



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**  
**“INGENIERO CIVIL”**

**TÍTULO DEL PROYECTO**

**“ELABORACIÓN DE UNA DOSIFICACIÓN PARA  
FABRICACIÓN DE SUPERADOBE, CON ENSACADOS DE  
YUTE, CABUYA Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE  
RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON MAMPUESTO DE  
LADRILLO DEL CANTÓN CHAMBO, PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO”**

**Autor:**

MIGUEL ANGEL MIRANDA SALAZAR

**Director:**

ING. JAVIER PALACIOS

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2016**

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: “ELABORACIÓN DE UNA DOSIFICACIÓN PARA FABRICACIÓN DE SUPERADOBE, CON ENSACADOS DE YUTE, CABUYA Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON MAMPUESTO DE LADRILLO DEL CANTÓN CHAMBO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO” presentado por: Miguel Angel Miranda Salazar y dirigida por: Ing. Javier Palacios.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

**Ing. Víctor Velásquez**  
**Presidente del Tribunal**



**Firma**

**Ing. Javier Palacios**  
**Director del Proyecto**



**Firma**

**Ing. Alexis Martínez**  
**Miembro del Tribunal**



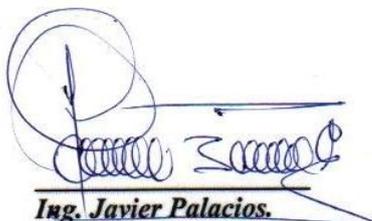
**Firma**

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Yo, Ing. MARCO JAVIER PALACIOS CARVAJAL, en mi calidad de Tutor, del trabajo investigativo titulado: “ELABORACIÓN DE UNA DOSIFICACIÓN PARA FABRICACIÓN DE SUPERADOBE, CON ENSACADOS DE YUTE, CABUYA Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON MAMPUESTO DE LADRILLO DEL CANTÓN CHAMBO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, tengo a bien informar que el mencionado trabajo cumple con los requisitos exigidos para ser expuesto al público, luego de ser evaluado por el tribunal designado.

Riobamba, Noviembre del 2016

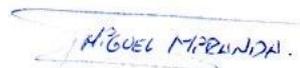
Atentamente,



**Ing. Javier Palacios.**  
**Tutor**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Miguel Angel Miranda Salazar e Ing. Javier Palacios; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



MIGUEL MIRANDA.

---

**Miguel Angel Miranda Salazar**  
**0604131623**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la fuerza y fe para culminar esta etapa en mi vida. A mis padres, en especial a mi madre Elsy Salazar quien ha estado apoyando incondicionalmente, por su amor, confianza, sacrificio y paciencia; a mis hermanas y sobrinos por ser las personas que me han acompañado durante mi trayecto estudiantil y de vida.

A Nathaly Niama, por su amor, comprensión y aliento para seguir adelante en este largo recorrido que hemos compartido juntos.

Y de manera especial extendiendo mi agradecimiento al Ingeniero Javier Palacios, quien como director y docente me ha prestado su guía durante el desarrollo del presente proyecto investigativo, y al Ingeniero Alexis Martínez gracias por su tiempo, amistad así como por la sabiduría que me ha transmitido en el desarrollo de mi formación profesional.

*Miguel Angel Miranda Salazar.*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi madre Elsy Salazar, mi pilar más importante en mi vida, porque gracias a su cariño, sacrificio y esfuerzo a lo largo de mi vida ha hecho posible que pueda culminar mi carrera profesional.

*Miguel Angel Miranda Salazar.*

## ÍNDICE GENERAL

GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	3
1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	3
1.1 SABERES ANCESTRALES.....	3
1.2 SUPERADOBE.....	3
1.2.1 COMPONENTES DEL SUPERADOBE.....	4
1.3 ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO FINO (SUELO COMÚN).....	8
1.3.1 GRANULOMETRÍA.....	8
1.3.2 CONTENIDO DE HUMEDAD.....	8
1.3.3 PESO ESPECÍFICO.....	9
1.3.4 LIMITE LÍQUIDO.....	10
1.3.5 LIMITE PLÁSTICO.....	10
1.4 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S)...	11
1.5 ENSAYO A LA COMPRESIÓN.....	12
CAPITULO II.....	13
2 METODOLOGÍA.....	13
2.1 TIPO DE ESTUDIO.....	13
2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	13
2.2.1 HIPÓTESIS.....	13
2.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	14
2.4 PROCEDIMIENTOS.....	15
2.4.1 RECOLECCIÓN DE MATERIA PRIMA (SUELO COMÚN).....	15
2.4.2 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO.....	15
2.4.3 FABRICACIÓN DE SACOS DE POLIPROPILENO (YUTE) Y CABUYA.....	27
2.4.4 ELABORACIÓN DE DOSIFICACIONES Y PROBETAS DEL SUPERADOBE.....	28
2.4.5 COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE SUPERADOBE.....	32
2.4.6 COMPRESIÓN DE LADRILLOS TIPO C DEL CANTÓN CHAMBO.....	34
2.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	37
2.5.1 SUPERADOBE.....	37
2.5.2 LADRILLOS DEL CANTÓN CHAMBO.....	39
2.6 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	40
2.6.1 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS:.....	40
2.6.2 JI CUADRADO PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE.....	40

3	RESULTADOS .....	43
3.1	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO .....	43
3.1.1	GRANULOMETRÍA.....	43
3.1.2	LIMITES DE ATTERBERG.....	44
3.1.3	PESO ESPECÍFICO .....	45
3.1.4	PORCENTAJE DE HUMEDAD .....	45
3.2	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO .....	46
3.2.1	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS .....	46
3.3	DOSIFICACIÓN DE SUPERADOBE.....	47
3.4	ENSAYO A COMPRESIÓN SUPERADOBE CON SACOS DE POLIPROPILENO (YUTE).....	48
3.5	ENSAYO A COMPRESIÓN SUPERADOBE CON SACOS DE CABUYA	49
3.6	ENSAYO A COMPRESIÓN LADRILLOS TIPO C.....	50
3.7	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PROBETAS DE SUPERADOBE Y LADRILLOS TIPO C .....	51
3.8	ANÁLISIS DE COSTO Y COMPARACIÓN ENTRE LAS DOS MAMPOSTERÍAS .....	52
	CAPITULO IV.....	55
4	DISCUSIÓN.....	55
	CAPITULO V .....	56
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56
5.1	CONCLUSIONES.....	56
5.2	RECOMENDACIONES.....	56
	CAPITULO VI.....	58
6	PROPUESTA .....	58
6.1	TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	58
6.2	INTRODUCCIÓN .....	58
6.3	OBJETIVOS.....	58
6.3.1	OBJETIVO GENERAL.....	58
6.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	59
6.4	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO –TÉCNICA .....	59
6.5	DISEÑO ORGANIZACIONAL.....	62
6.6	MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA.....	63
	BIBLIOGRAFÍA.....	64
7	ANEXOS .....	66
7.1	ANEXO 1.- ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL SUELO .....	66
7.2	ANEXO 2.- LIMITE LÍQUIDO .....	73
7.3	ANEXO 3.- LIMITE PLÁSTICO .....	80
7.4	ANEXO 4.- PORCENTAJE DE HUMEDAD .....	83
7.5	ANEXO 5.- PESO ESPECÍFICO .....	85
7.6	ANEXO 6.- DOSIFICACIONES.....	88
7.7	ANEXO 7.- ENSAYO A COMPRESIÓN .....	90

7.8 ANEXO 8.- COMPRESIÓN DE LADRILLOS.....	97
7.9 ANEXO 9.- ANÁLISIS COMPARATIVO.....	98
7.10 ANEXO 10.- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA.....	99
7.10.1 NORMA INEN 696.....	99
7.10.2 NORMA INEN 691.....	108
7.10.3 NORMA INEN 692.....	120
7.10.4 NORMA INEN 856.....	127
7.10.5 NORMA INEN 690.....	139
7.10.6 NORMA INEN 294.....	146
7.11 ANEXO 11.- FOTOS.....	150

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla: I. 1.- Sistema Unificado de clasificación de suelos finos .....</i>	11
<i>Tabla: II. 2.- Operacionalización de las variables .....</i>	14
<i>Tabla II. 3.- Frecuencias observadas .....</i>	41
<i>Tabla:III. 4.- Resumen de Granulometría.....</i>	43
<i>Tabla:III. 5.- Resumen limite Líquido.....</i>	44
<i>Tabla: III. 6.- Resumen limite plástico.....</i>	45
<i>Tabla: III. 7.- Resumen peso específico .....</i>	45
<i>Tabla: III. 8.- Resumen porcentaje de humedad.....</i>	45
<i>Tabla: III. 9.- Estudio de Suelo.....</i>	46
<i>Tabla: III. 10.- Dosificación A – 5:1.....</i>	47
<i>Tabla: III. 11.- Dosificación B – 5:1.25.....</i>	47
<i>Tabla: III. 12.- Dosificación C – 5:0.75 .....</i>	48
<i>Tabla: III. 13.- Resistencia a compresión Dosificación A-B-C .....</i>	48
<i>Tabla: III. 14.- Resultados de Resistencia a compresión Dosificación A.....</i>	49
<i>Tabla:III. 15.- Resultados de Resistencia a compresión ladrillo tipo C.....</i>	50
<i>Tabla:III. 16.- Resultados de Resistencia a compresión Superadobe con Yute....</i>	51
<i>Tabla: III. 17.- Resultados de Resistencia a compresión Superadobe con cabuya .....</i>	51
<i>Tabla: III. 18.- Análisis de costo de mampuestos de Superadobe - polipropileno (yute) .....</i>	53
<i>Tabla: III. 19.- Análisis de costo de mampuestos de Superadobe - cabuya .....</i>	53
<i>Tabla: III. 20.- Análisis de costo de mampuestos de ladrillo .....</i>	54
<i>Tabla: VI. 21.- Dosificación del Superadobe .....</i>	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura: I, 1.- Construcciones con Superadobe</i> .....	4
<i>Figura: I, 2.- Saco de cemento</i> .....	5
<i>Figura: I, 3.- Alambre de púas</i> .....	6
<i>Figura: I, 4.- Sacos de polipropileno</i> .....	6
<i>Figura: I, 5.- Sacos de Cabuya</i> .....	7
<i>Figura: I, 6.- Tamices</i> .....	8
<i>Figura: I, 7.- Ensayo de contenido de humedad</i> .....	9
<i>Figura: I, 8.- Picnómetro</i> .....	9
<i>Figura: I, 9.- Casagrande</i> .....	10
<i>Figura: I, 10.- Placa de rolado (Vidrio esmerilado)</i> .....	10
<i>Figura: I, 11.- Prensa Hidráulica 3000 kg</i> .....	12
<i>Figura: II, 12.- Materia prima recolectada</i> .....	15
<i>Figura: III, 13.- Muestras de Suelo común, en el horno de secado</i> .....	16
<i>Figura: II, 14.- Muestra de Suelo.</i> .....	17
<i>Figura: II, 15.- Tamices</i> .....	17
<i>Figura: II, 16.- Tamices con muestra de suelo</i> .....	18
<i>Figura: II, 17.- Pesaje de la muestra tamizada.</i> .....	18
<i>Figura: II, 18.- Muestra recolectada</i> .....	19
<i>Figura: II, 19.- Equipo de Casagrande</i> .....	20
<i>Figura: II, 20.- Agregado + agua</i> .....	20
<i>Figura: II, 21.- Muestra para ensayar</i> .....	21
<i>Figura: II, 22.- Muestra para ensayar - acanalador</i> .....	21
<i>Figura: II, 23.- Estudio de la muestra</i> .....	22
<i>Figura: II, 24.- Rollo de 3 mm</i> .....	23
<i>Figura: II, 25.- Muestra saturada</i> .....	24
<i>Figura: II, 26.- Muestra</i> .....	24
<i>Figura: II, 27.- Prueba de SSS</i> .....	25
<i>Figura: II, 28.- Picnómetro con agua</i> .....	25
<i>Figura: II, 29.- Picnómetro</i> .....	26
<i>Figura: II, 30.- Muestra Húmeda</i> .....	27

<i>Figura: II, 31.- Sacos de cabuya y polipropileno .....</i>	27
<i>Figura: II, 32.- Balanza .....</i>	28
<i>Figura: II, 33.- Bandeja muestras.....</i>	29
<i>Figura: II, 34.- Tierra + cemento .....</i>	29
<i>Figura: II, 35.- Tierra + cemento + agua .....</i>	29
<i>Figura: II, 36.- Prueba de maleabilidad.....</i>	30
<i>Figura: II. 37.- Elaboración de Probeta.....</i>	31
<i>Figura: II.38.- Comprobación de longitudes probeta .....</i>	31
<i>Figura: II.39.- Probetas .....</i>	32
<i>Figura: II.40.- Ensayo a compresión de Probetas de yute (polipropileno).....</i>	33
<i>Figura: II.41.- Ensayo a compresión de Probetas de cabuya .....</i>	33
<i>Figura: II.42.- Probetas ensayadas .....</i>	34
<i>Figura: II.43.- Ladrillo tipo C .....</i>	34
<i>Figura: II.44.- Medición de los ladrillos .....</i>	35
<i>Figura: II.45.- Compresión del ladrillo .....</i>	35
<i>Figura: II.46.- Ensayo de ladrillo.....</i>	35
<i>Figura: II.47.- Tabulación de datos.....</i>	36
<i>Figura: II.48.- Diagrama de proceso de elaboración Superadobe .....</i>	37
<i>Figura: II.49.- Diagrama de proceso de elaboración ensayo de compresión de ladrillos .....</i>	39
<i>Figura: II.50.- Distribución Ji cuadrado.....</i>	40
<i>Figura: II.51.- Representación gráfica de la regla de decisión .....</i>	42
<i>Figura: III.52.- Curvas Granulométricas .....</i>	43
<i>Figura: III.53.- Curva limite líquido.....</i>	44
<i>Figura: III.54.- Tabla SUCS .....</i>	46
<i>Figura: III.55.- Grafica- Resistencia vs tiempo .....</i>	49
<i>Figura: III.56.- Grafica - resistencia vs tiempo.....</i>	50
<i>Figura: III.57.- Resultados Comparación de Resistencia a compresión entre mampuestas de Superadobe - polipropileno (Yute) y mampuestos de ladrillo del cantón Chambo .....</i>	51

<i>Figura: III.58.- Resultados Comparación de Resistencia a compresión entre mampuestas de Superadobe - Cabuya y mampuestos de ladrillo del cantón Chambo .....</i>	<i>52</i>
<i>Figura: VI.59.- Creación de los ejes solares .....</i>	<i>60</i>
<i>Figura: VI.60.- Ábsides.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura: VI.61.- Instalación del Drenaje .....</i>	<i>61</i>
<i>Figura: VI.62.- Diagrama del diseño organizacional. ....</i>	<i>62</i>
<i>Figura: VI.63.- Diagrama de la evaluación de la propuesta .....</i>	<i>63</i>

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

<b>% Pasa</b>	Porcentaje que pasa
<b>% RA</b>	Porcentaje retenido acumulado
<b>SSS</b>	Saturado Superficialmente Seco
<b>INEN</b>	Instituto Ecuatoriano de Normalización
<b>LP</b>	Limite plástico
<b>LL</b>	Limite liquido
<b>IP</b>	índice de plasticidad
<b>A1-A9</b>	Dosificación 5:1
<b>B1-B9</b>	Dosificación 5:1.25
<b>C1-C9</b>	Dosificación 5:0.75
<b>MASA REC O MASA R</b>	Masa del recipiente, en gramos
<b>MN</b>	Muestra húmeda, en gramos
<b>MS</b>	Muestra seca, en gramos
<b>NP</b>	Material no plástico
<b>Mpa</b>	Mega pascales
<b>KN</b>	kilo Newtons
<b>g</b>	Gramos
<b>Kg</b>	Kilogramos
<b>mm</b>	milímetros
<b>cm</b>	centímetros
<b>m</b>	metros
<b>MIDUVI</b>	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
<b>S.U.C.S</b>	Sistema Unificado de clasificación de Suelos

## RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo la obtención de una dosificación de Superadobe, que presente buenas características a fuerzas de compresión, utilizando tierra de sitio que no perjudique las características del Superadobe, cemento, agua, alambre de púas, sacos de cabuya, yute (sacos de polipropileno); la cual permite construir domos habitables, como una solución práctica, económica y confiable en el sector de la bio-construcción. Con el estudio de las características físicas y mecánicas de la materia prima, se pudo analizar las propiedades del suelo común, para realizar tres dosificaciones de Superadobe, y elaborar las probetas de estudio que posteriormente fueron sometidas a compresión utilizando una Prensa Hidráulica. Las pruebas de resistencia a las que fueron expuestas las probetas se realizaron a las edades de 7, 14 y 28 días, lo que permitió realizar una comparación entre la resistencia de compresión de ladrillos macizos producidos en el cantón Chambo con la resistencia del Superadobe, demostrando la superioridad en términos de resistencia de los bio-mampuestos estudiados en esta tesis, para soportar las cargas aplicadas.

## ABSTRACT

This project aims to obtain a prescribed amount of Superadobe, which present good characteristics to compressive forces using land site that does not damage the characteristics of Superadobe, cement, water, barbed wire, sacks of sisal, jute (sacks Polypropylene); which allows building fit to live in domes, as a practical, economical and consistent in the field of green building solution. With the study of the physical and mechanical characteristics of the raw material, it was possible to analyze the properties of common ground to make prescribed amount of Superadobe, and develop study specimens were then subjected to compression using a hydraulic press. Resistance tests to which they were exposed specimens were performed at ages 7, 14 and 28 days, which allowed a comparison between the compressive strength of solid bricks produced in the Crambo Canton with resistance Superadobe, showing supremacy in terms of resistance biomampuestos studied in this thesis, to withstand the applied loads.



Reviewed by: Suarez, Marcela  
Language Center Teacher



## INTRODUCCIÓN

El Ecuador encontrándose en una zona de alta vulnerabilidad sísmica, no dispone de viviendas estructuralmente seguras, ya que normalmente en las zonas inhóspitas o en las azotadas por catástrofes naturales se concentra la población con bajos recursos, y donde se ha construido casas siguiendo metodologías constructivas tradicionales rudimentarias y no técnicas, con materiales que tienen al alcance de la mano, además de no contar con la ayuda y planificación de un ingeniero civil, por lo cual las edificaciones son inseguras y frecuentemente tienen problemas estructurales o en el peor de los casos colapsan frente a un evento sísmico.

Para resolver esta dificultad se necesita dar una solución constructiva que no simplemente solucione el problema de resistencia de las edificaciones sino también debe ser económico para que las personas con limitados recursos económicos puedan construir su vivienda con la materia prima disponible en el propio entorno.

Existen diversos sistemas de construcción, entre los cuales los principales son: casas de hormigón armado, mixtas, de madera y de estructuras metálicas. Otra técnica es la de Superadobe, la cual consiste en introducir tierra estabilizada con cemento, para mejorar las características resistentes del suelo, dentro de sacos que son capaces de resistir esfuerzos de tracción. Con el uso de enrejados de púas se aporta adherencia entre los sacos. En ocasiones se utilizan sacos individuales, los cuales se colocan uno al lado del otro (mampuestos), pero también se emplean a manera de saco continuo. Es posible construir casas en forma de domos (forma de cúpula) para aprovechar las ventajas estructurales que ésta muestra y responden a acciones horizontales de sismos.

Considerando lo antes mencionado, este proyecto de investigación focaliza la atención en la dosificación de un Superadobe, con el uso de pocos recursos; entre los materiales considerados en esta tesis, se destacan los siguientes: tierra, agua, cemento, alambre de púas, sacos de yute (polipropileno) y sacos de cabuya. Esta

técnica permite que se construyan casas seguras de una manera sencilla, ecológica, sustentable y segura. Es indudable que por las particulares económicas, ecológicas y por la facilidad constructiva es una solución apta para construir casas en situaciones de emergencia o para personas de escasos recursos económicos.

# **CAPITULO I**

## **1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **1.1 SABERES ANCESTRALES**

En la UNESCO, se establece que los saberes habituales y ancestrales son un patrimonio, que se constituyen como un significativo recurso para toda la sociedad, ya que utilizando el dialogo se consigue dignificar el intercambio de creencias, valores, idioma, religión, etc. y de esta manera poder mantener el espectro de la variedad cultural. “Debe ser protegida, para mantenerla, desarrollarla y promoverla entre las generaciones presentes y futuras. En este ámbito, resulta transcendental el esfuerzo que se ha hecho en el Ecuador donde, se fomenta el rescate, la conservación y la divulgación de los conocimientos ancestrales” (SECRETARIA DEL BUEN VIVIR) .

Podemos indicar que los conocimientos y saberes ancestrales y tradicionales son todas aquellas creencias y prácticas habituales que nuestros pueblos han guardado y divulgado entre generaciones, mediante la convivencia comunitaria y las tradiciones entre las poblaciones originarias (SECRETARIA DEL BUEN VIVIR).

### **1.2 SUPERADOBE**

El famoso arquitecto Iraní-Estadounidense Nader Khalili, en 1984 presento ante la NASA un proyecto para construir refugios en la luna, a base de unos sacos con cierre de velcro para llenarlos de tierra.(NADER KHALILI)

EL Superadobe, es una técnica sencilla diseñada para la construcción de viviendas también conocida como "velcro adobe", utilizando sacos llenos de tierra recogida del mismo sitio, superpuestos entre sí por alambres ayudando al trabe de cada hilada, apilados entre sí para dar más consistencia a la estructura, habitualmente son tipo cúpula y ábsides, para crear resistencia a los sismos.

Entre las ventajas del sistema constructivo con Superadobe, están presentes:

- Coste bajo de construcción
- Sostenibilidad
- Complicidad con el medio ambiente
- Larga durabilidad
- Resistente



*Figura: 1, 1.- Construcciones con Superadobe*

Fuente: <http://www.labioguia.com/notas/como-construir-en-superadobe-paso-a-paso>

A partir de la transmisión de la técnica, varias organizaciones humanitarias y particulares han encontrado en esta propuesta una solución constructiva idónea para sus necesidades. (NADER KHALILI)

## **1.2.1 COMPONENTES DEL SUPERADOBE**

### **1.2.1.1 Suelo Común (Agregado Fino)**

La tierra es el material principal de la técnica de Superadobe, ya que es abundante y con buenas características a presión. Este puede ser tomado del sitio de la construcción, y no necesita tener particulares mecánicas específicas para su uso. Cuando la mezcla del suelo con el cemento adquiere uniformidad se puede acumular.

### **1.2.1.2 Cemento Portland Tipo I**

“Es un conglomerante hidráulico, es decir que fraguan y se endurecen al reaccionar químicamente con el agua, produciendo compuestos mecánicamente resistentes y durables, incluso al estar sumergidos en la misma, lo cual los diferencia de cementantes aéreos, que fraguan y se endurecen en contacto con el aire” (RODRIGUEZ & VILLALBA REA, 2015).



*Figura: 1, 2.- Saco de cemento*

Fuente: <http://www.cementochimborazo.com/index.php/prod>

### **1.2.1.3 Alambre de Púas**

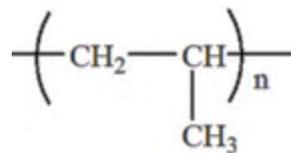
El alambre de púas, fabricado de alambre galvanizado, entrelazando los hilos y trenzando la púa entre los dos alambres longitudinales. Se puede utilizar alambre de 4 púas, ya que aporta adhesividad a la interface entre sacos. Las púas de acero ofrecen maleabilidad y fricción adicional entre las hiladas.



Figura: I, 3.- Alambre de púas  
Fuente: Autor

#### 1.2.1.4 Sacos de polipropileno (yute)

“Fibra formada de macromoléculas lineales compuesto de unidades de hidrocarburos alifáticos saturados en la cual uno de cada dos átomos de carbono tienen un grupo metilo, generalmente en una configuración isostática y sin sustitución adicional” (INEN, 2009) .



El saco de polipropileno, es poroso por lo que permite que la mezcla reaccione con el oxígeno del exterior. En fase de ejecución el saco actúa de encofrado, logrando ser desplazado y moldeado con facilidad. Además proporciona la resistencia a tracción necesaria.



Figura: I, 4.- Sacos de polipropileno  
Fuente: Autor

### **1.2.1.5 Sacos de Cabuya**

“Se elaboran utilizando fibras naturales de cabuya, son biodegradables, presenta características especiales respecto al producto que se empaque, algunas dimensiones de los sacos son estandarizados, sin embargo también se elaboran de acuerdo a las necesidades y requerimientos. Además, no contamina el agua. Sus ventajas son tanto ambientales como económicas” (S.A., 2016).

Proceso de Elaboración:

- Sembrar la planta
- Corte y recolección
- Desfibrado
- Lavado y Secado



*Figura: I, 5.- Sacos de Cabuya*  
Fuente: Autor

### **1.2.1.6 Agua**

Es uno de los componentes utilizado en el Superadobe para crear las reacciones químicas con el cemento. No contiene características especiales es la de consumo humano.

### **1.3 ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO FINO (SUELO COMÚN)**

#### **1.3.1 Granulometría**

Es un ensayo que nos permite determinar el porcentaje granulométrico de las partículas de áridos con el fin de analizar su tipo y sus propiedades mecánicas.

El análisis granulométrico se lo realiza con la ayuda de la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 696, la cual indica que el método de ensayo se lo realiza por tamizado.



*Figura: I, 6.- Tamices*  
Fuente: Autor

#### **1.3.2 Contenido de Humedad**

Es la relación entre la masa del agua dentro de los poros y la masa de las partículas sólidas. (INEN 690)



*Figura: I, 7.- Ensayo de contenido de humedad*  
Fuente: Autor

### **1.3.3      Peso Específico**

“En la determinación de la Densidad, Densidad Relativa y Absorción del Árido Fino, define al Peso Específico como la masa de las partículas del árido, saturado superficialmente seco, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de poros impermeables y poros permeables llenos de agua, sin incluir los vacíos entre partículas” (NTE, 2010).



*Figura: I, 8.- Pícnómetro*  
Fuente: Autor

### 1.3.4 Limite líquido

“Está definido como el contenido de humedad en el cual una masa de suelo se encuentra entre el estado plástico para pasar al estado líquido” (NTE, 2010).

Este ensayo, se elabora en base a la Norma INEN 691, utiliza el equipo Casagrande y el material de suelo que pasa por el tamiz #40.



*Figura: I, 9.- Casagrande*  
Fuente: Autor

### 1.3.5 Limite plástico

Está definido como el contenido de humedad, en el cual una masa de suelo se encuentra entre el estado semisólido y el estado plástico.

Este ensayo debe realizarse con la porción de suelo que pasa por el tamiz #40, como lo establece la NORMA INEN 692.



*Figura: I, 10.- Placa de rolado (Vidrio esmerilado)*  
Fuente: Autor

## 1.4 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S)

“Este sistema fue presentado por Arthur Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en 1942 para aeropuertos” (VILLALAZ, s.f.).

Tabla: I. 1.- Sistema Unificado de clasificación de suelos finos  
Fuente: S.U.C.S

DIVISION MAYOR	SMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO	
<b>SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS</b> Más de la mitad del material es retenido en la malla n.ºm. 200	GRAVAS MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA ES RETENIDA POR LA MALLA No. 4 GRAVA CON FINES CANTIDAD APRECIABLE DE PARTICULAS FINAS ARENAS MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA PASA POR LA MALLA No. 4 ARENAS CON FINES CANTIDAD APRECIABLE DE PARTICULAS FINAS LIMOS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50% LIMOS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50% SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.	
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.	
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.	
		GU		
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.	
		SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poco o nada de finos.	
		SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poco o nada de finos.	
		SM	Arenas limosas, mezclas de arenas y limo.	
		SU		
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arenas y arcilla.	
<b>SUELOS DE PARTICULAS FINAS</b> Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 Las partículas de 0.074 mm de diámetro (malla no. 200) son, aprox., las más pequeñas visibles a simple vista.	LIMOS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50% LIMOS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50% SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	
		CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	
		MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos.	
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.	
		OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.	
		Pt	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.	
		<p>DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMETRICA, DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FLUIDOS (FRACCION QUE PASA POR LA MALLA No. 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUIEN: MENOS DEL 5%; GW, GP, SW, SP; MAS DE 12%; GM, UC, SM, SC DE 5% A 12%; CASOS DE FRONTERA QUE REQUIEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES.</p>		
		<p>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4 COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3 <math>Cu = (D_{60})/(D_{10})</math>      <math>Cc = (D_{30})^2/(D_{10} \cdot D_{60})</math></p> <p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACION PARA GW</p>		
		<p>Límites de Atterberg abajo de la "Línea A" o I.P. menor que 4</p> <p>Límites de Atterberg arriba de la "Línea A" con I.P. mayor que 7</p> <p>Arriba de la "Línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.</p>		
<p><math>Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}</math> mayor de 6.      <math>Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}</math> entre 1 y 3</p> <p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACION PARA SW</p>				
<p>Límites de Atterberg abajo de la "Línea A" con I.P. menor que 4</p> <p>Límites de Atterberg arriba de la "Línea A" con I.P. mayor que 7</p> <p>Arriba de la "Línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.</p>				
<p>EQUIVALENCIA DE SIMBOLOS G = GRAVAS, M = LIMOS, S = ARENAS, C = ARCILLAS, O = SUELOS ORGANICOS, W = BIEN GRADUADOS, P = MAL GRADUADOS, Pt = TURBA L = BAJA COMPRESIBILIDAD, H = ALTA COMPRESIBILIDAD</p>				
<p>CARTA DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS DE PARTICULAS FINAS EN LAS</p>				

## 1.5 ENSAYO A LA COMPRESIÓN

Este ensayo técnico, permite comprobar la resistencia de un material ante un esfuerzo a la presión o compresión, ejerciendo una carga sobre él, utilizando una maquina universal.

“La Norma INEN 294, establece el método de ensayo de ladrillos cerámicos que se emplean en albañilería para determinar su resistencia a la compresión” (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION).



*Figura: I, 11.- Prensa Hidráulica 3000 kg*  
Fuente: Autor

## CAPITULO II

### 2 METODOLOGÍA

Este capítulo presenta la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación.

#### 2.1 TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio es:

**Experimental:** Los estudios experimentales son estudios analíticos, en los que se va a valorar el efecto de una o varias intervenciones. El investigador manipula las condiciones de la investigación.

**Descriptivo:** El investigador busca situaciones, de modo que le permita recolectar la información necesaria para describir la investigación.

#### 2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Está determinada por un total de 54 probetas de Superadobe, utilizando 3 diferentes dosificaciones, las mismas que fueron realizadas con saco de polipropileno (yute) y de cabuya, cada una fue expuesta a pruebas de resistencia a la compresión.

##### 2.2.1 HIPÓTESIS

*“Las mamposterías de Superadobe resisten a mayores esfuerzos a compresión que las mamposterías de ladrillo del cantón Chambo, y son más económicas que una mampostería de ladrillo.”*

### 2.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La **Tabla 2** indica la operacionalización de la variable independiente

*Tabla: II. 2.- Operacionalización de las variables*  
Fuente: Autor

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ÍNDICE</b>	<b>TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
Las propiedades y proporciones de los materiales constituyentes del Superadobe	Realizar una evaluación y dosificación técnicamente elaborada para la construcción con Superadobe.	Utiliza materiales de bajo coste; como suelo común, arena, cemento, complementado con el conveniente precio de la mano de obra.	Mano de Obra. Herramientas y Materiales Financiamiento	La aplicación de la técnica de construcción con la dosificación de Superadobe	Laboratorio	Manual de la técnica de construcción con Superadobe.
Resistencia a la compresión, Precio y durabilidad.	La técnica utiliza tubos de tela largo en capas o bolsas llenas de Superadobe para formar una estructura de compresión.	Se trata de sacos llenos de suelo común estabilizada, superpuestos entre sí por alambre de púas, para dar consistencia a la estructura, que normalmente son tipo cúpula, creando la resistencia a terremotos, huracanes, inundaciones, incendios.	Análisis de suelo. Ensayo de materiales. Elaboración de la dosificación de Superadobe	Adaptación de la técnica al medio en que vivimos.	Laboratorio Observación de campo	Fichas de laboratorio. Fichas de campo

## 2.4 PROCEDIMIENTOS

Describe los pasos continuados durante la investigación, los mismos que serán ampliados a continuación:

- Recolección de materia prima (Suelo común).
- Ensayos, que permitan determinar propiedades físicas y mecánicas del suelo.
- Fabricación de sacos en polipropileno y cabuya.
- Elaboración de dosificaciones y probetas del Superadobe.
- Compresión de especímenes de Superadobe

### 2.4.1 Recolección de materia prima (suelo común)

La materia prima utilizada son tres elementos básicos: la tierra, el cemento, el saco y el alambre. Para recolección de la tierra se realizó una inspección visual del lugar (Universidad Nacional de Chimborazo), con la utilización de una herramienta menor se prosiguió a recoger la materia prima en sacos, un total de 25 sacos que servirá para realizar el estudio del mismo.



*Figura: II, 12.- Materia prima recolectada*  
Fuente: El autor

### 2.4.2 Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del suelo

Las 5 muestras de suelo común, recolectadas en los diferentes puntos de la Universidad Nacional de Chimborazo - Laboratorios de ingeniería Civil, serán

llevadas hasta el laboratorio de ensayo de materiales para determinar su granulometría, límite líquido, límite plástico, contenido de humedad y peso específico.

#### **2.4.2.1 Granulometría**

Se describe el procedimiento del ensayo de granulometría a realizarse, bajo la **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 696**:

##### **Materiales y Equipos:**

- Balanza
  - Brocha
  - Horno de secado
  - Recipientes metálicos
  - Maquina tamizadora
  - Tamices N° 3/8” -4 -16 -40 -100 -200
- 
- Se coloca las muestras recolectadas del suelo común en bandejas metálicas para meter al horno de secado a una temperatura de 150 °C, por un tiempo de 24 horas, nos permitiría eliminar el contenido de humedad del agregado.



