estado húmedo a  $14.23 \text{ Kg/cm}^2$  en estado seco, lo cual es muy significativo.

**Para el material C-14**

Después de analizar los resultados obtenidos en el

ítem anterior y debido a lo complicado de mezclar bien dos suelos para hacer los bloques, se decide utilizar sólo el material C-14 para la realización y confección de los bloques, a pesar de que el suelo C-14 no constituye por sí sólo el mejor, pero sí desde los otros puntos de vista ya analizados.

Aquí se decide seguir otra técnica: Variar agua y cemento para determinar con cuales valores se obtiene la máxima resistencia a la compresión y erosión.

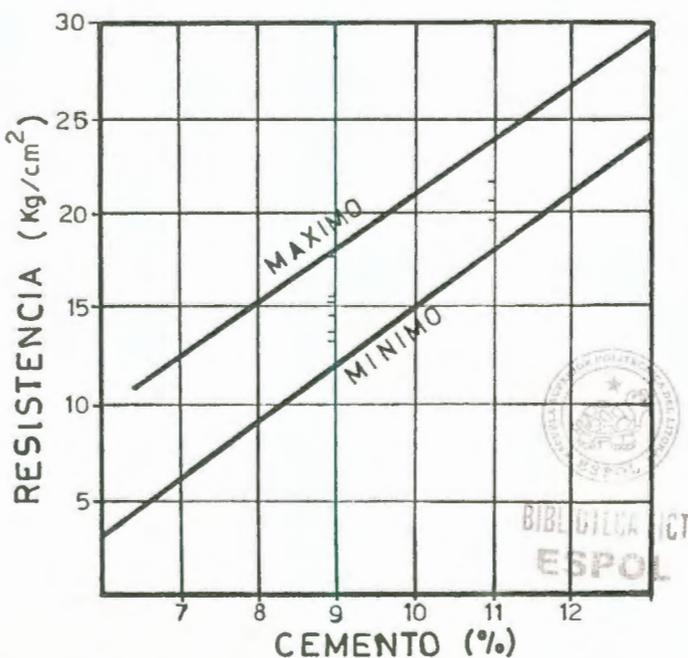
Primero se tienen los de 18% de agua y 11% de cemento, se logran realizar 5 bloques que corresponden a los números 21, 22, 23, 24 y 25. Los cuales luego de ser sometidos a compresión, fueron los que dieron mejores resultados en cuanto a resistencia a compresión simple se trata; valores que fluctuaron desde 18.26  $\text{kg/cm}^2$  para los menos secos hasta 24.15  $\text{Kg/cm}^2$  para los más secos.

Siguen los que tienen 9% de cemento y 16% de agua, son 6 bloques que corresponden a los números 26, 27, 28, 29, 30 y 31, los mismos que alcanzaron resistencias entre 13.30 y 15.42  $\text{Kg/cm}^2$  ; a los 21 días de fabricados. A los 28 días, se ensayó el último de esta dosificación, el #31, y se obtuvo un valor de 18.14  $\text{kg/cm}^2$  el cual superó, como se esperaba, los valores

antes mencionados.

Respecto a los bloques #32, 33, 34 y 35 fueron elaborados con 7% de cemento y 15% agua, como puede observarse en el anexo J, el #32 y #33 quedaron dañados después del accidente mencionado en la página, se ensayó el #34 y se obtuvo un valor mínimo de  $6.28 \text{ kg/cm}^2$ ; hay que indicar que este bloque en especial tenía el aspecto de haberse secado violentamente, lo cual seguramente lo fracturó y fue la causa de tan baja resistencia a los 21 días ya que al ensayar el bloque que quedaba a los 28 días, el #35, se obtuvo el doble de resistencia, esto es:  $12.67 \text{ kg/cm}^2$ .

Por otro lado, las mejoras en resistencia son obvias cuando se trata de aumentar el porcentaje de cemento, lo que es muy lógico. Observemos el siguiente gráfico para el suelo C-14:



Obsérvese cómo, los valores extremos para 7 y 11% de cemento prácticamente encierran al de 9%, con lo que uno podría esperar valores para la resistencia con 8 y 10% de cemento equivalentes a 9.20-15.40 kg/cm<sup>2</sup> y 15.1-21 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente sin necesidad de realizar los bloques y someterlos a ensayos.

A continuación se escriben las normas de aceptabilidad dadas por la Unidad CRAterre - Perú (10).

*resistencia a la compresión*

<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>		<i>calidad</i>
> 17.6		bueno
17.6-14.0		regular
< 14.0		malo

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Observe ahora la tabla-resumen de los ensayos a compresión simple realizada en el C.T.H. (tabla #47).

#### 4.1.1 VARIACION CON EL CONTENIDO DE HUMEDAD

En los bloques números 1, 2, 3 y 4 se observa como la falta de agua (sólo 10%), no les permite desarrollar ninguna resistencia posterior, ya que al inicio si pudieron ser transportados.

#	CEMENTO %	ARENA %	MEDI (DISEÑO - mm)			P.P.O (Kg.)	DE HERRAJE (Kg./m <sup>3</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	RESISTENCIA (Kg./cm <sup>2</sup> )	
			LONGITUD	ANCHO	ALTEZA					
1	7	10							0.00	
2	7	10	NO SE LOS PUEDE ENSAYAR						0.00	
3	7	10	PUESTO QUE SE DETERIORARON						0.00	
4	7	10	CON EL TRANSPORTE Y COLOCACION						0.00	
5	7	15	29.10	13.70	7.00	4.796	1718.57	4543.96	11.40	
6	7	15	29.20	14.10	8.20	5.235	1550.60	3296.47	8.01	
7	7	15	29.50	14.10	7.80	5.371	1655.46	5333.53	12.82	
8	7	15	29.00	14.00	7.70	5.456	1745.25	4640.15	11.43	
9	7	15	29.10	14.00	7.50	5.160	1688.76	4078.03	10.01	
10	7	15	29.30	14.10	7.90	5.190	1590.21	3121.12	7.55	
11	7	12	29.00	13.80	8.70	5.276	1515.33	5693.25	14.23	
12	7	12	29.20	14.00	8.10	5.318	1606.03	5265.40	12.88	
13	7	12	29.20	14.10	7.70	5.446	1717.85	5592.05	10.68	
14	7	12	FALLAS EN LAS ARISTAS POR TRANSPORTE							
15	0	15	PARTIDO POR EFECTO DE LLUVIA.							
16	0	15	SON LOS BLOQUES REALIZADOS SOLO CON TIERRA, SIN							
17	0	15	NINGUN PORCENTAJE DE CEMENTO Y SE HAN DESTRUIDO							
18	0	15	POR COMPLETO POR EFECTO DE LAS LLUVIAS; NO ASI							
19	0	15	LOS QUE TENIAN CEMENTO Y QUE ESTUVIERON SUJETOS							
20	0	15	A LAS MISMAS CONDICIONES.							
21	11	18	28.90	13.90	7.50	4.658	1546.06	9701.25	24.15	
22	11	18	29.00	13.70	7.60	4.808	1592.33	7796.45	19.62	
23	11	18	29.20	14.00	7.40	4.797	1585.72	8896.65	21.76	
24	11	18	29.00	13.80	7.50	4.756	1584.54	8264.38	20.65	
25	11	18	29.30	13.80	7.50	4.785	1577.88	7385.63	18.27	
26	9	16	29.20	13.80	7.80	5.131	1632.47	6168.20	15.31	
27	9	16	29.20	13.90	7.90	4.984	1554.37	5600.07	13.80	
28	9	16	29.30	13.90	7.80	5.000	1573.96	5455.78	13.40	
29	9	16	29.20	14.00	7.70	4.859	1543.64	5993.85	14.66	
30	9	16	29.10	13.80	7.30	4.872	1661.93	6258.38	15.58	
31	9	16	29.20	13.90	7.70	4.816	1540.98	7284.43	17.95	
32	7	15								
33	7	15								
34	7	15	29.00	13.90	8.00	4.623	1433.58	2533.95	6.29	
35	7	15	29.00	13.80	7.90	4.850	1534.04	5070.01	12.67	

RESUMEN DE ENSAYOS A COMPRESION

TABLA #47

Los bloques números 5, 6, 7, 8, 9 y 10 con un porcentaje de agua de 15% ya desarrollaron alguna resistencia. Se observa como estos bloques al ser ensayados en estado semi-seco no alcanzan las resistencias que tenían cuando estuvieron totalmente secos. Esto se comprobó porque se dejaron dos bloques: el #7 y el #8, que alcanzaron mayores resistencias.

Los bloques llamados 11, 12, 13 y 14 se realizaron con 12% de agua, y fueron los mejores para el suelo L-16-2, suceso esperado, ya que siempre existe un contenido de agua óptimo con el que se alcanza la mayor resistencia.

Aquellos bloques numerados con 15, 16, 17, 18, 19 y 20 corresponden a cero porcentaje de cemento y 15% de agua. Al inicio estaban bien, pero al pasar de los días y con las lluvias, parecía como si absorbieran demasiada humedad del medio ambiente, y luego, cuando se secaban eran los que más perdían humedad, lo que daba como resultado que se agrietan provocando fisuras que hacía que su resistencia prácticamente llegue a cero, puesto que al intentar transportarlos para ser pesados y

ensayados se partían por la mitad (Anexo O).

En este punto se lo ha obtenido el L.C para el suelo L-16-2 a partir del LL e IP por correlación, y es igual a 14.5, cuyo valor es inferior al 15% de agua que se estimó durante la manufactura de los bloques, por lo tanto, debe esperarse que al ser este contenido de humedad mayor al límite de contracción, se deben preveer cambios de volúmen por el exceso de humedad, más aún, cuando se conoce el antecedente de que fueron sometidos al agua de lluvias se considera que ha aumentado mucho más ese contenido de humedad. Todo esto ocasionó la fisuración y contracción excesiva del bloque lo que ha resultado en una resistencia a la erosión de cero y no han podido ser ensayados a la compresión tampoco.

Los bloques #21, 22, 23, 24 y 25 con un porcentaje de agua de 18% desarrollaron las más altas resistencias a los 21 días. Algunos de estos también estaban semi-secos y se dejaron los bloques # 24 y 25 para ensayarlos a los 28 días a fin de que estuvieran más secos y verificar su resistencia.

Aquellos bloques llamados 26, 27, 28, 29, 30 y 31 tenían un porcentaje de agua de 16%, cantidad suficiente para hidratar al cemento y al suelo, pero de la variación que se habla es de aquella que se produce al recibir un exceso de humedad por el efecto de las lluvias de invierno (con lo cual no se contaba), más no del curado (toallas húmedas durante las primeras 48 horas + 7 días de riego en forma de lluvia fina), los bloques no alcanzaron un secado completo hasta el día del ensayo a compresión y de aquí surgen las variaciones en los valores de resistencia al ensayar bloques parcial y no totalmente secos.

Se debe señalar que algunos especímenes quedaban parcialmente intactos luego del ensayo a compresión mientras que otros, fueron destruidos (Anexos M y N), esto se explica por el contenido de humedad: al no existir un porcentaje adecuado de agua que permita, no sólo hidratar al cemento, sino también unir los granos, el material queda como suelto y sin una mayor resistencia, como se observa en aquellos bloques que sólo tienen 10% de agua, que sólo con el transporte ya se desbarataron, mientras que otros, a pesar de haber sido ya

ensayados presentaban todavía muy buenas características.

Se comprueba entonces que es muy cierto aquello de que la resistencia en estado semi-húmedo es la mitad de la resistencia en seco con un curado adecuado e uniforme.

#### 4.2 RESISTENCIA A LA EROSION

Este es sólo un análisis de tipo cualitativo, es decir, aquí no existen valores que reflejen el comportamiento de los bloques.

Se observa que los bloques #1, 2, 3 y 4 al tener una granulometría incorrecta no forman una estructura compacta, sino porosa, que no permite aglomerarse perfectamente y, por lo tanto no existe una unión íntima, fuerte y resistente, característica de cohesión, ya que al ser transportados por segunda vez al lugar donde estarían durante los siguientes días hasta completar los 28 no resistieron y se partieron por la mitad (la primera vez fue desde la máquina bloquera hasta la cámara húmeda donde permanecieron durante las primeras 48 horas).

Como ya se mencionó, estos bloques no tenían

suficiente agua para completar el proceso de hidratación del cemento y presentaban una apariencia áspera y graneada , como se puede apreciar en el Anexo O. Tenemos así que los bloques # 1, 2, 3, y 4 no sirvieron sino para comprobar cuán necesario es determinar a tiempo el C.A.O que nos proporciona el ensayo de compactación y el empleo de una granulometría adecuada. Estos bloques no soportaron transporte y manipulación.

Los bloques # 5, 6, 7, 8, 9 y 10 con 15% de agua y 7% de cemento fueron mucho más compactos y tenían mejor aspecto en cuanto a calidad y acabado, pero alcanzaron menos resistencia que aquellos que tenían 12% de agua y el mismo porcentaje de cemento que corresponden a los bloques # 11, 12, 13 y 14 cuya textura y calidad también fue mejor.

Aquellos bloques numerados 15, 16, 17, 18, 19 y 20 fueron realizados con la misma mezcla de suelo, que se utilizó para realizar los bloques del 5 al 14 esto es: 15% de C-13 + 85% de C-14 (L-16-2) pero a los que como se dijo anteriormente, no se les añadió ningún porcentaje de cemento, y con el que se decidió utilizar sólo 15% de agua con un C.A.O. obtenido con la prueba cualitativa y de campo que se describió; los bloques estaban muy bien hasta que la lluvia cayó

sobre ellos y los deterioró no pudiendo entonces ser ensayados a compresión. En todo caso, el deterioro completo de estos bloques ocasionado por el agua lluvia constituye una prueba de que la resistencia al intemperismo en un medio ambiente de cierta pluviosidad es nula para un bloque de suelo L-16-2 sin ningún porcentaje de cemento.

Revisemos ahora los bloques realizados sólo con suelo C-14.

Los bloques # 21, 22, 23, 24 y 25 realizados con 11% de cemento y 18% de agua fueron los que mejor apariencia tuvieron, no sólo en la conservación de sus aristas durante el transporte sino en acabado y calidad como puede apreciarse en los anexos I y J. Estos bloques alcanzaron mayor resistencia a la compresión.

Los bloques # 26, 27, 28, 30 y 31 fueron aquellos que poseían 9% de cemento y 16% de agua estos también tuvieron muy buena apariencia y acabado aún luego de ser transportados.

Aquellos bloques numerados 32, 33, 34 y 35 con 7% de cemento y 15% de agua presentaron muy buen aspecto luego de ser construidos pero después del proceso de

curado y fraguado ya no se veían bien; como se dijo antes, los bloques #32 y 33 fueron destruidos y sólo quedaban el #34 y 35 donde se pudo observar cuanto influye una pérdida violenta de la humedad: el bloque #34 quedó como si hubiera sido colocado en el horno, se descascaraba, y con mucho cuidado se lo colocó en la máquina de ensayos donde como se esperaba no ofreció mayor resistencia.

Otro aspecto es la granulometría: se observa cuanto mejora cambiar de 20% a 15% de suelo C-13 al hacer las combinaciones. El suelo L-16-1 era más difícil de trabajar que el suelo L-16-2 y asimismo se observan las variaciones en cuanto a resistencia: de cero  $\text{kg/cm}^2$  a valores que van desde  $7.55 \text{ Kg/cm}^2$  hasta  $14.23 \text{ kg/cm}^2$

Existe otra experiencia interesante que anotar, es el C.A.O obtenido con el ensayo Próctor Stándard y el C.A.O usado en el laboratorio. El C.A.O. que se obtiene en el ensayo Próctor Stándard es obtenido con una energía de compactación: un martillo que cae a una altura de 12" en un cierto # de golpes mientras que el C.A.O para ser usado en el laboratorio se encontró que debe ser relativamente menor, debido a que cuando se utiliza la máquina bloquera Cinva ram, la fuerza con que se compacte el bloque de suelo-cemento va a depender de la fuerza del operador que accione la palanca. Así que el ensayo Próctor sólo nos

proporciona una idea general de cuál será el contenido de agua óptimo del suelo.

Se presenta a continuación el cuadro comparativo del contenido de agua que se obtuvo con el ensayo de compactación Próctor Stándard, y el que en realidad se usó cuando se realizaron los bloques de suelo-cemento en laboratorio:

PROCTOR		USADOS
C.A.O	% Cemento	C.A.O
21.5	7	15
27.5	9	16
23.0	11	18



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Se determinó realizar este cambio en el porcentaje de agua debido a que se realizó in situ la prueba descrita anteriormente en la pag. 70, donde se alcanzó el grado de humedad óptimo puesto que si se le agregaba más agua, la mezcla hubiera parecido barro, y ese exceso hubiera provocado fisuras de retracción, cosa que no ocurrió debido a que 15, 16 y 18% de agua fueron en realidad los C.A.O para el suelo C-14 con 7, 9 y 11% de cemento respectivamente.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- *El material tierra es uno de los más baratos que existen y su empleo reduce significativamente el costo de una vivienda.*
  
- 2.- *El inconveniente que se tiene a primera vista es que debe ser utilizado cuando se utilice el sistema de auto-construcción, pero esto ya ha sido superado en otros países. En los Estados Unidos, por ejemplo particularmente en el sur-oeste (Texas, Nuevo México, Arizona, California) numerosas empresas, productores de materiales y diseñadores, se dedican exclusivamente a la construcción con tierra. Esta misma región concentra más de 48 empresas productoras de adobe desde el sistema artesanal al industrial. Estas producen cerca de 4'000.000 de bloques por año que abastecen el mercado de la construcción local a precios competitivos y que hacen competencia a las tecnologías del hormigón y de la madera (10).*
  
- 3.- *El costo de realizar un bloque de suelo-cemento se lo puede establecer de la siguiente manera:*

*1 persona realiza 48 bloques por hora; si gana S/ 15.000 diarios, cada día se realizarán  $48 \times 7$  horas*

de trabajo efectivo (8 jornada normal) igual 336 bloques -->  $15.000/336=44.6$  sucres aproximadamente 45 sucres.

Si el saco de cemento cuesta S/ 9000 y con un saco de 50 kg se pueden hacer bloques que tengan 11% de cemento en un número de 108, entonces el gasto por cemento sería de S/ 83.33 cada bloque más los gastos de transporte del material (el cemento), porque la tierra esta allí mismo, más ciertos costos, tales como agua y algún otro accesorio que se estima en S/.20 por bloque.

Resumiendo, el costo de un bloque sería aproximadamente:

cemento	S/. 83,	
mano de obra	S/. 44,	60
agua y otros	S/. 20,	00
Total	S/. 147,	60

El costo es del orden de 150 sucres, que si se comparan con los 600 sucres que cuesta un bloque normal constituye sólo el 25% del precio del bloque, es decir se ahorra 75%. Si la mezcladora es eléctrica, es posible que el ahorro se reduzca al orden del 65% con respecto al costo del bloque

*corriente.*

*Este es un costo estimativo, ya que en realidad en los sistemas de auto-construcción no se paga jornal sino que la comunidad toda apoya la construcción de la vivienda y el dueño de la obra sólo tiene que pagar los gastos de alimentación; porque la comunidad, debidamente asociada y en cooperativa adquiere los instrumentos necesarios: máquina bloquera, mezcladora (que puede ser manual o eléctrica); los equipos significan un costo inicial para todos los integrantes de la comunidad.*

*Por lo tanto en lo que se gasta es sólo en el cemento, constituyendo este material la principal variable en el costo de un bloque de suelo-cemento.*

*4.- Otro inconveniente que se tiene es la falta de aceptación del bloque de suelo-cemento por parte de la mayoría de las personas que no han vivido, ni han visto edificaciones construidas con este material.*

*5.- Se alcanzaron resistencias de hasta  $24 \text{ kg/cm}^2$  que al ser comparados con las normas aceptadas del Perú, es un valor excepcional; una vivienda de un piso descarga*

valores de 1 a 2  $\text{kg/cm}^2$  y por lo tanto el factor de seguridad contra la falla de rotura en compresión es de 12 aproximadamente con estos bloques.

6.- Se pudo comprobar que la resistencia en estado seco es el doble de la resistencia en estado semi-seco.

7.- A mayor cantidad de agua de el C.A.O. disminuyen las resistencias.

8.- Poca agua impide también que se alcancen las resistencias requeridas. Se debe investigar entonces, el C.A.O. para cada tipo de suelo que se emplee; se recomienda ensayar varias muestras de mezcla de suelo seco y cemento, agregando diferentes porcentajes de agua hasta alcanzar la consistencia óptima.

9. - La granulometría es un factor importantísimo, el suelo debe ser arenoso, entre 70% y 60% de arena, debe contener cierto porcentaje de finos, teniendo presente que debe contener más limos que arcillas.