*Figura: III, 13.- Muestras de Suelo común, en el horno de secado*  
Fuente: El autor

- Después del tiempo de secado, sacamos la muestra del horno y esperamos que se enfríe.
- Para realizar el ensayo de granulometría, tomar 500 g de la muestra de suelo común, en una bandeja metálica.



*Figura: II, 14.- Muestra de Suelo.*  
Fuente: El autor

- Armar la serie de tamices: N° ¾, 4, 16, 40, 100, 200, en orden descendente.



*Figura: II, 15.- Tamices*  
Fuente: El autor

- Colocar la muestra en los tamices y tapanlo correctamente con el fin de evitar el escape de finos. Y poner los tamices en la máquina tamizadora por 5 minutos.



*Figura: II, 16.- Tamices con muestra de suelo*  
*Fuente: El autor*

- Una vez tamizada la muestra retiramos cuidadosamente los tamices, y se procede a registrar los pesos acumulados de lo que retiene en cada uno de los tamices y al sumar debe dar los 500 g colocados inicialmente.



*Figura: II, 17.- Pesaje de la muestra tamizada.*  
*Fuente: El autor*

- Calcular y tabular los datos obtenidos. Repetir el mismo procedimiento para las 4 muestras restantes.

### 2.4.2.2 *Limite Líquido*

A continuación se describe el procedimiento de ensayo a realizar en el equipo Casagrande, bajo la **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 691**

#### **Materiales y Equipos:**

- Pipeta
  - Espátula
  - Balanza
  - Tamiz N° 40
  - Horno de secado
  - Máquina Casagrande
  - Vaso de precipitación
  - Recipientes metálicos
  - Plato o fuente de mesclado (Porcelana)
- 
- Tomar una muestra de 250 g de material el mismo que debe pasar por el tamiz No. 40 y se coloca en la fuente de porcelana.



*Figura: II, 18.- Muestra recolectada*  
Fuente: El autor

- Primero calibramos el equipo de Casagrande de manera que cuando la copa está localizada a su máxima altura, el calibrador de 10 mm pase entre ésta y la base, con el contador en cero procedemos a realizar el ensayo.



*Figura: II, 19.- Equipo de Casagrande*  
Fuente: El autor

- Añadir poco a poco agua sobre la muestra y mezclar completamente en la fuente de porcelana, hasta obtener una pasta homogénea.



*Figura: II, 20.- Agregado + agua*  
Fuente: El autor

- Colocar una cantidad de muestra en la copa, extender con ayuda de la espátula, evitando se queden atrapadas burbujas de aire, y nivelar uniformemente.



*Figura: II, 21.- Muestra para ensayar*  
Fuente: El autor

- Con el acanalador, realizar un canal en la muestra.



*Figura: II, 22.- Muestra para ensayar - acanalador*  
Fuente: El autor

- Girar la manecilla de la Casagrande a una velocidad de 2 revoluciones por segundo, registrar los golpes al momento en que las dos mitades de la muestra se pongan en contacto al fondo del canal.
- Anotar el número de golpes para la primera determinación está entre 5-15, la segunda de 16-25, la tercera de 26-35 y el último punto de 36-45 golpes.
- De la zona donde se unen los bordes del canal, trazando un corte y dividiéndolo en 4, tomar con la espátula una porción de suelo colocar en

un recipiente metálico, pesarlo y meterlo al horno para determinar el contenido de agua.



*Figura: II, 23.- Estudio de la muestra*  
Fuente: El autor

- Calcular y tabular los datos obtenidos. Repetir el mismo procedimiento para las 4 muestras restantes.

#### **2.4.2.3      *Limite Plástico***

A continuación se describe el procedimiento de ensayo, se realiza en manera conjunta con el ensayo de límite líquido, bajo la **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 692**

#### **Materiales y Equipos:**

- Plato o fuente de mesclado (Porcelana)
- Placa de rolado (Vidrio esmerilado)
- Recipientes metálicos
- Horno de secado
- Tamiz N° 40
- Espátula
- Balanza
- En la muestra añadir agua y mezclar completamente en la fuente de porcelana, hasta conseguir una pasta homogénea.

- Tomar aproximadamente 10 g de la muestra, moldearla con los dedos, hasta conseguir se forme una bola, luego amasar y rodar entre las palmas.
- Utilizando los dedos y una placa de vidrio, transformar la bola en un rollo de 3 mm de diámetro.



*Figura: II, 24.- Rollo de 3 mm*  
Fuente: El autor

- Recoger las porciones desmenuzadas de los rollos de suelo en un recipiente metálico, pesamos y colocamos en el horno por 24 horas, determinar el contenido de agua.
- Calcular y tabular los datos obtenidos. Repetir el procedimiento para las 4 muestras restantes.

#### **2.4.2.4 *Peso Específico***

A continuación se describe el procedimiento de ensayo a realizar con el picnómetro, bajo la **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 856**,

#### **Materiales y Equipos:**

- Pipeta
- Balanza
- Apisonador
- Picnómetro
- Termómetro
- Cono metálico
- Cocina eléctrica

- Horno de secado
- Recipientes metálicos
- Colocar la muestra de suelo común en un recipiente metálico y cubrirla con agua, dejar que la muestra repose por durante 24 horas.



*Figura: II, 25.- Muestra saturada*  
Fuente: El autor

- Quitar el exceso de agua y extender la muestra en una zona plana para alcanzar el estado SSS, podemos comprobarlo con la ayuda del molde metálico y el apisonador, poner en el molde la muestra parcialmente seco y procedemos a compactar con 25 golpes ligeros. Si al levantar el molde el árido fino se derriba, indica que se encuentra en estado SSS, caso contrario la muestra mantendrá la forma del molde.



*Figura: II, 26.- Muestra*  
Fuente: El autor



*Figura: II, 27.- Prueba de SSS*  
Fuente: El autor

- Rellenar el picnómetro a una temperatura de 23 °C, hasta el 90% de su capacidad hasta calibrar y proceder a pesar en la balanza.



*Figura: II, 28.- Picnómetro con agua*  
Fuente: El autor

- “Poner 500 gr de suelo en estado SSS en el picnómetro. Introducir agua hasta el 90% de la capacidad, tapar y agitar hasta eliminar todas las burbujas existentes. Pesar el picnómetro + suelo + agua” (NTE, 2010).



*Figura: II, 29.- Pícnómetro*  
Fuente: El autor

- Calcular y tabular los datos. Repetir el procedimiento para las 4 muestras restantes.

#### **2.4.2.5 Contenido de Humedad**

A continuación se describe el procedimiento del ensayo contenido de humedad, a ejecutarse bajo la **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 690**

#### **Materiales y Equipos:**

- Recipientes metálicos
- Horno de secado
- Balanza
- Determinar y registrar la masa del recipiente a utilizar.
- Una vez recolectada la muestra húmeda colocar en los recipientes, pesar e introducir en el horno de secado manteniendo una temperatura de 105° C por 24 horas.
- Pesar y recolectar los datos obtenidos. Calcular y tabular.



*Figura: II, 30.- Muestra Húmeda*  
Fuente: El autor

- Repetir el procedimiento para las 4 muestras restantes.

### **2.4.3 Fabricación de sacos de polipropileno (yute) y cabuya**

Los sacos de polipropileno y cabuya son utilizados para la elaboración de las probetas, el saco actúa de encofrado, pudiendo ser moldeado con facilidad.

Los sacos son elaborados con los tamaños y dimensiones específicos para este proyecto de investigación, siendo 40 x 20 cm, y el espesor de 13 cm.

Los sacos fueron acoplados a los tamaños requeridos, utilizando una máquina de cosido especial e hilo de nailon, para que al momento de rellenarlos con la dosificación no se deshilen y se abran causando la salida de material.



*Figura: II, 31.- Sacos de cabuya y polipropileno*  
Fuente: El autor

## 2.4.4 Elaboración de dosificaciones y probetas del Superadobe

### 2.4.4.1 *Elaboración de Dosificaciones de Superadobe*

Se procede a elaborar 3 dosificaciones de Superadobe que contendrá suelo común, cemento, agua, sacos de polipropileno o cabuya, trabados con dos hiladas de alambre de púas.

➤ Dosificación A

250 kg de Suelo común - 50 Kg de Cemento – 66.54 Kg de agua

➤ Dosificación B

250 kg de Suelo común - 62.50 kg de Cemento – 76.57 Kg de agua

➤ Dosificación C

250 kg de Suelo común - 37.5 kg de Cemento – 64.80 Kg de agua

A continuación se describe el procedimiento de la elaboración de la mezcla:

- Pesar todos los materiales, para la mezcla previa a la elaboración.



*Figura: II, 32.- Balanza*

Fuente: El autor

- Extender la tierra en la bandeja, y recolectar dos muestras para determinar el porcentaje de humedad con la que se trabajara.



*Figura: II, 33.- Bandeja muestras*  
Fuente: El autor

- Colocar el cemento y mezclar hasta obtener una mezcla homogénea.



*Figura: II, 34.- Tierra + cemento*  
Fuente: El autor

- Verter el agua gradualmente y mezclar todo el material hasta obtener una mezcla uniforme.



*Figura: II, 35.- Tierra + cemento + agua*  
Fuente: El autor

- Comprobar la maleabilidad de la mezcla, coger un puñado y formar una bola con la mezcla, lanzar verticalmente hacia arriba, si al caer en la palma nuevamente no se desmorona ni se destruye la mezcla es buena y maleable.

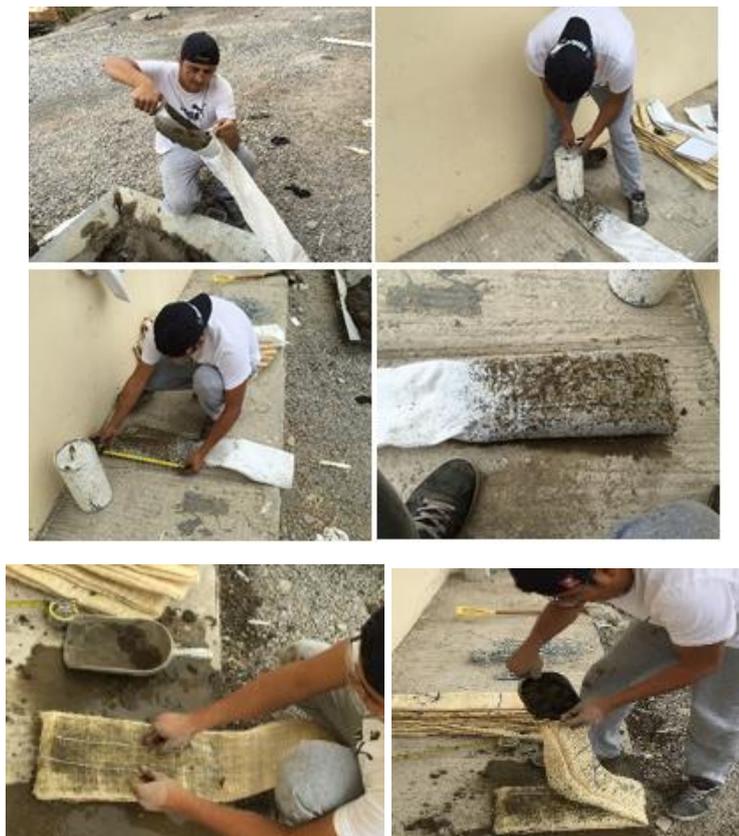


*Figura: II, 36.- Prueba de maleabilidad*  
Fuente: El autor

#### ***2.4.4.2 Elaboración de Probetas de Superadobe***

Elaborar las probetas de Superadobe con los sacos de polipropileno y cabuya que fueron elaborados anteriormente.

- Llenar el saco con la mezcla obtenida y comprobar con el metro que se obtenga dos capas con longitudes de 40 cm. Compactar con un apisonador, colocar las dos hiladas de alambre de púas, entre la primera y segunda capa.



*Figura: II. 37.- Elaboración de Probeta*

Fuente: El autor

- Nivelar y medir longitudes y alturas, después colocar las probetas en una superficie plana y libre de humedad. Con las medidas de 40 x 20 cm.



*Figura: II.38.- Comprobación de longitudes probeta*

Fuente: El autor

- Repetir el proceso para cada una de las dosificaciones realizadas, utilizando los sacos de cabuya y sacos de polipropileno, obteniendo 54 probetas.



Figura: 11.39.- Probetas  
Fuente: El autor

- Una vez realizada las probetas de Superadobe, colocar las probetas en una superficie plana libre de humedad, para realizar las pruebas posteriores a la edad de 7, 14 y 28 días, para ensayarlas respectivamente.

## 2.4.5 Compresión de especímenes de Superadobe

### 2.4.5.1 *Compresión de probetas de Yute (sacos de polipropileno) y de cabuya*

Proceder a tomar sus dimensiones y área para ser ensayados a compresión.

Con la ayuda de elementos de madera o placas metálicas, colocamos el espécimen centrándolo en el eje donde va a ser aplicada la carga hasta obtener su resistencia a la compresión.



*Figura: II.40.- Ensayo a compresión de Probetas de yute (polipropileno)*  
Fuente: El autor



*Figura: II.41.- Ensayo a compresión de Probetas de cabuya*  
Fuente: El autor

- Tomar los resultados de la resistencia obtenidos de cada probeta para su posterior análisis. Repetir el procedimiento para las 54 probetas, a la edad de 7, 14 y 28 días.



*Figura: II.42.- Probetas ensayadas*  
Fuente: El autor

#### **2.4.6 Compresión de ladrillos tipo C del cantón Chambo.**

El ensayo se realizó con ladrillos del cantón Chambo, sector vía el Rosario 5 ladrillos tipo C, de dimensiones 270 mm x 100 mm, y 5 ladrillos tipo C, dimensiones 280 mm x 140 mm

Para ensayar seguimos el siguiente procedimiento, bajo la **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 294**:



*Figura: II.43.- Ladrillo tipo C*  
Fuente: El autor

- Tomar las dimensiones del ladrillo a ensayarse, para determinar la superficie en la cual será aplicada.



*Figura: II.44.- Medición de los ladrillos*  
Fuente: El autor

- Colocar el ladrillo en la maquina a compresión ubicando en el centro del pistón para ejercer la carga.



*Figura: II.45.- Compresión del ladrillo*  
Fuente: El autor

- Al obtener el fallo del espécimen tomar los datos del ensayo realizado.



*Figura: II.46.- Ensayo de ladrillo*  
Fuente: El autor

- Tabular y obtener los resultados.

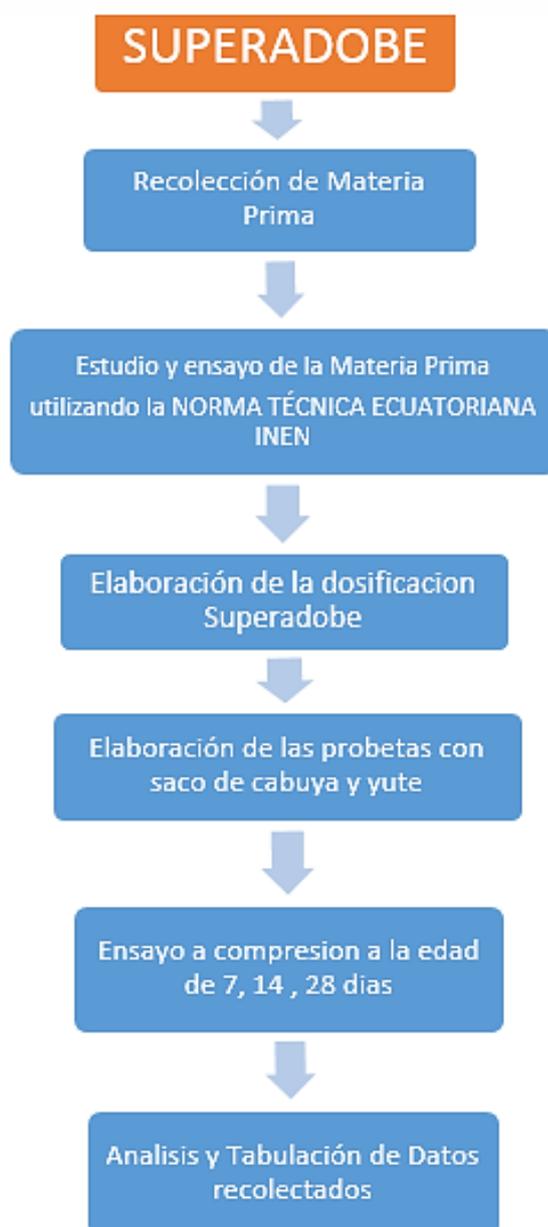


*Figura: II.47.- Tabulación de datos*  
Fuente: El autor

## 2.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

### 2.5.1 SUPERADOBE

La **Figura: II. 49**, muestra el proceso continuo en la elaboración de las probetas y dosificaciones de Superadobe, presenta un resumen de las etapas que conforman el proyecto, además de los estudios realizados en cada una de las fases.



*Figura: II.48.- Diagrama de proceso de elaboración Superadobe*  
Fuente: Autor.

### ***2.5.1.1 Materiales utilizados en cada dosificación de Superadobe con ensacados polipropileno y cabuya***

#### **2.5.1.1.1 Dosificación A – 5:1**

Para la elaboración de esta dosificación, los materiales utilizados son:

- Tierra de sitio (Universidad Nacional de Chimborazo) : 250 kg
- Agua: 66,54 Kg
- Cemento Portland Tipo 1: 50 kg

#### **2.5.1.1.2 Dosificación B – 5:1.25**

Para la elaboración de esta dosificación, los materiales utilizados son:

- Tierra de sitio (Universidad Nacional de Chimborazo) : 250 kg
- Agua: 76,57 Kg
- Cemento Portland Tipo 1: 62,5 kg

#### **2.5.1.1.3 Dosificación C – 5:0.75**

Para la elaboración de esta dosificación, los materiales utilizados son:

- Tierra de sitio (Universidad Nacional de Chimborazo) : 250 kg
- Agua: 64,80 Kg
- Cemento Portland Tipo 1: 37.5 kg

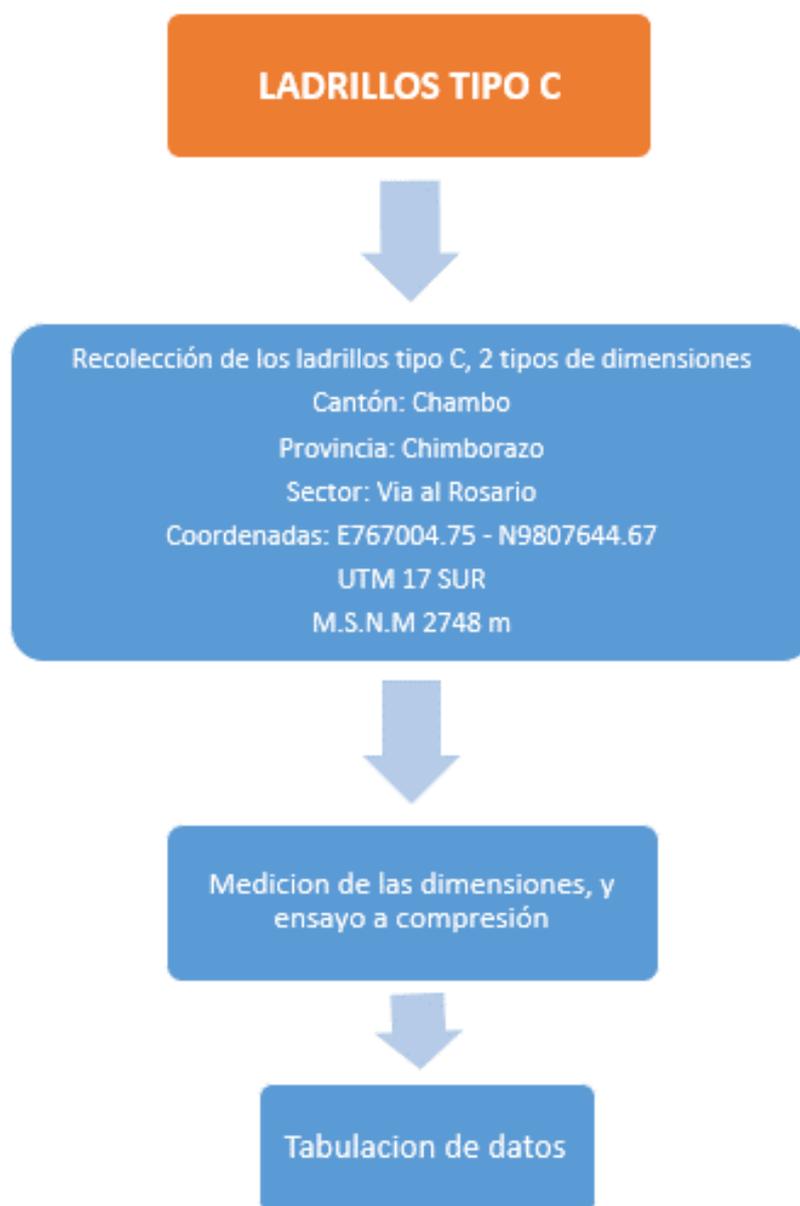
### ***2.5.1.2 Materiales utilizados en la elaboración de las probetas de Superadobe.***

Materiales para elaboración de la probeta de Superadobe:

- Alambre de acero galvanizado de 4 púas.
- Sacos de polipropileno (yute)
- Sacos de cabuya
- Ensayo de probetas (Resistencia a la compresión): 7, 14 y 28 días de edad.

## 2.5.2 LADRILLOS DEL CANTÓN CHAMBO

En la **Figura: II.50**, se puede visualizar el proceso para desarrollar el ensayo a compresión de ladrillos tipo C, los cuales fueron recolectados del cantón Chambo, de dos tipos de dimensiones 270 mm x 100 mm, y 280 mm x 140 mm; para posteriormente realizar la comparación de resistencia a la compresión entre las probetas de Superadobe y los ladrillos.



*Figura: II.49.- Diagrama de proceso de elaboración ensayo de compresión de ladrillos*  
Fuente: Autor.

## 2.6 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El procedimiento mostrado a continuación sigue un conjunto de pasos para afirmar o negar la hipótesis  $H_0$ .

### 2.6.1 Planteamiento de la hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** Las mamposterías de Superadobe resisten a menores esfuerzos a compresión que las mamposterías de ladrillo del cantón Chambo, y son menos económicas que una mampostería de ladrillo.

**H<sub>1</sub>:** Las mamposterías de Superadobe resisten a mayores esfuerzos a compresión que las mamposterías de ladrillo del cantón Chambo, y son más económicas que una mampostería de ladrillo.

### 2.6.2 Ji Cuadrado Prueba de Bondad de Ajuste

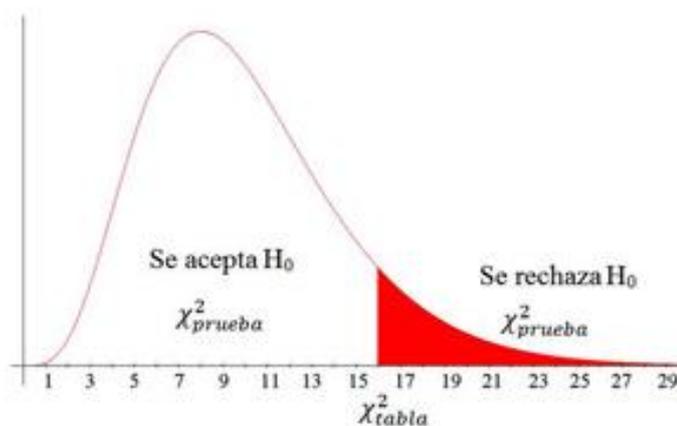


Figura: II.50.- Distribución Ji cuadrado

Fuente: Autor.

## Prueba de resistencia a la compresión

1. Probeta con saco de cabuya
2. Probeta con saco de polipropileno
3. Ladrillo Tipo C

Tabla II. 3.- Frecuencias observadas

Fuente: Autor

	<i>fo</i>
1	27
2	27
3	5

- Conjunto de frecuencias observadas *fo*
- Números de pruebas *n*

$$n = fo_1 + fo_2 + fo_3 + \dots + fo_k$$
$$n = 59$$

- Numero de resultados posibles *k*

$$k = 3$$

- Grados de libertad

$$G_l = k - 1$$

$$G_l = 2$$

- Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

$$1 - \alpha = 0.95$$

- Frecuencia esperada (teórica)  $fe_i = \frac{n}{k}$

$$fe_i = \frac{59}{3}$$

$$fe_i = 19,67$$

- Chi-cuadrado estadístico u observado  $Xo^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(fo_i - fe_i)^2}{fe_i}$

$$Xo^2 = \sum \frac{(27 - 19,67)^2}{19,67} + \frac{(27 - 19,67)^2}{19,67} + \frac{(5 - 19,67)^2}{19,67}$$

$$Xo^2 = \sum (2.73 + 2.73 + 10.94)$$

$$Xo^2 = 16.40$$

- Chi-cuadrado crítico  $\chi^2_c$  se saca obtiene de la tabla

$$\chi^2_c = 5,991$$

- **Regla de decisión**

El valor  $\chi^2_o$  obtenido nos indica que no cumple con la regla de decisión, por lo tanto la hipótesis nula  $H_0$ , es rechazada, es decir, se afirma la hipótesis alternativa  $H_1$ , la cual nos indica que las mamposterías de Superadobe resisten a mayores esfuerzos a compresión que las mamposterías de ladrillo del cantón Chambo, y son más económicas que una mampostería de ladrillo.

$$\chi^2_{observado} < \chi^2_{critico}$$

$$\chi^2_{observado} (16,40) < \chi^2_{critico} (5,991)$$

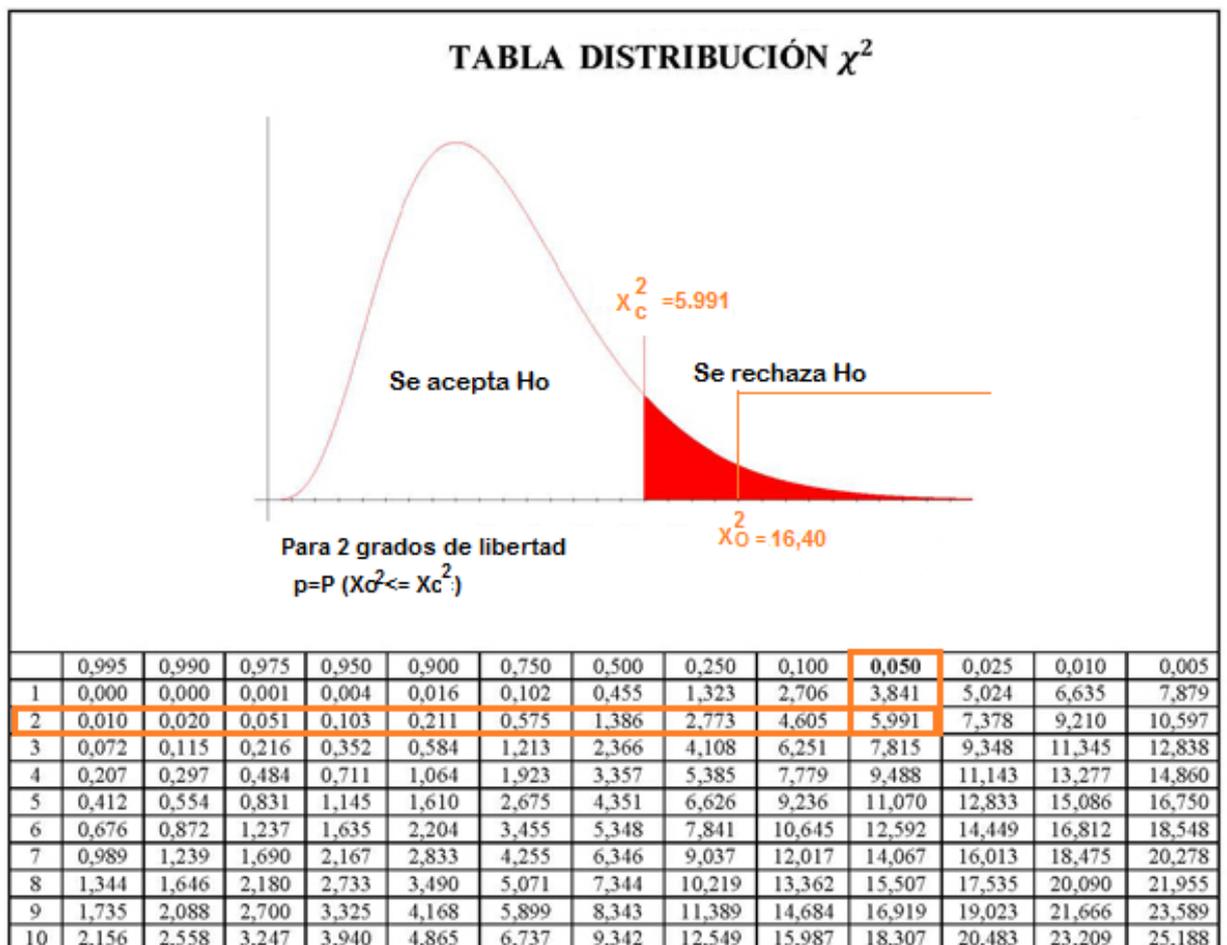


Figura: II.51.- Representación gráfica de la regla de decisión

Fuente: Autor.

## CAPITULO III

### 3 RESULTADOS

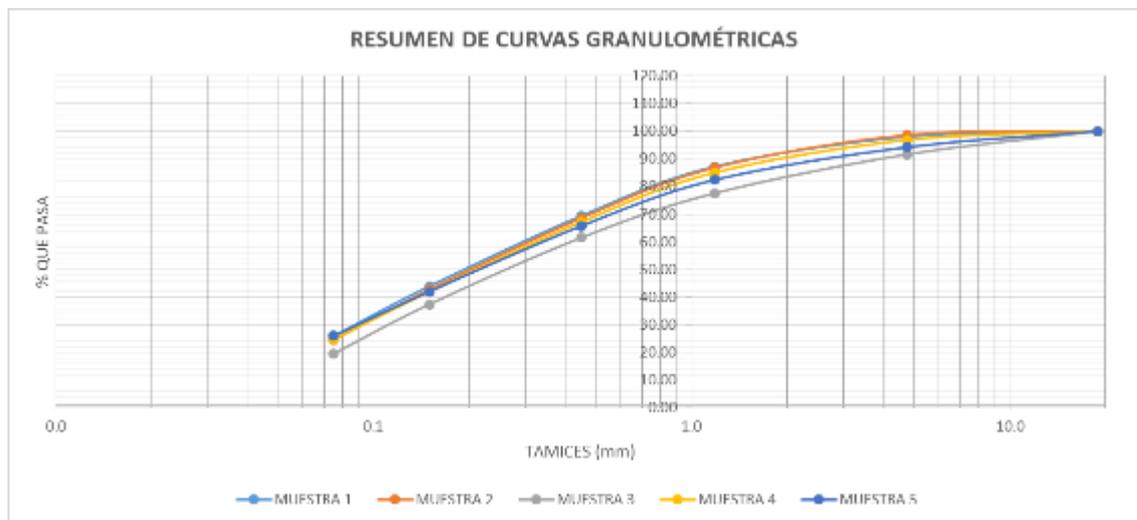
#### 3.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO

##### 3.1.1 Granulometría

Ensayo realizado con la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N° 696

*Tabla:III. 4.- Resumen de Granulometría*  
Fuente: Autor

<b>CUADRO RESUMEN DE LA GRANULOMETRÍA</b>					
TAMICES	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5
<b>3/8"</b>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>N° 4</b>	98.00	98.60	91.58	96.8	94.19
<b>N° 16</b>	87.20	86.80	77.56	85	82.36
<b>N° 40</b>	69.40	68.60	61.52	67.2	65.73
<b>N° 100</b>	44.00	42.80	37.47	42	42.08
<b>N° 200</b>	26.00	24.60	19.64	24.8	26.05



*Figura: III.52.- Curvas Granulométricas*  
Fuente: Autor.

### 3.1.2 LIMITES DE ATTERBERG

#### 3.1.2.1 Limite líquido

Ensayo limite líquido, realizado con la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N° 691

Tabla:III. 5.- Resumen limite Líquido

Fuente: Autor

CUADRO RESUMEN DEL LIMITE LÍQUIDO									
MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4		MUESTRA 5	
N° GOLPES	% HUMEDAD	N° GOLPES	% HUMEDAD	N° GOLPES	% HUMEDAD	N° GOLPES	% HUMEDAD	N° GOLPES	% HUMEDAD
5	24,20	6	25,24	7	26,14	5	26,02	5	23,20
16	20,03	14	25,16	17	24,45	16	24,96	16	22,79
27	14,76	25	23,53	28	21,45	27	22,69	27	20,60

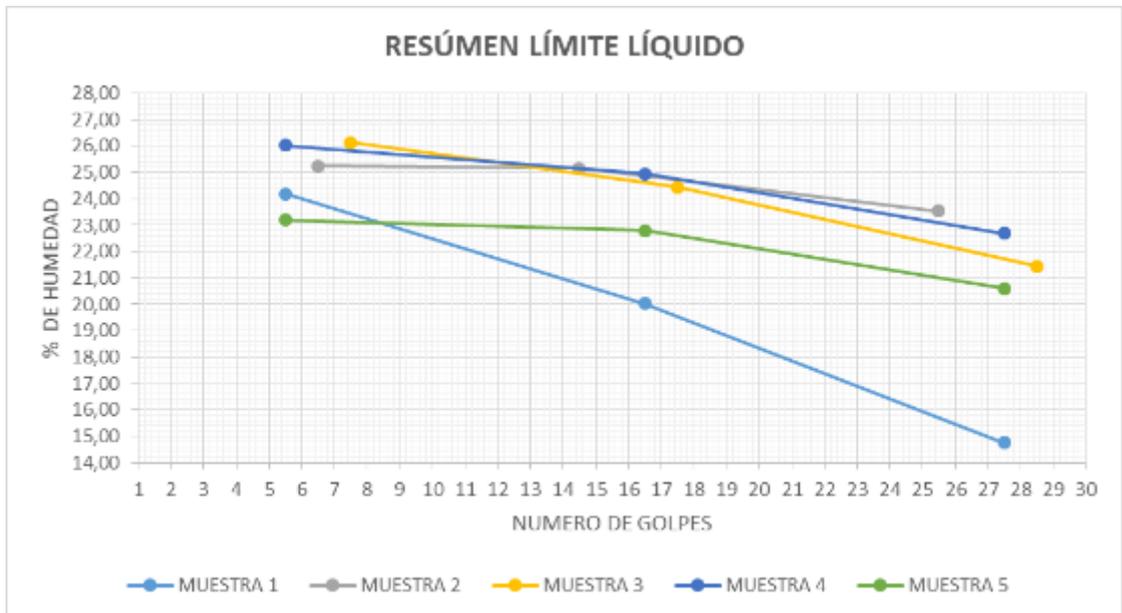


Figura: III.53.- Curva limite líquido

Fuente: Autor.

### 3.1.2.2 Limite plástico

Ensayo limite plástico, realizado con la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N° 692.

Tabla: III. 6.- Resumen limite plástico

Fuente: Autor

CUADRO RESUMEN DEL LIMITE PLÁSTICO				
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5
166,67	45,83	33,33	29,17	50,00

### 3.1.3 Peso específico

Ensayo realizado con la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N° 856.

Tabla: III. 7.- Resumen peso específico

Fuente: Autor

CUADRO RESUMEN DEL PESO ESPECÍFICO				
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5
2,294	2,283	2,174	2,222	2,212
PESO ESPECÍFICO			2,237	

### 3.1.4 Porcentaje de Humedad

Ensayo realizado con la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N° 690.

Tabla: III. 8.- Resumen porcentaje de humedad

Fuente: Autor

CUADRO RESUMEN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD				
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5
8,67	6,96	6,41	5,69	5,15
% DE HUMEDAD			6,577	

### 3.2 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

#### 3.2.1 Sistema Unificado de clasificación de Suelos

Tabla: III. 9.- Estudio de Suelo

Fuente: Autor

CARACTERIZACION DEL TIPO DE SUELO				
D10	D30	D60	Cu	0.13
0.04	0.09	0.30	Cc	0.66
$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{ mayor de } 6, \quad Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \text{ entre } 1 \text{ y } 3$				
(SP) Arena Mal Graduada				

DIVISION MAYOR	simbolo	NOMBRES TIPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO
SUELOS DE PARTICULAS GRISESAS	GRAVAS	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.
		SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poco o nada de finos.
	ARENAS	SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poco o nada de finos.
		SM	Arenas limosas, mezclas de arenas y limo.
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arenas y arcilla.
		ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.
		CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.
SUELOS DE PARTICULAS FINAS	LIMOS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50%	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
		MH	Limos inorgánicos, limos melcosos o diamelcosos, limos silíceos.
	LIMOS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50%	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.
		OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.
	SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	Pt	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.

EQUIVALENCIA DE SIMBOLOS	
G = GRAVAS, M = LIMO, S = ARENAS, C = ARCILLAS, O = SUELOS ORGANICOS.	
W = BIEN GRADUADOS, F = MAL GRADUADOS, Pt = TURBA	
I = BAJA COMPRESIBILIDAD, H = ALTA COMPRESIBILIDAD	

Figura: III.54.- Tabla SUCS

Fuente: S.U.C.S

Utilizando el sistema S.U.C.S para la clasificación de suelos podemos determinar que el suelo utilizado para las dosificaciones de Superadobe, es una arena mal graduada (SP).

### 3.3 DOSIFICACIÓN DE SUPERADOBE

Tabla: III. 10.- Dosificación A – 5:1

Fuente: Autor

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
DOSIFICACIÓN A						
REALIZADO POR:			UBICACIÓN:			
Miguel Angel Miranda Salazar			Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.			
DIRECTOR DEL PROYECTO:			DOSIFICACIÓN A ( 5:1 )			
Ing. Javier Palacios			Toma de Muestra a ensayar: 16/08/2016 Hora: 11:30			
			Recoleccion de Datos: 7 - 14 - 28 Dias			
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S						
RECIPIENTES	Masa Rec (g)	Masa Rec + Mn (g)	Masa Rec+Ms (g)	Masa Húmeda (g)	Masa Seca (g)	% Humedad
TARA 1	18.00	69.00	67.30	51	49.30	3.45
TARA 2	18.10	84.50	82.30	66	64.20	3.43
% Humedad Promedio	<b>3.44</b>					
TOTAL AGUA (kg)	<b>63.10</b>					
CODIFICACIÓN	CEMENTO (kg)	TIERRA DE SITIO (kg)	AGUA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)		
YUTE - POLIPROPILENO	50.00	250	66.54	17.195		
CABUYA	50.00	250	66.54	18.794		

Tabla: III. 11.- Dosificación B – 5:1.25

Fuente: Autor

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
DOSIFICACION B						
REALIZADO POR:			UBICACIÓN:			
Miguel Angel Miranda Salazar			Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.			
DIRECTOR DEL PROYECTO:			DOSIFICACION B ( 5:1.25 )			
Ing. Javier Palacios			Toma de Muestra a ensayar: 16/08/2016 Hora: 14:00			
			Recoleccion de Datos: 7 - 14 - 28 Dias			
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S						
RECIPIENTES	Masa Rec (g)	Masa Rec + Mn (g)	Masa Rec+Ms (g)	Masa Húmeda (g)	Masa Seca (g)	% Humedad
TARA 1	18.40	90.90	84.20	73	65.80	10.18
TARA 2	17.60	97.60	89.90	80	72.30	10.65
% Humedad Promedio	<b>10.42</b>					
TOTAL AGUA (kg)	<b>66.15</b>					
CODIFICACIÓN	CEMENTO (kg)	TIERRA DE SITIO (kg)	AGUA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)		
YUTE - POLIPROPILENO	62.50	250	76.57	20.026		
CABUYA	62.50	250	76.57	20.592		

Tabla: III. 12.- Dosificación C – 5:0.75

Fuente: Autor

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
DOSIFICACION C						
REALIZADO POR:			UBICACIÓN:			
Miguel Angel Miranda Salazar			Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.			
DIRECTOR DEL PROYECTO:			DOSIFICACION C ( 5:0.75 )			
Ing. Javier Palacios			Toma de Muestra a ensayar: 16/08/2016 Hora: 17:30			
			Recolección de Datos: 7 - 14 - 28 Días			
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S						
RECIPIENTES	Masa Rec (g)	Masa Rec + Mn (g)	Masa Rec+Ms (g)	Masa Húmeda (g)	Masa Seca (g)	% Humedad
TARA 1	18.10	71.40	62.70	53	44.60	19.51
TARA 2	18.20	81.50	71.00	63	52.80	19.89
% Humedad Promedio	19.70					
TOTAL AGUA (kg)	45.10					
CODIFICACIÓN	CEMENTO (kg)	TIERRA DE SITIO (kg)	AGUA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)		
YUTE-POLIPROPILENO	37.50	250	64.80	15.581		
CABUYA	37.50	250	64.80	18.112		

### 3.4 ENSAYO A COMPRESIÓN SUPERADOBE CON SACOS DE POLIPROPILENO (YUTE)

Tabla: III. 13.- Resistencia a compresión Dosificación A-B-C

Fuente: Autor

CUADRO RESUMEN DE ENSAYO A LA COMPRESIÓN SACOS DE YUTE			
DÍAS	DOSIFICACIÓN A (MPa)	DOSIFICACIÓN B (MPa)	DOSIFICACIÓN C (MPa)
0	0.0	0.0	0.0
7	10.885	16.992	13.563
14	15.265	17.816	14.612
28	17.195	20.026	15.581

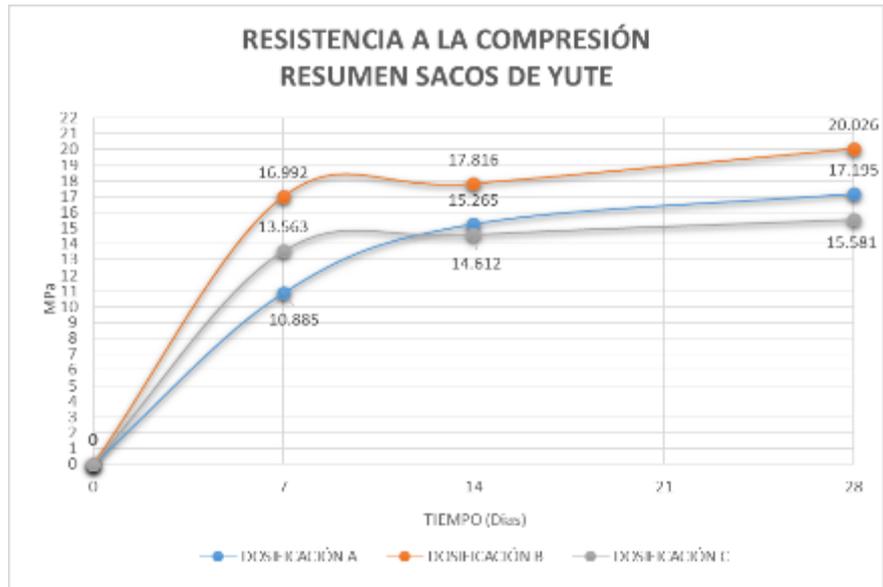


Figura: III.55.- Grafica- Resistencia vs tiempo  
Fuente: Autor

### 3.5 ENSAYO A COMPRESIÓN SUPERADOBE CON SACOS DE CABUYA

Tabla: III. 14.- Resultados de Resistencia a compresión Dosificación A  
Fuente: Autor

CUADRO RESUMEN DE ENSAYO A LA COMPRESIÓN SACOS DE CABUYA			
DÍAS	DOSIFICACIÓN A (MPa)	DOSIFICACIÓN B (MPa)	DOSIFICACIÓN C (MPa)
0	0.0	0.0	0.0
7	13.985	17.090	12.956
14	14.944	19.756	15.863
28	18.794	20.592	18.112

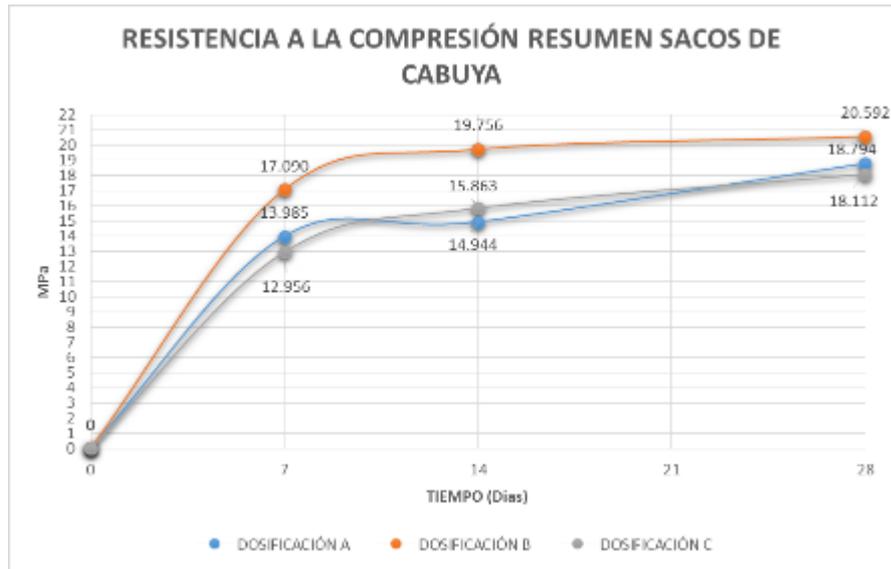


Figura: III.56.- Grafica - resistencia vs tiempo  
Fuente: Autor

### 3.6 ENSAYO A COMPRESIÓN LADRILLOS TIPO C

Tabla:III. 15.- Resultados de Resistencia a compresión ladrillo tipo C  
Fuente: Autor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		FACULTAD DE INGENIERÍA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
LADRILLOS DEL CANTÓN CHAMBO							
REALIZADO POR:			UBICACIÓN :		Provincia de Chimborazo, Canton Chambo, sector via al Rosario		
Miguel Angel Miranda Salazar							
DIRECTOR DEL PROYECTO:			COMPRESIÓN DE LADRILLOS				
Ing. Javier Palacios			Recolección de Datos: 27/09/2016				
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S							
Nº	CODIFICACIÓN	DIMENSIONES			EDAD (DIAS)	Mpa	KN
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)			
1	A1	271.00	100.00	85.00	26	4.485	242.946
2	A2	270.00	100.00	90.00	26	4.420	239.615
3	A3	265.00	105.00	90.00	26	4.604	249.368
4	A4	265.00	100.00	90.00	26	4.579	248.020
5	A5	270.00	100.00	90.00	26	4.603	249.312
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>						<b>4.538</b>	
1	B1	280.00	140.00	80.00	26	2.714	146.997
2	B2	280.00	145.00	80.00	26	2.880	155.999
3	B3	280.00	140.00	85.00	26	4.534	245.624
4	B4	280.00	140.00	85.00	26	4.594	248.872
5	B5	280.00	140.00	80.00	26	4.554	246.690
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>						<b>3.855</b>	

### 3.7 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PROBETAS DE SUPERADOBE Y LADRILLOS TIPO C

Tabla:III. 16.- Resultados de Resistencia a compresión Superadobe con Yute

Fuente: Autor

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
SUPERADOBE SACOS DE YUTE			LADRILLOS TIPO C	
DOSIFICACIÓN A (MPa)	DOSIFICACIÓN B (MPa)	DOSIFICACIÓN C (MPa)	LADRILLO 270x100x90 (MPa)	LADRILLO 280x140x80 (MPa)
17.195	20.026	15.581	4.538	3.855

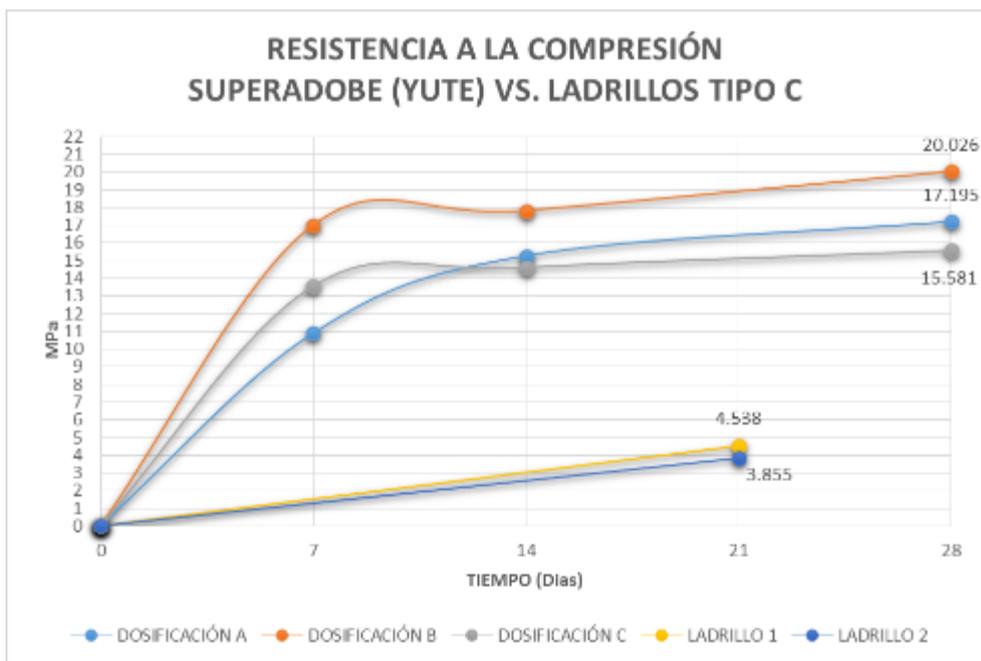


Figura: III.57.- Resultados Comparación de Resistencia a compresión entre mampuestas de Superadobe - polipropileno (Yute) y mampuestos de ladrillo del cantón Chambo

Fuente: Autor

Tabla: III. 17.- Resultados de Resistencia a compresión Superadobe con cabuya

Fuente: Autor

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
SUPERADOBE SACOS DE CABUYA			LADRILLOS TIPO C	
DOSIFICACIÓN A (MPa)	DOSIFICACIÓN B (MPa)	DOSIFICACIÓN C (MPa)	LADRILLO 270x100x90 (MPa)	LADRILLO 280x140x80 (MPa)
18.794	20.592	18.112	4.538	3.855

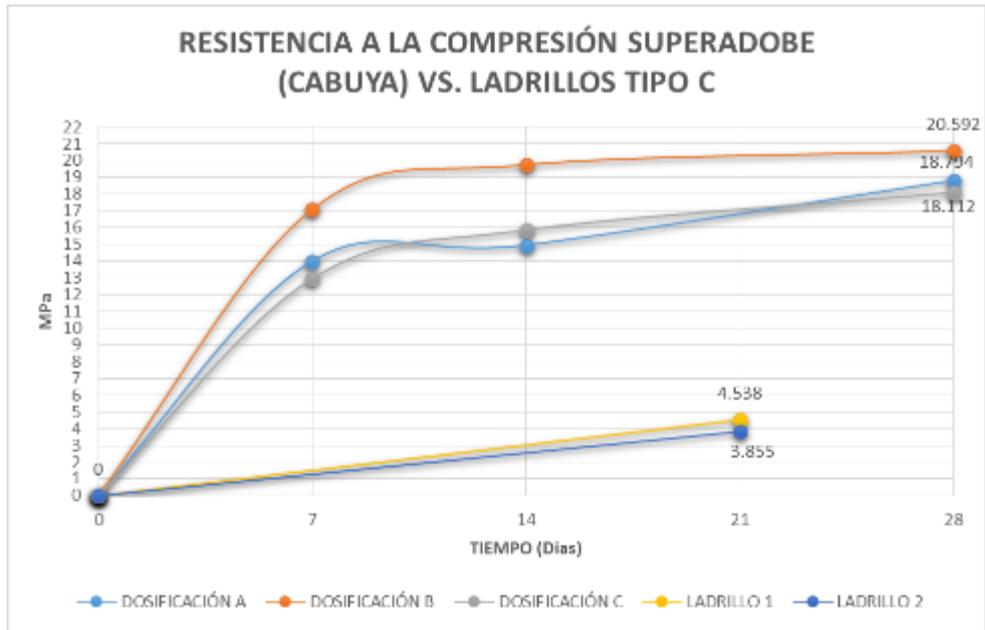


Figura: III.58.- Resultados Comparación de Resistencia a compresión entre mampuestas de Superadobe - Cabuya y mampuestos de ladrillo del cantón Chambo  
Fuente: Autor

### 3.8 ANÁLISIS DE COSTO Y COMPARACIÓN ENTRE LAS DOS MAMPOSTERÍAS

Análisis de costo, en la elaboración de 1 metro cuadrado de mampuestos de Superadobe, y comparación con elaboración de 1 metro cuadrado de mampuesto de ladrillo tipo C del cantón Chambo.

Tabla: III. 18.- Análisis de costo de mampuestos de Superadobe - polipropileno (yute)

Fuente: Autor

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 					
<b>PRESUPUESTO</b>					
<b>REALIZADO POR:</b> Miguel Angel Miranda Salazar		<b>UBICACIÓN :</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba			
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b> Ing. Javier Palacios		<b>MAMPOSTERIA DE SUPERADOBE YUTE</b>			
		<b>PARA 1 m2 DE PARED</b>			
MANO DE OBRA					
Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	RENDIMIENTO	COSTO DIA	TOTAL
1	Peon	1	0,08	15,00	1,25
MATERIALES					
Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Sacos de yute	U	8	0,25	2,00
2	Saco de Cemento	SACO	0,55	7,54	4,15
3	Alambre de puas	ROLLO	0,12	13,00	1,56
4	Agua	kg	76,57	0,00	0,00
5	Tierra de sitio	kg	250	0,00	0,00
				<b>TOTAL \$</b>	<b>8,96</b>

Tabla: III. 19.- Análisis de costo de mampuestos de Superadobe - cabuya

Fuente: Autor

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 					
<b>PRESUPUESTO</b>					
<b>REALIZADO POR:</b> Miguel Angel Miranda Salazar		<b>UBICACIÓN :</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba			
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b> Ing. Javier Palacios		<b>MAMPOSTERIA DE SUPERADOBE CABUYA</b>			
		<b>PARA 1 m2 DE PARED</b>			
MANO DE OBRA					
Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		COSTO DIA	TOTAL
1	Peon	1	0,08	15,00	1,25
MATERIALES					
Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Sacos de cabuya	U	8	2,50	20,00
2	Saco de Cemento	SACO	0,55	7,54	4,15
3	Alambre de puas	ROLLO	0,12	13,00	1,56
4	Agua	kg	30	0,00	0,00
5	Tierra de sitio	kg	100	0,00	0,00
				<b>TOTAL \$</b>	<b>26,96</b>

Tabla: III. 20.- Análisis de costo de mampuestos de ladrillo  
Fuente: Autor

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 					
<b>PRESUPUESTO</b>					
<b>REALIZADO POR:</b> Miguel Angel Miranda Salazar		<b>UBICACIÓN :</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba			
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b> Ing. Javier Palacios		<b>MAMPOSTERIA DE LADRILLO TIPO C DE 15cm</b>			
		<b>PARA 1 m2 DE PARED</b>			
<b>MANO DE OBRA</b>					
Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	RENDIMIENTO	COSTO DIA	TOTAL
1	Peon	2	0,0625	15,00	1,88
2	Albañil	1	0,0625	20,00	1,25
<b>MATERIALES</b>					
Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Ladrillo tipo c 15 cm	U	35	0,15	5,25
2	Saco de Cemento	SACO	0,33	7,54	2,49
3	Arena	m3	0,06	16,00	0,96
4	Agua	m3		0,00	0,00
				<b>TOTAL \$</b>	<b>11,82</b>

Como se muestra en las **tablas 18-20**, se puede verificar que el costo de los mampuestos con Superadobe utilizando sacos de cabuya, se puede considerar como un material de construcción económico, y ecológico, debido a la utilización de los materiales con el que está elaborado, la estructura, y el comportamiento a la resistencia a la compresión.

## CAPITULO IV

### 4 DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como propósito elaborar y analizar las probetas de Superadobe para comparar con los ladrillos tipo C del cantón Chambo.

Se procuró elaborar una dosificación de Superadobe, que cumpla con las características adecuadas de manera que pueda alcanzar una resistencia superior a la del ladrillo tipo C, por lo tanto se examinó el tipo de suelo, cuya muestra fue tomada de la Universidad Nacional de Chimborazo y se realizó los ensayos detallados anteriormente, que permitieron analizar el tipo de suelo con el que estamos trabajando y como resultado de este se pudo concluir que la muestra del sitio es no plástico, sin embargo al realizar la dosificación y mezclar con los materiales (cemento portland tipo 1 y el agua), se obtuvo una mezcla homogénea, que al manipularlo se pudo observar que adquirió características de plasticidad. Se ensayaron las probetas exponiéndolas a la compresión para evaluar la resistencia que puede soportar cada probeta de la cual se pudo determinar que la mayor resistencia de mampuestos de Superadobe es 20,592 MPA utilizando ensacados de cabuya, soportando más que el ladrillo que obtuvo un resultado de 4,538 MPA.

Al ensayar las probetas de Superadobe a la edad de 7, 14 y 28 días, se pudo verificar que la resistencia de los mampuestos iba incrementando, hasta alcanzar a los 28 días una resistencia considerablemente alta, cuyo resultado se puede observar en la gráfica de Resistencia a la compresión, **figura 58 y 59**.

Del análisis de los resultados obtenidos en esta investigación se puede deducir que las tres dosificaciones cumplen con los objetivos planteados en el proyecto, afirmando que el Superadobe tiene una gran resistencia, en comparación al ladrillo del cantón Chambo, coste bajo de construcción, ya que utiliza materiales del sitio, siendo sustentables y amigables con el ambiente.

## **CAPITULO V**

### **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Al realizar los estudios de límite plástico se pudo concluir que el suelo es no plástico ya que no cumple con los parámetros establecidos por Atterberg definidos para los límites de consistencia, y utilizando el sistema s.u.c.s se determinó que el suelo es una arena mal graduada (SP).
- Al trabajar con sacos de cabuya que contiene fibras naturales, estas presentan un deterioro más pronunciado, debido a los procesos de degradaciones físicas y mecánicas, por lo cual debido al costo y comportamiento del mismo, se puede concluir que es más económico, utilizar sacos de polipropileno para la elaboración de mampuestos de Superadobe.
- Al realizar el análisis de comportamiento en los ensayos a la compresión entre el ladrillo y el Superadobe, se pudo comprobar, que los mampuestos de Superadobe tienen mayor resistencia y por ende son materiales aptos para la construcción de viviendas de bajo costo.
- La mejor dosificación, se consiguió con la mezcla de 250 kg de tierra más 62,5 kg de cemento y agua 59,26 kg, con la cual se obtuvo una resistencia 20,592 MPa con sacos de cabuya y 20,026 MPa con sacos de polipropileno, superior a las demás dosificaciones.

#### **5.2 RECOMENDACIONES**

- Es importante determinar el contenido de humedad inicial del suelo, y por ende determinar el tipo de suelo con el cual se va a trabajar para la dosificación
- Para conseguir una mezcla homogénea, es importante primero mezclar el suelo con el cemento hasta conseguir una uniformidad para posterior agregar el agua de manera gradual.

- Compactar las probetas con un apisonador para eliminar espacios vacíos, y burbujas de aire y conseguir una uniformidad en la probeta.
- Realizar la mezcla en una superficie plana e impermeable para evitar perder contenido de humedad de la dosificación.
- Para conseguir una mejor adherencia entre las hiladas de Superadobe se debe trabajar con alambre de 4 púas, por cada hilada 2 filas de alambre, de esta manera se consigue una mejor unión entre mampuestos.

## **CAPITULO VI**

### **6 PROPUESTA**

#### **6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA**

“Eco-domos de Superadobe como solución para viviendas en sectores de bajo recursos y difícil acceso.”

#### **6.2 INTRODUCCIÓN**

La propuesta está orientada a la aplicación de Eco-domos de Superadobe, en la construcción de viviendas, que son elaborados con pocos recursos, materiales que se disponen en el sitio de la construcción, y de esta manera poder apreciar esta técnica en sectores de bajos recursos, ya que además de ser económica, es ecológica. Esta simplicidad constructiva de materiales, permite situarlo como un proyecto sostenible.

Con la ejecución se podrá visualizar y ampliar el conocimiento, del comportamiento mecánico de los mampuestos y de las estructuras, tanto en el dimensionamiento, como en las etapas de elaboración. Con esta propuesta con fundamento teórico se podrá observar las falencias en la construcción de estructuras de eco-domos, sea como refugios o como casas ecológicas.

#### **6.3 OBJETIVOS**

##### **6.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Proponer Eco-domos de Superadobe como una solución práctica y económica de construcción de viviendas para sectores de bajos recursos.

### 6.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir la dosificación para un Superadobe de 20 MPa. Con ensacados de polipropileno.
- Definir la metodología constructiva para la ejecución de Eco-domos.

## 6.4 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO –TÉCNICA

### I. SUPERADOBE

El Superadobe, es una técnica sencilla diseñada para la construcción de viviendas también conocida como "velcro adobe", utilizando sacos llenos de tierra recogida del mismo sitio, superpuestos entre sí por alambres ayudando al trabe de cada hilada, apilados entre sí para dar más consistencia a la estructura, habitualmente son tipo cúpula y ábsides, para crear resistencia a los sismos.

### II. ECO-DOMOS

Son un tipo de bio-construcción de viviendas totalmente ecológicas, la cual utiliza como materia prima la tierra del sitio, sacos, cemento, alambre de púas y agua, técnica que se conoce como Superadobe.

#### VENTAJAS DEL ECO-DOMO:

- Se construye con cilindros llenos de tierra con cemento
- Mínimo material, máximo espacio.
- Económicas, ecológicas, sismo resistentes, seguras, fácil y rápidas de hacer.

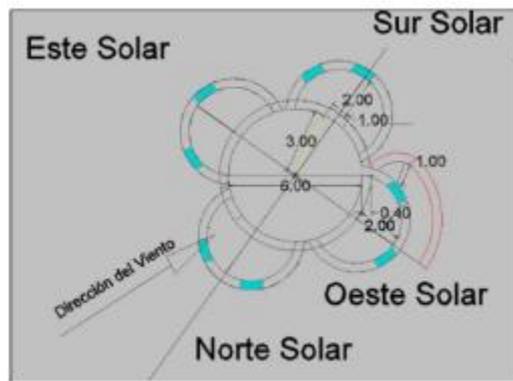
**Características Técnicas:** Se puede mencionar como las más distintivas como:

- Estructuralmente Seguras
- Climatización natural
- Eficiencia energética
- Edificaciones Sismo Resistentes
- Edificaciones Anti-incendios
- Edificaciones Anti-inundación

- Reciclaje de materiales y residuos

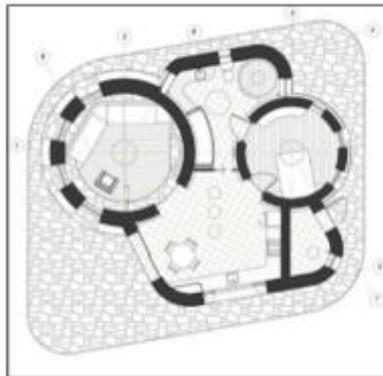
### ORIENTACIÓN DEL DOMO Y ÁBSIDES

“Se elige un terreno llano alejado de árboles perennes y de rocas o edificios que nos den sombra. Hay que tener en cuenta la orientación del domo respecto al Norte y Sur solar. La razón de esta orientación es la de aprovechar al máximo la energía del sol” (Ciudad, 2011).



*Figura: VI.59.- Creación de los ejes solares*  
Fuente: Manual de Superadobe

Los ábsides sirven de refuerzo estructural del domo central. (Ciudad, 2011)



*Figura: VI.60.- Ábsides*  
Fuente: Manual de Superadobe

## CIMENTACIÓN

“Para la cimentación del Domo, no se necesita una base de hormigón, solamente es la resistencia del terreno a la profundidad adecuada, sobre una cama de grava. El terreno, es el que soporta el edificio y permite que no se hunda” (Ciudad, 2011).

“Se puede realizar de dos formas:

- Rellenar de grava la zanja de cimentación, impermeabilizar y empezar a construir
- Llenar sacos de grava sobre la zanja, impermeabilizar y seguidamente tirar saco con mezcla” (Ciudad, 2011)

## DRENAJE

Para impedir ingrese el agua, se coloca un sistema de drenaje en la zanja de cimentación, el objetivo es “atrapar” el agua que se infiltra por la lluvia. Esta agua es de infiltración lenta y es fácil de atrapar, hay que evitar condensaciones en nuestra cimentación (Ciudad, 2011)

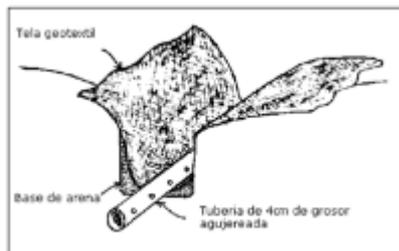


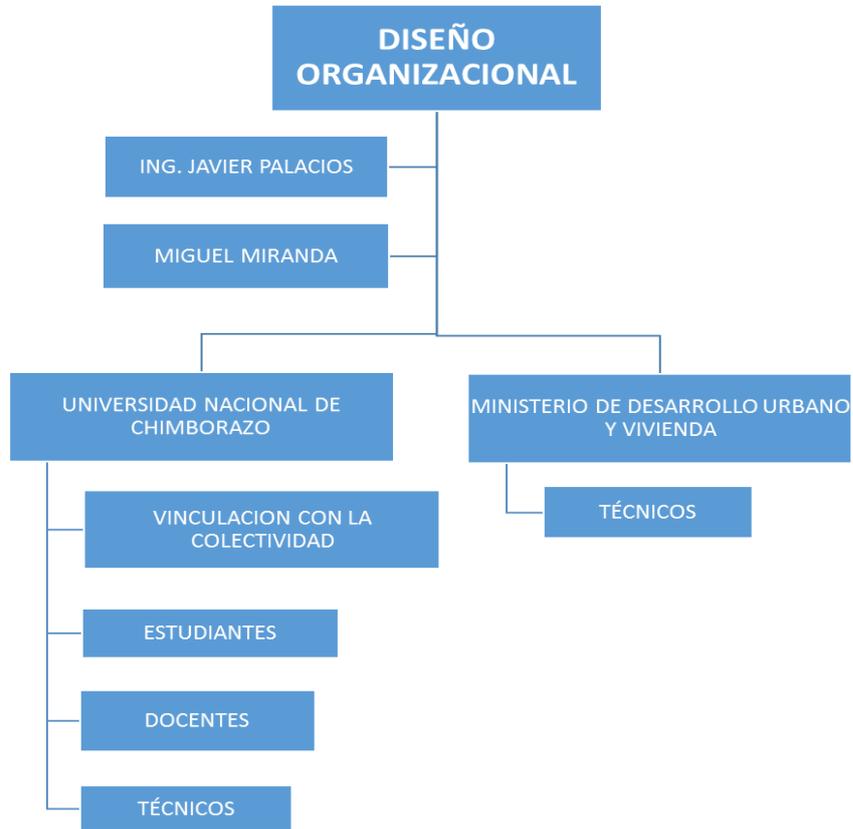
Figura: VI.61.- Instalación del Drenaje  
Fuente: Eco hábitats

## DOSIFICACIÓN DEL SUPERADOBE APLICAR

Tabla: VI. 21.- Dosificación del Superadobe  
Fuente: Autor

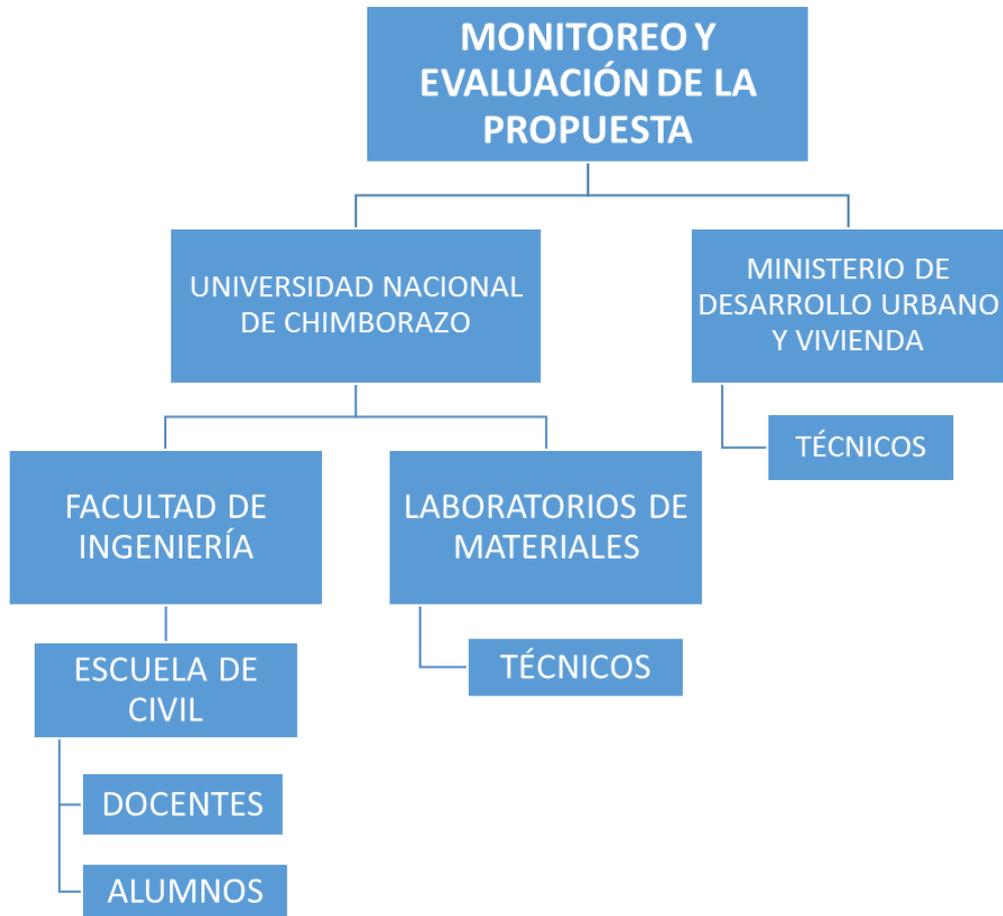
CODIFICACION	CEMENTO (KG)	TIERRA DE SITIO (KG)	AGUA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPA)
YUTE - POLIPROPILENO	62.50	250	76.57	20.026
CABUYA	62.50	250	76.57	20.592

## 6.5 DISEÑO ORGANIZACIONAL.



*Figura: VI.62.- Diagrama del diseño organizacional.*  
Fuente: Autor.