10.- Se considera que, todo suelo es aprovechable, ahí se tiene, el caso del suelo C-14, con el que se ha obtenido muy buenos resultados a pesar de que no cumplía las especificaciones cien por ciento . Las resistencias bajas que se anotaron se debieron al

*proceso de curado y fraguado producido por efecto de las lluvias.*

11.- *Hace falta que los políticos y una buena parte de la población ecuatoriana tome conciencia de la realidad socio-económica del pueblo ya que la oportunidad que la gran mayoría de familias tienen de poseer su vivienda va disminuyendo día a día con el incremento en el costo de los materiales de construcción. El sistema de auto-construcción podría ser uno de los más adaptables al medio social de la población rural.*

# ANALISIS GRANULOMETRICO

**TESIS**

MUESTRA C-1

FECHA: NOVIEMBRE /93

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4					
No. 6					
No. 8					
No. 10	10.1	10.1	4.72	95.28	
No. 12					
No. 16					
No. 20					
No. 30					
No. 40	90	100.1	46.75	53.25	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100					
No. 200	75.4	175.5	81.97	18.03	
FONDO	38.6	214.1	100.00	0.00	
TOTAL	214.1				



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA



PERFORACION: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

MUESTRA: **C-1**

CURVA GRANULOMETRICA

Nº \_\_\_\_\_ PROYECTO: \_\_\_\_\_

BIBLIOTECA  
ESPOL

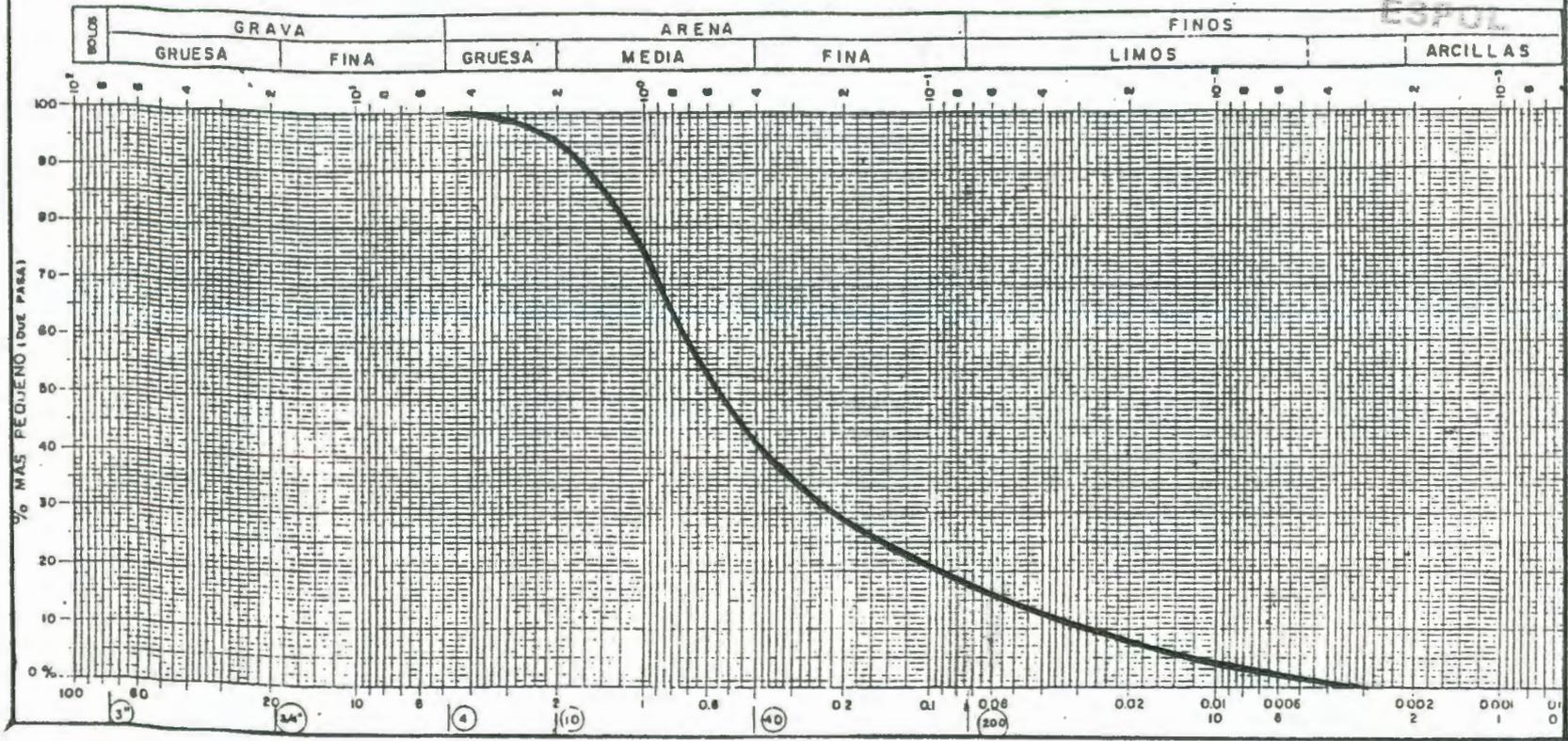


FIGURA # 4.- GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-1

TABLA #2  
**ANALISIS GRANULOMETRICO**

OBRA: TESIS

MUESTRA C-2

FECHA:

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: **CAMPUS POLITECNICO**

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4	10.2	10.2	3.77	96.23	
No. 6					
No. 8					
No. 10	35	45.2	16.73	83.27	
No. 12					
No. 16					
No. 20					
No. 30					
No. 40	112.4	157.6	58.32	41.68	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100					
No. 200	66.4	224	82.89	17.11	
FONDO	46.24	270.24	100.00	0.00	
TOTAL	270.24				



BIBLIOTECA FIC  
ESPOL

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO:

ARCHIVO: IGRA-02.WQ1

ENSAYO: 2

E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA



PERFORACION: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

MUESTRA: C-2

CURVA GRANULOMETRICA

Nº	PROYECTO:
----	-----------

BIBLIOTECA  
ESPOL

SUELO	GRAVA		ARENA			FINOS	
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMOS	ARCILLAS

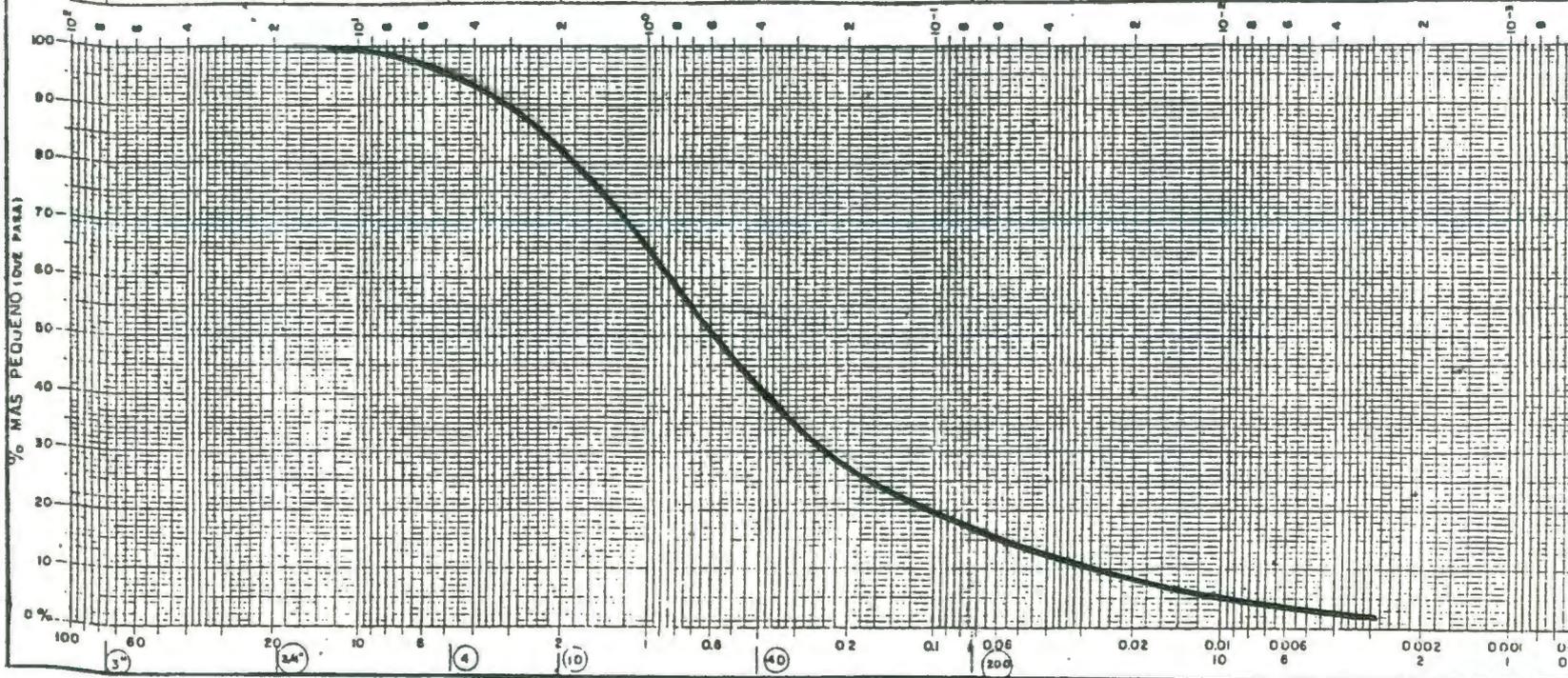


FIGURA # 5.- GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-2

ESPOL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TABLA #3

## ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA: TESIS

MUESTRA C-3

FECHA:

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4					
No. 6					
No. 8					
No. 10	0.26	0.26	0.21	99.79	
No. 12					
No. 16					
No. 20					
No. 30					
No. 40	5.32	5.58	4.53	95.47	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100					
No. 200	42.11	47.69	38.74	61.26	
FONDO	75.41	123.1	100.00	0.00	
TOTAL	123.1				

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO:

ARCHIVO: IGRA-02.WQ1

ENSAYO: 8

E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA



PERFORACION: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

MUESTRA: C-3

CURVA GRANULOMETRICA

Nº

PROYECTO:

PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_

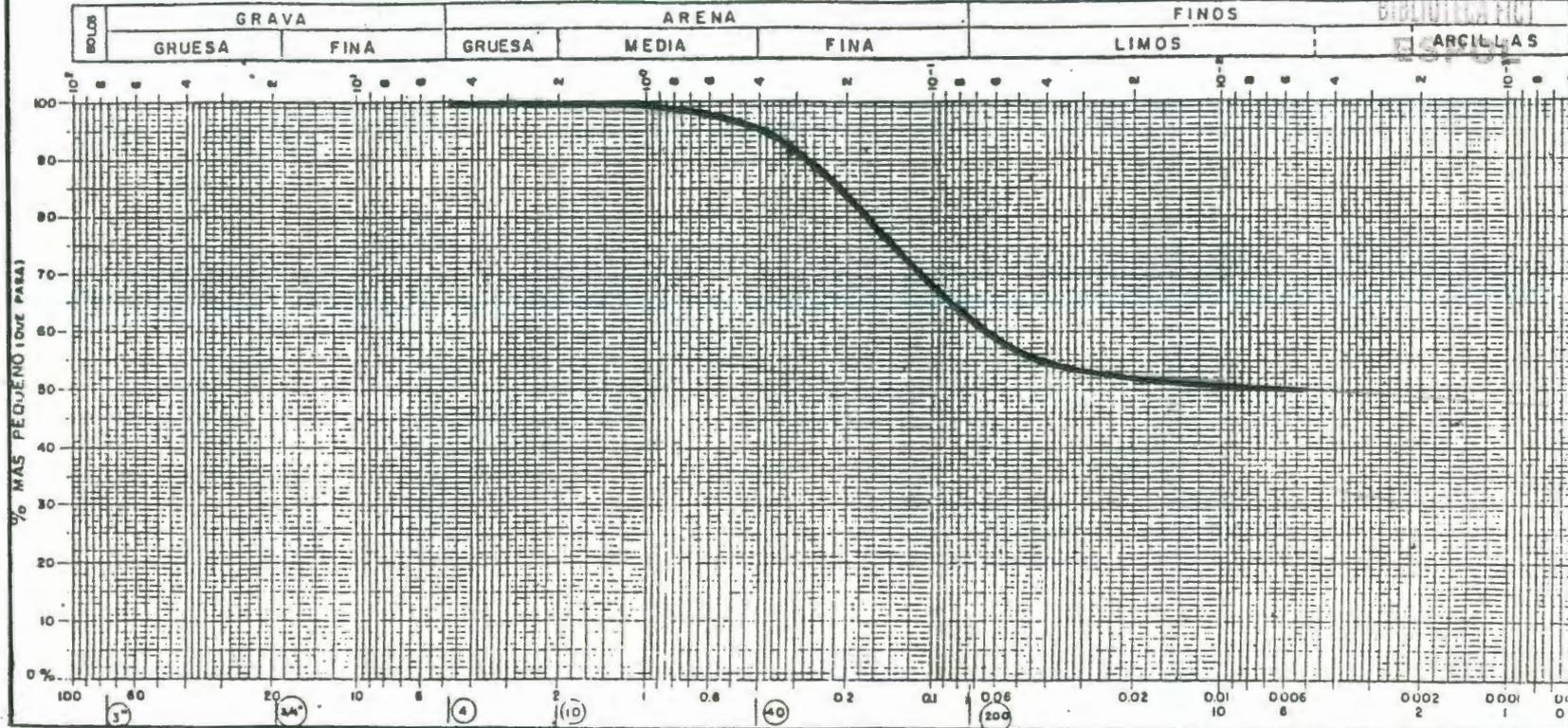


FIGURA # 6.- GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-3

ESPOL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TABLA #4

## ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA: TESIS

MUESTRA C-4

FECHA:

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4	0.43	0.43	0.38	99.62	
No. 6					
No. 8					
No. 10	4.51	4.94	4.40	95.60	
No. 12					
No. 16					
No. 20					
No. 30					
No. 40	41.82	46.76	41.69	58.31	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100					
No. 200	50.75	97.51	86.94	13.06	
FONDO	14.65	112.16	100.00	0.00	
TOTAL	112.16				

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO:

ARCHIVO: IGRA-02.WQ1

ENSAYO: 4



ESPOL

TABLA #5

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

OBRA: TESIS

MUESTRA C-5

FECHA: NOVIEMBRE /93

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4	1.27	1.27	0.73	99.27	
No. 6					
No. 8					
No. 10	4.98	6.25	3.58	96.42	
No. 12					
No. 16					
No. 20					
No. 30					
No. 40	23.8	30.05	17.22	82.78	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100					
No. 200	42.83	72.88	41.77	58.23	
FONDO	101.62	174.5	100.00	0.00	
TOTAL	174.5				

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO:

ARCHIVO: IGRA-02.WQ1

ENSAYO: 5

E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA

PERFORACION: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

MUESTRA: C-5

CURVA GRANULOMETRICA

Nº \_\_\_\_\_

PROYECTO

BIBLIOTECA  
ESPOL

BOLOS	GRAVA		ARENA			FINOS	
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMOS	ARCILLAS

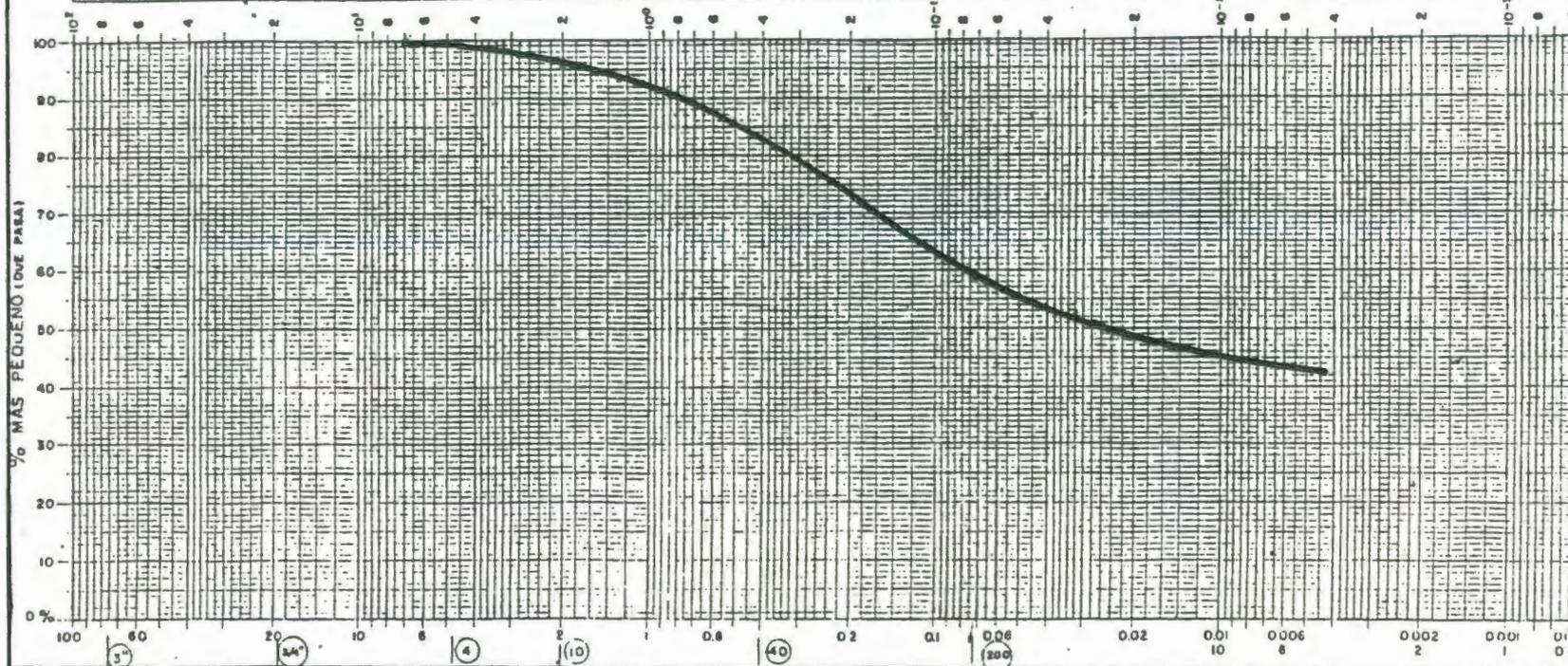


FIGURA # 8.- GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-5

## ANALISIS GRANULOMETRICO

TITULO: TESIS

MUESTRA C-6

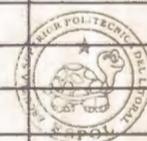
FECHA: NOVIEMBRE /93

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

MUESTRA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4	0.77	0.77	0.61	99.39	
No. 6					
No. 8					
No. 10	1	1.77	1.40	98.60	
No. 12					
No. 16					
No. 20					
No. 30					
No. 40	2	3.77	2.98	97.02	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100					
No. 200	4.9	8.67	6.86	93.14	
TONDO	117.8	126.47	100.00	0.00	
TOTAL	126.47				

BIBLIOTECA FICT  
ITESO

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO:

ARCHIVO: IGRA-02.WQ1

ENSAYO: 8



ESPOL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TABLA #7

## ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA: TESIS

MUESTRA C-7

FECHA: NOVIEMBRE /93

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4	3.24	3.24	1.61	98.39	
No. 6					
No. 8					
No. 10	5.99	9.23	4.57	95.43	
No. 12					
No. 16					
No. 20					
No. 30					
No. 40	14.81	24.04	11.91	88.09	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100					
No. 200	34.06	58.1	28.78	71.22	
FONDO	143.76	201.86	100.00	0.00	
TOTAL	201.86				

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO:

ARCHIVO: IGRA-02.WQ1-

ENSAYO: 7



E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA

PERFORACION: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

MUESTRA: C-7

CURVA GRANULOMETRICA

Nº	PROYECTO:
----	-----------

BOLOS	GRAVA		ARENA			FINOS				
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMOS			ARCILLAS	

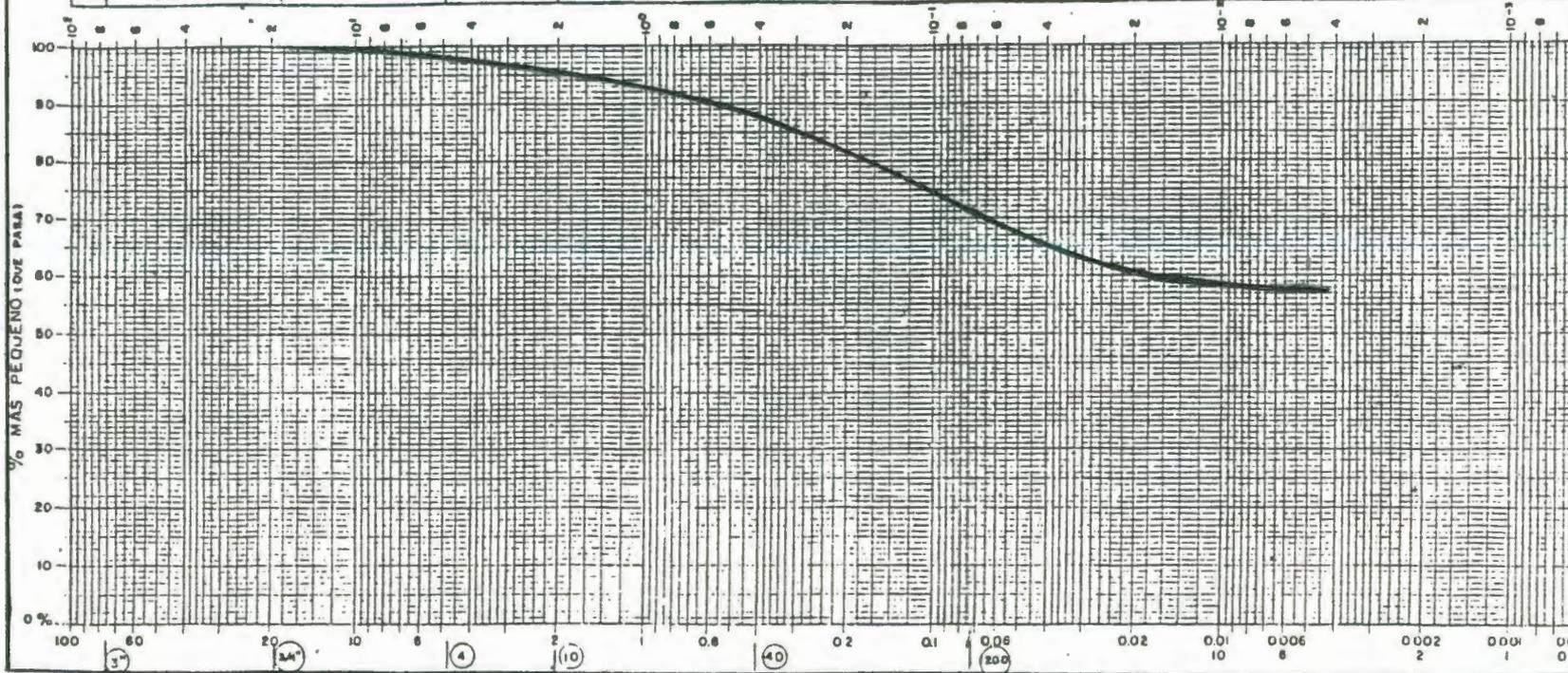


FIGURA # 10.- GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-7

ESPOL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TABLA #8

## ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA: TESIS

MUESTRA: C-8

FECHA: NOVIEMBRE /93

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4	2.7	2.7	2.02	97.98	
No. 6					
No. 8					
No. 10	5.6	8.3	6.20	93.80	
No. 12					
No. 16					
No. 20					
No. 30					
No. 40	9.5	17.8	13.30	86.70	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100					
No. 200	7.7	25.5	19.06	80.94	
FONDO	108.3	133.8	100.00	0.00	
TOTAL	133.8				