## 6.6 MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA



*Figura: VI.63.- Diagrama de la evaluación de la propuesta*  
Fuente: Autor.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMIGO S, J. (s.f.). *PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATERIALES*. Obtenido de <http://webcache.googleusercontent.com/search?Q=cache:cvfcfmhomzvj:www.licovpr.cl/v.7/index.php/2011-11-06-20-46-49/category/63-materiales%3Fdownload%3D205:apunte-n-3-propiedades-mecanicas-de-los-materiales+%&cd=8&hl=en&ct=clnk&gl=ec>
- BALDEON CAJO, J. E. (2013). *Estudio de retencion de metales pesados en aguas sintéticas (preparadas en el laboratorio) utilizando como lecho filtrante la fibra de cabuya furcraea andina como alternativa de biorremediación*. Riobamba.
- Braja, M. D. (2001). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*. Mexico: Thomson.
- Cal-Earth. (s.f.). Recuperado el 30 de 09 de 2016, de <http://www.calearth.es/nader-khalili/>
- Ciudad, M. (2011). *Manual de Superadobe*. Girona.
- CRESPO, V. C. (1980). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. MEXICO: NORIEGA.
- Ecohabitats. (s.f.). Recuperado el 28 de 09 de 2016, de Los Eco-Domos y el Super Adobe: <http://ecohabitats.webnode.es/eco-domos-y-super-adobe/>
- Gu, O. (s.f.). *ACADEMIA*. Obtenido de NORMAS AASHTO: [http://www.academia.edu/5560864/NORMAS\\_AASHTO](http://www.academia.edu/5560864/NORMAS_AASHTO)
- INEN, N. (2009). Obtenido de NTE INEN 1782: Textiles. Fibras. Clasificación: [http://archive.org/stream/ec.nte.1782.2009/ec.nte.1782.2009\\_djvu.txt](http://archive.org/stream/ec.nte.1782.2009/ec.nte.1782.2009_djvu.txt)
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, I. (s.f.). *Servicio Ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0689.1982.pdf>
- INTERNATIONAL, A. (s.f.). *Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*. Obtenido de <http://www.astm.org/Standards/D854.htm>
- LEMA RUIZ, C., & ALLAUCA AVILES, J. D. (2016). *VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN DE AGUA EN EL SUB SUELO DE LAS PARROQUIAS VERACRUZ Y MADRE TIERRA, CANTONES PASTAZA Y MERA, PROVINCIA DE PASTAZA*. RIOBAMBA.
- NTE. (2010). *NORMA INEN 856*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0856.2010.pdf>
- RODRIGUEZ, A. E., & VILLALBA REA, J. B. (2015). *SCRIBD*. Obtenido de análisis a flexión en vigas de concreto armado, compuestas de hormigón modificado con

fibrillas recicladas de neumático, y su influencia en la cuantía de acero en un hormigón estructural de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ :  
<https://es.scribd.com/document/318217660/ANALISIS-A-FLEXION-EN-VIGAS-DE-CONCRETO-ARMADO-COMPUESTAS-DE-HORMIGON-MODIFICADO-CON-FIBRILLAS-RECICLADAS-DE-NEUMATICO-Y-SU-INFLUENCIA-EN-LA-CUANTIA>

Ruiz, S. C. (2014). *Estudio estructural de domos realizados con la técnica de falsa cúpula y superadobe*. Trabajo final de graduación, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Camins, Barcelona.

S.A., F. D. (8 de Abril de 2016). *FIDECA*. Obtenido de <http://www.sancristobal.com/fideca/?p=637>

*SECRETARIA DEL BUEN VIVIR*. (s.f.). Recuperado el 20 de 07 de 2016, de SABERES ANCESTRALES: [www.secretariabuenvivir.gob.ec/saberes-ancestrales-lo-que-se-sabe-y-se-siente-desde-siempre](http://www.secretariabuenvivir.gob.ec/saberes-ancestrales-lo-que-se-sabe-y-se-siente-desde-siempre)

VILLALAZ, C. (s.f.). *GOOGLE BOOKS*. Obtenido de MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES:

<https://books.google.com.ec/books?id=Db2SQbBHVPQC&pg=PA88&lpg=PA88&dq=Este+sistema+fue+presentado+por+Arthur+Casagrande+como+una+modificaci%C3%B3n+y+adaptaci%C3%B3n+m%C3%A1s+general+a+su+sistema+de+clasificaci%C3%B3n+propuesto+en+1942+para&source=bl&ots=a>

Z, H. d. (s.f.). *PROCESOS Y TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN*. CHILE: EDICIONES UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE.

## 7 ANEXOS

### 7.1 ANEXO 1.- ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL SUELO

Los límites Específicos de la serie de los finos ya están establecidos.

Para determinar el valor que se encuentra retenido en cada tamiz.

- $\% RA = (\text{Retenido parcial recipiente} / \text{total de la muestra}) * 100 \%$  + el anterior
- Para determinar el valor que pasa por cada tamiz.
- $\% Pasa = 100\% - \% RA$
- $\text{Módulo de Finura} = \sum \text{total del \%RA} / 100$
- Lo que cada tamiz retiene más la masa del recipiente = Retenido Parcial + Recipiente
- Lo que cada tamiz retiene menos la masa del recipiente = Retenido Parcial – Recipiente

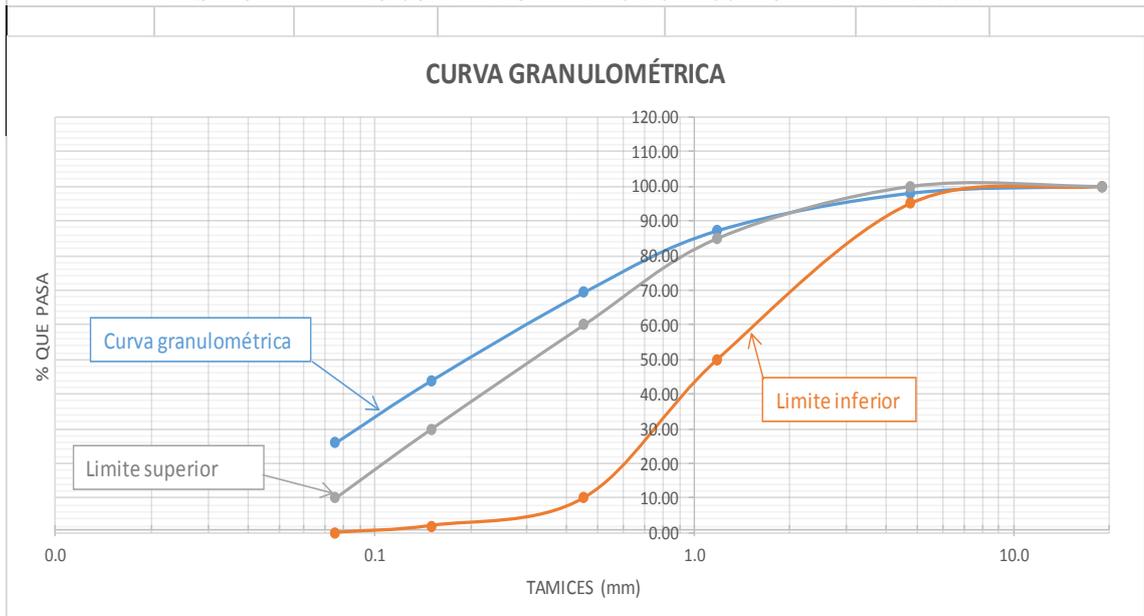


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



ENSAYO:		<b>G R A N U L O M E T R Í A</b>				
REALIZADO POR:		MUESTRA 1				
Miguel Angel Miranda Salazar		UBICACIÓN :		Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.		
DIRECTOR DEL PROYECTO:		FECHA DE MUESTREO:		HORA	9:30	
Ing. Javier Palacios		FECHA DE ENSAYO:		HORA	8:30	
<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
MASA RECIPIENTE (g)		497	MASA INICIAL (g)		997	
TAMICES	Retenido Parcial + Recipiente (g)	Retenido Parcial - Recipiente (g)	% Retenido Acumulado	% Pasa	Límites Específicos Serie Finos	
3/8"	497	0	0.00	100.00	100	100
N° 4	507	10	2.00	98.00	95	100
N° 16	551	54	12.80	87.20	50	85
N° 40	586	89	30.60	69.40	10	60
N° 100	624	127	56.00	44.00	2	30
N° 200	587	90	74.00	<b>26.00</b>	0	10
BANDEJA	627	130	100.00	0.00		
TOTAL		500				
MÓDULO DE FINURA		<b>1.75</b>				

ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°696





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



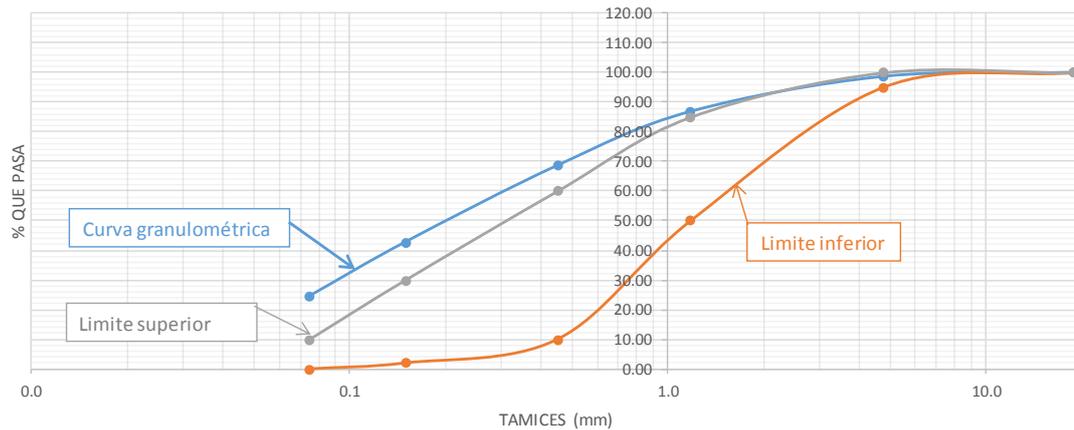
ENSAYO:

**G R A N U L O M E T R Í A**

REALIZADO POR:		MUESTRA 2				
Miguel Angel Miranda Salazar		UBICACIÓN :		Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.		
DIRECTOR DEL PROYECTO:		FECHA DE MUESTREO:	26/07/2016	HORA	9:30	
Ing. Javier Palacios		FECHA DE ENSAYO:	27/07/2016	HORA	9:00	
<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
MASA RECIPIENTE (g)	211	MASA INICIAL (g)		711		
TAMICES	Retenido Parcial + Recipiente (g)	Retenido Parcial - Recipiente (g)	% Retenido Acumulado	% Pasa	Límites Específicos Serie Finos	
3/8"	211	0	0.00	100.00	100	100
N° 4	218	7	1.40	98.60	95	100
N° 16	270	59	13.20	86.80	50	85
N° 40	302	91	31.40	68.60	10	60
N° 100	340	129	57.20	42.80	2	30
N° 200	302	91	75.40	<b>24.60</b>	0	10
BANDEJA	334	123	100.00	0.00		
TOTAL		500				
MÓDULO DE FINURA		<b>1.79</b>				

ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°696

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



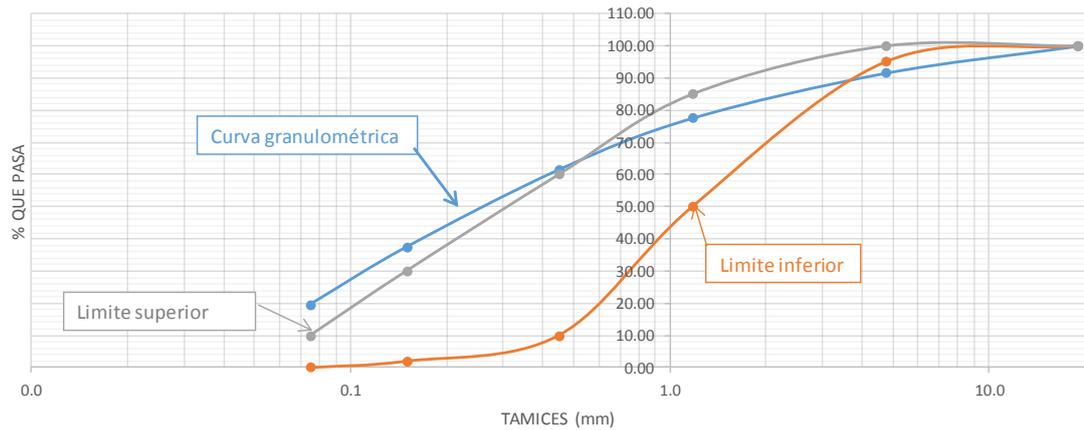
ENSAYO:

**G R A N U L O M E T R Í A**

REALIZADO POR:		MUESTRA 3				
Miguel Angel Miranda Salazar		UBICACIÓN :		Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.		
DIRECTOR DEL PROYECTO:		FECHA DE MUESTREO:	26/07/2016	HORA	9:30	
Ing. Javier Palacios		FECHA DE ENSAYO:	27/07/2016	HORA	9:30	
<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
MASA RECIPIENTE (g)	211	MASA INICIAL (g)		711		
TAMICES	Retenido Parcial + Recipiente (g)	Retenido Parcial - Recipiente (g)	% Retenido Acumulado	% Pasa	Límites Específicos Serie Finos	
3/8"	211	0	0.00	100.00	100	100
N° 4	253	42	8.42	91.58	95	100
N° 16	281	70	22.44	77.56	50	85
N° 40	291	80	38.48	61.52	10	60
N° 100	331	120	62.53	37.47	2	30
N° 200	300	89	80.36	<b>19.64</b>	0	10
BANDEJA	309	98	100.00	0.00		
TOTAL		499				
MÓDULO DE FINURA		<b>2.12</b>				

ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°696

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



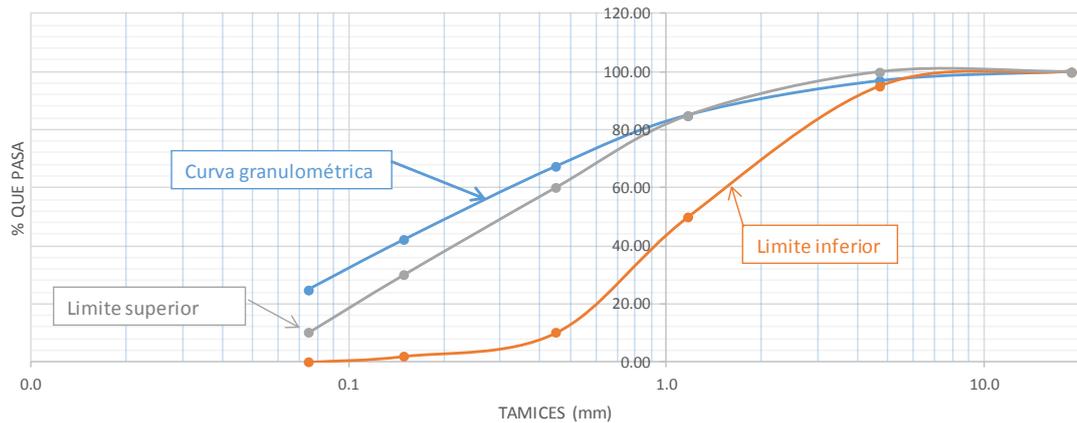
ENSAYO:

**G R A N U L O M E T R Í A**

REALIZADO POR:		MUESTRA 4				
Miguel Angel Miranda Salazar		UBICACIÓN :		Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.		
DIRECTOR DEL PROYECTO:		FECHA DE MUESTREO:	26/07/2016	HORA	9:30	
Ing. Javier Palacios		FECHA DE ENSAYO:	27/07/2016	HORA	10:00	
<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
MASA RECIPIENTE (g)	211	MASA INICIAL (g)		711		
TAMICES	Retenido Parcial + Recipiente (g)	Retenido Parcial - Recipiente (g)	% Retenido Acumulado	% Pasa	Límites Específicos Serie Finos	
3/8"	211	0	0.00	100.00	100	100
N° 4	227	16	3.20	96.80	95	100
N° 16	270	59	15.00	85.00	50	85
N° 40	300	89	32.80	67.20	10	60
N° 100	337	126	58.00	42.00	2	30
N° 200	297	86	75.20	<b>24.80</b>	0	10
BANDEJA	335	124	100.00	0.00		
TOTAL		500				
MÓDULO DE FINURA		<b>1.84</b>				

ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°696

**CURVA GRANULOMÉTRICA**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

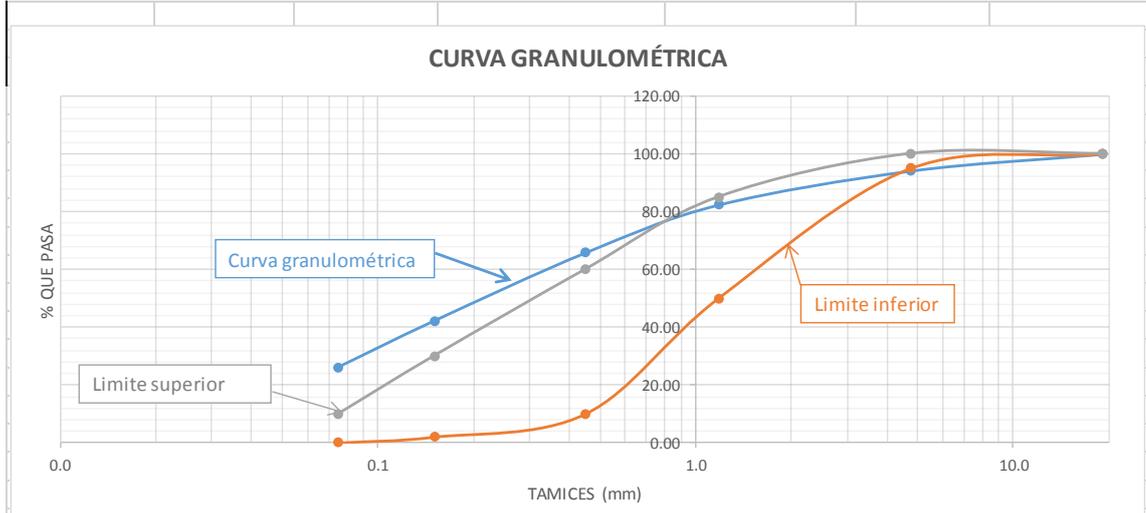


ENSAYO:

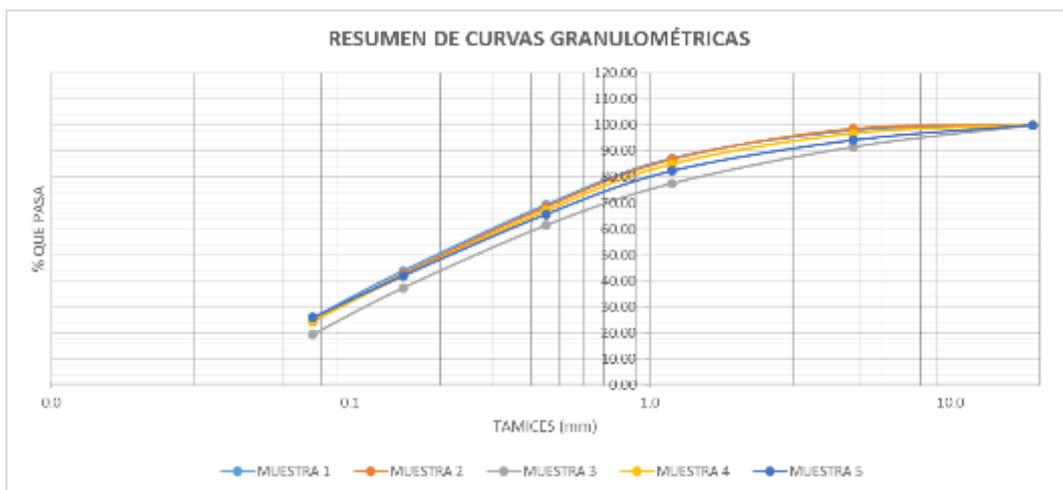
**G R A N U L O M E T R Í A**

REALIZADO POR:		MUESTRA 5				
Miguel Angel Miranda Salazar		UBICACIÓN :		Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba.		
DIRECTOR DEL PROYECTO:		FECHA DE MUESTREO:	26/07/2016	HORA	9:30	
Ing. Javier Palacios		FECHA DE ENSAYO:	27/07/2016	HORA	10:30	
<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
MASA RECIPIENTE (g)	211	MASA INICIAL (g)		711		
TAMICES	Retenido Parcial + Recipiente (g)	Retenido Parcial - Recipiente (g)	% Retenido Acumulado	% Pasa	Límites Específicos Serie Finos	
3/8"	211	0	0.00	100.00	100	100
N° 4	240	29	5.81	94.19	95	100
N° 16	270	59	17.64	82.36	50	85
N° 40	294	83	34.27	65.73	10	60
N° 100	329	118	57.92	42.08	2	30
N° 200	291	80	73.95	<b>26.05</b>	0	10
BANDEJA	341	130	100.00	0.00		
TOTAL	499					
MÓDULO DE FINURA	<b>1.90</b>					

ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°696



<b>CUADRO RESUMEN DE LA GRANULOMETRÍA</b>					
TAMICES	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5
<b>3/8"</b>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>N° 4</b>	98.00	98.60	91.58	96.8	94.19
<b>N° 16</b>	87.20	86.80	77.56	85	82.36
<b>N° 40</b>	69.40	68.60	61.52	67.2	65.73
<b>N° 100</b>	44.00	42.80	37.47	42	42.08
<b>N° 200</b>	26.00	24.60	19.64	24.8	26.05



## 7.2 ANEXO 2.- LIMITE LÍQUIDO

- Masa Rec (g) = La masa del recipiente vacío
- Masa Rec + Mn (g) = La masa del recipiente vacío + la muestra recolectada
- Masa Rec+Ms (g)= La masa del recipiente + la muestra recolectada seca
- Masa Húmeda (g)= La muestra recolectada húmeda
- Masa Seca (g)= La muestra recolectada seca
- % Humedad=  $(\text{Masa húmeda} - \text{masa seca}) / \text{masa seca} * 100$
- % Humedad Promedio=  $(\text{Tara 1} + \text{Tara 2}) / 2$



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



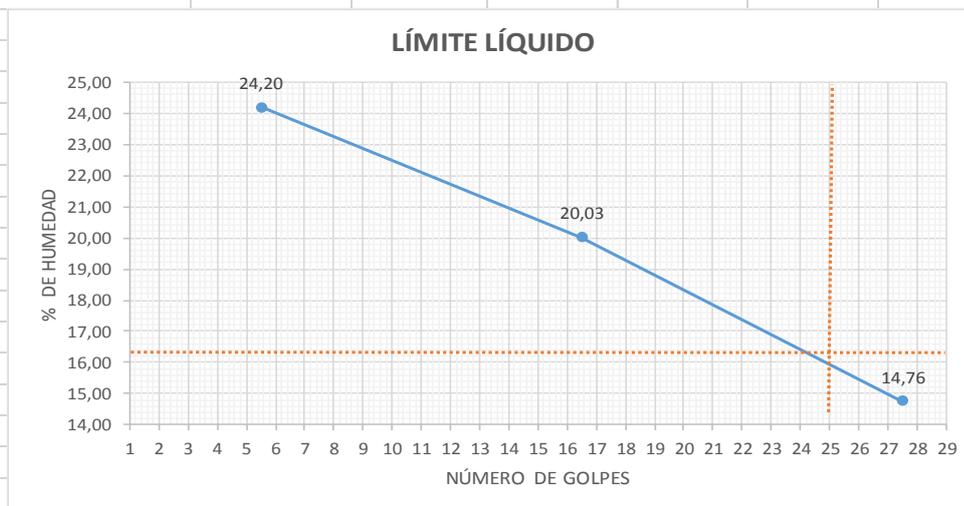
<b>ENSAYO:</b>	<b>L I M I T E S D E A T T E R B E R G</b>						
<b>REALIZADO POR:</b>	Miguel Angel Miranda Salazar			<b>MUESTRA 1</b>			
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b>	Ing. Javier Palacios			<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.		
	<b>FECHA DE MUESTREO:</b>		27/07/2016	<b>HORA</b>	15:00		
	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>		28/07/2016	<b>HORA</b>	8:00		

**L Í M I T E L Í Q U I D O**

<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
<b>INTERVALO</b>	<b>5 - 15</b>		<b>16 - 25</b>		<b>26 - 35</b>	
<b>Nº GOLPES</b>	<b>5</b>		<b>16</b>		<b>27</b>	
<b>RECIPIENTES</b>	<b>Tara 1</b>	<b>Tara 2</b>	<b>Tara 3</b>	<b>Tara 4</b>	<b>Tara 5</b>	<b>Tara 6</b>
<b>Masa Rec (g)</b>	18.0	18.3	14.7	14.8	18.3	18.1
<b>Masa Rec + Mn (g)</b>	23.8	24.3	20.8	20.1	24.5	25.9
<b>Masa Rec+Ms (g)</b>	22.7	23.1	19.8	19.2	23.7	24.9
<b>Masa Húmeda (g)</b>	5.8	6.0	6.1	5.3	6.2	7.8
<b>Masa Seca (g)</b>	4.7	4.8	5.1	4.4	5.4	6.8
<b>% Humedad</b>	23.40	25.00	19.61	20.45	14.81	14.71
<b>% Humedad Promedio</b>	<b>24.20</b>		<b>20.03</b>		<b>14.76</b>	

**ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°691**

<b>RESUMEN DE DATOS</b>	
<b>Nº GOLPES</b>	<b>% HUMEDAD</b>
5	24.20
16	20.03
27	14.76





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



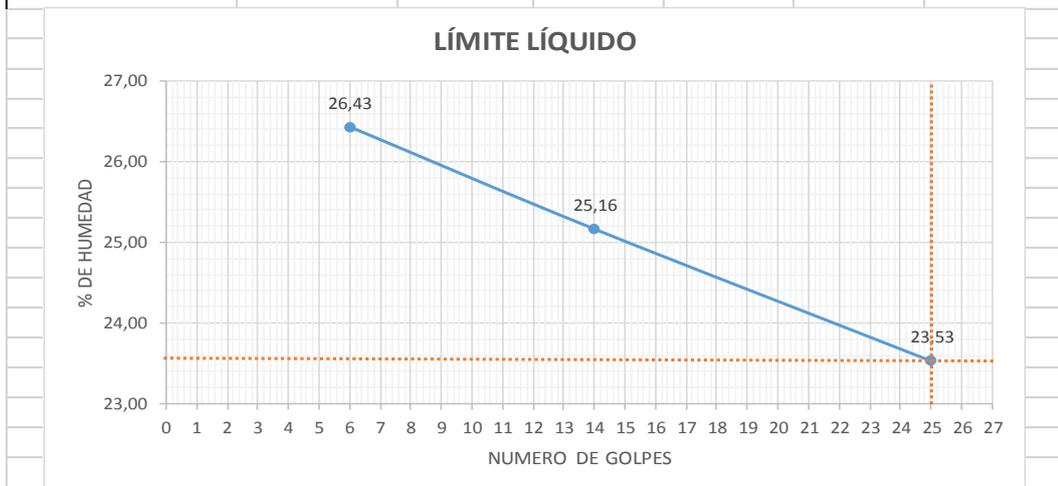
<b>ENSAYO:</b>	<b>L I M I T E S D E A T T E R B E R G</b>						
<b>REALIZADO POR:</b>	Miguel Angel Miranda Salazar			<b>MUESTRA 2</b>			
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b>	Ing. Javier Palacios			<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.		
	<b>FECHA DE MUESTREO:</b>		27/07/2016	<b>HORA</b>	15:30		
	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>		28/07/2016	<b>HORA</b>	10:00		

**L Í M I T E L Í Q U I D O**

T A B U L A C I Ó N D E D A T O S						
INTERVALO	5 - 15		15 - 25		25 - 35	
N° GOLPES	6		14		25	
RECIPIENTES	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4	Tara 5	Tara 6
<b>Masa Rec (g)</b>	18.2	18.1	18.1	17.7	18.3	18.0
<b>Masa Rec + Mn (g)</b>	23.5	21.9	24.8	23.4	23.6	23.2
<b>Masa Rec+Ms (g)</b>	22.4	21.1	23.4	22.3	22.6	22.2
<b>Masa Húmeda (g)</b>	5.3	3.8	6.7	5.7	5.3	5.2
<b>Masa Seca (g)</b>	4.2	3.0	5.3	4.6	4.3	4.2
<b>% Humedad</b>	26.19	26.67	26.42	23.91	23.26	23.81
<b>% Humedad Promedio</b>	<b>26.43</b>		<b>25.16</b>		<b>23.53</b>	

ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°691

RESUMEN DE DATOS	
N° GOLPES	% HUMEDAD
6	26.43
14	25.16
25	23.53





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



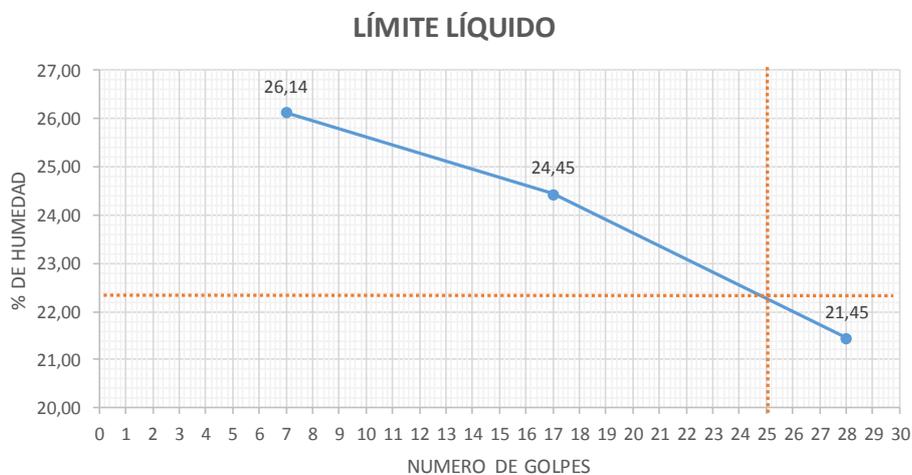
ENSAYO:	<b>L I M I T E S D E A T T E R B E R G</b>					
REALIZADO POR:	<b>MUESTRA 3</b>					
Miguel Angel Miranda Salazar	UBICACIÓN : Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.					
DIRECTOR DEL PROYECTO:						
Ing. Javier Palacios	FECHA DE MUESTREO:	27/07/2016	HORA	14:00		
	FECHA DE ENSAYO:	28/07/2016	HORA	13:00		

**L Í M I T E L Í Q U I D O**

<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
INTERVALO	5 - 15		15 - 25		25 - 35	
Nº GOLPES	7		17		28	
RECIPIENTES	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4	Tara 5	Tara 6
Masa Rec (g)	18.1	17.7	18.3	18.0	18.2	18.1
Masa Rec + Mn (g)	25.1	23.7	23.2	23.3	23.5	24.1
Masa Rec+Ms (g)	23.6	22.5	22.2	22.3	22.6	23.0
Masa Húmeda (g)	7.0	6.0	4.9	5.3	5.3	6.0
Masa Seca (g)	5.5	4.8	3.9	4.3	4.4	4.9
% Humedad	27.27	25.00	25.64	23.26	20.45	22.45
% Humedad Promedio	26.14		24.45		21.45	

**ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°691**

RESUMEN DE DATOS	
Nº GOLPES	% HUMEDAD
7	26.14
17	24.45
28	21.45





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



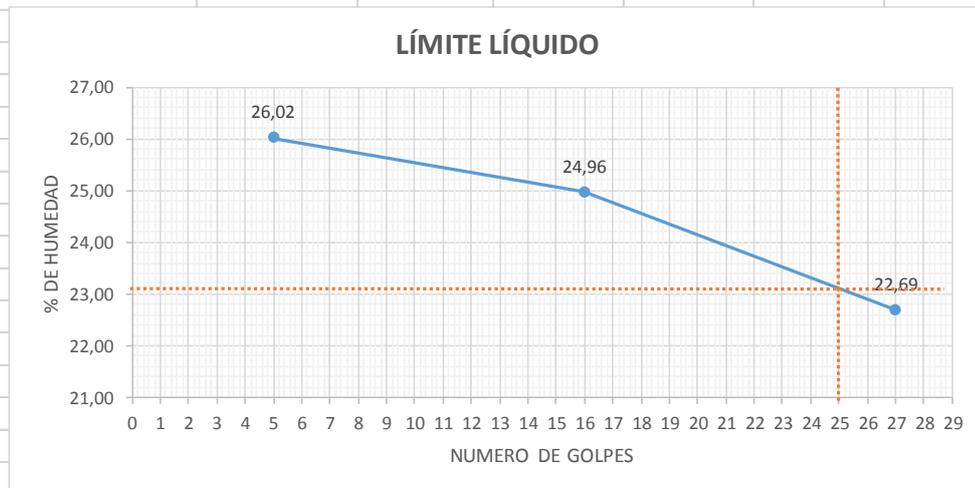
<b>ENSAYO:</b>	<b>L I M I T E S D E A T T E R B E R G</b>					
<b>REALIZADO POR:</b>	<b>MUESTRA 4</b>					
Miguel Angel Miranda Salazar	<b>UBICACIÓN :</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.					
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b>						
Ing. Javier Palacios	<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	27/07/2016	<b>HORA</b>	14:30		
	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	28/07/2016	<b>HORA</b>	16:00		

**L Í M I T E L Í Q U I D O**

<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
<b>INTERVALO</b>	<b>5 - 15</b>		<b>15 - 25</b>		<b>25 - 35</b>	
<b>Nº GOLPES</b>	<b>8</b>		<b>14</b>		<b>25</b>	
<b>RECIPIENTES</b>	<b>Tara 1</b>	<b>Tara 2</b>	<b>Tara 3</b>	<b>Tara 4</b>	<b>Tara 5</b>	<b>Tara 6</b>
<b>Masa Rec (g)</b>	14.5	14.4	14.4	14.5	14.6	14.6
<b>Masa Rec + Mn (g)</b>	23.3	24.0	22.5	22.2	21.6	22.2
<b>Masa Rec+Ms (g)</b>	21.5	22.0	20.4	21.2	20.3	20.8
<b>Masa Húmeda (g)</b>	8.8	9.6	8.1	7.7	7.0	7.6
<b>Masa Seca (g)</b>	7.0	7.6	6.0	6.7	5.7	6.2
<b>% Humedad</b>	25.71	26.32	35.00	14.93	22.81	22.58
<b>% Humedad Promedio</b>	<b>26.02</b>		<b>24.96</b>		<b>22.69</b>	

**ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN Nº691**

<b>RESUMEN DE DATOS</b>	
<b>Nº GOLPES</b>	<b>% HUMEDAD</b>
5	26.02
16	24.96
27	22.69





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



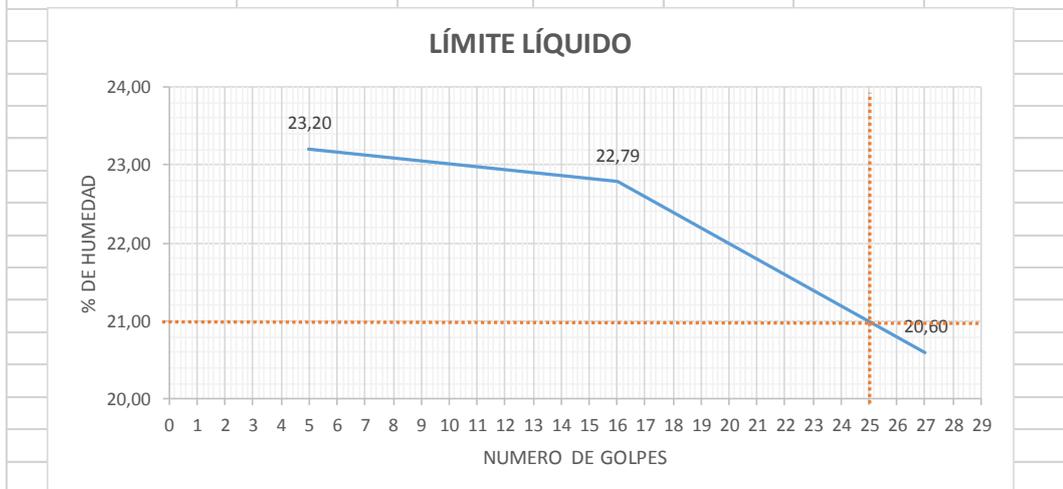
ENSAYO:	<b>L I M I T E S D E A T T E R B E R G</b>					
REALIZADO POR:	<b>MUESTRA 5</b>					
Miguel Angel Miranda Salazar	UBICACIÓN : Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.					
DIRECTOR DEL PROYECTO:						
Ing. Javier Palacios	FECHA DE MUESTREO:	27/07/2016	HORA	15:00		
	FECHA DE ENSAYO:	29/07/2016	HORA	8:00		

**L Í M I T E L Í Q U I D O**

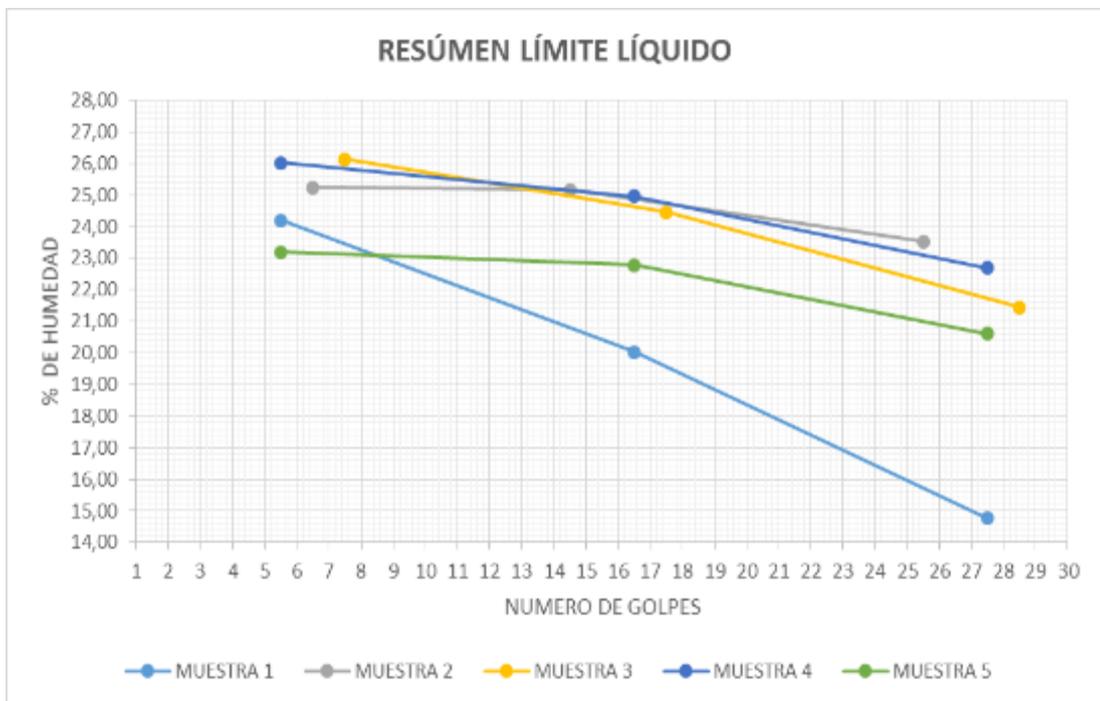
<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
INTERVALO	<b>5 - 15</b>		<b>15 - 25</b>		<b>25 - 35</b>	
Nº GOLPES	<b>6</b>		<b>15</b>		<b>26</b>	
RECIPIENTES	Tara 1	Tara 2	Tara 3	Tara 4	Tara 5	Tara 6
Masa Rec (g)	18.0	18.4	18.1	17.2	18.0	18.4
Masa Rec + Mn (g)	23.9	24.7	22.1	21.3	23.8	24.9
Masa Rec+Ms (g)	22.9	23.4	21.3	20.6	22.8	23.8
Masa Húmeda (g)	5.9	6.3	4.0	4.1	5.8	6.5
Masa Seca (g)	4.9	5.0	3.2	3.4	4.8	5.4
% Humedad	20.41	26.00	25.00	20.59	20.83	20.37
% Humedad Promedio	<b>23.20</b>		<b>22.79</b>		<b>20.60</b>	

ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°691

<b>RESUMEN DE DATOS</b>	
Nº GOLPES	% HUMEDAD
5	23.20
16	22.79
27	20.60



CUADRO RESUMEN DEL LIMITE LÍQUIDO									
MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4		MUESTRA 5	
Nº GOLPES	% HUMEDAD	Nº GOLPES	% HUMEDAD	Nº GOLPES	% HUMEDAD	Nº GOLPES	% HUMEDAD	Nº GOLPES	% HUMEDAD
5	24.20	6	25.24	7	26.14	5	26.02	5	23.20
16	20.03	14	25.16	17	24.45	16	24.96	16	22.79
27	14.76	25	23.53	28	21.45	27	22.69	27	20.60



### 7.3 ANEXO 3.- LIMITE PLÁSTICO

<b>L Í M I T E P L Á S T I C O</b>						
<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
RECIPIENTES	Masa Recipiente (g)	Masa R+Mn (g)	Masa R+Ms (g)	Masa Mn (g)	Masa Ms (g)	% Humedad
TARA 1	17.2	17.9	17.5	0.7	0.3	133.3
TARA 2	18	18.6	18.2	0.6	0.2	200.0
LIMITE PLÁSTICO	<b>166.67</b>					
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>						
LIMITE PLÁSTICO	166.67					
LIMITE LIQUIDO	15.9	valor de los 25 golpes				
INDICE DE PLASTICIDAD	-150.77					
RESULTADO	<b>MATERIAL NO PLASTICO (NP)</b>					
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°692						

<b>L Í M I T E P L Á S T I C O</b>						
<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
RECIPIENTES	Masa Recipiente (g)	Masa R+Mn (g)	Masa R+Ms (g)	Masa Mn (g)	Masa Ms (g)	% Humedad
TARA 1	18.3	18.8	18.6	0.5	0.3	66.7
TARA 2	17.4	17.9	17.8	0.5	0.4	25.0
LIMITE PLÁSTICO	<b>45.83</b>					
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>						
LIMITE PLÁSTICO	45.83					
LIMITE LIQUIDO	23.53	valor de los 25 golpes				
INDICE DE PLASTICIDAD	-22.30					
RESULTADO	<b>MATERIAL NO PLASTICO (NP)</b>					
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°692						

<b>L Í M I T E P L Á S T I C O</b>						
<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
RECIPIENTES	Masa Recipiente (g)	Masa R+Mn (g)	Masa R+Ms (g)	Masa Mn (g)	Masa Ms (g)	% Humedad
TARA 1	18.3	18.7	18.6	0.4	0.3	33.3
TARA 2	17.4	17.8	17.7	0.4	0.3	33.3
LIMITE PLÁSTICO	<b>33.33</b>					
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>						
LIMITE PLÁSTICO	33.33					
LIMITE LIQUIDO	22.38	valor de los 25 golpes				
INDICE DE PLASTICIDAD	-10.95					
RESULTADO	<b>MATERIAL NO PLÁSTICO (NP)</b>					
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°692						

<b>L Í M I T E P L Á S T I C O</b>						
<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
RECIPIENTES	Masa Recipiente (g)	Masa R+Mn (g)	Masa R+Ms (g)	Masa Mn (g)	Masa Ms (g)	% Humedad
TARA 1	14.9	15.4	15.3	0.5	0.4	25.0
TARA 2	14.6	15	14.9	0.4	0.3	33.3
LIMITE PLÁSTICO	<b>29.17</b>					
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>						
LIMITE PLÁSTICO	29.17					
LIMITE LIQUIDO	23.08	valor de los 25 golpes				
INDICE DE PLASTICIDAD	-6.09					
RESULTADO	<b>MATERIAL NO PLÁSTICO (NP)</b>					
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°692						

<b>L Í M I T E P L Á S T I C O</b>						
<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
RECIPIENTES	Masa Recipiente (g)	Masa R+Mn (g)	Masa R+Ms (g)	Masa Mn (g)	Masa Ms (g)	% Humedad
TARA 1	14.9	15.2	15.1	0.3	0.2	50.0
TARA 2	14.8	15.1	15	0.3	0.2	50.0
LIMITE PLÁSTICO	<b>50.00</b>					
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>						
LIMITE PLÁSTICO	50.00					
LIMITE LIQUIDO	21.00	valor de los 25 golpes				
INDICE DE PLASTICIDAD	-29.00					
RESULTADO	<b>MATERIAL NO PLÁSTICO (NP)</b>					
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°692						

<b>CUADRO RESUMEN DEL LIMITE PLÁSTICO</b>				
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5
166.67	45.83	33.33	29.17	50.00

## 7.4 ANEXO 4.- PORCENTAJE DE HUMEDAD

Masa Rec (g) = La masa del recipiente vacío

Masa Rec + Mn (g) = La masa del recipiente vacío + la muestra recolectada

Masa Rec+Ms (g)= La masa del recipiente + la muestra recolectada seca

Masa Húmeda (g)= La muestra recolectada húmeda

Masa Seca (g)= La muestra recolectada seca

% Humedad= (Masa húmeda – masa seca)/ masa seca)\*100

% Humedad Promedio= (Tara 1 + Tara 2 )/2

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
PORCENTAJE DE HUMEDAD						
REALIZADO POR:			UBICACIÓN :			
Miguel Angel Miranda Salazar			Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.			
RECTOR DEL PROYECTO:			MUESTRA 1			
Ing. Javier Palacios			Muestra a ensayar: 26/07/2016		Hora: 9:30	
			Recoleccion de Datos: 27/07/2016		Hora: 9:30	
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S						
RECIPIENTES	Masa Rec (g)	Masa Rec + Mn (g)	Masa Rec+Ms (g)	Masa Húmeda (g)	Masa Seca (g)	% Humedad
TARA 1	14,3	80,40	75,20	66	60,90	8,54
TARA 2	14,7	88,80	82,80	74	68,10	8,81
% Humedad Promedio	<b>8,67</b>					
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°690						

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
PORCENTAJE DE HUMEDAD						
REALIZADO POR:			UBICACIÓN :			
Miguel Angel Miranda Salazar			Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.			
DIRECTOR DEL PROYECTO:			MUESTRA 2			
Ing. Javier Palacios			Muestra a ensayar: 26/07/2016		Hora: 9:30	
			Recoleccion de Datos: 27/07/2016		Hora: 9:30	
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S						
RECIPIENTES	Masa Rec (g)	Masa Rec + Mn (g)	Masa Rec+Ms (g)	Masa Húmeda (g)	Masa Seca (g)	% Humedad
TARA 1	18,3	86,20	81,80	68	63,50	6,93
TARA 2	18,4	93,40	88,50	75	70,10	6,99
% Humedad Promedio	<b>6,96</b>					
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°690						

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
PORCENTAJE DE HUMEDAD						
REALIZADO POR: Miguel Angel Miranda Salazar			UBICACIÓN : Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.			
RECTOR DEL PROYECTO: Ing. Javier Palacios			<b>MUESTRA 3</b>			
			Muestra a ensayar: 26/07/2016		Hora: 9:30	
			Recolección de Datos: 27/07/2016		Hora: 9:30	
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S						
RECIPIENTES	Masa Rec (g)	Masa Rec + Mn (g)	Masa Rec+Ms (g)	Masa Húmeda (g)	Masa Seca (g)	% Humedad
TARA 1	14,4	84,20	80,30	70	65,90	5,92
TARA 2	14,7	92,10	87,10	77	72,40	6,91
<b>% Humedad Promedio</b>	<b>6,41</b>					
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°690						

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
PORCENTAJE DE HUMEDAD						
REALIZADO POR: Miguel Angel Miranda Salazar			UBICACIÓN : Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.			
RECTOR DEL PROYECTO: Ing. Javier Palacios			<b>MUESTRA 4</b>			
			Muestra a ensayar: 26/07/2016		Hora: 9:30	
			Recolección de Datos: 27/07/2016		Hora: 9:30	
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S						
RECIPIENTES	Masa Rec (g)	Masa Rec + Mn (g)	Masa Rec+Ms (g)	Masa Húmeda (g)	Masa Seca (g)	% Humedad
TARA 1	14,4	89,10	85,10	75	70,70	5,66
TARA 2	14,4	88,20	84,20	74	69,80	5,73
<b>% Humedad Promedio</b>	<b>5,69</b>					
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°690						

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
PORCENTAJE DE HUMEDAD						
REALIZADO POR: Miguel Angel Miranda Salazar			UBICACIÓN : Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.			
RECTOR DEL PROYECTO: Ing. Javier Palacios			<b>MUESTRA 5</b>			
			Muestra a ensayar: 26/07/2016		Hora: 9:30	
			Recolección de Datos: 27/07/2016		Hora: 9:30	
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S						
RECIPIENTES	Masa Rec (g)	Masa Rec + Mn (g)	Masa Rec+Ms (g)	Masa Húmeda (g)	Masa Seca (g)	% Humedad
TARA 1	18,6	94,60	89,90	76	71,30	6,59
TARA 2	14,1	95,40	92,50	81	78,40	3,70
<b>% Humedad Promedio</b>	<b>5,15</b>					
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N°690						

CUADRO RESUMEN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD				
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5
8,67	6,96	6,41	5,69	5,15
% DE HUMEDAD			6,577	

## 7.5 ANEXO 5.- PESO ESPECÍFICO

PICNÓMETRO VACÍO= Masa del recipiente

PICNÓMETRO + AGUA= Masa del recipiente + agua

PICNÓMETRO + AGUA + MUESTRA= Masa del recipiente + agua + muestra previamente preparada.

PESO ESPECÍFICO=  $Muestra / ((PICNÓMETRO + AGUA) + (MUESTRA) - (PICNÓMETRO + AGUA + MUESTRA))$

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>PESO ESPECÍFICO</b>				
<b>REALIZADO POR:</b>			<b>UBICACIÓN :</b>	
Miguel Angel Miranda Salazar			Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.	
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b>			<b>MUESTRA 1</b>	
Ing. Javier Palacios			Toma de Muestra a ensayar: 26/07/2016 Hora: 9:30	
			Recoleccion de Datos: 27/07/2016 Hora: 9:30	
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S				
<b>BANDEJA (g)</b>	<b>211</b>		<b>MUESTRA (g)</b>	<b>500</b>
<b>PICNOMETRO VACIO</b>			417	
<b>PICNOMETRO + AGUA</b>			1241	
<b>PICNOMETRO + AGUA + MUESTRA</b>			1523	
<b>PESO ESPECÍFICO</b>			<b>2,294</b>	
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N° 856				

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>PESO ESPECÍFICO</b>				
<b>REALIZADO POR:</b>			<b>UBICACIÓN :</b>	
Miguel Angel Miranda Salazar			Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.	
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b>			<b>MUESTRA 2</b>	
Ing. Javier Palacios			Toma de Muestra a ensayar: 26/07/2016 Hora: 9:30	
			Recoleccion de Datos: 27/07/2016 Hora: 9:30	
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S				
<b>BANDEJA (g)</b>	<b>211</b>		<b>MUESTRA (g)</b>	<b>500</b>
<b>PICNOMETRO VACIO</b>			417	
<b>PICNOMETRO + AGUA</b>			1241	
<b>PICNOMETRO + AGUA + MUESTRA</b>			1522	
<b>PESO ESPECÍFICO</b>			<b>2,283</b>	
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N° 856				

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>PESO ESPECÍFICO</b>				
<b>REALIZADO POR:</b>			<b>UBICACIÓN :</b>	
Miguel Angel Miranda Salazar			Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.	
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b>			<b>MUESTRA 3</b>	
Ing. Javier Palacios			<b>Toma de Muestra a ensayar:</b> 26/07/2016 <b>Hora:</b> 9:30	
			<b>Recoleccion de Datos:</b> 27/07/2016 <b>Hora:</b> 9:30	
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S				
<b>BANDEJA (g)</b>	<b>211</b>		<b>MUESTRA (g)</b>	<b>500</b>
<b>PICNOMETRO VACIO</b>			417	
<b>PICNOMETRO + AGUA</b>			1241	
<b>PICNOMETRO + AGUA + MUESTRA</b>			1511	
<b>PESO ESPECÍFICO</b>			<b>2,174</b>	
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N° 856				

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>PESO ESPECÍFICO</b>				
<b>REALIZADO POR:</b>			<b>UBICACIÓN :</b>	
Miguel Angel Miranda Salazar			Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.	
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b>			<b>MUESTRA 4</b>	
Ing. Javier Palacios			<b>Toma de Muestra a ensayar:</b> 26/07/2016 <b>Hora:</b> 9:30	
			<b>Recoleccion de Datos:</b> 27/07/2016 <b>Hora:</b> 9:30	
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S				
<b>BANDEJA (g)</b>	<b>211</b>		<b>MUESTRA (g)</b>	<b>500</b>
<b>PICNOMETRO VACIO</b>			417	
<b>PICNOMETRO + AGUA</b>			1241	
<b>PICNOMETRO + AGUA + MUESTRA</b>			1516	
<b>PESO ESPECÍFICO</b>			<b>2,222</b>	
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N° 856				

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>PESO ESPECÍFICO</b>				
<b>REALIZADO POR:</b>			<b>UBICACIÓN :</b>	
Miguel Angel Miranda Salazar			Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.	
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b>			<b>MUESTRA 5</b>	
Ing. Javier Palacios			<b>Toma de Muestra a ensayar:</b> 26/07/2016 <b>Hora:</b> 9:30	
			<b>Recoleccion de Datos:</b> 27/07/2016 <b>Hora:</b> 9:30	
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S				
<b>BANDEJA (g)</b>	<b>211</b>		<b>MUESTRA (g)</b>	<b>500</b>
<b>PICNOMETRO VACIO</b>			417	
<b>PICNOMETRO + AGUA</b>			1241	
<b>PICNOMETRO + AGUA + MUESTRA</b>			1515	
<b>PESO ESPECÍFICO</b>			<b>2,212</b>	
ENSAYO REALIZADO CON LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN N° 856				

CUADRO RESUMEN DEL PESO ESPECÍFICO				
MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5
2.294	2.283	2.174	2.222	2.212
	PESO ESPECÍFICO		2.237	

## 7.6 ANEXO 6.- DOSIFICACIONES

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
DOSIFICACIÓN A						
REALIZADO POR:			UBICACIÓN:		Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.	
Miguel Angel Miranda Salazar			DOSIFICACIÓN A ( 5:1 )			
DIRECTOR DEL PROYECTO:			Toma de Muestra a ensayar: 16/08/2016 Hora: 11:30			
Ing. Javier Palacios			Recolección de Datos: 7 - 14 - 28 Dias			
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S						
RECIPIENTES	Masa Rec (g)	Masa Rec + Mn (g)	Masa Rec+Ms (g)	Masa Húmeda (g)	Masa Seca (g)	% Humedad
TARA 1	18.00	69.00	67.30	51	49.30	3.45
TARA 2	18.10	84.50	82.30	66	64.20	3.43
% Humedad Promedio	<b>3.44</b>					
TOTAL AGUA (kg)	<b>63.10</b>					
CODIFICACIÓN	CEMENTO (kg)	TIERRA DE SITIO (kg)	AGUA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)		
YUTE - POLIPROPILENO	50.00	250	66.54	17.195		
CABUYA	50.00	250	66.54	18.794		

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
DOSIFICACION B						
REALIZADO POR:			UBICACIÓN:		Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.	
Miguel Angel Miranda Salazar			DOSIFICACION B ( 5:1.25 )			
DIRECTOR DEL PROYECTO:			Toma de Muestra a ensayar: 16/08/2016 Hora: 14:00			
Ing. Javier Palacios			Recolección de Datos: 7 - 14 - 28 Dias			
T A B U L A C I Ó N D E D A T O S						
RECIPIENTES	Masa Rec (g)	Masa Rec + Mn (g)	Masa Rec+Ms (g)	Masa Húmeda (g)	Masa Seca (g)	% Humedad
TARA 1	18.40	90.90	84.20	73	65.80	10.18
TARA 2	17.60	97.60	89.90	80	72.30	10.65
% Humedad Promedio	<b>10.42</b>					
TOTAL AGUA (kg)	<b>66.15</b>					
CODIFICACIÓN	CEMENTO (kg)	TIERRA DE SITIO (kg)	AGUA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)		
YUTE - POLIPROPILENO	62.50	250	76.57	20.026		
CABUYA	62.50	250	76.57	20.592		



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



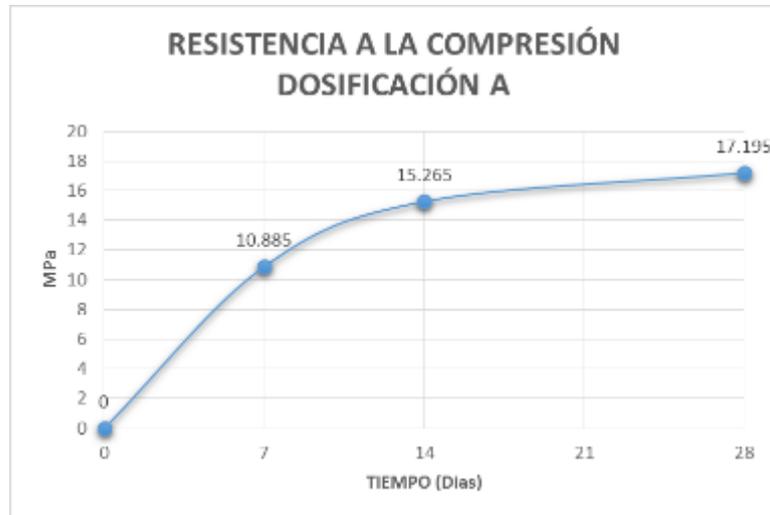
**DOSIFICACION C**

<b>REALIZADO POR:</b>		<b>UBICACIÓN:</b>	Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.			
	Miguel Angel Miranda Salazar		<b>DOSIFICACION C ( 5:0.75 )</b>			
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b>			<b>Toma de Muestra a ensayar:</b> 16/08/2016 <b>Hora:</b> 17:30			
	Ing. Javier Palacios		<b>Recoleccion de Datos:</b> 7 - 14 - 28 Dias			
<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>						
<b>RECIPIENTES</b>	<b>Masa Rec (g)</b>	<b>Masa Rec + Mn (g)</b>	<b>Masa Rec+Ms (g)</b>	<b>Masa Húmeda (g)</b>	<b>Masa Seca (g)</b>	<b>% Humedad</b>
TARA 1	18.10	71.40	62.70	53	44.60	19.51
TARA 2	18.20	81.50	71.00	63	52.80	19.89
<b>% Humedad Prome dio</b>	<b>19.70</b>					
<b>TOTAL AGUA (kg)</b>	<b>45.10</b>					
<b>CODIFICACIÓN</b>	<b>CEMENTO (kg)</b>	<b>TIERRA DE SITIO (kg)</b>	<b>AGUA (kg)</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)</b>		
<b>YUTE-POLIPROPILENO</b>	37.50	250	64.80	15.581		
<b>CABUYA</b>	37.50	250	64.80	18.112		

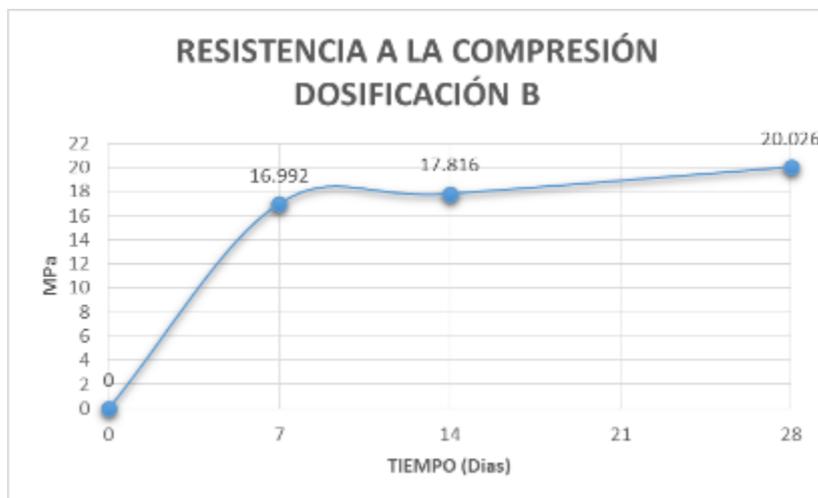
## 7.7 ANEXO 7.- ENSAYO A COMPRESIÓN

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 							
<b>SACOS DE LONA (POLIPROPILENO)</b>							
<b>REALIZADO POR:</b> Miguel Angel Miranda Salazar				<b>UBICACIÓN:</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.			
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b> Ing. Javier Palacios				<b>DOSIFICACIONES A - B - C</b>			
<b>Recoleccion de Datos: 7 - 14 - 28 Dias</b>							
<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>							
N°	CODIFICACIÓN	DIMENSIONES			EDAD (DIAS)	Mpa	KN
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)			
<b>DOSIFICACIÓN A - 5:1</b>							
1	A1	40.00	20.00	12.00	7	10.885	589.613
2	A2	40.00	20.00	12.00	7	10.499	568.711
3	A3	40.00	20.00	12.00	7	11.271	610.514
4	A4	40.00	20.00	12.00	14	14.838	803.766
5	A5	40.00	20.00	12.00	14	15.666	848.594
6	A6	40.00	20.00	12.00	14	15.290	828.218
7	A7	40.00	20.00	12.00	28	17.784	963.320
8	A8	40.00	20.00	12.00	28	16.129	873.688
9	A9	40.00	20.00	12.00	28	17.672	957.237
<b>DOSIFICACIÓN B - 5:1.25</b>							
10	B1	40.00	20.00	12.00	7	16.587	898.497
11	B2	40.00	20.00	12.00	7	17.462	945.859
12	B3	40.00	20.00	12.00	7	16.928	916.955
13	B4	40.00	20.00	12.00	14	17.648	955.951
14	B5	40.00	20.00	12.00	14	17.804	964.394
15	B6	40.00	20.00	12.00	14	17.995	974.766
16	B7	40.00	20.00	12.00	28	19.893	1077.582
17	B8	40.00	20.00	12.00	28	19.296	1045.242
18	B9	40.00	20.00	12.00	28	20.889	1131.528
<b>DOSIFICACIÓN C - 5:0.75</b>							
19	C1	40.00	20.00	12.00	7	13.297	720.258
20	C2	40.00	20.00	12.00	7	14.044	760.725
21	C3	40.00	20.00	12.00	7	13.349	723.047
22	C4	40.00	20.00	12.00	14	14.726	797.689
23	C5	40.00	20.00	12.00	14	14.162	767.138
24	C6	40.00	20.00	12.00	14	14.947	809.630
25	C7	40.00	20.00	12.00	28	15.484	838.729
26	C8	40.00	20.00	12.00	28	15.699	850.384
27	C9	40.00	20.00	12.00	28	15.559	842.805

<b>RESUMEN DOSIFICACIÓN A</b>		
0 Dias	0	0
7 Dias	7	<b>10.885</b>
14 Dias	14	<b>15.265</b>
28 Dias	28	<b>17.195</b>



<b>RESUMEN DOSIFICACIÓN B</b>		
0 Dias	0	0
7 Dias	7	<b>16.992</b>
14 Dias	14	<b>17.816</b>
28 Dias	28	<b>20.026</b>



<b>RESUMEN DOSIFICACIÓN C</b>		
0 Dias	0	0
7 Dias	7	<b>13.563</b>
14 Dias	14	<b>14.612</b>
28 Dias	28	<b>15.581</b>