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO:

ARCHIVO: IGRA-02.WQ1"

ENSAYO: 8

E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA

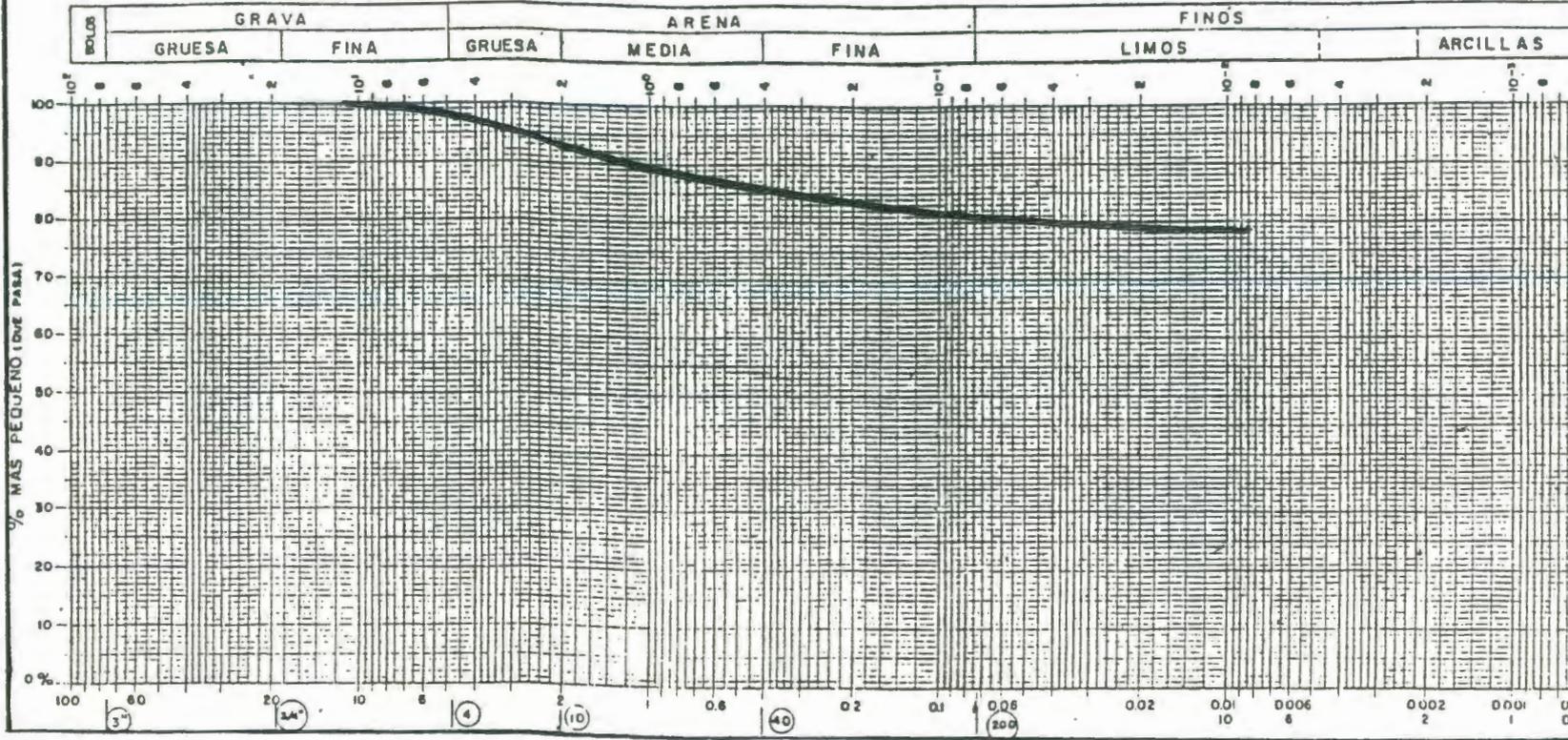
BIBLIOTECA

PERFORACION: \_\_\_\_\_  
MUESTRA: C-8  
PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

CURVA GRANULOMETRICA

Nº \_\_\_\_\_ PROYECTO: **ESPOL**



ESPOL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TABLA #9

## ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA: TESIS

MUESTRA: C-9

FECHA: NOVIEMBRE /93

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4					
No. 6					
No. 8					
No. 10	21.72	21.72	13.44	86.56	
No. 12					
No. 16					
No. 20					
No. 30					
No. 40	96.321	118.041	73.02	26.98	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100					
No. 200	34.885	152.926	94.59	5.41	
FONDO	8.74	161.666	100.00	0.00	
TOTAL	161.666				

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO:

ARCHIVO:

IGRA-02.WQ1

ENSAYO:

9



TABLA #10  
**ANALISIS GRANULOMETRICO**

OBRA: TESIS

MUESTRA: C-10

FECHA: NOVIEMBRE /93

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4	1.27	1.27	0.96	99.04	
No. 6					
No. 8					
No. 10	7.75	9.02	6.81	93.19	
No. 12					
No. 16					
No. 20					
No. 30					
No. 40	67.89	76.91	58.09	41.91	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100					
No. 200	38.98	115.89	87.53	12.47	
FONDO	16.51	132.4	100.00	0.00	
TOTAL	132.4				



BIBLIOTECA FICY  
ESPOL

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO:

ARCHIVO: IGRA-02.WQ1 -

ENSAYO: 10



E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

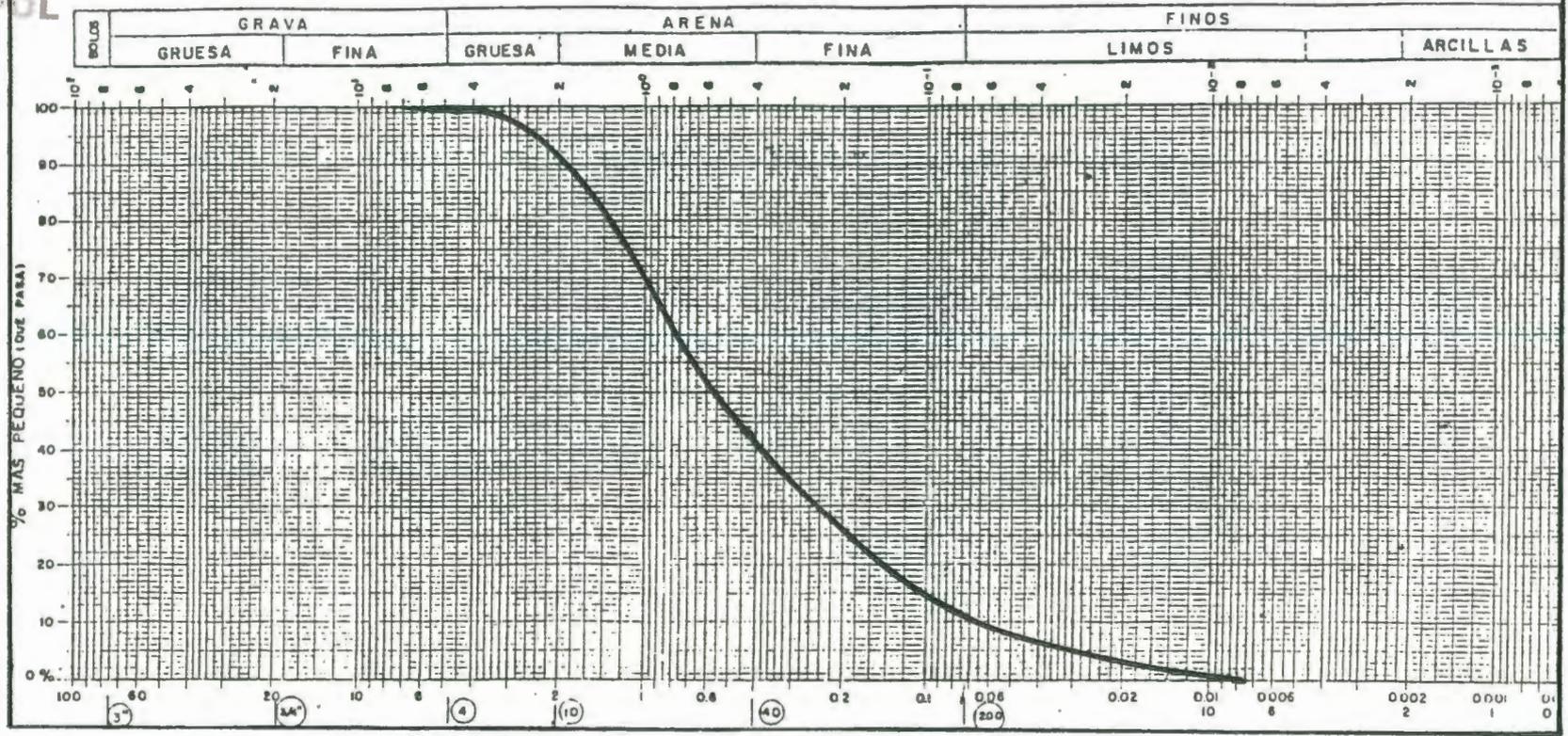
PERFORACION: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

MUESTRA: C-10

CURVA GRANULOMETRICA

Nº	PROYECTO:
----	-----------

PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_



ESPOL

TABLA #11

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

OBRA: TESIS

MUESTRA: C-11

FECHA: NOVIEMBRE /93

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4	9.6	9.6	2.78	97.22	
No. 6					
No. 8					
No. 10	45.5	55.1	15.95	84.05	
No. 12					
No. 16					
No. 20					
No. 30					
No. 40	162.4	217.5	62.97	37.03	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100					
No. 200	55.1	272.6	78.92	21.08	
FONDO	72.8	345.4	100.00	0.00	
TOTAL	345.4				

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO:

ARCHIVO:

IGRA-02.WG1

ENSAYO:

11

E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA



PERFORACION: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

MUESTRA: C-11

CURVA GRANULOMETRICA

PROYECTO: BIBLIOTECA FICT

PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_

ESPOL

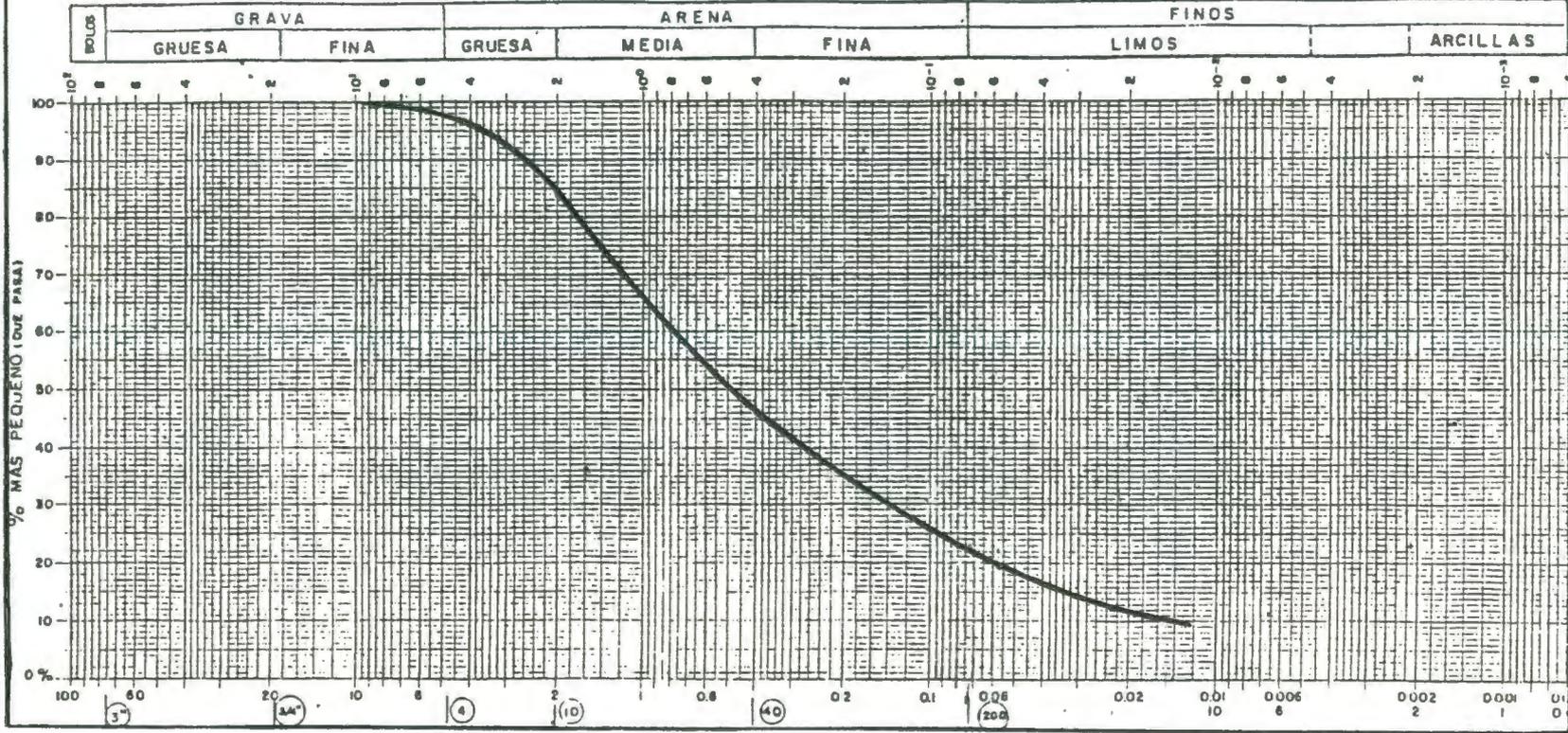


FIGURA # 14.- GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-11

ESPOL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TABLA #12

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

OBRA: TESIS

MUESTRA: C-12

FECHA: NOVIEMBRE /93

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4					
No. 6					
No. 8					
No. 10	2.07	2.07	1.64	98.36	
No. 12					
No. 16					
No. 20					
No. 30					
No. 40	29.46	31.53	25.01	74.99	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100					
No. 200	54.72	86.25	68.41	31.59	
FONDO	39.82	126.07	100.00	0.00	
TOTAL	126.07				

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO: 0

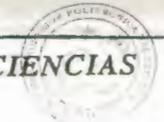
ARCHIVO: IGRA-02.WQ1

ENSAYO: 12

E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA



PERFORACION: \_\_\_\_\_  
MUESTRA: C-12  
PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

CURVA GRANULOMETRICA

Nº \_\_\_\_\_ PROYECTO: \_\_\_\_\_  
BIBLIOTECA  
ESPOL

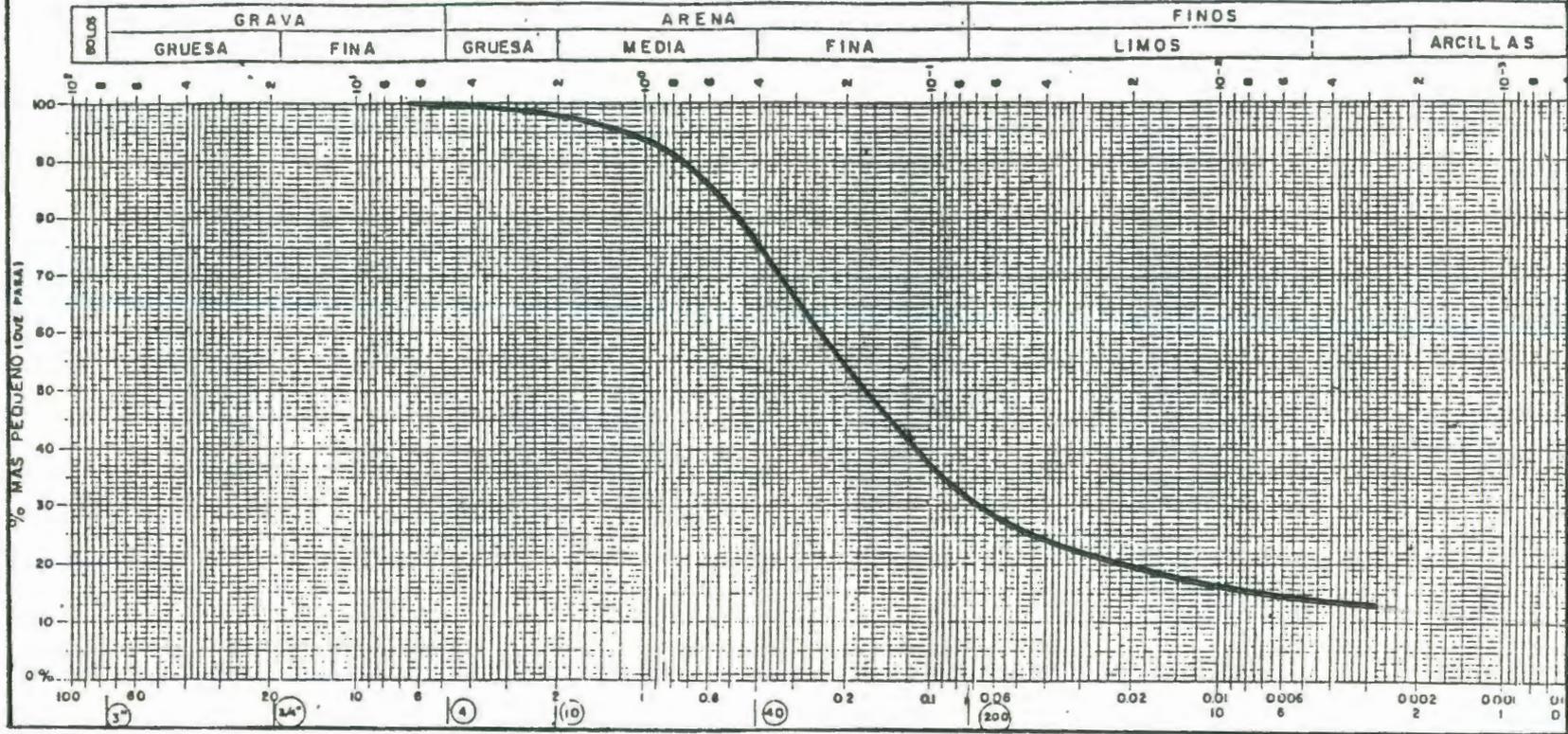


FIGURA # 15.- GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-12

ESPOL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TABLA #13

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

OBRA: TESIS

MUESTRA: C-13

FECHA: NOVIEMBRE /93

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4					
No. 6					
No. 8					
No. 10	143.68	143.68	44.81	55.19	
No. 12					
No. 16					
No. 20	86.35	230.03	71.74	28.26	
No. 30					
No. 40	30.85	260.88	81.36	18.64	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100	37.24	298.12	92.98	7.02	
No. 200	11.12	309.24	96.45	3.55	
FONDO	11.39	320.63	100.00	0.00	
TOTAL	320.63				

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO:

ARCHIVO: IGRA-02.WQ1

ENSAYO: 18

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA

PERFORACION: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

MUESTRA: C-13

CURVA GRANULOMETRICA

Nº \_\_\_\_\_ PROYECTO: \_\_\_\_\_

BIBLIOTECA  
ESPOL

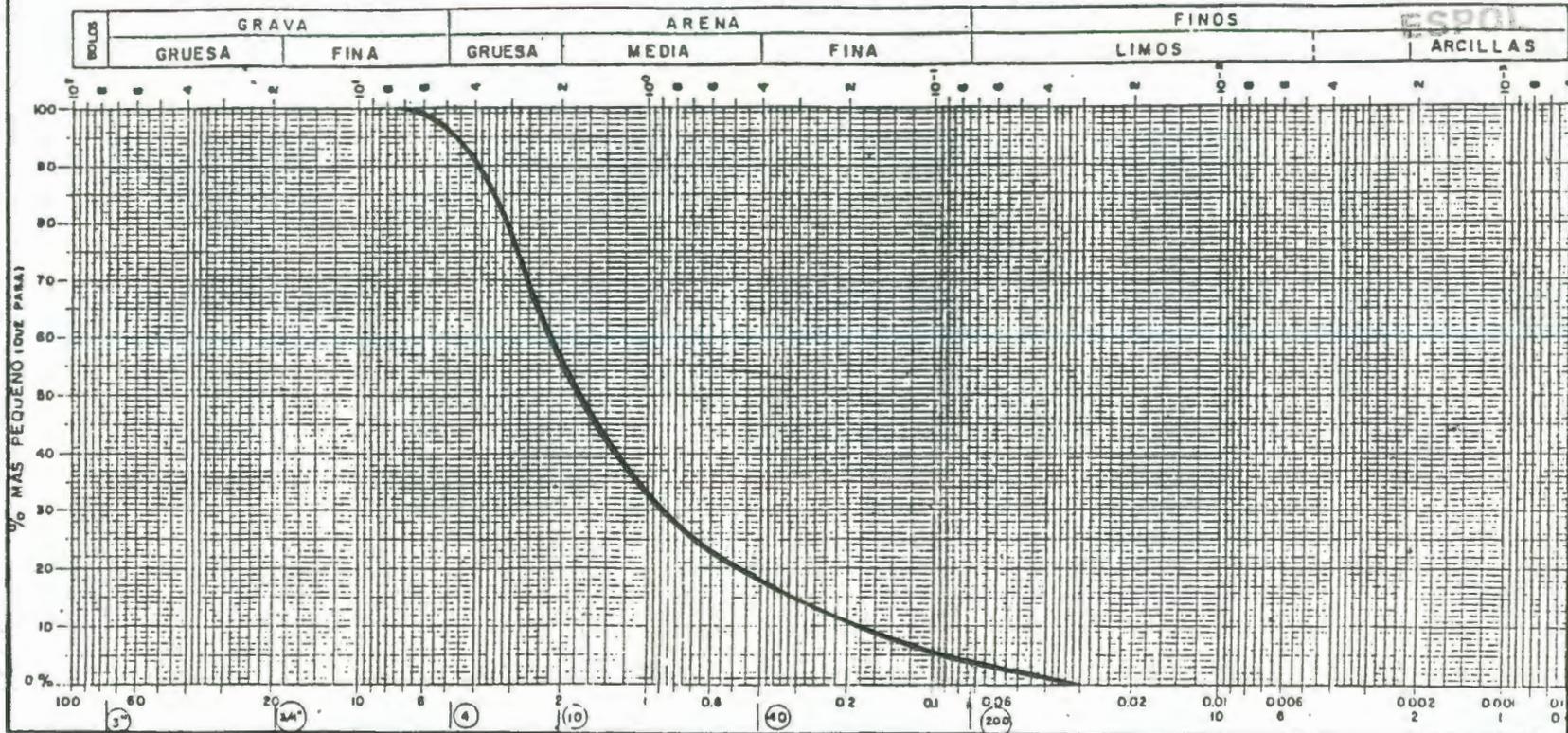


FIGURA # 16.- GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-13

ESPOL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TABLA #14

## ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA: TESIS

MUESTRA: C-14

FECHA: NOVIEMBRE /93

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4					
No. 6					
No. 8					
No. 10	6.3	6.3	2.12	97.88	
No. 12					
No. 16					
No. 20	11.51	17.81	6.00	94.00	
No. 30					
No. 40	19.3	37.11	12.50	87.50	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100	67.67	104.78	35.30	64.70	
No. 200	67.09	171.87	57.90	42.10	
FONDO	124.97	296.84	100.00	0.00	
TOTAL	296.84				