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



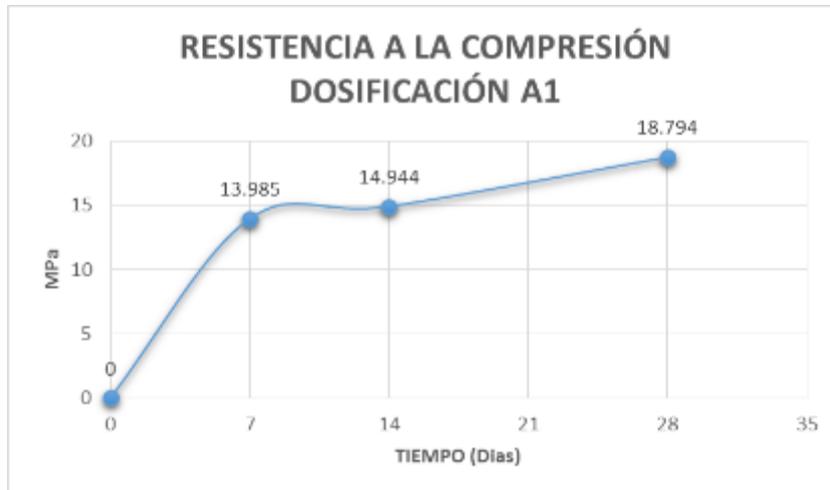
**SACOS DE CABUYA**

<b>REALIZADO POR:</b> Miguel Angel Miranda Salazar	<b>UBICACIÓN :</b> Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach.
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b> Ing. Javier Palacios	<b>DOSIFICACIONES A - B - C</b> <b>Recolección de Datos: 7 - 14 - 28 Días</b>

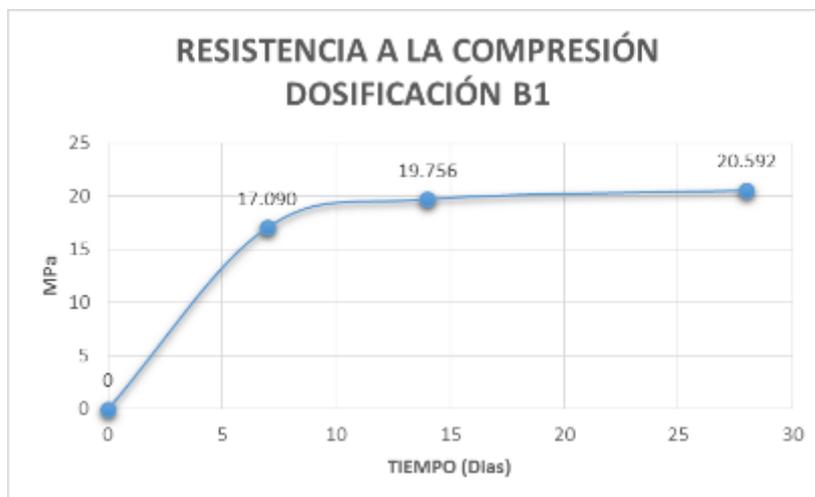
**T A B U L A C I Ó N D E D A T O S**

N°	CODIFICACIÓN	DIMENSIONES			EDAD (DIAS)	Mpa	KN
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)			
<b>DOSIFICACIÓN A - 5:1</b>							
1	A1	40.00	20.00	13.00	7	14.176	767.877
2	A2	40.00	20.00	13.00	7	13.649	739.349
3	A3	40.00	20.00	13.00	7	14.131	765.444
4	A4	40.00	20.00	13.00	14	15.370	832.579
5	A5	40.00	20.00	13.00	14	12.967	702.384
6	A6	40.00	20.00	13.00	14	16.496	893.566
7	A7	40.00	20.00	13.00	28	18.875	1022.418
8	A8	40.00	20.00	13.00	28	18.847	1020.917
9	A9	40.00	20.00	13.00	28	18.661	1010.828
<b>DOSIFICACIÓN B - 5:1.25</b>							
10	B1	40.00	20.00	13.00	7	17.096	926.043
11	B2	40.00	20.00	13.00	7	16.899	915.382
12	B3	40.00	20.00	13.00	7	17.275	935.773
13	B4	40.00	20.00	13.00	14	19.959	1081.16
14	B5	40.00	20.00	13.00	14	19.825	1073.861
15	B6	40.00	20.00	13.00	14	19.485	1055.473
16	B7	40.00	20.00	13.00	28	20.083	1087.814
17	B8	40.00	20.00	13.00	28	20.340	1101.766
18	B9	40.00	20.00	13.00	28	21.352	1156.572
<b>DOSIFICACIÓN C - 5:0.75</b>							
19	C1	40.00	20.00	13.00	7	13.086	708.818
20	C2	40.00	20.00	13.00	7	12.130	657.056
21	C3	40.00	20.00	13.00	7	13.652	739.352
22	C4	40.00	20.00	13.00	14	15.972	865.182
23	C5	40.00	20.00	13.00	14	15.778	854.672
24	C6	40.00	20.00	13.00	14	15.840	858.032
25	C7	40.00	20.00	13.00	28	18.352	994.087
26	C8	40.00	20.00	13.00	28	18.479	1000.955
27	C9	40.00	20.00	13.00	28	17.505	948.225

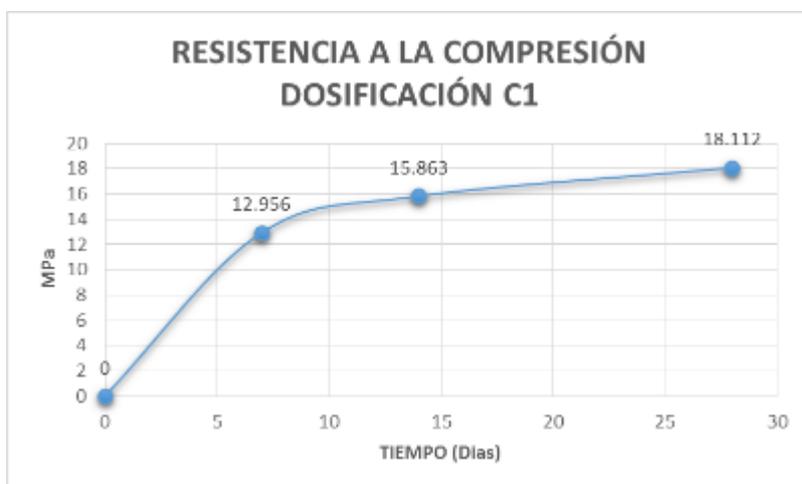
<b>RESUMEN DOSIFICACION A</b>		
0 Dias	0	0
7 Dias	7	<b>13.985</b>
14 Dias	14	<b>14.944</b>
28 Dias	28	<b>18.794</b>



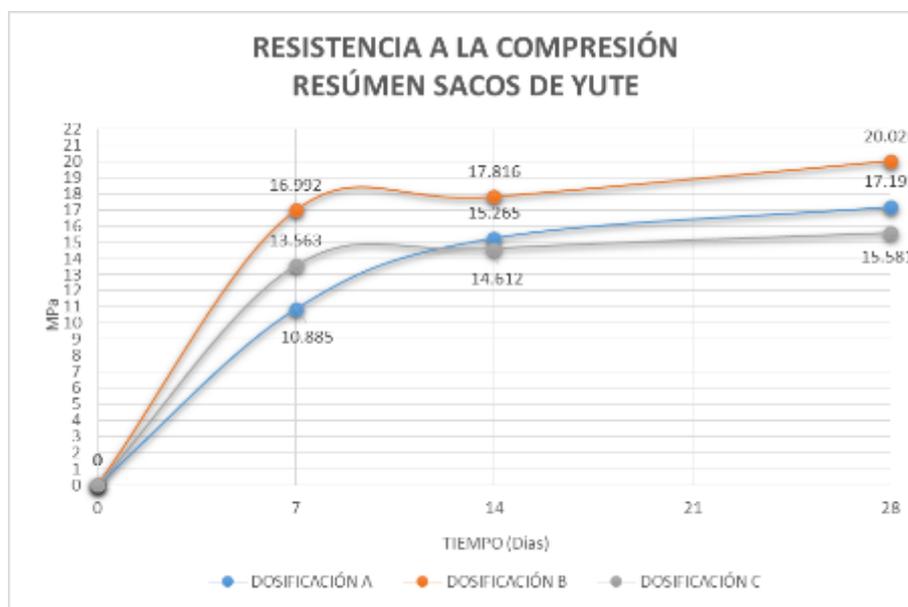
<b>RESUMEN DOSIFICACIÓN B</b>		
0 Dias	0	0
7 Dias	7	<b>17.090</b>
14 Dias	14	<b>19.756</b>
28 Dias	28	<b>20.592</b>



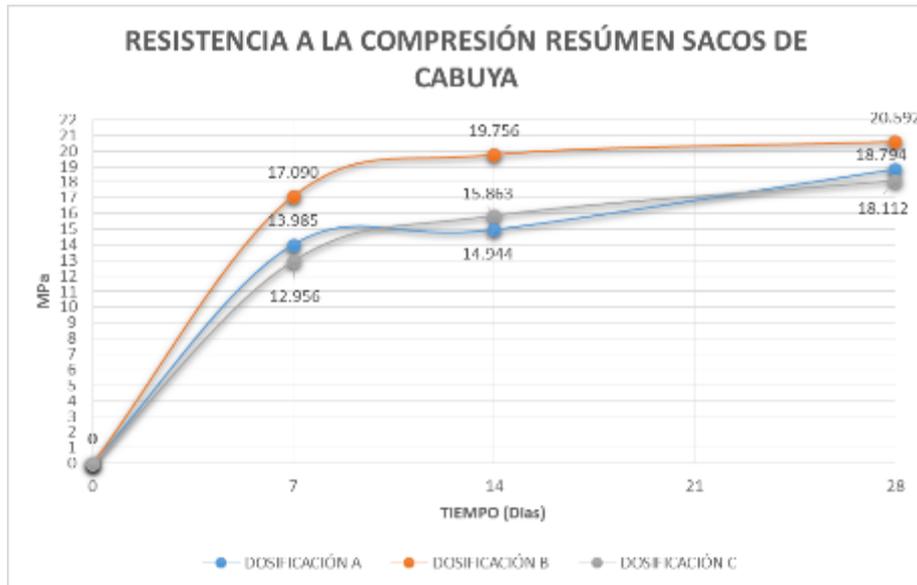
<b>RESUMEN DOSIFICACIÓN C</b>		
0 Días	0	0
7 Días	7	<b>12.956</b>
14 Días	14	<b>15.863</b>
28 Días	28	<b>18.112</b>



<b>CUADRO RESUMEN DE ENSAYO A LA COMPRESIÓN SACOS DE YUTE</b>			
DÍAS	DOSIFICACIÓN A (MPa)	DOSIFICACIÓN B (MPa)	DOSIFICACIÓN C (MPa)
0	0.0	0.0	0.0
7	10.885	16.992	13.563
14	15.265	17.816	14.612
28	17.195	20.026	15.581



<b>CUADRO RESUMEN DE ENSAYO A LA COMPRESIÓN SACOS DE CABUYA</b>			
<b>DÍAS</b>	<b>DOSIFICACIÓN A (MPa)</b>	<b>DOSIFICACIÓN B (MPa)</b>	<b>DOSIFICACIÓN C (MPa)</b>
0	0.0	0.0	0.0
7	13.985	17.090	12.956
14	14.944	19.756	15.863
28	18.794	20.592	18.112



## 7.8 ANEXO 8.- COMPRESIÓN DE LADRILLOS

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 							
<b>LADRILLOS DEL CANTÓN CHAMBO</b>							
<b>REALIZADO POR:</b> Miguel Angel Miranda Salazar				<b>UBICACIÓN :</b> Provincia de Chimborazo, Canton Chambo, sector via al Rosario			
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b> Ing. Javier Palacios				<b>COMPRESIÓN DE LADRILLOS</b> Recolección de Datos: 27/09/2016			
<b>T A B U L A C I Ó N D E D A T O S</b>							
Nº	CODIFICACIÓN	DIMENSIONES			EDAD (DIAS)	Mpa	KN
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)			
1	A1	271.00	100.00	85.00	26	4.485	242.946
2	A2	270.00	100.00	90.00	26	4.420	239.615
3	A3	265.00	105.00	90.00	26	4.604	249.368
4	A4	265.00	100.00	90.00	26	4.579	248.020
5	A5	270.00	100.00	90.00	26	4.603	249.312
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>						<b>4.538</b>	
1	B1	280.00	140.00	80.00	26	2.714	146.997
2	B2	280.00	145.00	80.00	26	2.880	155.999
3	B3	280.00	140.00	85.00	26	4.534	245.624
4	B4	280.00	140.00	85.00	26	4.594	248.872
5	B5	280.00	140.00	80.00	26	4.554	246.690
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>						<b>3.855</b>	

## 7.9 ANEXO 9.- ANÁLISIS COMPARATIVO

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 				
<b>ANÁLISIS COMPARATIVO</b>				
<b>REALIZADO POR:</b>			<b>UBICACIÓN :</b>	Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba
Miguel Angel Miranda Salazar				
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO:</b>			<b>SUPERADOBE vs. LADRILLOS</b>	
Ing. Javier Palacios			<b>Recoleccion de Datos: 27/09/2016</b>	
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>				
<b>SUPERADOBE SACOS DE YUTE</b>			<b>LADRILLOS TIPO C</b>	
DOSIFICACIÓN A (MPa)	DOSIFICACIÓN B (MPa)	DOSIFICACIÓN C (MPa)	LADRILLO 270x100x90 (MPa)	LADRILLO 280x140x80 (MPa)
17.195	20.026	15.581	4.538	3.855
<b>SUPERADOBE SACOS DE CABUYA</b>			<b>LADRILLOS TIPO C</b>	
DOSIFICACIÓN A (MPa)	DOSIFICACIÓN B (MPa)	DOSIFICACIÓN C (MPa)	LADRILLO 270x100x90 (MPa)	LADRILLO 280x140x80 (MPa)
18.794	20.592	18.112	4.538	3.855

## 7.10 ANEXO 10.- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

### 7.10.1 NORMA INEN 696

CDU: 691.322 :620.173.2  
ICS: 91.100.15



CIU: 2901  
CO 02.03-301

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.	NTE INEN 696:2011 Primera revisión 2011-05
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p><b>1.1</b> Esta norma establece el método de ensayo para determinar la distribución granulométrica de las partículas de áridos, fino y grueso, por tamizado.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p><b>2.1</b> Este método de ensayo se utiliza principalmente para determinar la graduación de materiales con el propósito de utilizarlos como áridos para hormigón o utilizarlos como áridos para otros propósitos. Los resultados se utilizan para determinar el cumplimiento de la distribución granulométrica de las partículas con los requisitos de las especificaciones aplicables y proporcionar la información necesaria para el control de la producción de diversos productos de áridos y mezclas que contengan áridos. La información también puede ser útil en el desarrollo de relaciones para estimar la porosidad y el arreglo de las partículas.</p> <p><b>2.2</b> En esta norma se incluyen instrucciones para el análisis granulométrico de áridos que contienen mezclas de fracciones finas y gruesas.</p> <p><b>2.3</b> Mediante el uso de este método de ensayo, no se puede lograr una determinación precisa del material más fino que el tamiz de 75 <math>\mu\text{m}</math> (No. 200). Para el tamizado del material más fino que el tamiz de 75 <math>\mu\text{m}</math> mediante lavado, se debe emplear la NTE INEN 697.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p><b>3.1</b> Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 694.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p><b>4.1</b> Algunas especificaciones para áridos las cuales hacen referencia a este método de ensayo contienen requisitos para graduación de las fracciones gruesa y fina. En esta norma se incluyen las instrucciones para los análisis granulométricos de tales áridos.</p> <p><b>4.2</b> Para los métodos de muestreo y ensayo de los áridos de alta densidad, se debe referir a la norma ASTM C 637.</p> <p><b>4.3</b> Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.</p> <p style="text-align: center;"><b>5. MÉTODO DE ENSAYO</b></p> <p><b>5.1 Resumen.</b> Las partículas componentes de una muestra en condiciones secas y de masa conocida son separadas por tamaño a través de una serie de tamices de aberturas ordenadas en forma descendente. Las masas de las partículas mayores a las aberturas de la serie de tamices utilizados, expresado en porcentaje de la masa total, permite determinar la distribución del tamaño de partículas.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales y cerámicos, áridos grueso y fino, ensayo, granulometría.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

## 5.2 Equipos

**5.2.1 Balanzas.** Las balanzas utilizadas en el ensayo del árido fino y grueso deben tener una legibilidad y exactitud como la que se indica a continuación:

**5.2.1.1** Para árido fino, debe ser legible hasta 0,1 g y tener una precisión de 0,1 g o del 0,1% de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto, dentro del rango de uso.

**5.2.1.2** Para árido grueso o mezclas de áridos fino y grueso, debe ser legible y tener una precisión de 0,5 g o 0,1% de la carga de ensayo, el que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso.

**5.2.2 Tamices.** La tela del tamiz debe ser montada sobre marcos cuya construcción evite pérdidas de material durante el tamizado. La tela y los marcos del tamiz normalizado deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 154. Los marcos de tamiz no normalizados deben cumplir con los requisitos de la NTE INEN 154 que sean aplicables (ver nota 1).

**5.2.3 Agitador de tamices mecánico.** Un dispositivo de tamizado mecánico, si se utiliza, debe crear un movimiento en los tamices que produzca que las partículas reboten y caigan, u otro tipo de movimiento que presente diferente orientación a la superficie de tamizado. La acción de tamizado debe ser tal que se cumpla el criterio para un tamizado adecuado, descrito en el numeral 5.4.4, en un período de tiempo razonable (ver nota 2).

**5.2.4 Horno.** Un horno de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.

## 5.3 Muestreo

**5.3.1** Muestrear el árido de conformidad con NTE INEN 695. El tamaño de la muestra de campo debe ser la cantidad indicada en la NTE INEN 695 o cuatro veces la cantidad requerida en los numerales 5.3.4 y 5.3.5 (excepto como se ha modificado en el numeral 5.3.6), el que sea mayor.

**5.3.2** Mezclar completamente la muestra y reducirla a una cantidad adecuada para el ensayo, utilizando los procedimientos descritos en la norma ASTM C 702. La muestra para el ensayo debe ser, aproximadamente, la cantidad deseada en seco y se la debe obtener como resultado final de la reducción. No se permite una reducción a una cantidad exacta predeterminada (ver nota 3).

**5.3.3 Árido fino.** El tamaño de la muestra para el ensayo, luego de secarla, debe ser como mínimo 300 gramos.

**5.3.4 Árido grueso.** El tamaño de la muestra para el ensayo de árido grueso debe cumplir con lo señalado en la tabla 1.

NOTA 1. Para ensayos de árido grueso se recomienda utilizar tamices montados en marcos más grandes que el normalizado de 203,2 mm de diámetro, para reducir la posibilidad de sobrecargar los tamices. Ver el numeral 5.4.3.

NOTA 2. Se recomienda el uso de un agitador de tamices mecánico cuando el tamaño de la muestra es de 20 kg o más, aunque puede ser utilizado para muestras más pequeñas, incluyendo árido fino. Un tiempo excesivo (mayor a 10 minutos aproximadamente) puede resultar en la degradación de la muestra. El mismo agitador de tamices mecánico puede no resultar práctico para todos los tamaños de muestras, ya que se necesita un área de tamizado mayor para el tamizado efectivo de un árido grueso de mayor tamaño nominal y muy probable puede ocasionar la pérdida de una porción de la muestra si se lo utiliza con una muestra pequeña de árido grueso o árido fino.

NOTA 3. En caso de que el análisis granulométrico, incluyendo la determinación del material más fino que el tamiz de 75 µm, sea el único ensayo a realizarse, se puede reducir en el campo el tamaño de la muestra para evitar el envío de cantidades excesivas de material adicional al laboratorio.

(Continúa)

**TABLA 1. Tamaño de la muestra para ensayo del árido grueso**

Tamaño nominal máximo, Aberturas cuadradas, en mm (pulgadas).	Tamaño de la muestra del ensayo Mínimo (kg)
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

**5.3.5 Mezclas de áridos grueso y fino.** El tamaño de la muestra para el ensayo de las mezclas de árido grueso y fino, debe ser el mismo que para el árido grueso indicado en el numeral 5.3.4.

**5.3.6 Muestreo del árido grueso de gran tamaño.** El tamaño de la muestra requerida para árido con un tamaño nominal máximo de 50 mm o mayor, debe ser tal que se evite la reducción de la muestra y se ensaye como una unidad, excepto si se utilizan grandes separadores mecánicos y agitadores de tamices. Como una opción, cuando dicho equipo no está disponible, en lugar de combinar y mezclar incrementos de la muestra y luego reducir la muestra de campo al tamaño de ensayo, realizar el tamizado en un número de porciones de muestra aproximadamente iguales tal que la masa total ensayada cumpla con los requisitos del numeral 5.3.4.

**5.3.7** En el caso de que se determine la cantidad de material más fino que el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) mediante el método de ensayo de la NTE INEN 697, proceder de la siguiente manera:

**5.3.7.1** Para áridos con un tamaño nominal máximo de 12,5 mm o menor, utilizar la misma muestra para los ensayos que se realizan con esta norma y con la NTE INEN 697. Primero ensayar la muestra de conformidad con la NTE INEN 697, luego realizar la operación de secado final y tamizar la muestra seca de acuerdo a lo estipulado en los numerales 5.4.2 al 5.4.7 de esta norma.

**5.3.7.2** Para áridos con un tamaño nominal máximo superior a 12,5 mm, utilizar una única muestra de ensayo, según lo descrito en el numeral 5.3.7.1 u opcionalmente utilizar muestras separadas para los ensayos según la NTE INEN 697 y esta norma.

**5.3.7.3** Cuando las especificaciones requieran la determinación de la cantidad total del material más fino que el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  por lavado y por tamizado en seco, proceder según lo descrito en el numeral 5.3.7.1.

#### **5.4 Procedimiento**

**5.4.1** Secar la muestra hasta masa constante a una temperatura de 110  $^{\circ}\text{C} \pm 5$   $^{\circ}\text{C}$  (ver nota 4).

**5.4.2** Seleccionar los tamices necesarios y adecuados que cubran los tamaños de las partículas del material a ensayarse, con el propósito de obtener la información requerida en las especificaciones. Utilizar tantos tamices adicionales como se desee o como sean necesarios para proporcionar información adicional, tal como el módulo de finura o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Ordenar los tamices en forma decreciente según el tamaño de su abertura, de arriba a abajo y colocar la muestra en el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de aparatos mecánicos durante un período suficiente, ya sea establecido por el ensayo o también controlado por medio de la masa de la muestra de ensayo, de tal forma que cumpla con el criterio de conformidad o de tamizado descritos en el numeral 5.4.4.

**NOTA 4.** Para propósitos de control, especialmente cuando se desean resultados rápidos, no es necesario secar el árido grueso para el ensayo del análisis granulométrico. Los resultados son poco afectados por el contenido de humedad a menos que: (1) el tamaño nominal máximo sea menor que 12,5 mm; (2) el árido grueso contenga apreciable cantidad de material más fino que el tamiz de 4,75 mm (No. 4); o (3) el árido grueso tenga una absorción muy alta (por ejemplo, un árido de densidad baja). Además, se pueden secar las muestras a altas temperaturas mediante el uso de planchas calientes, sin afectar los resultados, siempre que el vapor se escape sin generar presión suficiente para fracturar la partículas y las temperaturas no sean tan altas como para causar una descomposición química del árido.

**5.4.3** Limitar la cantidad de material sobre un determinado tamiz de manera que todas las partículas tengan oportunidad de llegar a las aberturas del tamiz algunas veces durante la operación de tamizado. Para tamices con aberturas más pequeñas que 4,75 mm (No. 4), la cantidad que se retiene sobre cualquier tamiz al finalizar la operación de tamizado no debe exceder 7 kg/m<sup>2</sup> en la superficie de tamizado (ver nota 5). Para tamices con aberturas de 4,75 mm (No. 4) y más grandes, la cantidad retenida en kg no debe exceder del producto de 2,5 X (la abertura del tamiz, en mm y X (el área efectiva de tamizado, en m<sup>2</sup>)). Esta cantidad se muestra en la tabla 2, para cinco diferentes dimensiones del marco de tamiz entre circulares, cuadrados y rectangulares, los que son de mayor uso. En ningún caso la cantidad retenida debe ser tan grande como para causar una deformación permanente de la tela de tamiz.

**TABLA 2. Máxima cantidad permitida de material retenido sobre un tamiz, en kg.**

Tamaño de abertura del tamiz (mm)	Tamiz de dimensiones nominales				
	Ø = 203,2 mm <sup>A</sup>	Ø = 254 mm <sup>A</sup>	Ø = 304,8 mm <sup>A</sup>	350 X 350 mm	372 X 580 mm
	Área de tamizado, (m <sup>2</sup> )				
	0,0285	0,0457	0,0670	0,1225	0,2158
125	B	B	B	B	67,4
100	B	B	B	30,6	53,9
90	B	B	15,1	27,6	48,5
75	B	8,6	12,6	23,0	40,5
63	B	7,2	10,6	19,3	34,0
50	3,6	5,7	8,4	15,3	27,0
37,5	2,7	4,3	6,3	11,5	20,2
25,0	1,8	2,9	4,2	7,7	13,5
19,0	1,4	2,2	3,2	5,8	10,5
12,5	0,89	1,4	2,1	3,8	6,7
9,5	0,67	1,1	1,6	2,9	5,1
4,75	0,33	0,54	0,80	1,5	2,6

<sup>A</sup> El área para los tamices de marcos redondos se basa en un diámetro efectivo de 12,7 mm, menor que el diámetro nominal del marco, porque la NTE INEN 154 permite que el sello entre la tela del tamiz y el marco se extienda a 6,35 mm sobre la tela del tamiz. Así el diámetro efectivo de tamizado para un tamiz con un marco de diámetro de 203,2 mm es de 190,5 mm. En tamices elaborados por algunos fabricantes el sello no se extiende en la tela del tamiz los 6,35 mm completos.

<sup>B</sup> Los tamices indicados tienen menos de cinco aberturas completas y no deben ser utilizados para el ensayo de tamizado, excepto por lo indicado en el numeral 5.4.6.

**5.4.3.1** Evitar una sobrecarga de material sobre un tamiz individual, mediante alguno de los siguientes métodos:

- Insertar un tamiz adicional con un tamaño intermedio de abertura entre el tamiz que puede estar sobrecargado y el tamiz inmediatamente superior al tamiz en el conjunto original de tamices.
- Dividir la muestra en dos o más porciones, tamizando cada porción individualmente. Combinar las masas de las varias porciones retenidas sobre un tamiz específico antes de calcular el porcentaje de la muestra en el tamiz.
- Utilizar tamices con un tamaño de marco más grande y que proporcione un área mayor de tamizado.

NOTA 5. Los 7 kg/m<sup>2</sup> equivalen a 200 g en un tamiz habitual de 203,2 mm de diámetro (con un diámetro de la superficie efectiva de tamizado de 190,5 mm).

(Continúa)

**5.4.4** Continuar tamizando por un período suficiente de forma tal que, después de la finalización, no más del 1% en masa del material retenido en cualquier tamiz individual pase el tamiz durante 1 min de tamizado manual continuo realizado de la siguiente manera: sostener el tamiz individual, provisto con una bandeja inferior y una tapa, en una posición ligeramente inclinada en una mano. Golpear un lado del tamiz fuertemente y con un movimiento hacia arriba contra la base de la otra mano, a razón de aproximadamente 150 veces por minuto, girar el tamiz, aproximadamente una sexta parte de una revolución, en intervalos de alrededor de 25 golpes. En la determinación de la efectividad del tamizado para tamaños mayores que el tamiz de 4,75 mm (No. 4), limitar el material sobre el tamiz a una sola capa de partículas. Si el tamaño de los tamices de ensayo montados hace que el movimiento descrito de tamizado no sea práctico, utilizar tamices con diámetro de 203 mm para verificar la efectividad del tamizado.

**5.4.5** Evitar la sobrecarga de los tamices individuales según el numeral 5.4.3.1 para el caso de mezclas de áridos grueso y fino.

**5.4.5.1** Opcionalmente, reducir la porción más fina que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) utilizando un reductor mecánico de acuerdo con la norma ASTM C 702. Si se sigue este procedimiento, calcular la masa de cada fracción de tamaño de la muestra original de la siguiente manera:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B \quad (1)$$

Donde:

A = masa corregida en base a la muestra total,

$W_1$  = masa de la fracción más fina que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) en la masa total,

$W_2$  = masa reducida del material más fino que el tamiz de 4,75 mm (No. 4) actualmente tamizado, y

B = masa de la fracción en cada porción reducida tamizada.

**5.4.6** A menos que se utilice un agitador de tamices mecánico, tamizar a mano las partículas mayores de 75 mm mediante la determinación de la abertura más pequeña de tamiz por la cual puede pasar cada partícula. Iniciar el ensayo con el tamiz más pequeño a ser utilizado. Girar las partículas, si es necesario, a fin de determinar si van a pasar a través de una abertura particular, sin embargo, no se debe forzar a las partículas para pasar a través de una abertura.

**5.4.7** Determinar las masas de cada incremento de tamaño en una balanza que cumpla con los requisitos especificados en el numeral 5.2.1, con una precisión de 0,1% de la masa total de la muestra seca original. La masa total del material después del tamizado debe ser similar a la masa original de la muestra colocada sobre los tamices. Si las cantidades difieren en más del 0,3%, respecto a la masa de la muestra seca original, los resultados no deben ser utilizados con fines de aceptación.

**5.4.8** Si se ha ensayado previamente la muestra por el método de ensayo de la NTE INEN 697, agregar la masa más fina que el tamiz de 75  $\mu$ m (No. 200) determinado por ese método de ensayo, a la masa que pasa por el tamiz de 75  $\mu$ m (No. 200) en el tamizado en seco de la misma muestra por este método de ensayo.

## 5.5 Cálculos

**5.5.1** Calcular los porcentajes pasantes, los porcentajes retenidos totales o porcentajes en fracciones de varios tamaños con una aproximación de 0,1% sobre la base de la masa total de la muestra seca inicial. Si la misma muestra de ensayo fue ensayada previamente por el método de ensayo de la NTE INEN 697, incluir en el cálculo del análisis por tamizado, la masa del material más fino que el tamiz de 75  $\mu$ m (No. 200) determinada por lavado, utilizando la masa seca total de la muestra antes del lavado como base para el cálculo de todos los porcentajes.

**5.5.1.1** Cuando los incrementos de la muestra sean ensayados según lo dispuesto en el numeral 5.3.6, sumar las masas de la porción de los incrementos retenidas en cada tamiz y utilizar estas masas para calcular los porcentajes según el numeral 5.5.1.

(Continúa)

**5.5.2** Cuando se lo requiera, calcular el módulo de finura mediante la sumatoria de los porcentajes totales de material que es más grueso que cada uno de los siguientes tamices (porcentajes retenidos acumulados) y dividiendo la suma para 100: 150  $\mu\text{m}$  (No. 100), 300  $\mu\text{m}$  (No. 50), 600  $\mu\text{m}$  (No. 30), 1,18 mm (No. 16), 2,36 mm (No. 8), 4,75 mm (No. 4), 9,5 mm, 19,0 mm, 37,5 mm y mayores, incrementando en la relación de 2 a 1.

**5.6 Informe de resultados.** Dependiendo de la forma de las especificaciones para el uso del material sometido a ensayo, se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- a) Fecha de muestreo y ensayo,
- b) Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- c) Identificación de la muestra de árido,
- d) Porcentaje total del material pasante de cada tamiz, o
- e) Porcentaje total del material retenido sobre cada tamiz, o
- f) Porcentaje del material retenido entre tamices consecutivos,
- g) Informar los porcentajes con una aproximación al número entero más próximo, excepto si el porcentaje que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) es inferior al 10%, este debe ser informado con una precisión de 0,1%,
- h) El módulo de finura, cuando se lo requiera, con una precisión de 0,01,
- i) Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra y cualquier desviación de alguno de los enunciados de esta muestra.

### 5.7 Precisión y desviación

**5.7.1 Precisión.** La estimación de la precisión de este método de ensayo se muestran en la tabla 3. Las estimaciones se basan en los resultados del AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program, con ensayos realizados con el método de ensayo de las normas ASTM C 136 y AASHTO No. T 27. Los datos se basan en el análisis de los resultados de los ensayos de 65 a 233 laboratorios que ensayaron 18 pares de muestras de ensayos de árido grueso para comparación y resultados de ensayos de 74 a 222 laboratorios que ensayaron 17 pares de muestras de ensayos de árido fino para comparación (muestras No. 21 a 90). Los valores de la tabla se refieren a diferentes rangos de porcentaje total de áridos que pasa por un tamiz.

**5.7.1.1** Los valores de precisión para el árido fino indicados en la tabla 3 se basan en muestras de ensayo nominales de 500 g. La revisión de este método de ensayo en 1994, permitió que el tamaño de la muestra de ensayo del árido fino sea de 300 g como mínimo. El análisis de los resultados de los ensayos en muestras de ensayo de 300 g y 500 g de las muestras de árido para comparación 99 y 100 (las muestras 99 y 100 eran esencialmente idénticas) produjo los valores de precisión que se muestran en la tabla 4, que indica solo las menores diferencias debido al tamaño de la muestra de ensayo (ver nota 6).

**5.7.2 Desviación.** Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación.

NOTA 6. Los valores para el árido fino indicados en la tabla 3 serán revisados para reflejar el tamaño de la muestra de 300 g cuando un número suficiente de ensayos de competencia en áridos sean realizados utilizando ese tamaño de la muestra para proporcionar datos confiables.

(Continúa)

TABLA 3. Precisión

	Porcentaje total de material pasante	Desviación estándar (1s), % <sup>A</sup>	Rango aceptable de dos resultados (d2s), % <sup>A</sup>
Árido grueso. <sup>B</sup> Precisión para un solo operador	< 100 ≥ 95	0,32	0,9
	< 95 ≥ 85	0,81	2,3
	< 85 ≥ 80	1,34	3,8
	< 80 ≥ 60	2,25	6,4
	< 60 ≥ 20	1,32	3,7
	< 20 ≥ 15	0,96	2,7
	< 15 ≥ 10	1,00	2,8
	< 10 ≥ 5	0,75	2,1
	< 5 ≥ 2	0,53	1,5
	< 2 > 0	0,27	0,8
Precisión multilaboratorio	< 100 ≥ 95	0,35	1,0
	< 95 ≥ 85	1,37	3,9
	< 85 ≥ 80	1,92	5,4
	< 80 ≥ 60	2,82	8,0
	< 60 ≥ 20	1,97	5,6
	< 20 ≥ 15	1,60	4,5
	< 15 ≥ 10	1,48	4,2
	< 10 ≥ 5	1,22	3,4
	< 5 ≥ 2	1,04	3,0
	< 2 > 0	0,45	1,3
Árido fino: Precisión para un solo operador	< 100 ≥ 95	0,26	0,7
	< 95 ≥ 60	0,55	1,6
	< 60 ≥ 20	0,83	2,4
	< 20 ≥ 15	0,54	1,5
	< 15 ≥ 10	0,36	1,0
	< 10 ≥ 2	0,37	1,1
	< 2 > 0	0,14	0,4
Precisión multilaboratorio	< 100 ≥ 95	0,23	0,6
	< 95 ≥ 60	0,77	2,2
	< 60 ≥ 20	1,41	4,0
	< 20 ≥ 15	1,10	3,1
	< 15 ≥ 10	0,73	2,1
	< 10 ≥ 2	0,65	1,8
	< 2 > 0	0,31	0,9

<sup>A</sup> Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, descritos en la norma ASTM C 670.  
<sup>B</sup> La precisión estimada basada en áridos con un tamaño máximo nominal de 19,0 mm .

(Continúa)

**TABLA 4. Datos de precisión para muestras de ensayo de 300 gramos y 500 gramos**

Resultado del ensayo	Tamaño de la muestra (g)	Números de laborat.	Promedio	Dentro del laboratorio		Entre laboratorios	
				1s	d2s	1s	d2s
Muestra para comparación de árido fino							
Norma ASTM C 136 / AASHTO No. T 27							
Total de material pasante por el tamiz No. 4 (%)	500	285	99,992	0,027	0,066	0,037	0,104
	300	276	99,990	0,021	0,060	0,042	0,117
Total de material pasante por el tamiz No. 8 (%)	500	281	84,10	0,43	1,21	0,63	1,76
	300	274	84,32	0,39	1,09	0,69	1,92
Total de material pasante por el tamiz No. 16 (%)	500	286	70,11	0,53	1,49	0,75	2,10
	300	272	70,00	0,62	1,74	0,76	2,12
Total de material pasante por el tamiz No. 30 (%)	500	287	48,54	0,75	2,10	1,33	3,73
	300	276	48,44	0,87	2,44	1,36	3,79
Total de material pasante por el tamiz No. 50 (%)	500	286	13,52	0,42	1,17	0,98	2,73
	300	275	13,51	0,45	1,25	0,99	2,76
Total de material pasante por el tamiz No. 100 (%)	500	287	2,55	0,15	0,42	0,37	1,03
	300	270	2,52	0,18	0,52	0,32	0,89
Total de material pasante por el tamiz No. 200 (%)	500	278	1,32	0,11	0,32	0,31	0,85
	300	266	1,30	0,14	0,39	0,31	0,85

(Continúa)

**APÉNDICE Z****Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 154	<i>Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigones y áridos para elaborar hormigón. Terminología</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos para hormigón. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 697	<i>Áridos para hormigón. Determinación de los materiales más finos que 75 µm.</i>
Norma ASTM C 136	<i>Método de ensayo para el análisis por tamizado de áridos finos y gruesos</i>
Norma ASTM C 637	<i>Especificaciones para áridos para hormigón para protección de la radiación.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica Para la Preparación de Informes de Precisión y Desviación para Métodos de Ensayo para Materiales de Construcción</i>
Norma ASTM C 702	<i>Práctica para reducción de muestras de árido hasta el tamaño de ensayo.</i>
Norma AASHTO No. T 27	<i>Análisis por tamizado de áridos finos y gruesos</i>

**Z.2 BASE DE ESTUDIO**

ASTM C 136 – 06. *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2006.

## 7.10.2 NORMA INEN 691

CDU: 624.131.43:539.214



CO 09.02-309

Norma Técnica Ecuatoriana	MECANICA DE SUELOS DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO METODO DE CASA GRANDE	INEN 691 1982-05
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece el método para determinar el límite líquido de un suelo secado al horno a 60°C, secado al aire o en estado natural.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Este ensayo debe hacerse únicamente con la fracción de suelo que pasa el tamiz de 425 <math>\mu\text{m}</math> (No. 40).</p> <p>2.2 Mediante este ensayo se determina también el índice de flujo de los suelos en función de la curva de flujo (ver 9.4 y 9.4.1).</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p>3.1 En la Norma INEN 685 se establecen las definiciones de los términos y símbolos empleados en este documento.</p> <p>3.2 En la Norma INEN 690 se establece la determinación del contenido de agua por el método del secado al horno.</p> <p>3.3 En la Norma INEN 688 se establecen los métodos para preparar muestras de suelo alterado para ensayos.</p> <p>3.4 La temperatura del laboratorio debe mantenerse a <math>23 \pm 3^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p>3.5 La humedad relativa en el laboratorio no debe ser menor del 50% y, en la cámara húmeda, no menor del 90%.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. RESUMEN</b></p> <p>4.1 Este método de ensayo consiste en determinar el contenido de agua de un suelo, en el límite entre su comportamiento líquido y plástico, valiéndose de un dispositivo mecánico (Copa de Casagrande) en el que, con un determinado número de golpes, se establece la fluencia del suelo en condiciones normalizadas.</p> <p style="text-align: center;"><b>5. EQUIPO</b></p> <p>5.1 <b>Dispositivo mecánico (Copa de Casagrande).</b> Consiste en una copa de bronce o de acero resistente a la corrosión, acoplada a un dispositivo construido de la forma y de acuerdo con las dimensiones que se indican en la Figura A.1 del Anexo A, cuya base debe ser de caucho vulcanizado o de madera dura.</p>		

**5.2 Acanaladores.** Deben ser de bronce o acero resistente a la corrosión, calibrados de acuerdo a las dimensiones indicadas en las figuras del Anexo B. (Nota 1).

**5.3 Plato o fuente de mezclado.** Recipiente de tamaño adecuado, apto para el mezclado de la muestra de suelo.

**5.4 Espátulas.** Deben ser de acero inoxidable, de tamaños adecuados, apropiados para el mezclado y el cortado de la muestra de suelo.

**5.5 Disco de evaporación.** Pueden utilizarse vidrios de reloj de tamaño adecuado o, en su defecto, una tela impermeable (opcional).

**5.6 Equipo para determinar el contenido de agua.** Como el descrito en la Norma INEN 690.

**5.7 Botella de lavado,** fabricada preferentemente de plástico, o un vaso de precipitación que contenga agua destilada.

**5.8 Recipientes herméticos.** Deben ser de un material resistente a la corrosión y capaces de contener alrededor de 200 a 250 g de suelo húmedo.

**5.9 Calibrador.** Puede ser metálico o de un material resistente a la corrosión.

## 6. CALIBRACION DEL EQUIPO

**6.1** Debe inspeccionarse el dispositivo mecánico a fin de determinar que se encuentre limpio, seco y en buenas condiciones de trabajo, de tal manera que la copa descienda libremente y no tenga excesivo juego lateral en su articulación.

**6.1.1** La altura de caída de la copa del dispositivo mecánico debe ajustarse de tal forma que, cuando la copa está localizada a su máxima altura, el calibrador de 10 mm pase justamente entre ésta y la base; para esto se utiliza el calibrador de 10 mm que tiene el mango del acanalador Tipo B (ver Fig. B.2 del Anexo B) o un calibrador de altura (10 mm), como se indica en la Fig. B.1 del Anexo B. (Nota 2).

**6.2** Debe inspeccionarse el acanalador para determinar que se encuentre limpio, seco y que sus dimensiones críticas sean las que se indican en la Fig. B.2 del Anexo B; no debe usarse un acanalador cuya punta haya alcanzado un ancho de 2,5 mm a causa del desgaste.

NOTA 1. El valor del límite líquido obtenido con este ensayo está directamente relacionado con la anchura y la profundidad del canal de la muestra de suelo en la copa, por lo cual las dimensiones críticas del acanalador deben revisarse frecuentemente.

NOTA 2. Esto se consigue colocando el calibrador debajo de la copa, la cual se alza por medio del tornillo  $T_1$  (Fig. A.1 del Anexo A), exactamente en el punto en que la copa se pone en contacto con la base del dispositivo mecánico y asegurando la placa de ajuste (P.A) mediante los tornillos  $T_2$ ; luego, con el calibrador todavía en esta posición, se revisa esta altura, girando rápidamente el manubrio varias veces; si el ajuste es correcto, se escuchará un leve retintín; en caso contrario, deben hacerse -posteriores ajustes.

## 7. PREPARACION DE LA MUESTRA

**7.1** Se toma una muestra de alrededor de 250 g de la porción completamente mezclada del material que pase el tamiz de 425  $\mu\text{m}$  (No. 40), la cual ha sido obtenida de acuerdo con la Norma INEN 688 (Nota 3).

**7.2** A esta muestra se la deja evaporar, si fuera necesario, o se la añade agua destilada y se la mezcla completamente en la fuente, usando la espátula, hasta obtener una pasta de suelo homogénea y densa que pueda moldearse fácilmente con los dedos (Notas 4 y 5).

## 8. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

**8.1** Colocar una porción de esta pasta en la copa, sobre la parte que descansa en la base, extendiéndola rápida y cuidadosamente con la espátula, cuidando que no queden atrapadas burbujas de aire.

**8.2** Nivelar el suelo con la espátula paralelamente a la base, de tal manera que tenga una profundidad de 10 mm en la sección de espesor máximo, como se indica en la Fig. C.1 del Anexo C; el suelo sobrante debe regresar al plato o fuente de mezclado.

**8.3** Con el acanalador adecuado (Nota 6), realizar un canal en el muestra, como se indica en la Fig. C.2 del Anexo C, evitando despegarla de la copa, de manera que su plano de simetría sea perpendicular a la articulación de la copa, y procurando, además, que el acanalador se mantenga normal a la superficie de la copa.

**8.3.1** Para evitar la rotura de los lados del canal o el deslizamiento de la muestra de suelo en la copa, se permiten hasta seis recorridos del acanalador, desde atrás hacia adelante o desde adelante hacia atrás; la profundidad del canal se incrementa con cada recorrido y sólo el último debe tocar el fondo de la copa (Nota 7).

---

NOTA 3. Cuando por el tipo de suelo se utilice el método E de la Norma indicada, es conveniente, a menudo, a menudo, sacar las pocas partículas gruesas presentes y ensayar la muestra sin preparación previa. Cuando los suelos se ensayan en su condición natural, los resultados generalmente difieren de los obtenidos con muestras secadas al aire. Los suelos orgánicos y ciertos suelos tropicales deben ensayarse en su condición natural.

NOTA 4. Ciertos suelos arcillosos necesitan un período de homogenización del agua añadida, para lo cual se la debe dejar reposar un mínimo de 16 a 24 horas en un recipiente hermético, tiempo después del cual se la vuelve a mezclar, generalmente durante 10 minutos; sin embargo, algunos de estos suelos requieren más de 40 minutos de remezclado.

NOTA 5. Luego de manipular la muestra de suelo en el plato o fuente de mezclado, en cualquier momento del ensayo ésta, debe taparse con el disco de evaporación o una tela impermeable para evitar la pérdida de agua.

NOTA 6. En el caso de que con el acanalador Tipo A (ver Anexo B) no se obtenga un canal limpio, como ocurre en suelos arenosos, se debe usar el acanalador Tipo B (ver Anexo B), cuidando de que se produzca un deslizamiento entre el suelo y la superficie de la copa.

NOTA 7. El canal, en lo posible, debe realizarse con el menor número de recorridos del acanalador.

**8.4** Colocar la copa en su dispositivo mecánico, cuidando que la superficie inferior de la copa y la superficie de la base se encuentren libres de suelo o agua, girar el manubrio a una velocidad de 2 revoluciones por segundo, contar los golpes necesarios para que las dos mitades de la muestra se pongan en contacto al fondo del canal, en una distancia continua de alrededor de 10 mm (ver Fig. D.1 del Anexo D), por la fluencia del suelo y no por deslizamiento entre el suelo y la copa; medir esta distancia con el extremo del acanalador Tipo B o un calibrador y anotar el número de golpes necesarios para que esto ocurra (Nota 8).

**8.4.1** Si el número de golpes para la primera determinación está entre 35 y 45 se continúa normalmente como se indica en 8.6; si no, añadir más agua o secarlo al aire, lo que fuere más apropiado y repetir de 8.1 a 8.4, hasta que esta condición se obtenga.

**8.5** Regresar la muestra de la copa al plato o fuente de mezclado, mezclar completamente, limpiar y secar la copa y el acanalador y repetir las operaciones de 8.1 a 8.4, hasta que tres ensayos consecutivos den el mismo número de golpes para cerrar el canal en la forma especificada (Nota 9).

**8.6** Del lugar donde se juntan los bordes del canal, tomar con la espátula una porción de suelo de alrededor de 10 g, colocarla en un recipiente adecuado y determinar el contenido de agua de acuerdo con la Norma INEN 690.

**8.7** Realizar las operaciones de 8.1 a 8.6 por lo menos cuatro veces, usando la misma muestra con nuevos incrementos de agua destilada, los cuales deben hacerse de tal manera que el número de golpes necesario para cerrar el canal varíe de 45 a 5, de modo que dos ensayos estén bajo los 25 golpes y dos sobre los 25 golpes (Nota 10), mezclando cada incremento de agua por lo menos durante 5 minutos.

**8.8** Para efectuar los distintos ensayos, hacer el amasado de la muestra únicamente mediante el aumento progresivo de agua, de tal manera que cada vez la muestra de suelo se tome más fluida.

## 9. CÁLCULOS

**9.1** Los datos obtenidos deben registrarse en un papel semilogarítmico (ver Anexo E), representando los contenidos de agua, en la escala aritmética, como abscisas, y el número de golpes en la escala logarítmica, como ordenadas; de esta manera se determina un punto para cada ensayo realizado.

**9.2** Se traza la curva de flujo uniendo con una línea recta y, de la manera más aproximada, los cuatro puntos registrados.

---

NOTA 8. Algunos suelos tienden a deslizarse en lugar de fluir; si esto ocurre, el resultado no es válido y debe repetirse el ensayo añadiendo agua hasta que ocurra el flujo; si después del incremento adicional de agua el suelo sigue deslizándose con un mínimo de 25 golpes, el ensayo no es aplicable, debiendo anotarse que el límite líquido no puede determinarse.

NOTA 9. Se debe tener cuidado de que la muestra no pierda humedad entre la repetición de los ensayos, ya que el número de golpes para cerrar el canal puede aumentarse gradualmente según vaya secándose la muestra.

NOTA 10. Con este proceso se tiende a obtener muestras de una consistencia tal, que se puede hacer un ensayo dentro de cada una de las siguientes escalas de golpes: 45-35; 35-25; 25-15; 15-5; de modo que la variación de cada ensayo sea de por lo menos 10 golpes.

**9.3** El límite líquido de la muestra de suelo ensayada se determina por interpolación de la curva de flujo y está dado por el contenido de agua correspondiente a la intersección de la curva de flujo con los 25 golpes en las ordenadas, el mismo que debe redondearse al número entero más cercano, de conformidad con la Norma INEN 52.

**9.4** El índice de flujo de la muestra de suelo ensayada se determina prolongando la curva de flujo, hasta intersectar las ordenadas correspondientes a los 10 y 100 golpes, y está dado por la pendiente de la curva de flujo, expresada por el incremento de agua entre los 10 y 100 golpes (Nota 11).

**9.4.1** El índice de flujo puede calcularse también con la siguiente ecuación:

$$I_f = \frac{w_1 - w_2}{\log 10 \frac{N_2}{N_1}}$$

Donde:

$I_f$  = índice de flujo

$w_1$  = contenido de agua, en % correspondiente a  $N_1$  golpes

$w_2$  = contenido de agua, en % correspondiente a  $N_2$  golpes

## 10. ERRORES DEL METODO

**10.1** Al realizar las tres series consecutivas del ensayo (ver 8.5) con el mismo contenido de agua, el número de golpes no debe diferir en más de un golpe; en caso contrario, debe repetirse el ensayo.

## 11. INFORME DE RESULTADOS

**11.1** El informe que sobre este ensayo se emita debe indicar:

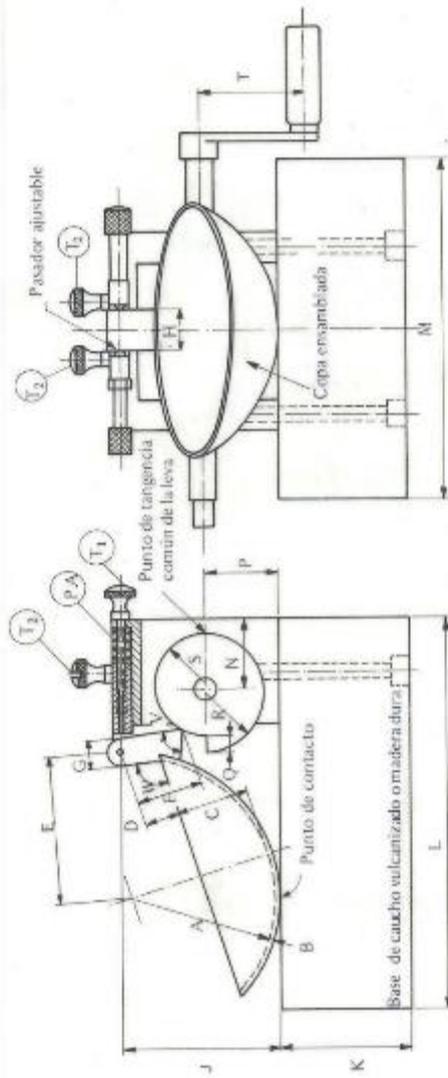
- a) resultados obtenidos,
- b) método utilizado,
- c) condición del suelo (estado natural: secado al aire, secado al horno, no conocido, etc.),
- d) período de reposo.

**11.2** Todos los resultados y observaciones que se hagan en el ensayo deben registrarse lo más adecuadamente posible, para lo cual se recomienda el uso de la hoja de registro que se indica en el Anexo E. Si el límite líquido forma parte de otros ensayos, es preferible utilizar la hoja de registro recomendada en los ensayos respectivos (ver Anexo F).

---

NOTA 11. El índice de flujo se determina como el incremento de agua correspondiente al número de golpes, representado por un intervalo logarítmico unitario, por ejemplo 1-10; 10-100.

ANEXO A



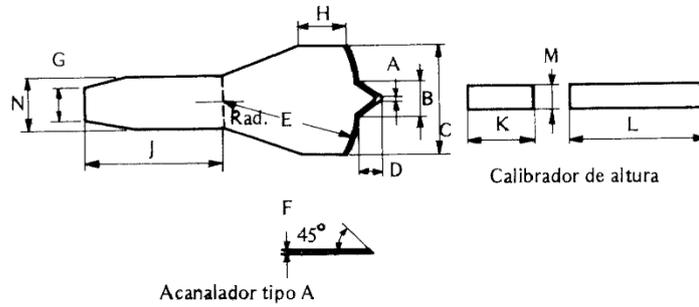
Letra	A	B	C	D	E	F	G	H	I
mm	54 ± 0,5	2 ± 0,5	27 ± 0,5	12,5 ± 0,5	56 ± 0,5	25 ± 0,5	10 ± 0,5	16 ± 0,5	60 ± 0,5
Letra	K	L	M	N	P	Q*	R*	S*	T
mm	50 ± 5	150 ± 5	130 ± 5	27 ± 1	28 ± 0,5	6,0	22 ± 0,5	19 ± 0,5	40 ± 5

Letra	V	W
Grados	7,5 ± 5	1,00 ± 5

\* La leva está fabricada de dos secciones semicirculares con un punto de tangencia común. Las dimensiones esenciales tienen tolerancia.

FIGURA A3. Dispositivo mecánico para el límite líquido.

ANEXO B

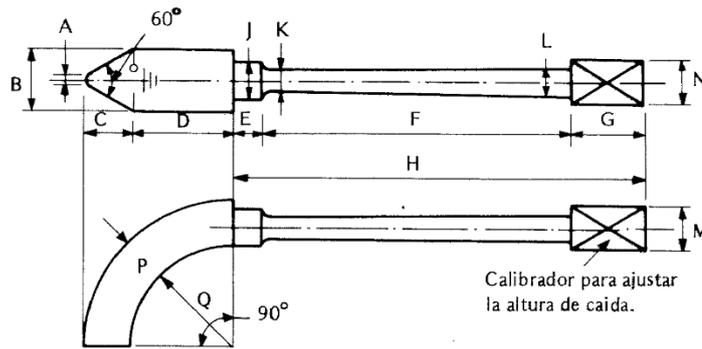


Letra	A	B	C	D	E	F
mm	$2 \pm 0.1$	$11 \pm 0.25$	$40 \pm 0.25$	$8 \pm 0.25$	$51 \pm 0.25$	$1.6 \pm 0.1$

Letra	G	H	J	K	L	M	N
mm	$10.0 \pm 0.5$	20	50	25	50	$10 \pm 0.25$	20

Las dimensiones esenciales tienen tolerancia.

FIGURA B.1. Acanalador tipo A y calibrador de altura (Bronce o acero inoxidable).



Letra	A	B	C	D	E	F	G	H
mm	$2 \pm 0,10$	$13,5 \pm 0,25$	$10 \pm 0,25$	22	6	68	16	90

Letra	J	K	L	M	N	P	Q
mm	8	5	6	$10 \pm 0,25$	$10 \pm 0,25$	$10 \pm 0,25$	$22 \pm 0,25$

Las dimensiones esenciales tienen tolerancia. Las tolerancias indicadas son para propósitos de fabricación.

ANEXO C

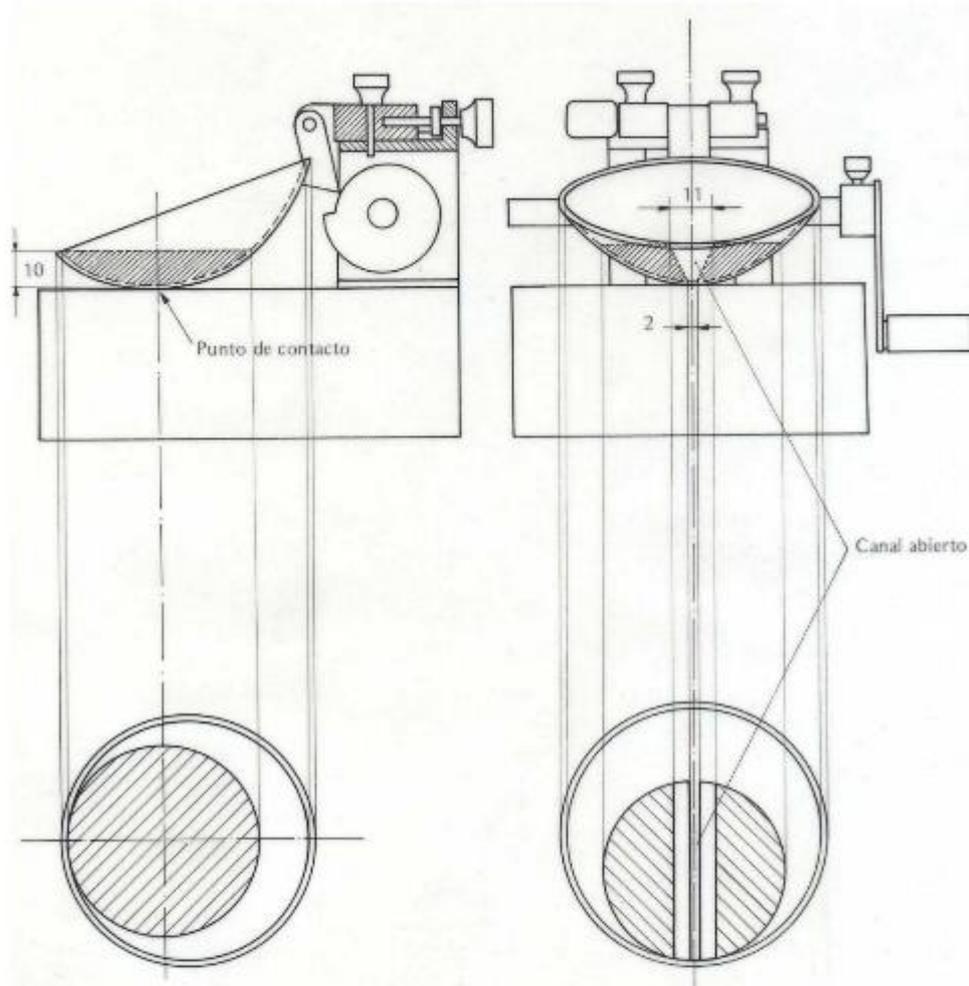


FIGURA C.1. Muestra de suelo colocada y nivelada en la copa.

FIGURA C.2. Muestra de suelo partida con el acanalador, antes del ensayo.

(dimensiones en mm)

## ANEXO D

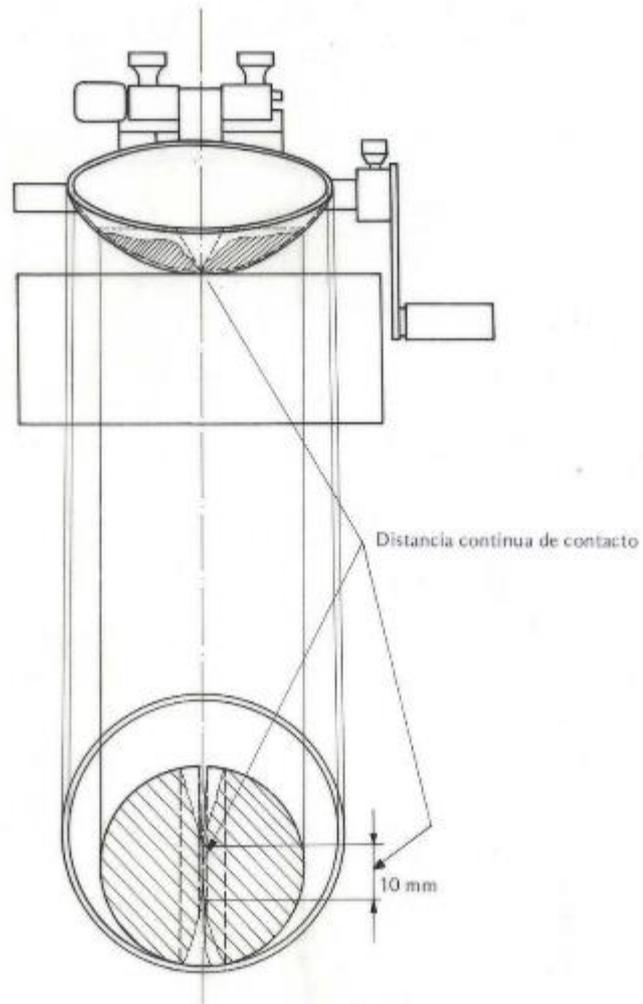


FIGURA D.1. Muestra de suelo después del ensayo.

(Nombre del Laboratorio)

**ANEXO E**

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

OBRA: \_\_\_\_\_

LOCALIZACION: \_\_\_\_\_

MUESTRA No. \_\_\_\_\_ PERFORACION No. \_\_\_\_\_

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

DESCRIPCION: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Operador: \_\_\_\_\_ Calculador: \_\_\_\_\_

ENSAYOS: CONTENIDO DE AGUA       LIMITE LIQUIDO       LIMITE PLASTICO

NORMA INEN: \_\_\_\_\_

CONDICION DE SUELO: \_\_\_\_\_

PERIODO DE REPOSO: \_\_\_\_\_

Ensayo No.	1	2	3	4	5	6	7	8
No. de Golpes	/	/	/	/	/	/	/	/
Recipiente No.								
Masa del recipiente +suelo húmedo, g								
Masa del recipiente +suelo seco, g								
Masa del recipiente, g								
Masa del agua, g								
Masa del suelo seco, g								
Contenido de agua, %								

RESULTADOS: Límite líquido,  $W_L$  = \_\_\_\_\_      Límite plástico,  $W_P$  = \_\_\_\_\_      Índice de plasticidad,  $I_p$  = \_\_\_\_\_

Índice de flujo,  $I_f$  = \_\_\_\_\_      Índice de tenacidad,  $I_T$  = \_\_\_\_\_      Índice de liquidez,  $I_L$  = \_\_\_\_\_

Índice de consistencia,  $I_c$  = \_\_\_\_\_      Clasificación: = \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES:

---



---



---



---



**APENDICE Z****Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

INEN 52 *Reglas para redondear números.*

INEN 154 *Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.*

INEN 685 *Geotecnia. Mecánica de suelos. Terminología y simbología.*

INEN 688 *Mecánica de suelos. Preparación de muestras alteradas para ensayos.*

INEN 690 *Mecánica de suelos. Determinación del contenido de agua. Método del secado al horno.*

**Z.2 BASES DE ESTUDIO**

Norma Americana ANSI/ASTM D 423-66 (Reapproved 1972). *Standard Test Method for liquid limit of soils* American National Standard Institute/American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 1979.

Norma Australiana AS 1289 C1.1977. *Determination of the liquid limit of a soil oven drying method.* Standard Method. Standards Association of Australia. North Sidney, 1977.

Norma Británica BS 1377: 1975. Test 2 (B). *Method using the Casagrande apparatus (Methods of test soil for civil engineering purposes).* British Standards Institution. Londres, 1975.

Norma India IS: 2720 (Part V) - 1970. *Determination of liquid limit and plastic limits (Methods of test for soils).* Indian Standards Institution. Nueva Delhi, 1975.

*Manual de Laboratorio para Mecánica de Suelos.* Escuela Técnica de Ingenieros. Quito, 1975.

Norma AASHTO. T89-68. *Standard methods of determining the liquid limit of soils* American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington D.C., 1974.

*La Ingeniería de suelos en las vías terrestres.* Alfonso Rico y Hermilo del Castillo, Volumen 1. Editorial Limusa. México, 1974.

*Cimentaciones.* :W.E. Schulce/K. Simmer. Editorial Blume. Madrid, 1970.

Norma Argentina IRAM: 10 501/68. *Mecánica de suelos. Método de determinación del límite líquido y de índice de fluidez.* Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1958.

## 7.10.3 NORMA INEN 692



CDU: 624.131.43:539.214

CO 09.02-301

Norma Técnica Ecuatoriana	MECANICA DE SUELOS DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO	INEN 692 1982-05
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJ ETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece el método para determinar el límite plástico de un suelo.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Este ensayo debe hacerse únicamente con la fracción de suelo que pasa el tamiz de 425 <math>\mu\text{m}</math> (No. 40).</p> <p>2.2 El resultado de este ensayo sirve también para determinar los índices de plasticidad, tenacidad, liquidez y consistencia de los suelos (ver apéndice Y).</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p>3.1 La determinación se efectuará por triplicado sobre porciones de igual cantidad de la misma muestra.</p> <p>3.2 En la Norma INEN 685 se establecen las definiciones de los términos y símbolos empleados en este documento.</p> <p>3.3 En la Norma INEN 690 se establece la determinación del contenido de agua por el método del secado al horno.</p> <p>3.4 En la Norma INEN 688 se establecen los métodos para preparar muestras alteradas para ensayos.</p> <p>3.5 La temperatura del laboratorio debe mantenerse a <math>23 \pm 3^\circ\text{C}</math>.</p> <p>3.6 La humedad relativa en al laboratorio no debe ser menor del 50% y, en la cámara húmeda, no menor del 90%.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. RESUMEN</b></p> <p>4.1 Este método de ensayo consiste en determinar el contenido de agua de un suelo en el límite entre su comportamiento plástico y sólido, para lo cual se utiliza el proceso de rolado para evaporar gradualmente el agua huta que comienza a fisurarse o disgregarse.</p> <p style="text-align: center;"><b>5. INSTRUMENTAL</b></p> <p>5.1 <b>Plato o fuente de mezclado.</b> Recipiente de tamaño adecuado, apropiado para el mezclado de la muestra.</p> <p>5.2 <b>Espátula.</b> Debe ser flexible, de tamaño adecuado, apropiado para el mezclado y cortado de la muestra de suelo.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

**5.3 Placa de rolado.** Puede ser de vidrio, mármol o de cualquier material que tenga una superficie lisa no absorbente, de alrededor de 15 x 20 cm.

**5.4 Varilla de calibración, (opcional)** Debe ser de acero inoxidable de 3 mm de diámetro y más o menos 10 mm de largo.

**5.5 Equipo para determinar el contenido de agua,** como el descrito en la Norma INEN 690.

**5.6 Recipiente con agua destilada.**

## 6. PREPARACIÓN DEL INSTRUMENTAL

**6.1** Todo el instrumental a utilizarse en la determinación del límite plástico debe estar limpio, seco y en buenas condiciones de trabajo.

## 7. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

**7.1** Tomar una muestra de alrededor de 100 g de la porción del material que pase el tamiz de 425  $\mu\text{m}$  (No. 40), obtenida de acuerdo con la Norma INEN 688.

**7.2** A esta muestra se la deja evaporar, si fuera necesario, o se la añade agua destilada y se la mezcla completamente en el plato o fuente, usando la espátula hasta obtener una pasta de suelo homogénea y plástica, en cantidad suficiente como para moldearla con los dedos como una bola (Notas 1 y 2).

**7.3** Cuando el límite plástico se determina conjuntamente con el límite líquido, se toma al iniciar el ensayo del límite líquido una muestra de aproximadamente 30 g, la cual debe ser suficientemente homogénea y plástica para que pueda formarse con facilidad una bola, sin que se adhiera a los dedos al comprimirla; esta muestra debe permanecer en un recipiente hermético.