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO:

0

ARCHIVO: IGRA-02.WQ1

ENSAYO: 14

E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA

PERFORACION: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

MUESTRA: C-14

CURVA GRANULOMETRICA

Nº \_\_\_\_\_ PROYECTO: \_\_\_\_\_

BIBLIOTECA  
ESPOL

BOLOS	GRAVA		ARENA			FINOS			
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMOS		ARCILLAS	

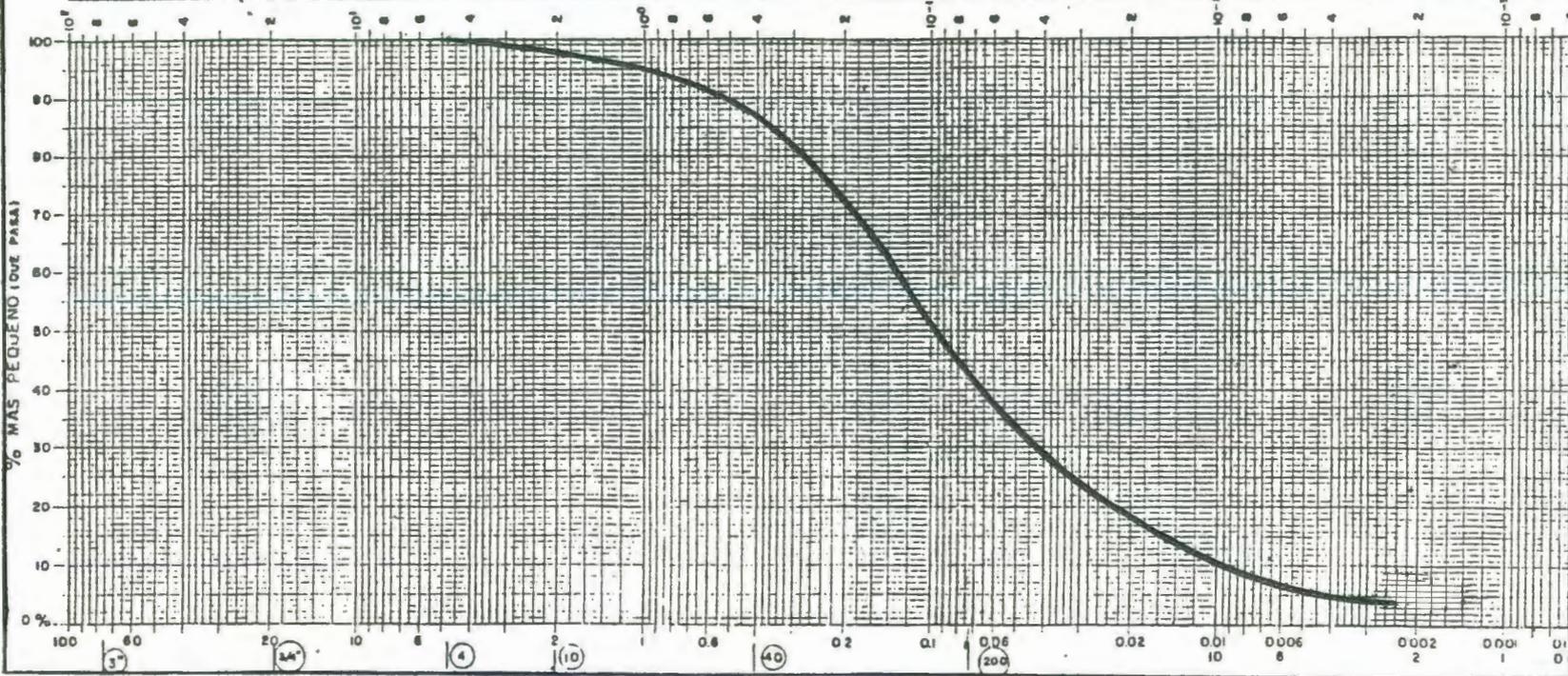


FIGURA # 17.- GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA C-14

TABLA #15

## ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

## GRAVEDAD ESPECIFICA

MUESTRA: C-14

MATERIAL < QUE LA MALLA No. 4			
Prueba No.	1	2	3
Matraz No.	1	2	3
Wmws gr.	379.29	380.41	378.91
Temperatura	24.6	24.5	24.4
Wmw	350.41	351.41	349.82
Ws	46.26	46.39	46.33
Ws+Wmw-Wmws	17.38	17.39	17.24
Gs	2.662	2.668	2.687

Wmws = Peso del matraz + agua + muestra a T

Wmw = Peso del matraz + agua a T

Ws = Peso del suelo seco

Gs (prom.) = 2.672

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Laboratorista: Bethy Merchán S.

ENSAYO DE HIDROMETRO

PROYECTO: TESIS  
MUESTRA: C-14



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

GRAVEDAD ESPECIFICA (G): 2.872

PESO SECO (We): PESO SECO (We)= 48.24

$R_o = R_a \cdot Z_o + C_t$

$C_t \rightarrow$  [depende de la T]

$\% \text{ Fines} = R_o \cdot a^a \cdot 100 / W_e \rightarrow a = 1.66 G_e / (2.65^a (G_e - 1))$

$Z_o = 1.5$

$D = k Z_r / t$

$a = 0.995035$

$k \rightarrow$  [depende de T y  $G_e$ ]

FECHA	TIEMPO	TIEMPO T	Ra	Ro	TEMP.	K	N (%)	Zr	Zr/t	D	W1/We	N' (%)
23/11/93	11h01	0										
	11h03	2	26.60	26.95	23.5	0.01320	82.30	12.75	2.525	0.0333	0.421	26.23
	11h06	5	19.50	21.85	23.5	0.01320	47.02	14.40	1.897	0.0224	0.421	19.79
	11h11	10	15.60	19.15	23.5	0.01320	39.06	15.72	1.254	0.0166	0.421	16.44
	11h21	20	12.00	14.35	23.5	0.01320	30.88	16.62	0.912	0.0120	0.421	13.00
	11h41	40	8.00	10.35	23.5	0.01320	22.27	17.40	0.680	0.0087	0.421	9.38
	12h01	60	6.50	8.65	22.5/22	0.01340	19.04	17.65	0.542	0.0073	0.421	8.02
	13h01	120	5.00	7.35	22/22	0.01340	15.82	17.95	0.387	0.0052	0.421	6.66
	16h01	300	3.50	5.85	22/22	0.01340	12.59	18.20	0.246	0.0033	0.421	5.30
	17h49	408	3.20	5.55	23/23	0.01330	11.84	18.30	0.212	0.0028	0.421	5.03
24/11/93	9h23	1342	2.00	4.35	24/23.5	0.01310	8.36	18.55	0.118	0.0015	0.421	3.94
	11h37	1476	1.50	3.85	24.5/24.5	0.01305	6.28	18.85	0.112	0.0015	0.421	3.49
	12h52	1551	1.00	3.35	26/25.5	0.01280	7.21	19.72	0.110	0.0014	0.421	3.03

TABLA #16

TABLA #17  
**ANALISIS GRANULOMETRICO**

OBRA: TESIS

MUESTRA: L-15

FECHA: NOVIEMBRE /93

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4					
No. 6					
No. 8					
No. 10	144.6	144.6	35.93	64.07	
No. 12					
No. 16					
No. 20	103.6	248.2	61.66	38.34	
No. 30					
No. 40	33.5	281.7	69.99	30.01	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100	36.4	318.1	79.03	20.97	
No. 200	11.4	329.5	81.86	18.14	
FONDO	73	402.5	100.00	0.00	
TOTAL	402.5				



BIG. 20

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO: 0

ARCHIVO: IGRA-02.WQ1

ENSAYO: 15

E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA



PERFORACION: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_  
MUESTRA: L-15  
PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_

CURVA GRANULOMETRICA

Nº	PROYECTO:
----	-----------

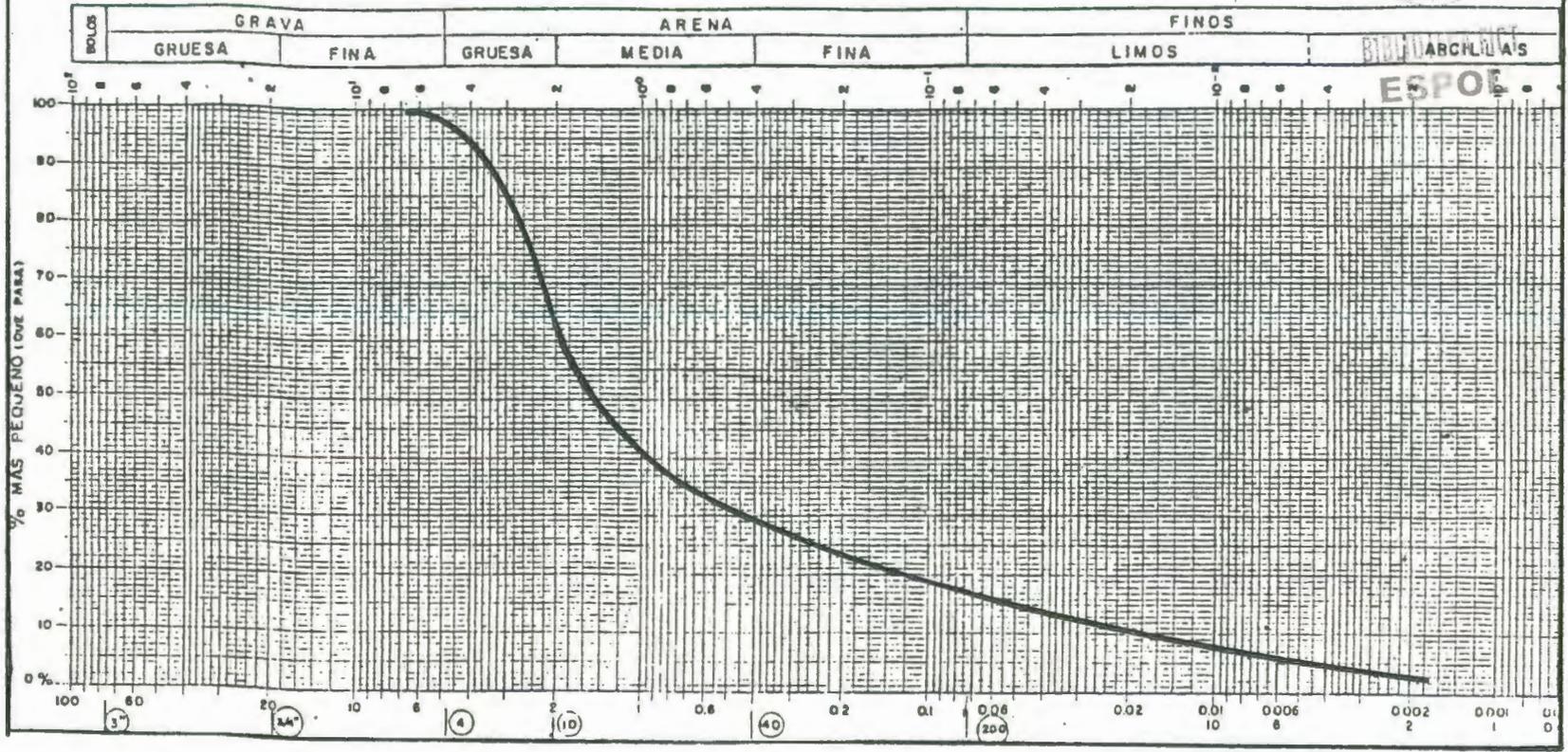


FIGURA # 18.- GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA L-15

TABLA #18

## ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

## GRAVEDAD ESPECIFICA

MUESTRA: L-15

MATERIAL &lt; QUE LA MALLA No. 4

Prueba No.	1	2	3
Matraz No.	1	2	3
Wmws gr.	380.32	381.53	379.91
Temperatura	27.5	27.5	27.5
Wmw	350.2	351.58	349.93
Ws	49	48.5	48.75
Ws+Wmw-Wmws	18.88	18.55	18.77
Gs	2.595	2.615	2.597

Wmws = Peso del matraz + agua + muestra a T

Wmw = Peso del matraz + agua a T

Ws = Peso del suelo seco

Gs (prom.) = 2.602

Laboratorista: Bethy Merchán S.

BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

ENSAYO DE HIDROMETRO



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

PROYECTO: TESIS  
MUESTRA: L-15

GRAVEDAD ESPECÍFICA (G): 2.802

PESO SECO (W<sub>s</sub>): PESO SECO (W<sub>s</sub>)= 47

$R_c = R_a - Z_o + C_t$

C<sub>t</sub> --> [depende de la T]

% Fines =  $R_c \cdot a^2 \cdot 100 / W_s \rightarrow a = 1.66 G_e / (2.85^2 (G_e - 1))$

Z<sub>o</sub> = 1.5

D = k Z<sub>r</sub>/t                      a = 1.011307

k --> [depende de T y G<sub>e</sub>]

FECHA	TIEMPO	TIEMPO T	R <sub>a</sub>	R <sub>c</sub>	TEMP.	K	N (%)	Z <sub>r</sub>	Z <sub>r</sub> /t	D	W <sub>1</sub> /W <sub>s</sub>	N' (%)
	11h05	0										
	11h08	3	33.00	32.5	24/24	0.01300	89.94	12.75	2.062	0.0268	0.1814	12.69
	11h10	5	30.00	29.5	24/24	0.01300	83.48	13.30	1.631	0.0212	0.1814	11.52
	11h15	10	25.50	25	24/24	0.01300	53.80	14.15	1.190	0.0155	0.1814	9.78
	11h25	20	22.50	22	24/23.5	0.01300	47.34	14.70	0.857	0.0111	0.1814	8.59
	12h12	40	18.50	18	23.5/23.5	0.01305	34.43	15.80	0.628	0.0082	0.1814	6.25
	12h05	80										
	13h11	128	13.50	13	24/23.5	0.01305	27.97	16.40	0.381	0.0047	0.1814	5.07
	15h05	240	11.00	10.35	23.5/23.5	0.01310	22.27	16.80	0.285	0.0035	0.1814	4.04
	15h55	290	9.00	8.5	24	0.01300	18.29	17.20	0.244	0.0032	0.1814	3.32
28/12/93	8h48	1303	5.50	5	24/24	0.01300	10.78	17.85	0.117	0.0015	0.1814	1.95
	9h17	2772	3.50	3	24/24	0.01300	6.48	18.25	0.081	0.0011	0.1814	1.17
	15h02	3117	2.50	2	24/24	0.01300	4.30	18.45	0.077	0.0010	0.1814	0.78

TABLA #19

ESPOL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TABLA #20

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

OBRA: TESIS

MUESTRA: L-16-1

FECHA: NOVIEMBRE /93

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4					
No. 6					
No. 8					
No. 10	23.29	23.29	10.66	89.34	
No. 12					
No. 16					
No. 20	16.8	40.09	18.35	81.65	
No. 30					
No. 40	17.31	57.4	26.27	73.73	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100	44.94	102.34	46.84	53.16	
No. 200	39.9	142.24	65.10	34.90	
FONDO	76.26	218.5	100.00	0.00	
TOTAL	218.5				

BIBLIOTECA FIC  
ESPOL

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO: 0

ARCHIVO: IGRA-02.WQ1

ENSAYO: 16

E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA



PERFORACION: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

MUESTRA: L-16-1

CURVA GRANULOMETRICA

Nº \_\_\_\_\_

PROYECTO: \_\_\_\_\_

BIBLIOTECA INT  
ESPOL

BOLOS	GRAVA		ARENA			FINOS		ARCILLAS
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMOS		

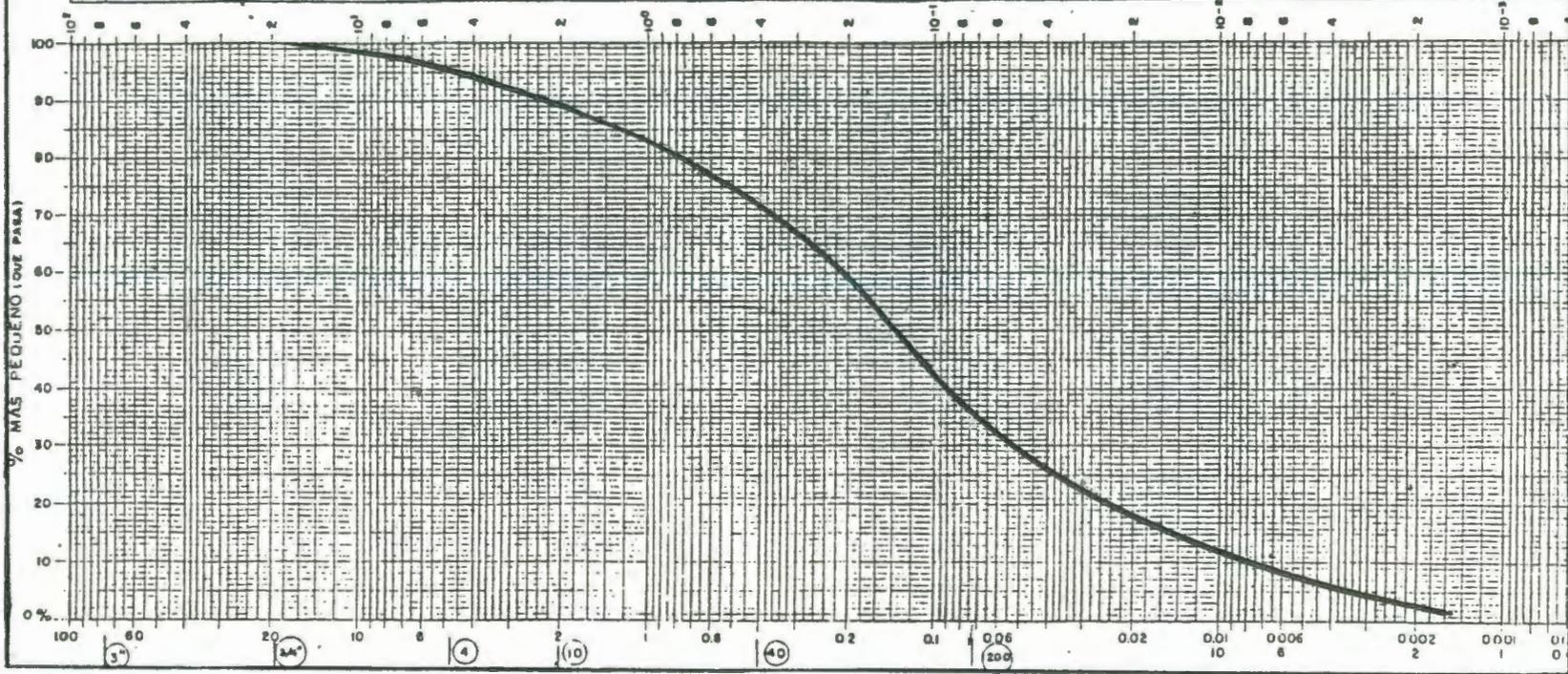


FIGURA # 19.- GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA L-16-1

# ANALISIS GRANULOMETRICO

OBRA: TESIS

MUESTRA: L-16-2

FECHA: NOVIEMBRE /93

DESCRIPCION MATERIAL:

FUENTE DEL MATERIAL: CAMPUS POLITECNICO

PARA:

TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4					
No. 6					
No. 8					
No. 10	18.32	18.32	8.52	91.48	
No. 12					
No. 16					
No. 20	15.78	34.1	15.86	84.14	
No. 30					
No. 40	15.01	49.11	22.84	77.16	
No. 50					
No. 60					
No. 80					
No. 100	44.85	93.96	43.70	56.30	
No. 200	42.97	136.93	63.69	36.31	
FONDO	78.07	215	100.00	0.00	
TOTAL	215				



BIBLIOTECA FIC I  
ESPOL

OBSERVACIONES:

OPERADOR: BETHY MERCHAN S.

CALCULADO: BETHY MERCHAN S.

REVISADO: 0

ARCHIVO: IGRA-02.WQ1

ENSAYO: 17

E. S. P. O. L

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
DE LA TIERRA



PERFORACION: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

MUESTRA: L-16-2

CURVA GRANULOMETRICA

Nº \_\_\_\_\_

PROYECTO: \_\_\_\_\_

PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_

BOQUILLA Nº \_\_\_\_\_

ESPOLAS \_\_\_\_\_

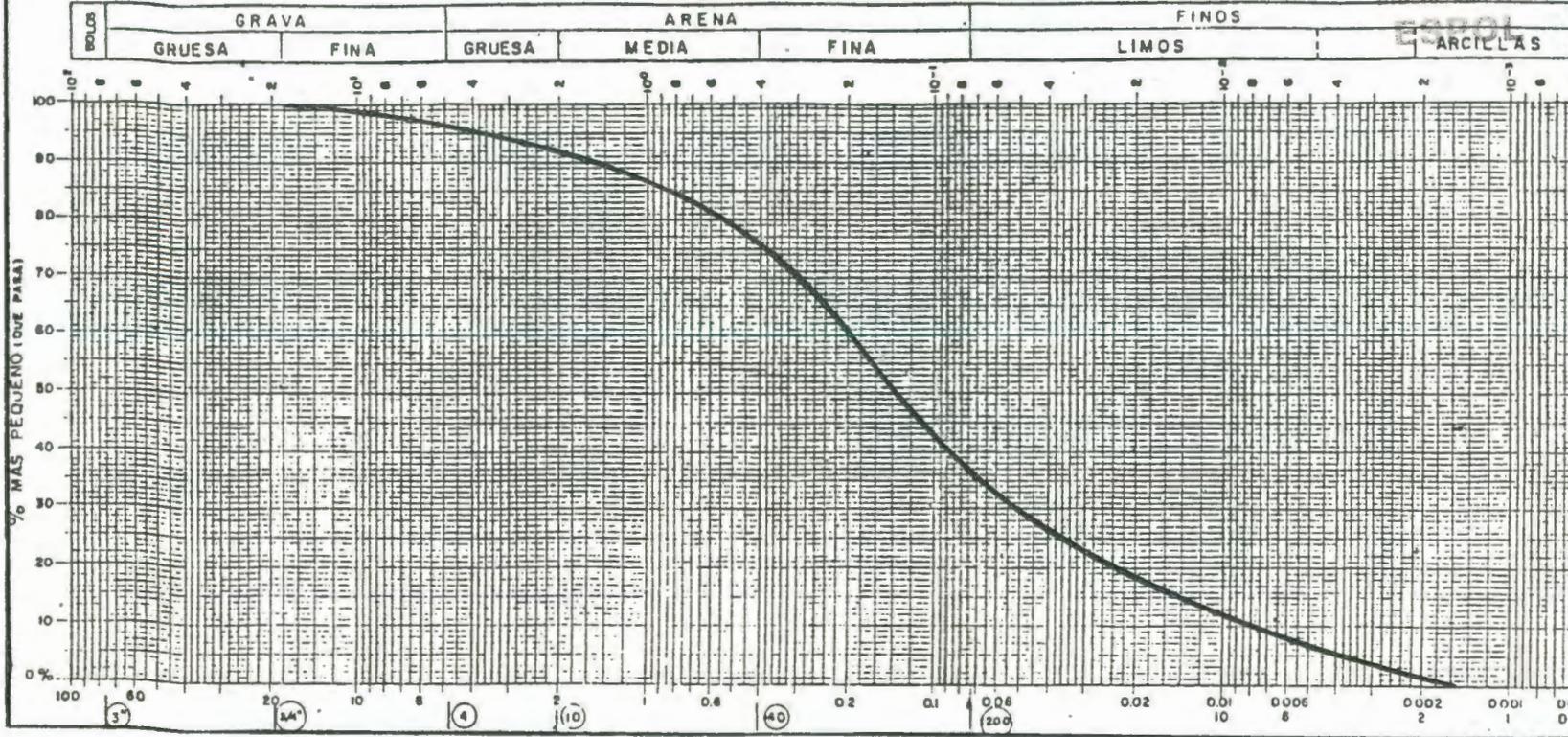


FIGURA # 20.- GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA L-16-2

LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: TESIS  
 LOCALIZACION: CAMPUS POLITECNICO  
 ENSAYO: 12  
 PROFUNDIDAD: 0.2 - 0.6 m  
 MUESTRA: C-1  
 FECHA:  
 OPERADOR: BETHY MERCHAN  
 CALCULO: BETHY MERCHAN  
 REVISION:  
 APOHIVO: DATUM01.WQ1-

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

HUMEDAD NATURAL

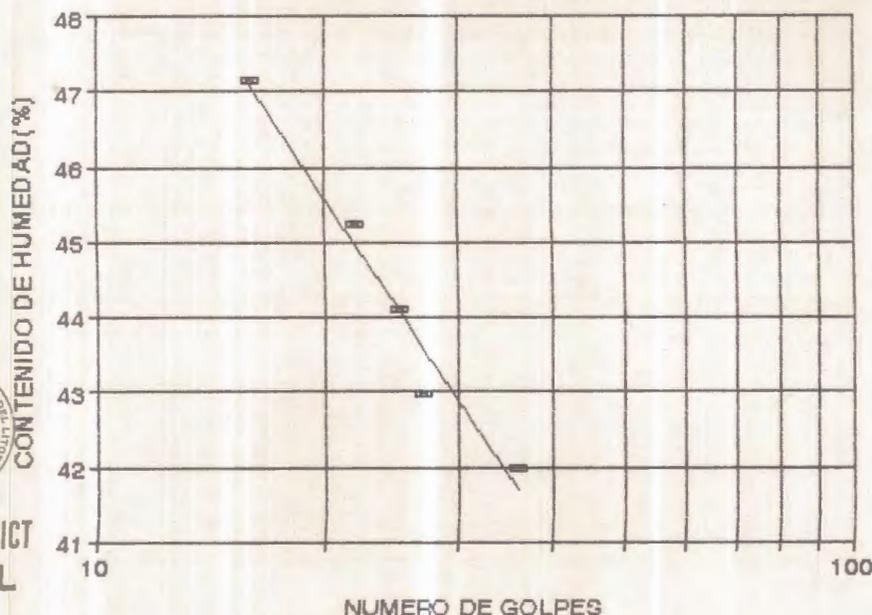
		276	238.00	21.91	40.00	214.09	19.68	19.68

LIMITE LIQUIDO

16	94	14.60	11.98	6.36	2.64	5.60	47.14
22	16	15.08	12.32	6.22	2.76	6.10	45.25
27	79	15.68	11.37	6.04	2.29	5.33	42.98
36	132	15.36	12.68	6.23	2.70	6.43	41.99

LIMITE PLASTICO

	4	9.07	7.68	3.60	1.39	4.08	34.07	33.65
	6	7.93	6.80	3.40	1.13	3.40	33.24	



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

W= 19.68 %      LP= 33.65 %      SUCS= SM  
 LL= 44.12 %      IP= 10.46 %      IG=

ESPOL

## TABLA #23

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

## LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO:	TESIS	OPERADOR:	BETHY MERCHAN
LOCALIZACION:	CAMPUS POLITECNICO	CALCULO:	BETHY MERCHAN
ENSAYO:	10	REVISION:	
PROFUNDIDAD:	0.2 - 0.5 m	ARCHIVO:	DATUM01.WG1-
MUESTRA:	C-2		
FECHA:			

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

## HUMEDAD NATURAL

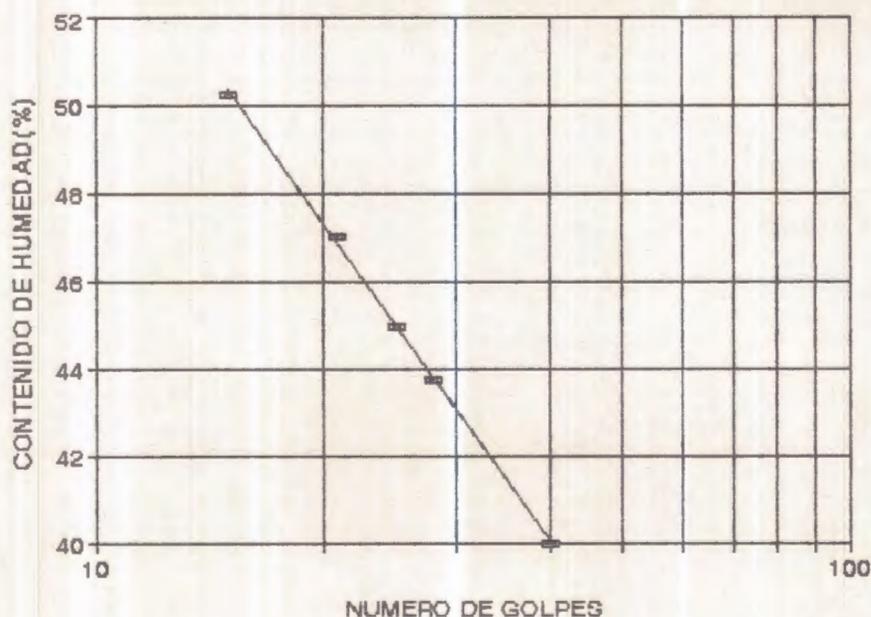
		328	292.00	21.76	34.00	270.24	12.58	12.58

## LIMITE LIQUIDO

40	134	15.19	12.61	6.16	2.58	6.45	40.00
29	18	16.22	13.12	6.04	3.10	7.08	43.79
21	116	17.60	13.97	6.25	3.63	7.72	47.02
15	2	14.44	11.70	6.25	2.74	5.45	50.29

## LIMITE PLASTICO

	6	9.48	8.10	3.40	1.38	4.70	29.36	29.29
	4	8.95	7.74	3.60	1.21	4.14	29.23	



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

W= 12.58 %      LP= 29.29 %      SUCS= SM  
LL= 45.00 %      IP= 15.71 %      IG=

TABLA #24

ESPOL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

### LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: TESIS  
 LOCALIZACION: CAMPUS POLITECNICO  
 ENSAYO: 9  
 PROFUNDIDAD: 0.3-0.7 m.  
 MUESTRA: C-3  
 FECHA:   
 OPERADOR: BETHY MERCHAN  
 CALCULO: BETHY MERCHAN  
 REVISION:   
 ARCHIVO: DATUM91.WQ1-

NUMERO DE GOLPEZ	NUMERO DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

**HUMEDAD NATURAL**

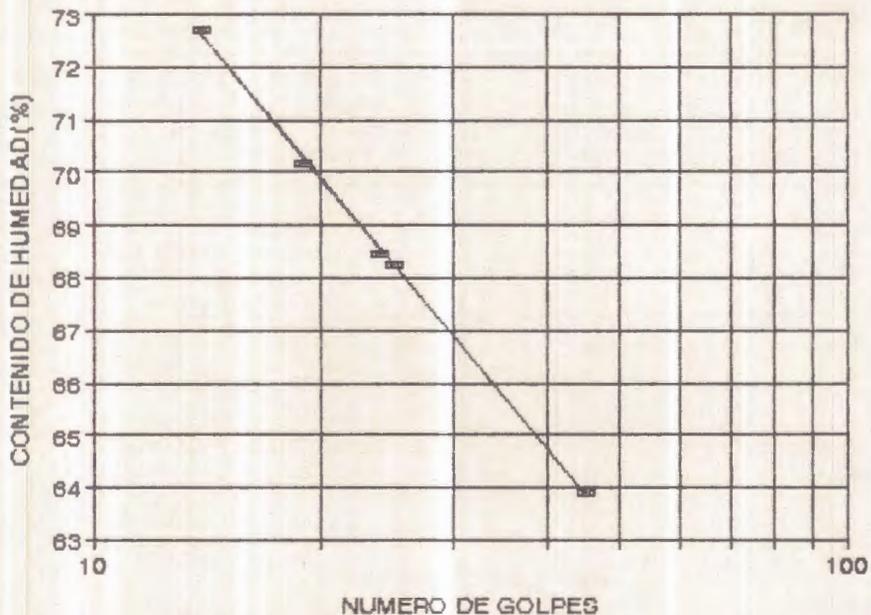
	31	174	144.31	21.21	29.31	123.10	23.91	23.91

**LIMITE LIQUIDO**

45	57	15.13	11.71	6.36	3.42	5.35	63.93
24	96	16.54	12.26	6.01	4.29	6.25	69.48
19	93	17.00	12.62	6.39	4.39	6.24	70.19
14	19	14.26	10.90	6.04	3.46	4.76	72.69

**LIMITE PLASTICO**

	19	7.15	6.40	4.08	0.75	2.34	32.05	32.50
	A	7.00	6.15	3.57	0.85	2.59	32.95	



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

W= 23.91 %      LP= 32.50 %      SUCS= CH  
 LL= 69.25 %      IP= 35.75 %      IG=

TABLA #25

ESPOL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

## LIMITES DE CONSISTENCIA

**PROYECTO:** TESIS  
**LOCALIZACION:** CAMPUS POLITECNICO  
**ENSAYO:** 8  
**OPERADOR:** BETHY MERCHAN  
**PROFUNDIDAD:** 0.3-0.5  
**CALCULO:** BETHY MERCHAN  
**MUESTRA:** C-4  
**REVISION:**  
**FECHA:**  
**ARCHIVO:** DATUM01.WG1-

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

## HUMEDAD NATURAL

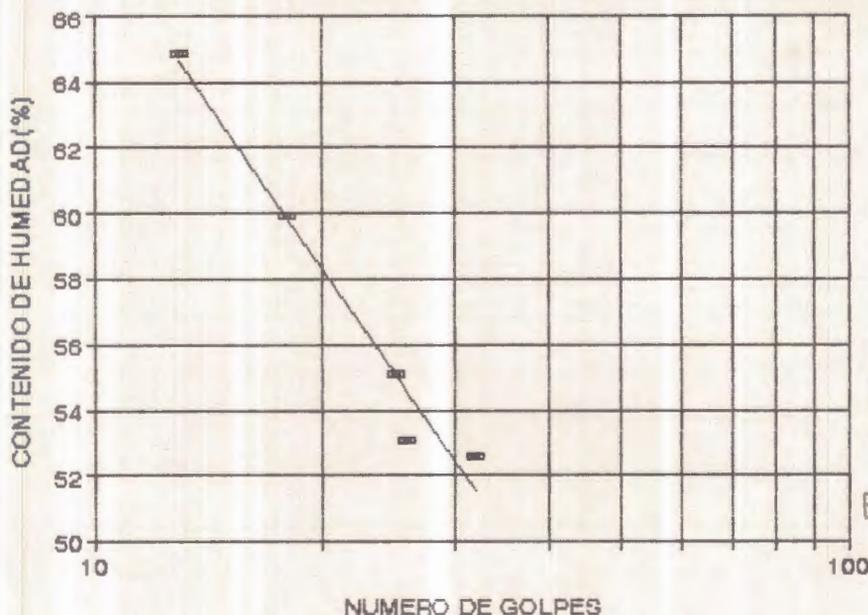
	15	192	168.40	21.00	23.66	147.40	16.05	16.05

## LIMITE LIQUIDO

13	74	17.68	13.13	6.12	4.55	7.01	64.91
19	59	16.35	12.50	6.09	3.85	6.42	59.97
26	61	15.49	12.26	6.17	3.23	6.09	53.04
32	99	19.69	15.02	6.14	4.67	8.99	52.59

## LIMITE PLASTICO

		9.00	6.90	3.59	1.20	3.21	37.39	37.14
	16	9.36	7.15	3.87	1.21	3.29	36.99	



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

W= 16.05 %      LP= 37.14 %      SUCS= SM  
 LL= 55.09 %      IP= 17.95 %      IG=

TABLA #26

ESPOL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

## LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: TESIS  
 LOCALIZACION: CAMPUS POLITECNICO  
 ENSAYO: 7  
 PROFUNDIDAD: 0.3-0.5  
 MUESTRA: C-5  
 OPERADOR: BETHY MERCHAN  
 CALCULO: BETHY MERCHAN  
 REVISION:  
 FECHA:  
 ARCHIVO: DATUM01.WG1-

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

### HUMEDAD NATURAL

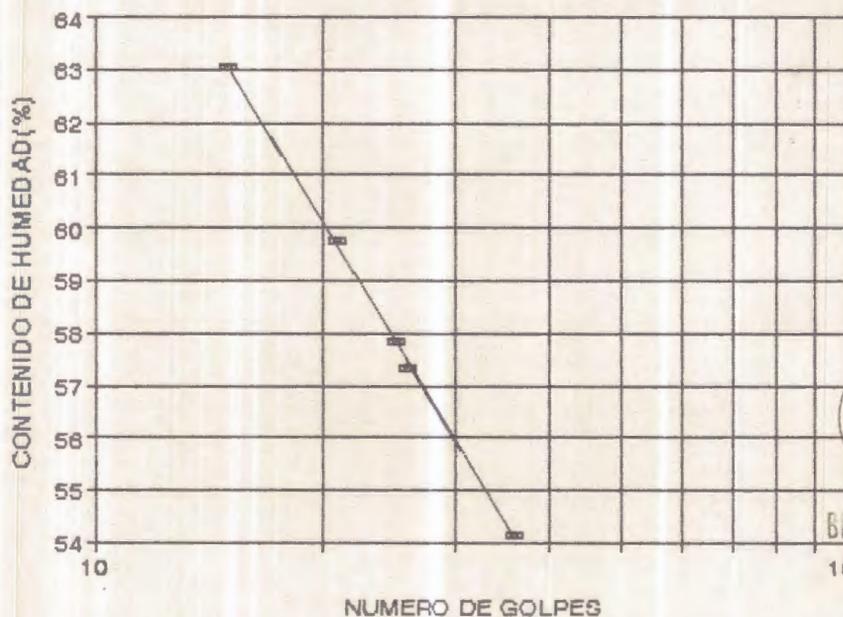
	32	234	198.50	22.00	37.50	174.50	21.49	21.49

### LIMITE LIQUIDO

36	93	13.06	10.65	6.20	2.41	4.45	54.16
26	99	14.21	11.27	6.14	2.94	5.13	57.31
21	21	16.96	12.99	6.09	4.07	6.91	59.77
15	29	19.09	13.45	6.09	4.64	7.36	63.04

### LIMITE PLASTICO

	8	7.94	6.89	3.57	1.06	3.31	32.02	32.80
	8	7.05	6.13	3.39	0.92	2.74	33.58	



BIBLIOTECA FICT  
168 ESPOL

W= 21.49 %      LP= 32.80 %      SUCS= MH  
 LL= 57.85 %      IP= 25.05 %      IG=

# LIMITES DE CONSISTENCIA

**PROYECTO:** TESIS  
**LOCALIZACION:** CAMPUS POLITECNICO  
**ENSAYO:** 11  
**PROFUNDIDAD:** 0.0 - 0.9 m  
**MUESTRA:** C-8  
**FECHA:**  
**OPERADOR:** BETHY MERCHAN  
**CALCULO:** BETHY MERCHAN  
**REVISION:**  
**ARCHIVO:** DATUM01.WQ1-

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PEÑO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PEÑO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PEÑO DE CAPSULA (gr.)	PEÑO DE AGUA (gr.)	PEÑO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

### HUMEDAD NATURAL

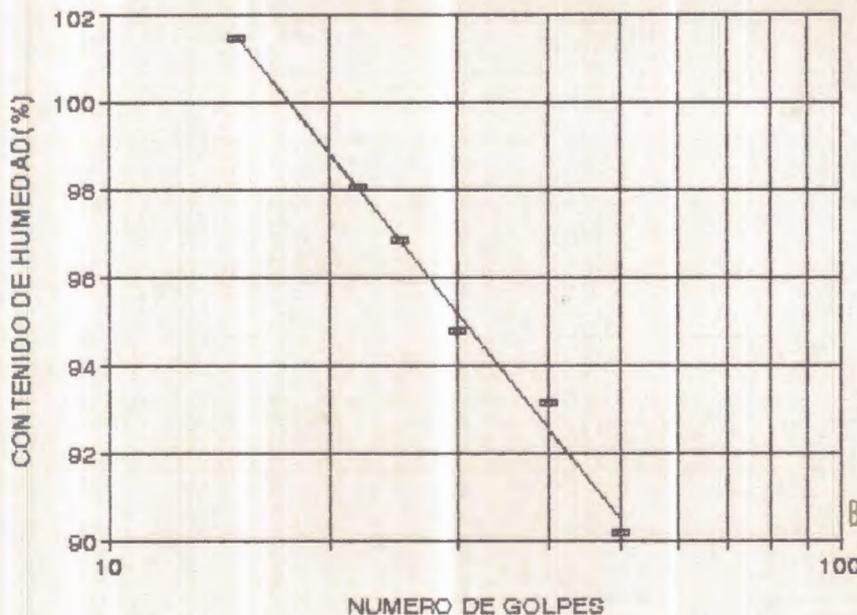
	23	173	148.54	22.05	23.96	126.49	18.94	18.94

### LIMITE LIQUIDO

50	104	14.54	10.67	6.39	3.97	4.29	90.21
40	74	15.95	11.21	6.12	4.74	5.09	93.12
30	116	16.69	11.61	6.25	5.09	5.36	94.79
22	61	13.44	9.94	6.17	3.60	3.67	98.09
15	18	15.63	10.90	6.04	4.93	4.76	101.47

### LIMITE PLASTICO

	A	8.90	7.41	5.57	1.59	3.94	56.20	35.98
	19	8.54	7.36	4.06	1.19	3.30	35.76	



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

**W=** 18.94 %      **LP=** 35.98 %      **SUCS=** CH  
**LL=** 96.82 %      **IP=** 60.85 %      **IG=**

TABLA #28

ESPOL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

## LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO:	TESIS	OPERADOR:	BETHY MERCHAN
LOCALIZACION:	CAMPUS POLITECNICO	CALCULO:	BETHY MERCHAN
ENSAYO:	6	REVISION:	
PROFUNDIDAD:	0.3-0.5 m.	ARCHIVO:	DATUM01.WG1-
MUESTRA:	C-7		
FECHA:			

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

## HUMEDAD NATURAL

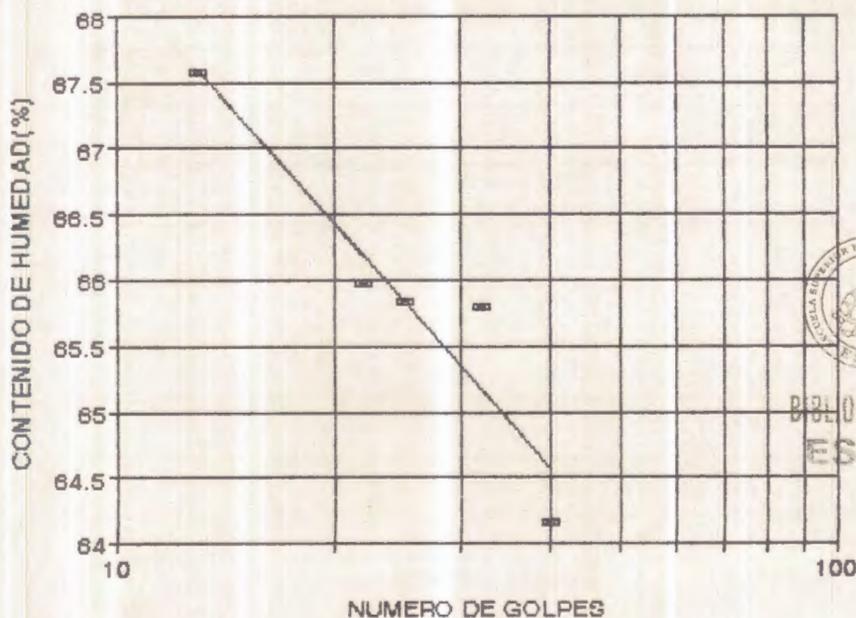
	13	274	224.00	22.14	50.00	201.96	24.77	24.77

## LIMITE LIQUIDO

40	2	18.56	12.53	6.25	4.03	6.29	64.17
52	56	16.79	12.53	6.07	4.25	6.46	65.79
22	53	15.30	11.79	6.47	3.51	5.32	65.98
13	138	18.83	13.64	5.96	5.19	7.68	67.58

## LIMITE PLASTICO

		9.07	6.94	3.59	1.13	3.35	33.73	34.17
	16	9.16	7.80	3.87	1.36	3.93	34.61	



W= 24.77 %      LP= 34.17 %      SUCS= CH  
 LL= 65.94 %      IP= 31.67 %      IG=

TABLA #29

ESPOL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO:	TESIS	OPERADOR:	BETHY MERCHAN
LOCALIZACION:	CAMPUS POLITECNICO	CALCULO:	BETHY MERCHAN
ENSAYO:	5	REVISION:	
PROFUNDIDAD:	0.2-0.5 m.	ARCHIVO:	D&TUM01.WQ1-
MUESTRA:	C-8		
FECHA:			

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

HUMEDAD NATURAL

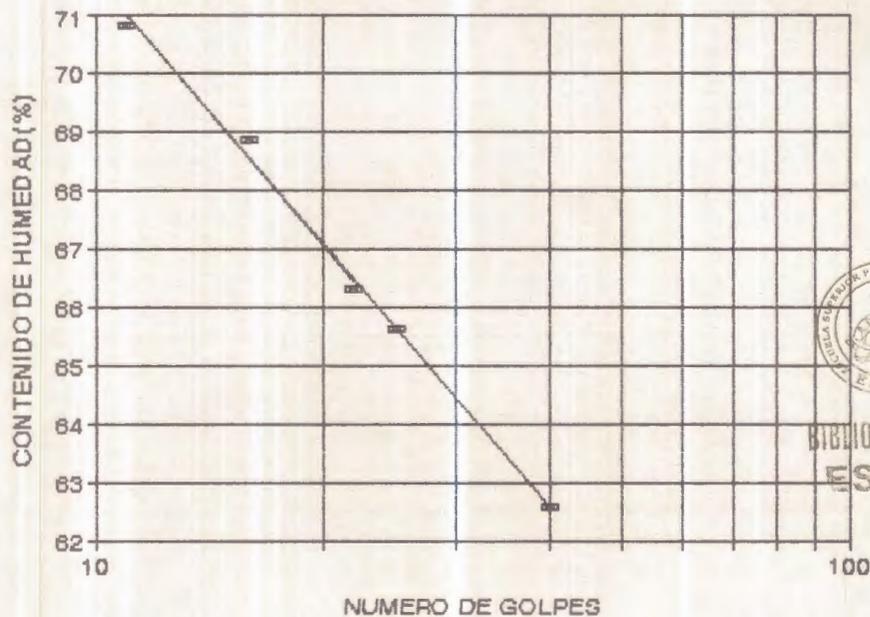
	41	176	155.08	21.24	21.22	133.84	15.85	15.85

LIMITE LIQUIDO

40	66	19.18	14.23	6.32	4.95	7.91	62.58
22	76	16.98	12.59	5.97	4.39	6.62	66.31
16	54	17.03	12.54	6.02	4.49	6.52	68.97
11	93	19.09	13.16	6.20	4.93	6.96	70.83

LIMITE PLASTICO

	13	6.57	5.78	3.56	0.79	2.22	35.59	35.96
	4	7.10	6.17	3.61	0.93	2.56	36.33	



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

W= 15.85 %      LP= 35.96 %      SUCS= MH  
LL= 65.64 %      IP= 29.69 %      IG=

# LIMITES DE CONSISTENCIA

**PROYECTO:** TESIS  
**LOCALIZACION:** CAMPUS POLITECNICO  
**ENSAYO:** 4  
**PROFUNDIDAD:** 0.2-0.7 m  
**MUESTRA:** C-9  
**FECHA:**  
**OPERADOR:** BETHY MERCHAN  
**CALCULO:** BETHY MERCHAN  
**REVISION:**  
**ARCHIVO:** D:\TLM01.WG1-

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

### HUMEDAD NATURAL

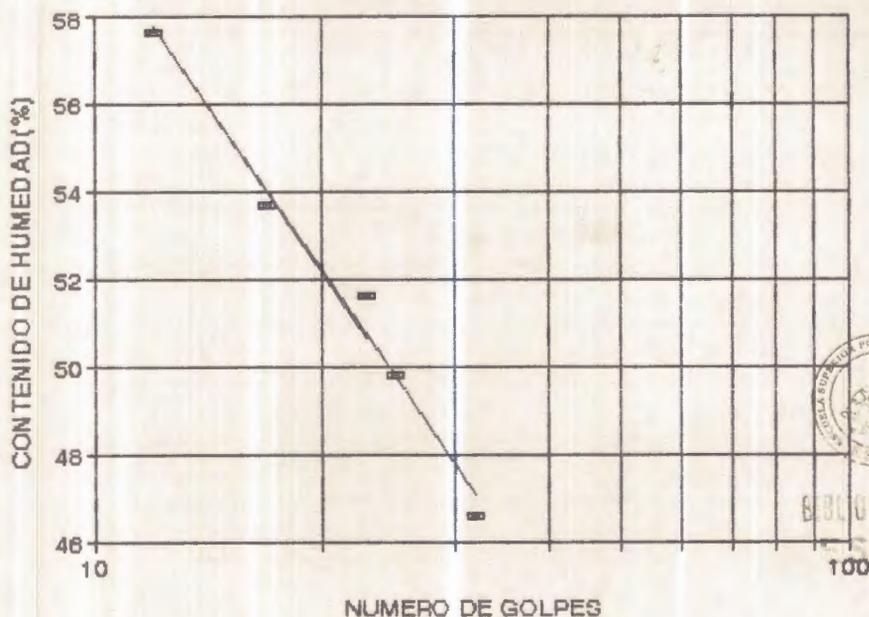
		218	194.00	22.34	32.00	161.66	19.79	19.79

### LIMITE LIQUIDO

32	78	18.01	12.92	5.97	3.19	6.95	48.57
23	97	13.66	11.15	6.29	2.51	4.98	51.65
17	68	16.95	13.17	6.32	3.68	6.95	53.72
12	18	17.12	13.11	6.15	4.01	6.96	57.61

### LIMITE PLASTICO

	17	9.08	6.99	3.46	1.08	3.52	30.69	30.46
	19	7.56	6.59	3.34	0.99	3.24	30.25	



BIBLIOTECA FICT ESPOL

**W=** 19.79 %      **LP=** 30.46 %      **SUCS=** SW-SM  
**LL=** 49.79 %      **IP=** 19.33 %      **IG=**

TABLA #31

ESPOL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

## LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: TESIS  
 LOCALIZACION: CAMPUS POLITECNICO  
 ENSAYO: 3  
 PROFUNDIDAD:  
 MUESTRA: C-10  
 FECHA:  
 OPERADOR: BETHY MERCHAN  
 CALCULO: BETHY MERCHAN  
 REVISION:  
 ARCHIVO: DATUM01.WG1-

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

### HUMEDAD NATURAL

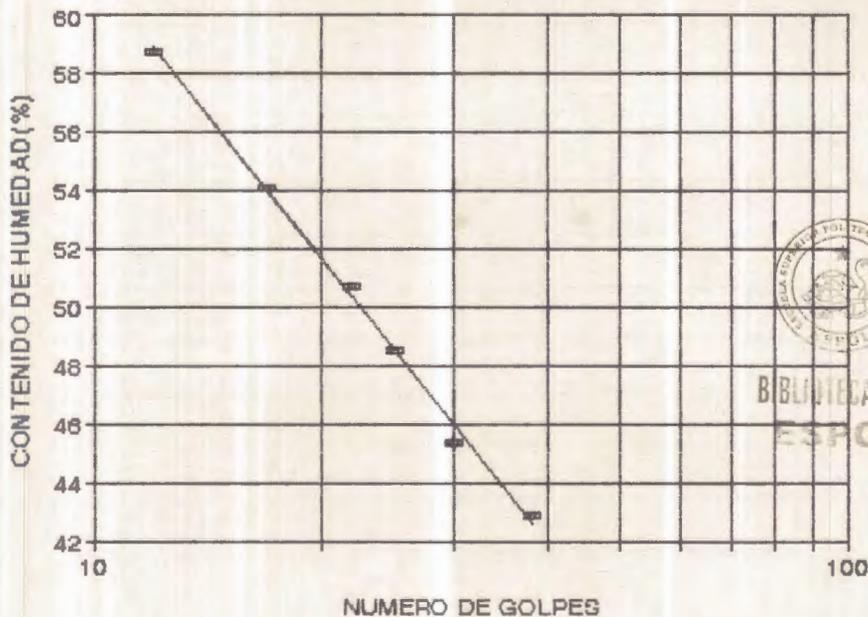
	2	179	154.40	22.00	24.25	132.40	18.32	18.32

### LIMITE LIQUIDO

38	34	11.72	10.01	6.02	1.71	3.99	42.98
30	95	14.69	12.09	6.36	2.60	5.73	45.38
22	11	13.24	10.78	5.93	2.46	4.95	50.72
17	3	12.55	9.40	3.58	3.15	5.82	54.12
12	116	21.55	17.82	11.47	3.73	6.35	58.74

### LIMITE PLASTICO

	104	10.77	9.60	6.38	1.17	3.22	36.34	36.38
	133	10.02	9.00	6.20	1.02	2.90	36.43	



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

W= 18.32 %      LP= 36.38 %      SUCS= SM  
 LL= 48.54 %      IP= 12.16 %      IG=

TABLA #32

ESPOL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

### LIMITES DE CONSISTENCIA

<b>PROYECTO:</b>	<b>TESIS</b>	<b>OPERADOR:</b>	<b>BETHY MERCHAN</b>
<b>LOCALIZACION:</b>	<b>CAMPUS POLITECNICO</b>	<b>CALCULO:</b>	<b>BETHY MERCHAN</b>
<b>ENSAYO:</b>	<b>2</b>	<b>REVISION:</b>	
<b>PROFUNDIDAD:</b>	<b>0.20-0.5 m</b>	<b>ARCHIVO:</b>	<b>D&amp;TLM01.WQ1-</b>
<b>MUESTRA:</b>	<b>C-11</b>		
<b>FECHA:</b>	<b>26-11-93</b>		

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PEZO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PEZO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PEZO DE CAPSULA (gr.)	PEZO DE AGUA (gr.)	PEZO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

**HUMEDAD NATURAL**

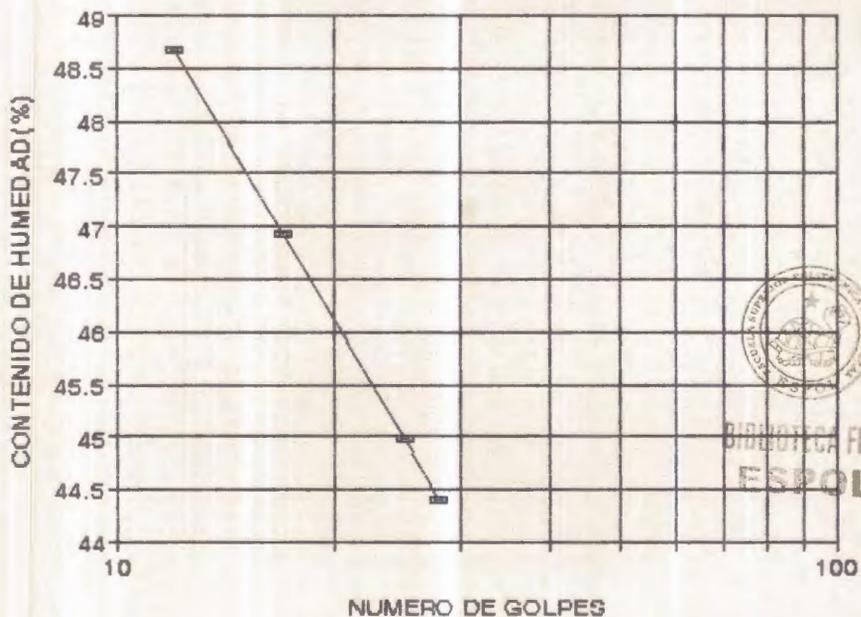
	317	412	366.00	22.12	46.00	343.88	13.39	13.39

**LIMITE LIQUIDO**

29	66	15.72	12.93	6.32	2.99	6.51	44.40
17	6	15.99	12.97	6.22	3.12	6.65	46.92
12	3	12.01	9.25	3.59	2.76	5.67	48.68

**LIMITE PLASTICO**

	2	9.45	7.34	3.46	1.11	3.99	29.61	27.94
	12	9.92	7.69	3.50	1.14	4.18	27.27	



W=	13.39 %	LP=	27.94 %	SUCS=	SM
LL=	44.97 %	IP=	17.03 %	IG=	

ESPOL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TABLA #33

## LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: TESIS

LOCALIZACION: CAMPUS POLITECNICO

ENSAYO: 14

PROFUNDIDAD: 0.3-0.6 m

MUESTRA: C-12

OPERADOR: BETHY MERCHAN

CALCULO: BETHY MERCHAN

REVISION:

ARCHIVO: DATUM01.WG1-

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

## HUMEDAD NATURAL

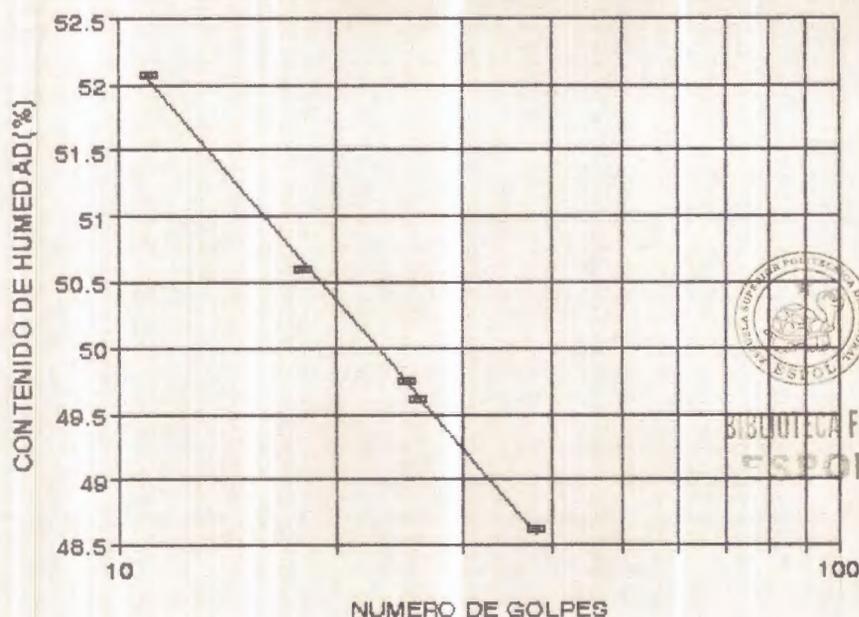
	11	183	161.50	21.60	21.99	139.90	15.65	15.65

## LIMITE LIQUIDO

11	97	13.97	11.34	6.29	2.63	5.05	52.08
19	104	13.79	11.30	6.38	2.49	4.92	50.61
26	17	13.89	11.11	5.91	2.58	5.20	49.62
38	116	15.98	12.73	6.25	3.15	6.49	48.61

## LIMITE PLASTICO

	8	8.87	7.53	3.39	1.34	4.14	32.37	31.79
	8	7.48	6.55	3.57	0.93	2.98	31.21	



W= 15.65 %      LP= 31.79 %      SUCS= MH  
 LL= 49.75 %      IP= 17.96 %      IG=

TABLA #34

ESPOL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

## LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: TESIS  
LOCALIZACION: CAMPUS POLITECNICO  
ENSAYO: 15  
PROFUNDIDAD: 0.2-0.9 m.  
MUESTRA: C-13  
FECHA:

OPERADOR: BETHY MERCHAN  
CALCULO: BETHY MERCHAN  
REVISION:

ARCHIVO: DATUM01.WQ1-

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

### HUMEDAD NATURAL

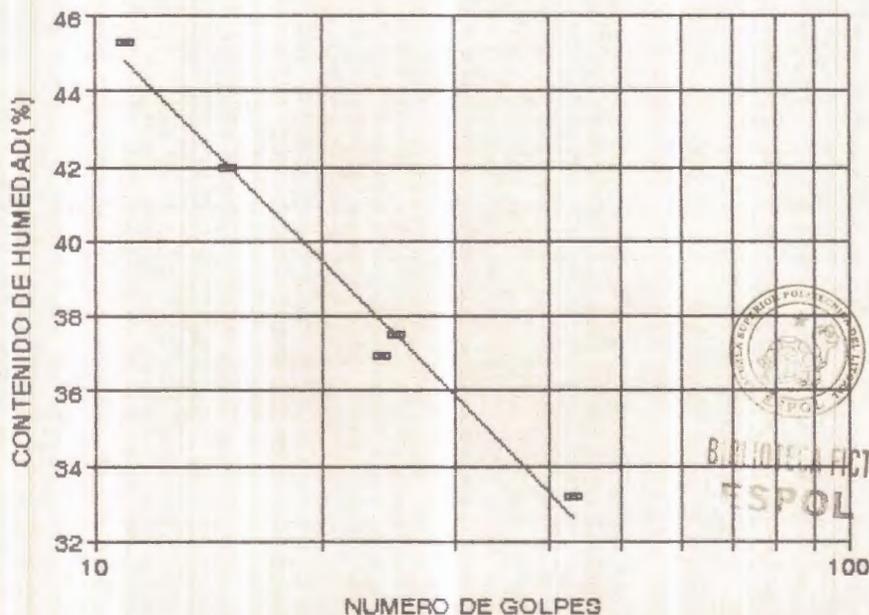
	43	239	223.93	21.77	15.43	202.16	7.63	7.63

### LIMITE LIQUIDO

11	109	13.59	11.24	6.06	2.35	5.19	45.28
15	85	13.97	11.72	6.37	2.25	5.35	41.95
24	129	13.04	11.12	5.94	1.92	5.19	36.96
43	97	15.40	13.11	6.19	2.30	6.92	33.19

### LIMITE PLASTICO

	19	9.16	7.27	4.07	0.89	3.20	27.65	27.31
	6	7.52	6.63	3.41	0.89	3.21	27.66	
	4	7.09	6.35	3.61	0.73	2.75	26.63	



W= 7.63 %      LP= 27.31 %      SUCS= SW  
LL= 37.49 %      IP= 10.19 %      IG=

TABLA #35

ESPOL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

## LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: TESIS

LOCALIZACION: CAMPUS POLITECNICO:FRENTE A INST. QUIMICA

ENSAYO: 1

PROFUNDIDAD: 0.10-0.4 m

MUESTRA: C-14

FECHA: 26-11-93

OPERADOR: BETHY MERCHAN

CALCULO: BETHY MERCHAN

REVISION:

ARCHIVO: DATLIM01.WG1-

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PEZO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PEZO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PEZO DE CAPSULA (gr.)	PEZO DE AGUA (gr.)	PEZO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

## HUMEDAD NATURAL

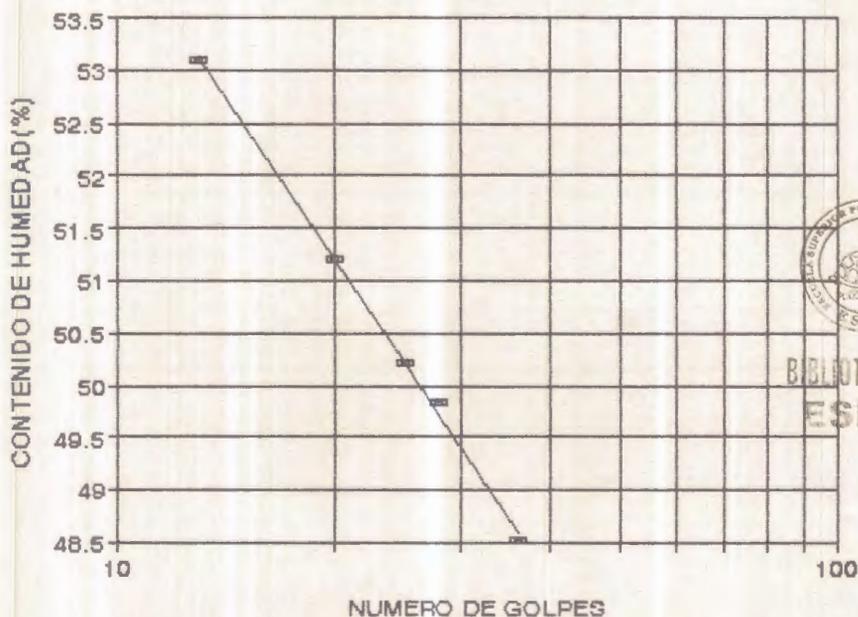
	309	416	357.69	61.90	58.17	295.79	19.67	19.67

## LIMITE LIQUIDO

13	13	17.97	13.97	6.15	4.10	7.72	53.11
20	5	15.19	12.19	6.32	3.00	5.86	51.19
29	137	14.94	12.02	6.16	2.92	5.86	49.83
36	23	17.19	13.55	6.07	3.63	7.48	48.53

## LIMITE PLASTICO

	12	8.59	7.29	3.50	1.50	3.79	34.59	34.59
	2	7.76	6.65	3.46	1.11	3.19	34.80	



W= 19.67 %

LP= 34.59 %

SUCS= SM

LL= 50.22 %

IP= 15.63 %

IG=

TABLA #36

ESPOL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

### LIMITES DE CONSISTENCIA

**PROYECTO:** TESIS  
**LOCALIZACION:** CAMPUS POLITECNICO  
**ENSAYO:** 13  
**PROFUNDIDAD:** -----  
**MUESTRA:** L-15  
**FECHA:** \_\_\_\_\_

**OPERADOR:** BETHY MERCHAN  
**CALCULO:** BETHY MERCHAN  
**REVISION:** \_\_\_\_\_  
**ARCHIVO:** DATUM01.WQ1-

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

**HUMEDAD NATURAL**

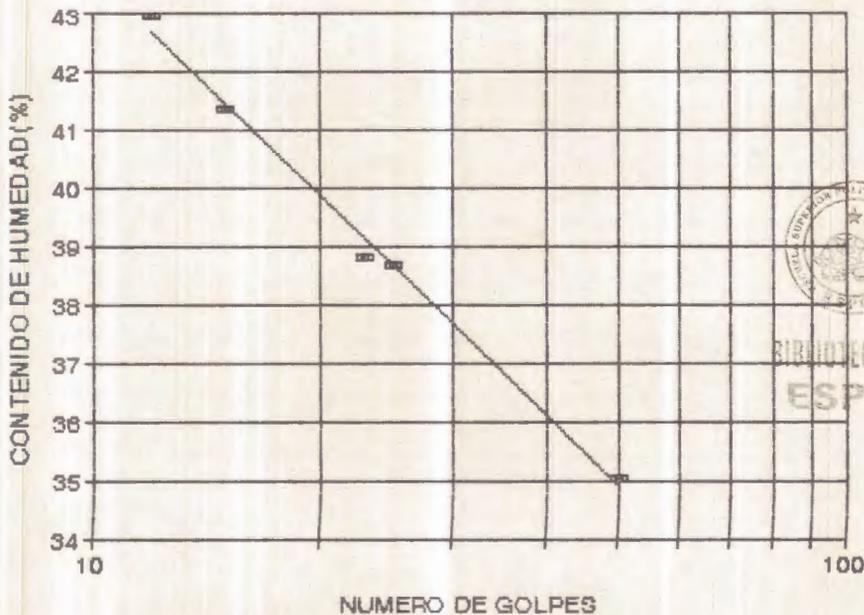
	43	239	223.93	21.77	15.43	202.16	7.63	7.63

**LIMITE LIQUIDO**

12	52	12.92	10.92	6.49	1.90	4.43	42.94
15	93	12.63	10.75	6.19	1.99	4.56	41.35
23	56	13.25	11.24	6.06	2.01	5.18	38.83
50	21	12.51	10.94	6.07	1.67	4.77	35.05

**LIMITE PLASTICO**

	2	5.69	5.26	3.46	0.43	1.90	23.99	
	13	6.10	5.64	3.56	0.46	2.09	22.17	
	B	6.69	6.14	3.57	0.55	2.57	21.29	



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

**W=** 7.63 %      **LP=** \_\_\_\_\_ %      **SUCS=** SC  
**LL=** 38.83 %      **IP=** \_\_\_\_\_ %      **IG=** \_\_\_\_\_

TABLA #37

ESPOL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

### LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: TESIS  
 LOCALIZACION: CAMPUS POLITECNICO  
 ENSAYO: 17  
 PROFUNDIDAD:  
 MUESTRA: L-16-2  
 FECHA:  
 OPERADOR: JULIO GARCIA  
 CALCULO: BETHY MERCHAN  
 REVISION:  
 ARCHIVO: DATUM01.WG1-

NUMERO DE GOLPES	NUMERO DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HUMEDO (gr.)	PESO CAP. + SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	PESO DE AGUA (gr.)	PESO SECO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
------------------	-------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	--------------------------	--------------

HUMEDAD NATURAL

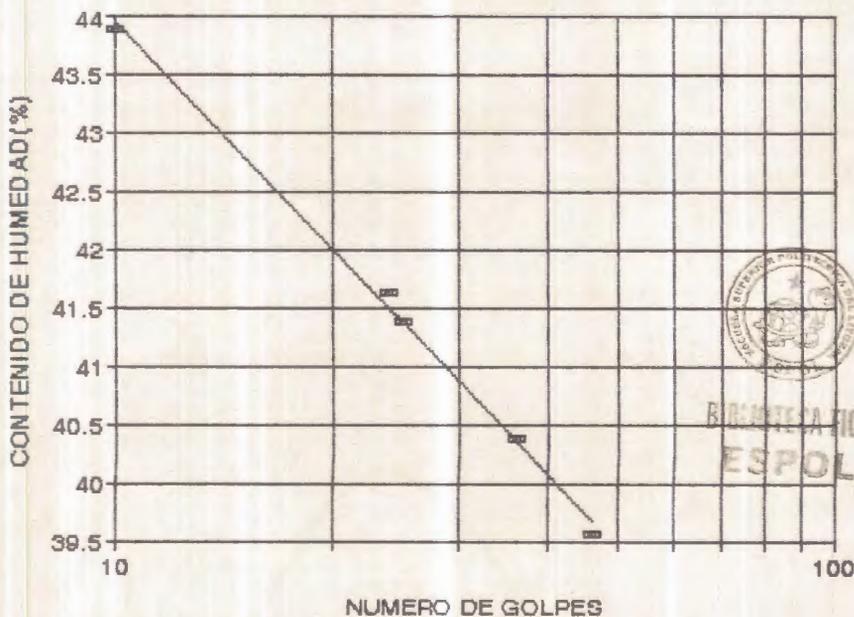
								ERR

LIMITE LIQUIDO

10	6	19.57	15.47	6.13	4.10	9.34	43.90
24	24	18.82	15.16	6.37	3.66	8.79	41.64
38	119	20.87	16.63	6.13	4.24	10.50	40.38
46	130	20.84	16.70	6.24	4.14	10.46	39.58

LIMITE PLASTICO

	75	9.20	8.88	6.22	0.52	2.46	21.14	21.05
	122	9.72	9.15	6.43	0.57	2.72	20.96	



W= ERR %      LP= 21.05 %      SUCS= SM  
 LL= 41.39 %      IP= 20.34 %      IG=

TABLA #40

CULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

## ENSAYO DE COMPACTACION

OBJETO: TESIS

FUENTE:

MUESTRA: C-13 SIN CEMENTO

0.2-0.9 m.

VOLUMEN DEL CILINDRO: 0.948277 x10 m<sup>3</sup>

PESO DEL CILINDRO: 4.99688 gr

OPERADOR: BETHY MERCHAN

REVISADO:

LABORANTE: BETHY MERCHAN

Nº DE CAPSULA	CAP+SUELO HUMEDO (gr.)	CAP+SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	HUMEDAD (%)	CILIN+SUELO HUMEDO (Lib.)	SUELO HUMEDO (gr.)	1/(1+W)	SUELO SECO (gr.)	PESO VOLUMETRICO (kg/m <sup>3</sup> )
15	258.8	243.09	61.1	8.63	3.1	1404.8	0.92	1293.1	1363.7
17	266.69	242.57	59.84	13.20	3.4	1541.1	0.88	1361.4	1435.7
19	326.2	285.5	60.06	18.05	3.56	1613.8	0.85	1367.0	1441.6
21	320.42	278	61.07	19.55	3.58	1622.9	0.84	1357.5	1431.5
22	302.44	254.24	61.44	25.00	3.59	1627.5	0.80	1302.0	1373.0

## PROCTOR

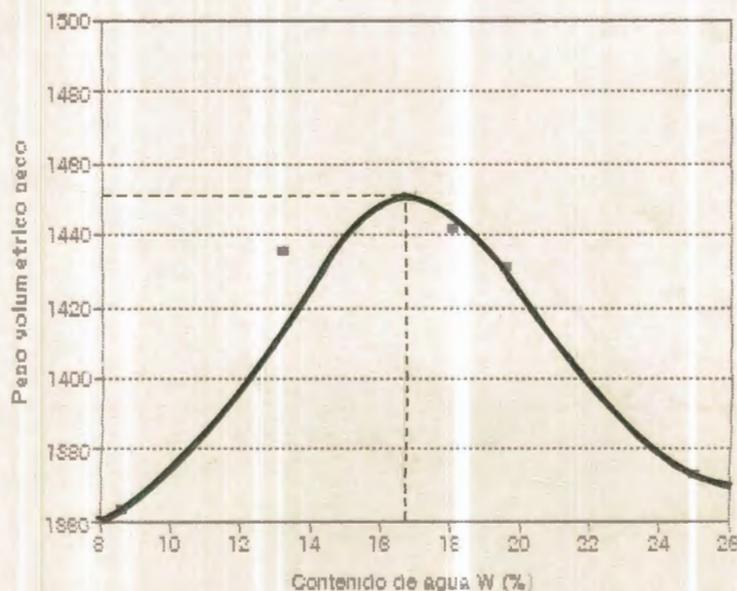
BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

TABLA #41

ULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
 ORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE COMPACTACION

ECTO: TESIS

ENTE:  
 TRA: C-13 CON 5% DE CEMENTO  
 0.2-0.9 m.

VOLUMEN DEL CILINDRO: 0.848277 x10 m<sup>3</sup>

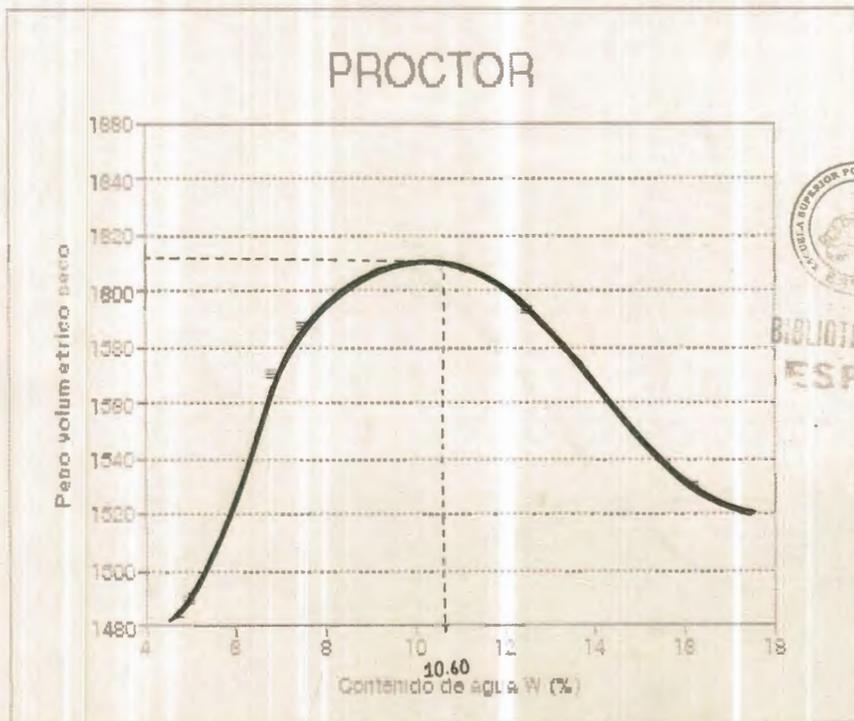
PEZO DEL CILINDRO: 4 86868 gr

OPERADOR: BETHY MERCHAN

ADO: BETHY MERCHAN

REVISADO:

NO DE CAPSULA	CAP+SUELO HUMEDO (gr.)	CAP+SUELO SECO (gr.)	PEZO DE CAPSULA (gr.)	HUMEDAD (%)	GLIN+SUELO HUMEDO (Lib.)	SUELO HUMEDO (gr.)	1/(1+W)	SUELO SECO (gr.)	PEZO VOLUMETRICO (kg/m <sup>3</sup> )
4	456.4	437.91	63.6	4.94	3.27	1482.0	0.95	1412.2	1489.3
8	425.5	402.13	60.5	6.84	3.51	1591.1	0.94	1489.2	1570.4
7	525.4	492.89	60	7.51	3.57	1618.4	0.93	1505.3	1587.4
7	423.92	383.64	61.4	12.50	3.75	1700.2	0.89	1511.3	1593.7
9	468.14	411.49	61.8	16.20	3.72	1686.5	0.86	1451.4	1530.6



BIBLIOTECA FICT  
 ESPOL

TABLA #42

OL  
 ULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
 ORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

## ENSAYO DE COMPACTACION

YECTO: TESIS

NTE:

TRA: C-13 CON 7% DE CEMENTO

VOLUMEN DEL CILINDRO: 0.948277 x10 m<sup>3</sup>

0.2-0.9 m.

PESO DEL CILINDRO: 4.99898 gr

OPERADOR: BETHY MERCHAN

LADO: BETHY MERCHAN

REVISADO:

NO DE CULA	CAP+SUELO HUMEDO (gr.)	CAP+SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	HUMEDAD (%)	CILIN+SUELO HUMEDO (Lib.)	SUELO HUMEDO (gr.)	1/(1+W)	SUELO SECO (gr.)	PESO VOLUMETRICO (kg/m <sup>3</sup> )
02	430.07	411.8	61.3	5.21	3.31	1500.2	0.95	1425.9	1503.7
16	412.29	383.6	58.8	8.83	3.55	1609.3	0.92	1478.7	1559.3
17	457.75	416.86	61.3	11.50	3.7	1677.5	0.90	1504.5	1586.5
09	570	507.28	62.3	14.10	3.71	1682.0	0.88	1474.2	1554.6
12	471.93	406.43	61.7	19.00	3.71	1682.0	0.84	1413.5	1490.6
17	487.83	461	60	6.69	3.52	1595.7	0.94	1495.6	1577.2

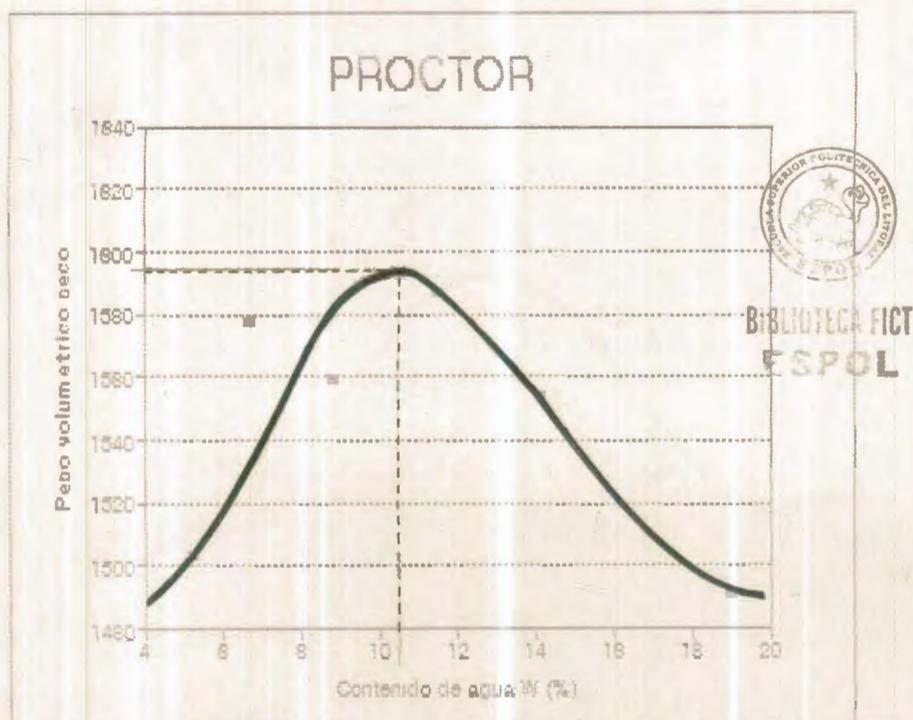


TABLA #43

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

## ENSAYO DE COMPACTACION

OBJETO: TESIS

TÍTULO:

MATERIA: C-13 CON 9% DE CEMENTO

VOLUMEN DEL CILINDRO: 0.848277 x10 m<sup>3</sup>

ALCANTARILLA: 0.2-0.9 m.

PESO DEL CILINDRO: 4.98963 gr

OPERADOR:

OPERADOR: BETHY MERCHAN

OPERADOR: BETHY MERCHAN

REVISADO:

Nº DE PRUEBA	CAP+SUELO HUMEDO (gr.)	CAP+SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	HUMEDAD (%)	CILIN+SUELO HUMEDO (Lib.)	SUELO HUMEDO (gr.)	1/(1+W)	SUELO SECO (gr.)	PESO VOLUMETRICO (kg/m <sup>3</sup> )
01	380.07	356	61.2	8.16	3.25	1472.9	0.92	1361.7	1436.0
02	403.3	370.5	61.5	10.61	3.45	1563.8	0.90	1413.8	1490.9
03	418.01	376.8	58.78	12.96	3.67	1663.8	0.89	1472.9	1553.3
04	430.03	377.1	61.72	16.78	3.76	1704.7	0.86	1459.7	1539.4
05	463.52	406.7	62.4	16.50	3.88	1759.3	0.86	1510.1	1592.4
06	433.16	374.24	60	18.75	3.67	1663.8	0.84	1401.1	1477.5

## PROCTOR

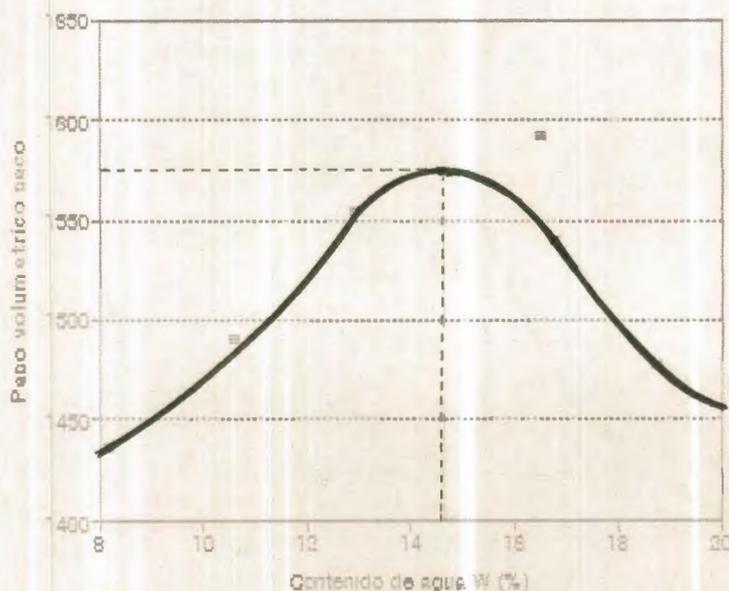
BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

TABLA #44

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE QUITO  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE COMPACTACION

OBJETO:	TESIS		
ANTE:			
MATERIA:	C-14 CON 7% DE CEMENTO	VOLUMEN DEL CILINDRO:	0.948277 x10 m <sup>3</sup>
ALCANTARILLA:	0.2-1 m.	PESO DEL CILINDRO:	4.88688 gr
OPERARIO:	BETHY MERCHAN	OPERADOR:	BETHY MERCHAN
REVISADO:		REVISADO:	

Nº DE CAPSULA	CAP+SUELO HUMEDO (gr.)	CAP+SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	HUMEDAD (%)	CILIN+SUELO HUMEDO (Lib.)	SUELO HUMEDO (gr.)	1/(1+W)	SUELO SECO (gr.)	PESO VOLUMETRICO (kg/m <sup>3</sup> )
09	399.42	363.29	62.35	12.01	3.07	1391.1	0.89	1242.0	1309.8
17	366.72	328.08	59.9	14.41	3.26	1477.5	0.87	1291.4	1361.9
19	441.37	369.11	61.24	23.47	3.82	1732.0	0.81	1402.8	1479.3
07	433.51	356.38	61.58	26.16	3.76	1704.8	0.79	1351.2	1424.9
09	452.71	364.07	61.8	29.32	3.65	1654.8	0.77	1279.5	1349.3
04	429	335.7	63.6	34.29	3.67	1663.8	0.74	1239.0	1306.6

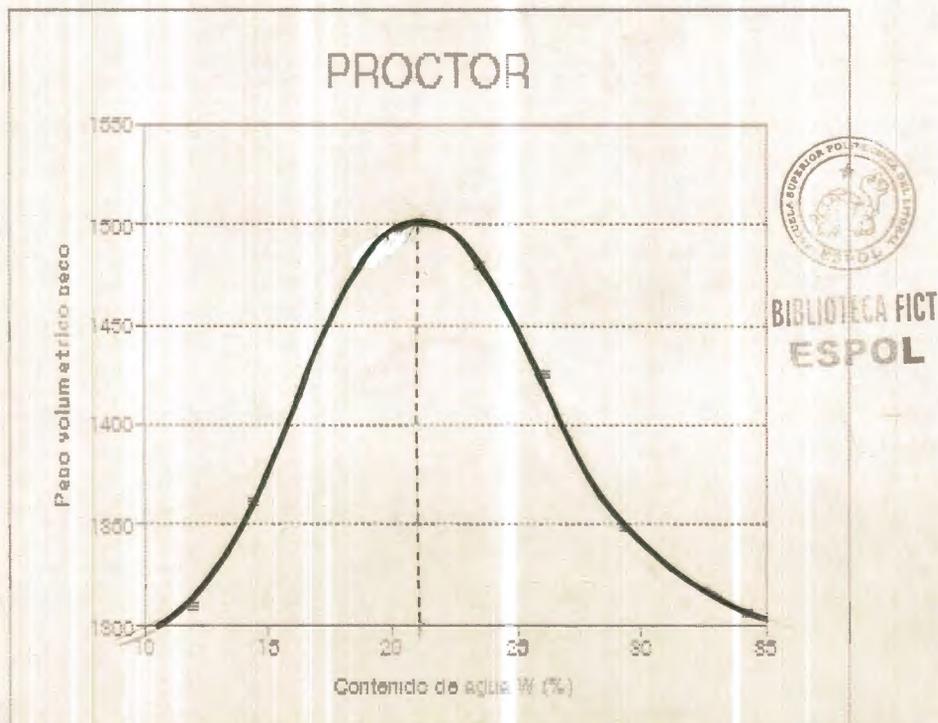


TABLA #45

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

## ENSAYO DE COMPACTACION

OBJETO: TESIS

FUENTE:

MATERIA: C-14 CON 9% DE CEMENTO

0.2-1 m.

VOLUMEN DEL CILINDRO: 0.948277 x10 m<sup>3</sup>

PESO DEL CILINDRO: 4.98868 gr

OPERADOR: BETHY MERCHAN

OPERADOR: BETHY MERCHAN

REVISADO:

NÚMERO DE CAPSULA	CAP+SUELO HUMEDO (gr.)	CAP+SUELO SECO (gr.)	PESO DE CAPSULA (gr.)	HUMEDAD (%)	CILIN+SUELO HUMEDO (Lib.)	SUELO HUMEDO (gr.)	1/(1+W)	SUELO SECO (gr.)	PESO VOLUMETRICO (kg/m <sup>3</sup> )
4	424.94	372.66	61.3	16.79	3.34	1513.8	0.86	1296.2	1366.9
4	463.96	402.6	63.6	18.10	3.29	1491.1	0.85	1262.6	1331.4
2	402.61	343.52	61.7	20.97	3.4	1541.1	0.83	1274.0	1343.5
1	464.6	371.42	61.6	30.08	3.71	1682.0	0.77	1293.1	1363.6
7	434.37	345.74	59.84	31.00	3.7	1677.5	0.76	1280.5	1350.3
2	465.98	356.89	61.44	36.92	3.74	1695.6	0.73	1238.4	1305.9

## PROCTOR

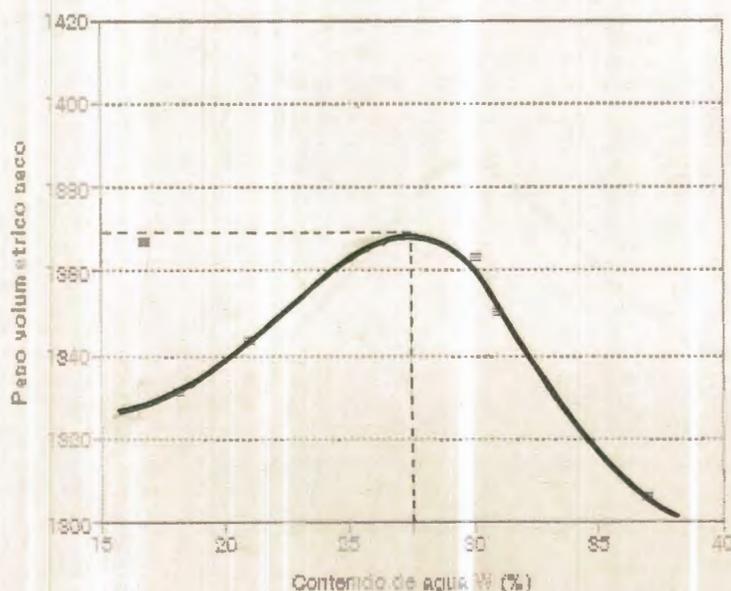
BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

TABLA #46

POL

CULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

BORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

## ENSAYO DE COMPACTACION

YECTO: TESIS

ENTE:

ETRA: C-14 CON 11% DE CEMENTO

VOLUMEN DEL CILINDRO: 0.948277 x10 m<sup>3</sup>

E: 0.2-1 m.

PEÑO DEL CILINDRO: 4.99886 gr

A:

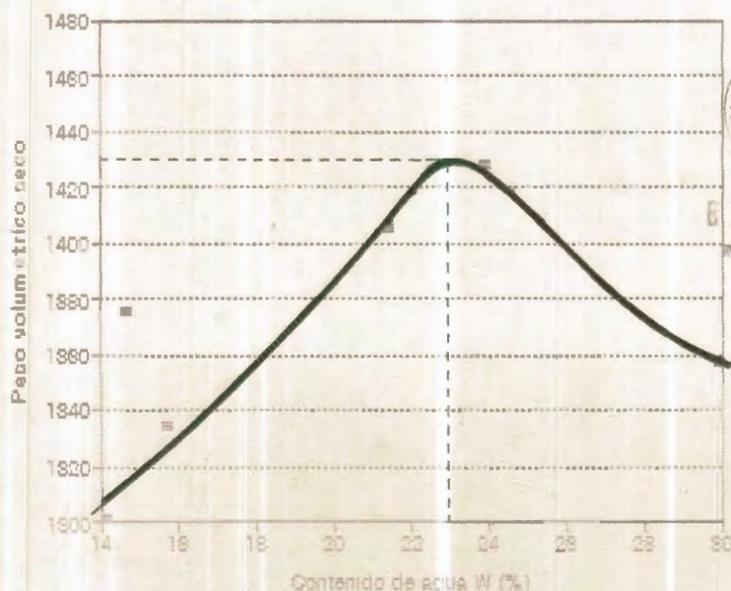
OPERADOR: BETHY MERCHAN

LADO: BETHY MERCHAN

REVISADO:

PRO DE	CAP+SUELO	CAP+SUELO	PEÑO DE	HUMEDAD	GLIN+SUELO	SUELO	1/(1+W)	SUELO	PEÑO
LA	HUMEDO	SECO	CAPSULA	(%)	HUMEDO	HUMEDO		SECO	VOLUMETRICO
	(gr.)	(gr.)	(gr.)		(Lb.)	(gr.)		(gr.)	(kg/m <sup>3</sup> )
38	321.7	284.5	21.87	14.16	3.11	1409.3	0.88	1234.4	1301.8
3	339.6	296.41	21.45	15.71	3.23	1463.8	0.86	1265.1	1334.1
12	396.78	353.88	61.65	14.68	3.3	1495.7	0.87	1304.2	1375.3
09	408.18	347.21	62.21	21.39	3.57	1618.4	0.82	1333.2	1405.9
003	415.08	346.72	60.69	23.90	3.7	1677.5	0.81	1353.9	1427.8
005	428.31	343.48	60.1	29.94	3.69	1672.9	0.77	1287.5	1357.7

## PROCTOR

BIBLIOTECA FICT  
POL

*A N E X O S*



## ANEXO B



**Fotografía #2.-** Diferentes contenidos de Humedad realizando el ensayo Proctor con 11% de Cemento



**Fotografía #3.-** Diferentes contenidos de humedad del ensayo Proctor Stándard con 9% de cemento

**ANEXO C**

**Fotografía #4.- El suelo sobre la balanza pesándose**

**ANEXO D**

**Fotografía #5.- El cemento sobre la balanza pesándose**



**Fotografía #6.- El agua sobre la balanza en el proceso de pesado**

## ANEXO E



*Fotografía #7.- Suelo seco antes de mezclarse*

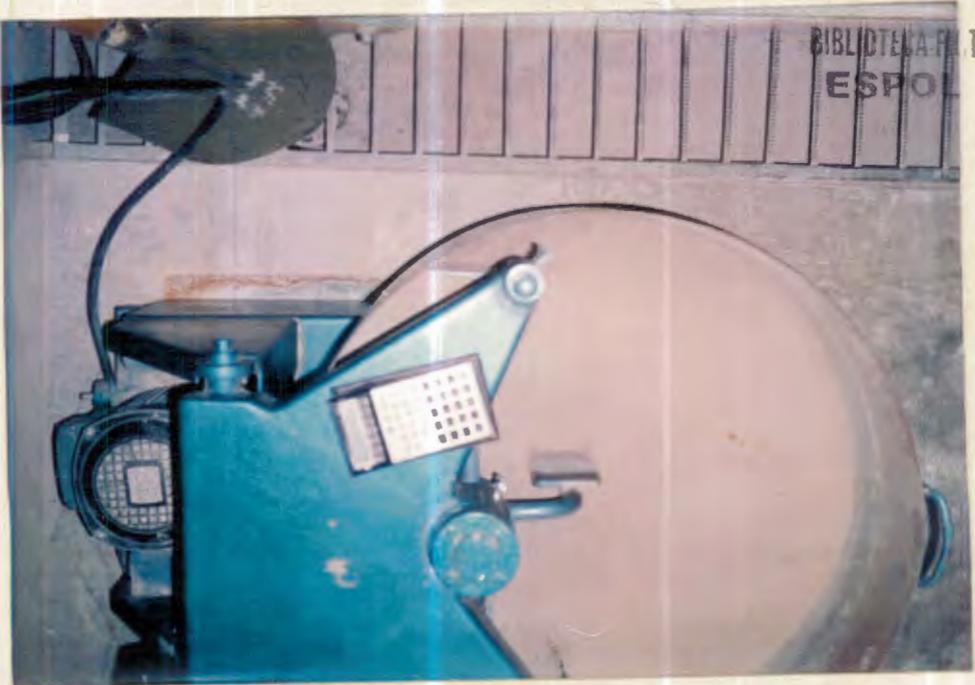


*Fotografía #8.- Suelo seco con el cemento en el proceso de mezclado, antes de ser humedecida.*

## ANEXO F

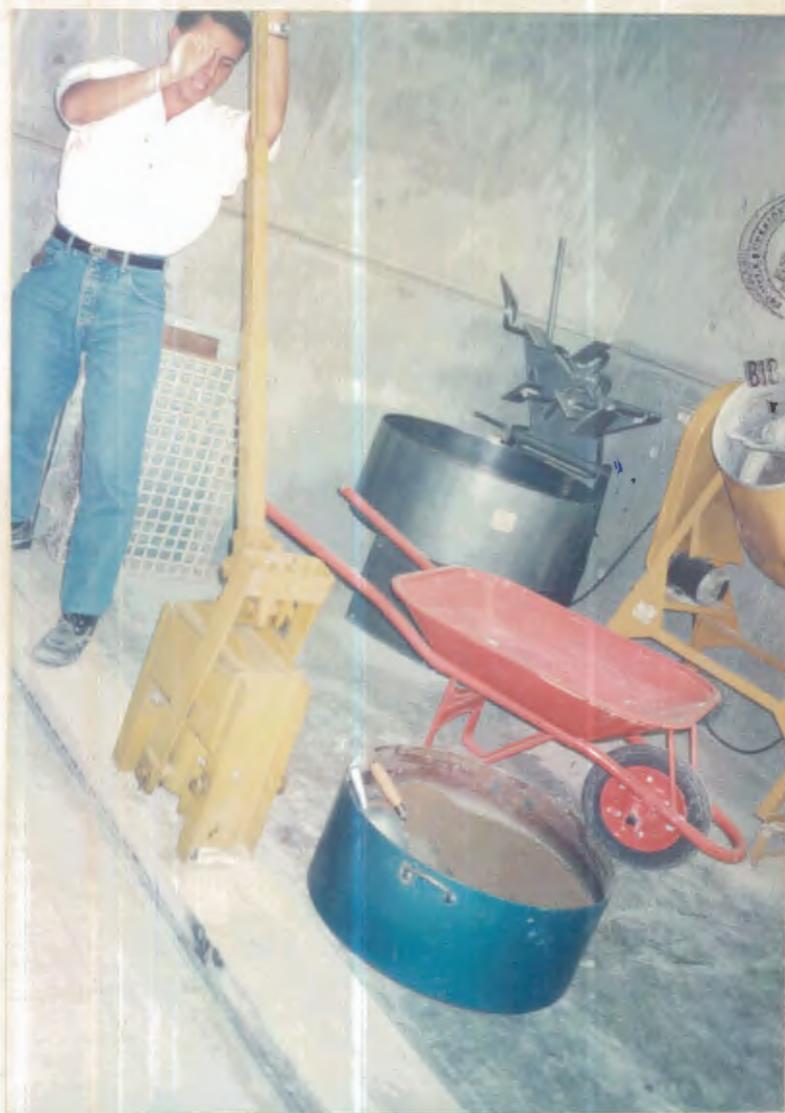


Fotografía #9.- Echándole el agua a la mezcla de suelo - cemento con una regadera.



Fotografía #10.- Mezcla terminada lista para usarse.

## ANEXO G



**Fotografía #11.- El bloque de suelo - cemento compactándose.**

**ANEXO H**

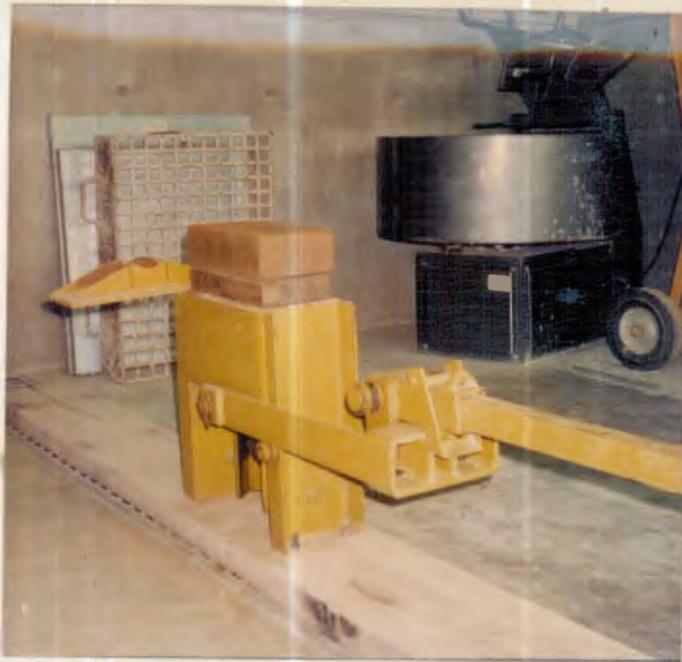


**Fotografía #12.- Bloque totalmente compactado.**



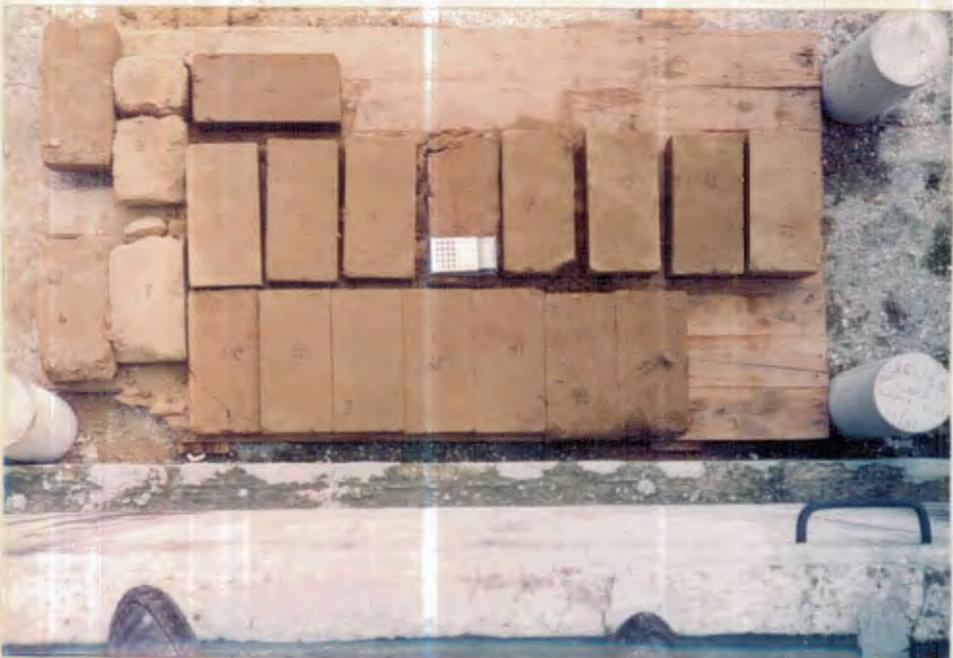
**Fotografía #13.- Bloque saliendo de la máquina compactadora.**

## ANEXO I



BIBLIOTECA FIC  
ESPOL

**Fotografía #14.- Bloque tal y como sale de la máquina compactadora Cinva Ram.**



**Fotografía #15.- Bloques con 7% de cemento y diferentes contenidos de humedad.**

## ANEXO J



**Fotografía #16.- Bloques con diferentes contenidos de cemento y humedad.**



**Fotografía #17.- Se observa el acabado de los bloques con diferentes porcentajes de cemento.**

## ANEXO K



**Fotografía #18.- El bloque #24 cuando se pesa antes de ser ensayado.**



**Fotografía #19.- Bloque #25 en la pesa antes de ser ensayado.**

## ANEXO L



Fotografía #20.- Bloque #31 en la pesa antes de ser ensayado.



Fotografía #21.- Ensayo de Compresión, vista lateral

**ANEXO LL**

**Fotografía #22.- Antes de empezar el ensayo de compresión, vista lateral.**

## ANEXO M



Fotografía #2 .- Ensayo de compresión, vista de frente . cuando el ensayo ha terminado.

## ANEXO N



**Fotografía #24.- Se aprecia que el bloque #24 después de haber sido sometido al ensayo de compresión, permanece casi intacto.**

## ANEXO 0



**Fotografía #25.-** Nótese en la parte superior los bloques con 7% de cemento y 10% de agua (1,2,3 y 4), que no alcanzaron ninguna resistencia y el #14 dañado en las aristas, en comparación con bloques realizados del mismo suelo y sin ningún porcentaje de cemento (totalmente deteriorados), sujetos a las mismas condiciones de lluvias.

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

1. **ALVA A. TEUTONICO J.**, Notas sobre la manufactura del bloque de adobe para la restauración de la arquitectura de tierra. Revista Trama de Arquitectura Julio/1988 #477, pp. 46, 47, 49, 50, 54
2. **BERRY P. REID D.**, Mecánica de Suelos. Impresos por Panamericana Formas e Impresos S.A Colombia 1993.
3. **BERTRAM G.**, Ensayos de Suelos Fundamentales para la Construcción. Impreso por la Federación Internacional de carreteras (IRF) Washington DC 15 de agosto de 1961.
4. **CEMCO 88, SEMINARIO S-9** Sobre tecnología para viviendas de interés social en iberoamérica.- Instituto Eduardo Torroja, equipo V.M.B.C Coordinador Julián Salas.
5. **C.T.H.**, Cemento.
6. **CIDECOT**, Vivienda a base de módulos de tierra comprimida y estabilizada, México.
7. **CORONEL J.**, Notas de Mecánica de Suelos. Manual de Laboratorio.
8. **C.P.A.**, Suelo-Cemento Método Abreviado "SHORT-CUT"
9. **DEL PINO I.**, Recomendaciones internacionales para la protección de la arquitectura de tierra. Revista Trama de Arquitectura Julio/1988 #47 p. 65, 67
10. **DOAT P. HAYS A. Y OTROS.**, Construir con tierra. Fondo Rotatorio . Editorial Bogotá-Colombia 1990, pp. 23-30; 35-41; 48, 50, 66, 69.
11. **DONALD W.**, Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Compañía Editorial Continental, S.A. México. 1961.

12. *GUINEA M., La tierra y su estabilización, Estabilización de Tierra y Producción de Bloques.*
13. *HALLACK A. DUTRA DE CARVALLO M., Control de obras de suelo-cemento en sacos. Revista Construcción y Tecnología vol. 5 # 150 Julio de 1992.*
14. *HAYS A. MATUK S., Desarrollo Tecnológico de la Vivienda Popular en Tierra, Revista Domus año V6-NR. 30 Enero/febrero de 1992, pp. 14, 15 y 16.*
15. *LUNA M. PEÑA J. BARAHONA O., El uso de la tierra en los proyectos de vivienda. Revista Trama de Arquitectura Julio/ 1988 #47, p. 33.*
16. *MARQUEZ G., Mecánica de Suelos Medellín 1982, pp. 22-25; 46-50; 53-60; 61-70.*
17. *Monografía CEAC de la construcción, Perú, 164 08020 Barcelona España: Técnica y Práctica del Hormigón Armado. Algunas notas sobre suelo-cemento.*
18. *P.C.A, Soil-Cement Construction Handbook, pp. 3, 4, 5, 39, 40.*
19. *P.C.A., Suggested Specifications for soil cement base course, p. 1*
20. *PECK R., HANSON W., THORNBURN T., Ingeniería de Cimentaciones Editorial Limusa, México 1991, pp. 30-36 y 50.*
21. *PERALTA E. MOYA R., Arquitectura de tierra, alternativas del presente, Revista TRAMA #47 Julio 1988 #47, p. 17*
22. *POVEDA E., Construcciones de tierra en zonas sísmicas. Revista Trama de Arquitectura Julio/1988 #47, pp. 56, 57*
23. *Revista Domus año III # 14 Mayo/Junio/1989 Francia, producción de bloques de tierra.*

24. *VILLA G., Las construcciones de tierra frente al sismo Cemco 88 Seminario S-9 sobre Tecnología para Viviendas de Interés Social en Iberoamérica Instituto Eduardo Torroja equipo V.M.B.C..*
25. *ROSERO B., CEVALLOS P., Y OTROS., Técnicas del manejo de la tierra, p. 58*