## 8. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

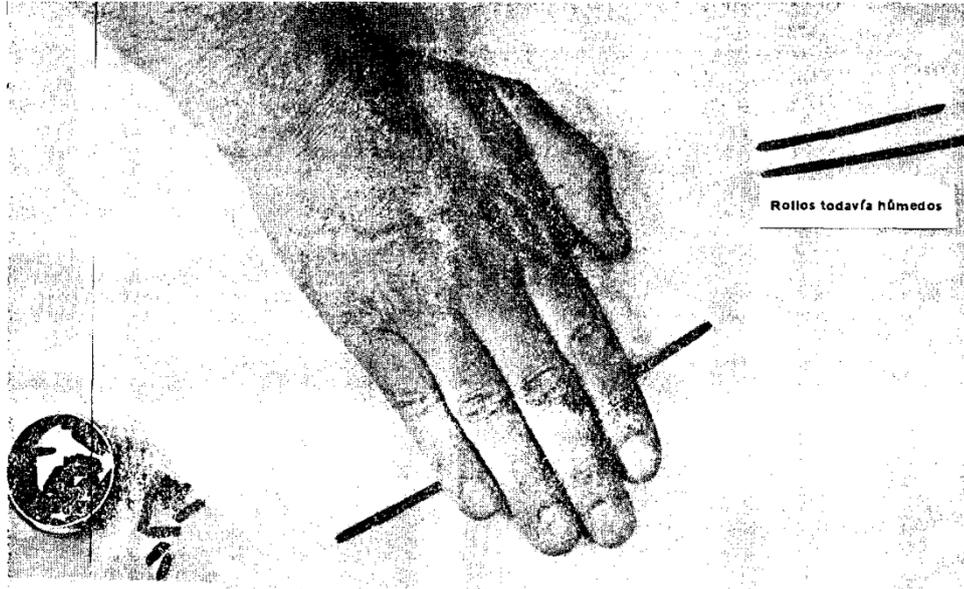
**8.1** Tomar aproximadamente 10 g de la muestra preparada según se indica en 7.2 o de la muestra separada según 7.3, moldearla entre los dedos, en una bola, luego amasar y rodar la bola entre las palmas de las manos hasta que aparezcan en su superficie pequeñas fisuras, con lo cual se asegura que el suelo tenga un suficiente secado.

---

NOTA 1. Ciertos suelos arcillosos necesitan un período de homogenización del agua añadida, para lo cual se la deja reposar en la cámara húmeda de 16 a 24 horas en un recipiente hermético, luego de lo cual, se la vuelva a mezclar generalmente durante 10 minutos; sin embargo, algunos de estos suelos requieren más de 40 minutos de remezclado.

NOTA 2. Cuando el ensayo del límite plástico se lleva a cabo en muestras de suelo en su condición natural y esta se encuentra demasiado húmeda, debe dejarse secar al aire hasta obtener la consistencia requerida.

**8.2** Rotar esta bola entre las puntas de los dedos de una mano y la placa de vidrio o de mármol, como se indica en la Fig. 1, con una presión suficiente como para formar del suelo un rollo de 3 mm de diámetro en 5 a 15 movimientos completos (hacia adelante y hacia atrás) de la mano, a una velocidad de 80 a 90 movimientos por minuto.



**FIGURA 1. Rolado de los rollos.**

**8.3** Si el rollo de suelo se desmenuza antes de alcanzar los 3 mm de diámetro, añadir agua destilada a toda la masa de suelo. Volver a mezclarlo en el plato o fuente, amasarlo completamente y proceder como se indica en 8.1 y 8.2.

**8.4** Si el rollo llega a los 3 mm de diámetro sin presentar fisuras o signos de desmenuzamiento, recoger el rollo y moldearlo nuevamente entre los dedos en una bola y repetir el proceso dado en 8.2 hasta cuando el rollo al llegar a los 3 mm de diámetro se corte, tanto longitudinalmente como transversalmente, o se desmenuza al rolarlo con la presión requerida. Puede usarse la varilla de metal como una guía para obtener el correcto diámetro del rollo (Nota 3).

**8.4.1** Los rollos de algunos suelos son extremadamente duros, por lo que es difícil determinar el punto final; cuando esto ocurre, se debe amasar completamente todas las porciones desmenuzadas del rollo, formar una bola y proceder a rolarlo nuevamente; si el rollo no se desmenuza inmediatamente, no se ha alcanzado todavía el punto final del límite plástico.

NOTA 3. La cantidad de 5 a 10 g que se toma como muestra para determinar el contenido de agua es menor que la recomendada en la Norma INEN 690, pero, debido a la uniformidad del suelo que constituye la muestra, esta puede considerarse como una cantidad representativa.

**8.4.2** En algunos suelos poco plásticos, el desmenuzamiento puede ocurrir cuando el rollo tiene un diámetro mayor a 3 mm, por lo cual el primer punto de rotura indicará el límite plástico del suelo ensayado.

**8.4.3** El desmenuzamiento se manifiesta de diferente manera, de acuerdo a los diversos tipos de suelo. Algunos suelos se separan en numerosas concreciones de partículas, otros pueden formar una capa tubular exterior que comienza a partirse en ambos extremos, el fisuramiento progresa hacia la mitad y finalmente el rollo se divide en varias partículas pequeñas. Los suelos altamente arcillosos requieren mucha presión para forjar el rollo, particularmente cuando se aproxima al límite plástico, terminando por romperse en una serie de segmentos.

**8.4.4** En ningún momento el operador debe intentar producir la falla exactamente a los 3 mm de diámetro, dejando que el rollo alcance este diámetro y luego reduciendo el tipo de rolado o la presión de la mano, y continuar el rolado sin deformación posterior hasta que el rollo falle.

**8.5** Recoger las porciones desmenuzadas de los rollos de suelo en un recipiente hermético y determinar el contenido de agua de acuerdo con la Norma INEN 690.

**8.6** Dos muestras más serán tratadas como se indica de 8.1 a 8.5, de modo que se hagan tres determinaciones completamente separadas.

## 9. CÁLCULOS

**9.1** El valor del límite plástico de) suelo será el promedio de los contenidos de agua determinados según el numeral 8 de esta norma, expresado con el número entero más cercano, de conformidad con la Norma INÉN 52.

**9.2** En el Apéndice Y se indica el cálculo de los índices de plasticidad, tenacidad, liquidez y consistencia de los suelos.

## 10. ERRORES DEL MÉTODO

**10.1** La máxima variación entre los valores absolutos de la determinación efectuada por triplicado no debe exceder de  $\pm 5\%$ ; en caso contrario, debe repetirse el ensayo.

## 11. INFORME DE RESULTADOS

**11.1** El informe sobre este ensayo debe indicar:

**11.1.1** *Límite plástico*. Expresado con tres cifras significativas. (Si no puede determinarse, se informa como suelo NO PLÁSTICO).

**11.1.2** Información de la muestra (procedencia, estado natural, secado al aire, secado al horno, no conocido, et c.).

**11.1.3** Todos los resultados y observaciones que se hagan en el ensayo deben registrarse de la mejor forma posible, para lo cual se recomienda el uso de la hoja de registro que se indica en el Anexo A. Sí el límite plástico forma parte de otros ensayos, es preferible utilizar la hoja de registro recomendada en el Anexo B.

(Nombre del Laboratorio)

### ANEXO A

PROYECTO: \_\_\_\_\_  
 OBRA: \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACION: \_\_\_\_\_  
 MUESTRA No. \_\_\_\_\_ PERFORACION No. \_\_\_\_\_  
 PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_  
 DESCRIPCION: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_ Operador: \_\_\_\_\_ Calculador: \_\_\_\_\_

ENSAYOS: CONTENIDO DE AGUA

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

NORMA INEN: \_\_\_\_\_  
 CONDICION DE SUELO: \_\_\_\_\_  
 PERIODO DE REPOSO: \_\_\_\_\_

Ensayo No.	1	2	3	4	5	6	7	8
No. de Golpes								
Recipiente No.								
Masa del recipiente + suelo húmedo, g								
Masa del recipiente + suelo seco, g								
Masa del recipiente, g								
Masa del agua, g								
Masa del suelo seco, g								
Contenido de agua, %								

RESULTADOS: Límite líquido,  $W_L$  = \_\_\_\_\_ Límite plástico,  $W_P$  = \_\_\_\_\_ Índice de consistencia,  $I_C$  = \_\_\_\_\_  
 Índice de flujo,  $I_f$  = \_\_\_\_\_ Índice de tenacidad,  $I_T$  = \_\_\_\_\_ Índice de humedad,  $I_H$  = \_\_\_\_\_  
 Índice de consistencia,  $I_C$  = \_\_\_\_\_ Clasificación = \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2



**APÉNDICE Y**

**Y.1 Índice de plasticidad.** Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$L_P = W_L - W_P$$

**Y.1.1 Índice de plasticidad.** Puede estar bajo las siguientes condiciones:

- a) cuando no puede determinarse el límite plástico, el índice de plasticidad debe informarse como *No Plástico* (NP);
- b) cuando el límite plástico es igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad debe informarse como *Cero*.

**Y.2 Índice de tenacidad.** Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_T = \frac{I_P}{I_f}$$

**Y.3 Índice de liquidez.** Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_L = \frac{w - W_P}{I_P}$$

**Y.4 Índice de consistencia.** Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_C = \frac{W_1 - w}{I_P}$$

**Y.5** Los símbolos empleados en las ecuaciones anteriores significan:

- $I_P$  = índice de plasticidad.
- $W_L$  = límite líquido.
- $W_P$  = límite plástico.
- $I_T$  = índice de tenacidad.
- $I_f$  = índice de flujo.
- $I_L$  = índice de liquidez.
- $w$  = contenido de agua.
- $I_C$  = índice de consistencia.

## 7.10.4 NORMA INEN 856

CDU: 691.322  
ICS: 91.100.15



CIIU: 2901  
CO 02.03-307

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO	NTE INEN 856:2010 Primera revisión 2010-12
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p><b>1.1</b> Esta norma establece el método de ensayo para determinar: la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido fino.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p><b>2.1</b> Este método de ensayo se aplica para la determinación de la densidad promedio en una muestra de árido fino (sin incluir el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad es expresada como: seca al horno (SH), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad aparente. De la misma manera, la densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, es expresada como SH, SSS o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad SH y la densidad relativa SH se determinan luego de secar el árido. La densidad SSS, densidad relativa SSS y la absorción se determinan luego de saturar el árido en agua por un periodo definido.</p> <p><b>2.2</b> Este método de ensayo es utilizado para determinar la densidad de la porción sólida de un número grande de partículas de árido y proporcionar un valor promedio, que representa la muestra. La diferencia entre la densidad de las partículas del árido, determinadas por éste método, y la masa unitaria (peso volumétrico) de los áridos, determinada de acuerdo al procedimiento de la NTE INEN 858, radica en que éste último método incluye el volumen de los vacíos entre las partículas del árido.</p> <p><b>2.3</b> Este método de ensayo no es aplicable para ser utilizado con áridos livianos.</p> <p><b>2.4</b> El texto de esta norma hace referencia a notas en pie de página, las cuales proveen material explicativo. Estas notas, exceptuando aquellas ubicadas en tablas y figuras, no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.</p> <p><b>2.5</b> Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p><b>3.1</b> Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694 y además las siguientes:</p> <p><b>3.1.1</b> <i>Absorción.</i> Incremento de la masa del árido debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un determinado período de tiempo, sin incluir el agua adherida a la superficie externa de las partículas, se expresa como un porcentaje de la masa seca.</p> <p><b>3.1.2</b> <i>Densidad.</i> Masa por unidad de volumen de un material, expresada en kilogramos por metro cúbico.</p> <p><b>3.1.2.1</b> <i>Densidad (SH).</i> Masa de las partículas del árido, seco al horno, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de los poros permeables e impermeables, sin incluir los vacíos entre partículas.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Árido, árido fino, determinación de la densidad.</p>		

**3.1.2.2 Densidad (SSS).** Masa de las partículas del árido, saturado superficialmente seco, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de poros impermeables y poros permeables llenos de agua, sin incluir los vacíos entre partículas.

**3.1.2.3 Densidad aparente.** Masa por unidad de volumen, de la porción impermeable de las partículas del árido.

**3.1.3 Seco al horno (SH), relacionado a las partículas del árido.** Condición en la cual los áridos han sido secados por calentamiento en un horno a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por el tiempo necesario para conseguir una masa constante.

**3.1.4 Densidad relativa (gravedad específica).** Relación entre la densidad de un material y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada; los valores son adimensionales.

**3.1.4.1 Densidad relativa (gravedad específica) (SH).** Relación entre la densidad (SH) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

**3.1.4.2 Densidad relativa (gravedad específica) (SSS).** Relación entre la densidad (SSS) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

**3.1.4.3 Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente).** Relación entre la densidad aparente del árido y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

**3.1.5 Saturado superficialmente seco (SSS), relacionado a las partículas del árido.** Condición en la cual los poros permeables de las partículas del árido se llenan con agua al sumergirlos por un determinado período de tiempo, pero sin agua libre en la superficie de las partículas.

#### 4. DISPOSICIONES GENERALES

**4.1** La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente utilizada para el cálculo del volumen ocupado por el árido en las mezclas que contienen áridos, incluyendo hormigón de cemento portland, hormigón bituminoso y otras mezclas que son dosificadas o analizadas en base al volumen absoluto. La densidad relativa (gravedad específica) también se la utiliza para el cálculo de vacíos entre partículas en el árido, de acuerdo a la NTE INEN 858. La densidad relativa (gravedad específica)(SSS) se la utiliza en la determinación de la humedad superficial del árido fino mediante desplazamiento de agua de acuerdo a la NTE INEN 859. La densidad relativa (gravedad específica) se la utiliza si el árido está húmedo, esto es, si ha alcanzado su absorción; por el contrario, la densidad relativa (gravedad específica) (SH) se la utiliza para los cálculos cuando el árido está seco o se asume que está seco.

**4.2** La densidad aparente y la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) corresponden al material sólido que conforman las partículas constitutivas, sin incluir los vacíos de poros dentro de las partículas, a los cuales es accesible el agua. Este valor no es muy utilizado en la tecnología de construcción con áridos.

**4.3** Los valores de absorción se utilizan para calcular los cambios en la masa de un árido debido al agua absorbida por los poros de las partículas constitutivas, comparado con la condición seca, cuando se considera que el árido ha estado en contacto con agua el suficiente tiempo para satisfacer la mayoría del potencial de absorción. El valor de absorción determinado en el laboratorio, se consigue después de sumergir en agua el árido seco por un determinado período. Los áridos extraídos de una mina bajo la superficie del agua, comúnmente tienen un contenido de humedad mayor que la absorción determinada por este método, si se utilizan sin secarlos. Por el contrario, algunos áridos que no han sido conservados en una condición continua de humedad hasta ser utilizados, probablemente contendrán una cantidad de agua absorbida menor que en la condición de saturado en 24 horas. Para un árido que ha estado en contacto con agua y que tiene humedad libre en las superficies de las partículas, el porcentaje de humedad libre se determina restando el valor de la absorción, del valor total de humedad que contiene el árido, determinado por secado según la NTE INEN 862.

(Continúa)

**4.4** Los procedimientos generales descritos en este método de ensayo son válidos para la determinación de la absorción de áridos que han sido sometidos a condiciones de saturación diferentes que la inmersión en agua por 24 horas, tales como agua en ebullición o saturación al vacío. Los valores de absorción obtenidos mediante otros métodos de ensayo, serán diferentes de los valores obtenidos mediante la saturación indicada en este método, así como también los valores de densidad (SSS) o de densidad relativa (gravedad específica) (SSS).

**4.5** Los poros en los áridos livianos, después de la inmersión por 24 horas, no están necesariamente llenos con agua. En realidad, la absorción potencial para muchos de estos áridos no se alcanza luego de algunos días inmersos en agua. Por lo tanto, este método de ensayo no es apropiado para uso con áridos livianos.

## 5. MÉTODO DE ENSAYO

**5.1 Resumen.** Se sumerge en agua por  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ , una muestra de árido previamente secada, hasta conseguir una masa constante, con el propósito de llenar con agua sus poros. Se retira la muestra del agua, se seca el agua superficial de las partículas y se determina su masa. Luego, se coloca la muestra (o parte de esta) en un recipiente graduado y se determina el volumen de la muestra por el método gravimétrico o volumétrico; finalmente, la muestra se seca al horno y se determina nuevamente su masa. Utilizando los valores de masa obtenidos y mediante las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.

### 5.2 Equipos

**5.2.1 Balanza.** Que tenga una capacidad de 1 kg o más, con una sensibilidad de 0,1 g o menos y una precisión de 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso para este método de ensayo. La diferencia entre lecturas debe tener una precisión dentro de 0,1 g, en cualquier rango de 100 g de carga.

**5.2.2 Picnómetro (para uso con el procedimiento gravimétrico).** Matraz u otro contenedor apropiado, en el cual la muestra de ensayo de árido fino, pueda ser introducida fácilmente y en el cual el volumen contenido pueda ser legible dentro de  $\pm 0,1 \text{ cm}^3$ . El volumen del contenedor lleno hasta la marca debe ser por lo menos 50% mayor que el requerido para acomodar la muestra de ensayo. Para una muestra de ensayo de 500 g del árido más fino, es adecuado un matraz o un recipiente de  $500 \text{ cm}^3$  de capacidad, adaptado con un picnómetro en la parte superior.

**5.2.3 Matraz (para uso con el procedimiento volumétrico).** Para una muestra de ensayo de aproximadamente 55 g, es adecuado un frasco de Le Chatelier, como el que se describe en la NTE INEN 156.

**5.2.4 Molde y compactador para ensayo de humedad superficial.** El molde metálico debe tener la forma de un cono truncado, con las siguientes dimensiones:  $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro interno superior,  $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro interno en la base y  $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8 mm. El compactador metálico debe tener una masa de  $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$  y una cara compactadora circular y plana, de  $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro.

**5.2.5 Horno.** De tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**5.3 Muestreo.** Tomar las muestras del árido, de acuerdo a la NTE INEN 695. Mezclar íntegramente la muestra y reducirla hasta obtener una muestra de ensayo de aproximadamente 1 kg, utilizando el procedimiento indicado en la NTE INEN 2 566.

### 5.4 Preparación de la muestra de ensayo

**5.4.1** Colocar la muestra en una bandeja o en otro recipiente apropiado y secarla en el horno a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ , hasta conseguir una masa constante, dejarla que se enfríe hasta una temperatura que sea confortable para su manipulación (aproximadamente  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ), luego cubrirla con agua, ya sea por inmersión o por adición de agua, hasta alcanzar al menos 6% de humedad en el árido fino y dejar que repose por  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ .

(Continúa)

**5.4.1.1** Cuando se utilizan los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) en la dosificación de mezclas de hormigón, en las que el árido estará en condición de humedad natural; el requisito del numeral 5.4.1 sobre el secado inicial es opcional y si la superficie de las partículas de la muestra ha sido conservada húmeda continuamente hasta el ensayo, el requisito del numeral 5.4.1 sobre la inmersión por  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ , también es opcional (ver nota 1)

**5.4.2** Decantar el exceso de agua, evitando la pérdida de finos (ver apéndice X), extender la muestra sobre una superficie plana, no absorbente, expuesta a una corriente suave de aire caliente y moverla frecuentemente para asegurar un secado homogéneo. Si se desea, se pueden utilizar equipos mecánicos como un agitador, para ayudar a alcanzar la condición saturada superficialmente seca. Continuar esta operación hasta que la muestra se aproxime a una condición de flujo libre. Seguir el procedimiento indicado en el numeral 5.4.3 para determinar si la humedad superficial todavía está presente en las partículas constituyentes del árido fino. Realizar el primer ensayo para esta determinación cuando todavía exista agua superficial en la muestra. Continuar secando con agitación constante y probar a intervalos frecuentes hasta que el ensayo indique que la muestra ha alcanzado la condición de superficie seca. Si el primer ensayo de determinación de humedad superficial indica que la humedad no está presente en la superficie, significa que se ha secado más allá de la condición saturada superficialmente seca; en este caso, mezclar íntegramente el árido fino con algunos  $\text{cm}^3$  de agua y dejar que la muestra repose en un recipiente cubierto por 30 minutos. A continuación, reanudar el proceso de secado y ensayos a intervalos frecuentes hasta determinar el inicio de la condición de superficie seca.

**5.4.3** *Ensayo para determinar la humedad superficial.* Mantener firmemente el molde sobre una superficie lisa no absorbente, con el diámetro mayor hacia abajo. Colocar en el molde en forma suelta, una porción del árido fino parcialmente seco, hasta llenarlo colocando material adicional en la parte superior manteniendo firme el molde con la mano, compactar el árido fino con 25 golpes ligeros del compactador. Cada caída debe iniciar aproximadamente 5 mm sobre la superficie del árido. Permitir que el compactador caiga libremente bajo la atracción gravitacional en cada golpe. Ajustar la altura de inicio a la nueva elevación de la superficie después de cada golpe y distribuirlos sobre la superficie. Remover el árido fino que ha caído alrededor de la base y levantar el molde verticalmente. Si la humedad superficial todavía está presente, el árido fino mantendrá la forma del molde. Cuando el árido fino se desmorona ligeramente, ello indica que se ha alcanzado la condición de superficie seca.

**5.4.3.1** Algunos áridos finos con partículas de forma predominantemente angular o con una alta proporción de finos, pueden no desmoronarse en el ensayo del cono, al alcanzar la condición de superficie seca. Este problema se puede verificar si al dejar caer desde una altura de 100 mm a 150 mm sobre una superficie, un puñado de árido fino, tomado de la muestra ensayada, se pueden observar partículas individuales muy finas. Para estos materiales, se considera que han alcanzado la condición saturada superficialmente seca, en el punto en que, luego de remover el molde, un lado del árido fino apenas se derrumba. En el Apéndice W se describen algunos criterios que se han utilizado en materiales que no se desmoronan fácilmente.

## 5.5 Procedimiento

**5.5.1** Ensayar, ya sea por el procedimiento gravimétrico indicado en el numeral 5.5.2 o por el procedimiento volumétrico indicado en el numeral 5.5.3. Realizar todas las determinaciones de masa con una aproximación al 0,1 g.

**5.5.2** *Procedimiento gravimétrico (picnómetro):*

**5.5.2.1** Llenar parcialmente el picnómetro con agua. Introducir en el picnómetro  $500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$  de árido fino saturado superficialmente seco, preparado como se describe en el numeral 5.4 y llenar con agua adicional hasta aproximadamente el 90% de su capacidad. Agitar el picnómetro como se describe, manualmente en el literal a) o mecánicamente en el literal b) de este numeral.

NOTA 1. Los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) (SSS) pueden ser significativamente más altos en áridos que no se los ha secado en el horno antes de la inmersión, respecto al mismo árido tratado de acuerdo con el numeral 5.4.1.

(Continúa)

- a) Manualmente: rodar, invertir y agitar el picnómetro (o utilizar una combinación de estas tres acciones) para eliminar las burbujas visibles de aire (ver nota 2).
- b) Mecánicamente: agitar el picnómetro mediante una vibración externa, de una forma que no degrade la muestra. Para promover la eliminación de aire sin degradación, es suficiente un nivel de agitación ajustado para solamente mantener las partículas individuales en movimiento. Se puede considerar aceptable un agitador mecánico, si en ensayos de comparación para cada período de seis meses de uso, muestra variaciones menores que el rango aceptable de dos resultados (2ds) indicados en la tabla 1, respecto a los resultados de la agitación manual en el mismo material.

**5.5.2.2** Luego de eliminar todas las burbujas de aire, ajustar la temperatura del picnómetro y su contenido a  $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , si es necesario media nte inmersión parcial en agua circulante; y llevar el nivel de agua en el picnómetro hasta la marca de calibración. Determinar la masa total del picnómetro, muestra y agua.

**5.5.2.3** Retirar el árido fino del picnómetro, secarlo en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta conseguir una masa constante y enfriarlo a temperatura ambiente por  $1\text{ h} \pm \frac{1}{2}\text{ h}$ , determinar su masa.

**5.5.2.4** Determinar la masa del picnómetro lleno hasta la marca de calibración, con agua a  $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**5.5.3** *Procedimiento volumétrico (frasco de Le Chatelier):*

**5.5.3.1** Llenar el frasco, inicialmente con agua hasta un punto en el cuello, entre las marcas  $0\text{ cm}^3$  a  $1\text{ cm}^3$ . Registrar esta lectura inicial con el frasco y su contenido dentro de un rango de temperatura de  $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Añadir  $55\text{ g} \pm 5\text{ g}$  de árido fino en condición saturado superficialmente seco (u otra cantidad medida, según sea necesario). Después de que todo el árido fino ha sido introducido, colocar el tapón en el frasco y rodarlo en posición inclinada o hacerlo girar suavemente en círculos horizontales, de manera de desalojar todo el aire atrapado, continuando hasta que no suban a la superficie más burbujas (ver nota 3). Tomar la lectura final con el frasco y su contenido a una temperatura dentro de  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  respecto de la inicial.

**5.5.3.2** Para la determinación de la absorción, utilizar una porción separada de  $500\text{ g} \pm 10\text{ g}$  de árido fino en condición saturada superficialmente seca, secarlo hasta conseguir una masa constante y determinar su masa seca.

**5.6 Cálculos**

**5.6.1** *Símbolos*

- A = masa de la muestra seca al horno, g  
 B = masa del picnómetro lleno con agua, hasta la marca de calibración, g  
 C = masa del picnómetro lleno con muestra y agua hasta la marca de calibración, g  
 R<sub>1</sub> = lectura inicial del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier, cm<sup>3</sup>  
 R<sub>2</sub> = lectura final del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier, cm<sup>3</sup>  
 S = masa de muestra saturada superficialmente seca (utilizada en el procedimiento gravimétrico, para determinar la densidad y la densidad relativa (gravedad específica) o para determinar la absorción, con ambos procedimientos), g  
 S<sub>1</sub> = masa de la muestra saturada superficialmente seca (utilizada en el procedimiento volumétrico, para determinar la densidad y la densidad relativa (gravedad específica)), g

**5.6.2** *Densidad relativa (gravedad específica):*

**5.6.2.1** *Densidad relativa (gravedad específica) (SH).* Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición seco al horno, de la siguiente manera:

NOTA 2. Normalmente se necesita alrededor de 15 min a 20 min, para eliminar las burbujas de aire, por métodos manuales. Para dispersar la espuma que algunas veces se genera cuando se eliminan las burbujas

NOTA 3. Para eliminar la espuma que aparece en la superficie, se puede utilizar una pequeña cantidad medida de alcohol isopropílico (no mayor a  $1\text{ cm}^3$ ). El volumen de alcohol utilizado debe ser restado de la lectura final registrada. (R<sub>2</sub>).

(Continúa)

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SH)} = \frac{A}{(B + S - C)} \quad (1)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SH)} = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (2)$$

**5.6.2.2 Densidad relativa (gravedad específica) (SSS).** Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)} = \frac{S}{(B + S - C)} \quad (3)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)} = \frac{S_1}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (4)$$

**5.6.2.3 Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente).** Calcular la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)} = \frac{A}{(B + A - C)} \quad (5)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)} = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1) - \left[\left(\frac{S_1}{S}\right)(S - A)\right]} \quad (6)$$

**5.6.3 Densidad:**

**5.6.3.1 Densidad (SH).** Calcular la densidad del árido en condición seco al horno, de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad (SH), kg/m}^3 = \frac{997,5 A}{(B + S - C)} \quad (7)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad (SH), kg/m}^3 = \frac{997,5 S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (8)$$

(Continúa)

**5.6.3.2 Densidad (SSS).** Calcular la densidad del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 S}{(B + S - C)} \quad (9)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 S_1}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad (10)$$

**5.6.3.2 Densidad aparente.** Calcular la densidad aparente de la siguiente manera:

a) Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad aparente (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 A}{(B + A - C)} \quad (11)$$

b) Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad aparente (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1) - \left[\left(\frac{S_1}{S}\right)(S - A)\right]} \quad (12)$$

**5.6.4 Absorción.** Calcular el porcentaje de absorción, de la siguiente manera:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(S - A)}{A} \times 100 \quad (13)$$

(Ver nota 4)

**5.7 Informe de resultados.** Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- a) Fecha de muestreo y ensayo,
- b) Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- c) Identificación de la muestra de árido fino,
- d) Resultados de densidad con una aproximación de 10 kg/m<sup>3</sup>, resultados de densidad relativa (gravedad específica) con una aproximación de 0,01 e indicar la condición del árido para densidad o densidad relativa (gravedad específica), ya sea (SH), (SSS) o aparente,
- e) Resultado de absorción con una aproximación de 0,1%,
- f) Si los valores de densidad, densidad relativa (gravedad específica) fueron determinados sin el secado preliminar del árido, según lo permitido en el numeral 5.4.1.1, registrar este particular en el informe,
- g) Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

NOTA 4. El valor constante (997,5 kg/m<sup>3</sup>), utilizado en los cálculos de los numerales 5.6.2 a 5.6.4 es la densidad del agua destilada a 23 °C. Algunas autoridades recomiendan utilizar la densidad del agua destilada a 4 °C (1 000 kg/m<sup>3</sup> o 1,000 Mg/m<sup>3</sup>), valores suficientemente precisos.

(Continúa)

## 5.8 Precisión y desviación

**5.8.1 Precisión.** La estimación de la precisión de este método de ensayo, que figura en la tabla 1, se basa en los resultados del Programa de muestras de referencia del laboratorio de materiales de la AASHTO, los ensayos fueron realizados de acuerdo a la norma ASTM C 128 y a la norma AASHTO T 84. La diferencia significativa entre estos métodos es que la norma ASTM C 128 requiere un período de saturación de 24 h  $\pm$  4 h mientras que la norma AASHTO T 84 requiere un período de saturación de 15 h a 19 h. Se ha encontrado que esta diferencia tiene un efecto insignificante sobre los índices de precisión. Los datos se basan en el análisis de más de 100 pares de resultados de ensayos de 40 a 100 laboratorios. La estimación de la precisión para densidad fue calculada a partir de valores determinados de densidad relativa (gravedad específica), utilizando la densidad del agua destilada a 23 °C para la conversión.

**TABLA 1. Precisión**

	Desviación estándar (1s) <sup>A</sup>	Rango aceptable de dos resultados (d2s) <sup>A</sup>
<b>Precisión para un solo operador:</b>		
Densidad (SH), kg/m <sup>3</sup>	11	13
Densidad (SSS), kg/m <sup>3</sup>	9,5	27
Densidad aparente, kg/m <sup>3</sup>	9,5	27
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,011	0,032
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,0095	0,027
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,0095	0,027
Absorción, % <sup>B</sup>	0,11	0,31
<b>Precisión multilaboratorio:</b>		
Densidad (SH), kg/m <sup>3</sup>	23	64
Densidad (SSS), kg/m <sup>3</sup>	20	56
Densidad aparente, kg/m <sup>3</sup>	20	56
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,023	0,066
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,020	0,056
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,020	0,056
Absorción, % <sup>B</sup>	0,23	0,66
<sup>A</sup> Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, como se describen en la norma ASTM C 670. La estimación de la precisión fue obtenida del análisis de los resultados de las muestras de referencia combinadas del laboratorio de materiales de la AASHTO, obtenidos de laboratorios que utilizaron un tiempo de saturación de 15 h a 19 h y otros laboratorios que utilizaron 24 h $\pm$ 4 h de saturación. El ensayo se realizó en áridos de masa normal y comenzó con los áridos en condición seca al horno.		
<sup>B</sup> La estimación de la precisión está basada en áridos con absorciones menores de 1% y pueden variar en áridos finos producto de trituración, así como en áridos que tengan valores de absorción mayores de 1%.		

**5.8.2 Desviación.** Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación.

(Continúa)

**APÉNDICE W**  
**(Información opcional)**

**CRITERIOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR LA CONDICIÓN SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA, EN MATERIALES QUE NO SE DESMORONAN FÁCILMENTE**

**W.1** En materiales que no se desmoronan fácilmente se han utilizado los siguientes criterios:

**W.1.1** *Ensayos provisionales de cono.* Realizar el ensayo del molde cónico como se describe en el numeral 5.4.3, excepto que se debe aplicar solamente 10 golpes. Añadir más árido fino y aplicar 10 golpes nuevamente. A continuación, agregar material dos veces más, aplicando 3 y 2 golpes del compactador, respectivamente. Nivelar el material al ras de la parte superior del molde, retirar el material suelto en la base y levantar el molde verticalmente.

**W.1.2** *Ensayo provisional de la superficie.* Si se observan los finos en el aire cuando se tiene un árido fino que no se desmorona cuando se encuentra en una condición de humedad, agregar más humedad al árido fino y cuando se considera que el material está en la condición de superficie seca, colocar con la mano aproximadamente 100 g de material sobre una superficie plana, no absorbente, seca, limpia, oscura o gris, como una plancha de caucho, una superficie de acero, galvanizada o una superficie de metal pintada de negro. Después de 1 s a 3 s, retirar el árido fino. Si se muestra humedad visible en la superficie de ensayo por más de 1 s a 2 s, entonces se considera que la humedad superficial está aún presente en el árido fino.

**W.1.3** Procedimientos colorimétricos, descritos por Kandhal y Lee, en Highway Research Record No. 307, página 44.

**W.1.4** Para alcanzar la condición saturada superficialmente seca en un material de un solo tamaño, que se desmorona cuando está húmedo, se pueden utilizar toallas de papel con textura áspera para secar la superficie del material hasta el punto donde se alcanza la condición, que es cuando la toalla de papel no parece estar recogiendo humedad de las superficies de las partículas del árido fino.

*(Continúa)*

**APÉNDICE X**  
**(Información opcional)**

**DIFERENCIAS POTENCIALES EN LA DENSIDAD RELATIVA Y LA ABSORCIÓN DEBIDO A LA PRESENCIA DE MATERIAL MÁS FINO QUE 75  $\mu\text{m}$**

**X.1** Se ha encontrado que puede haber diferencias significativas en la densidad relativa y la absorción, entre muestras de árido fino ensayadas con material más fino que 75  $\mu\text{m}$  (tamiz No. 200) presente y no presente en las muestras. Las muestras en las que no se ha retirado el material más fino que 75  $\mu\text{m}$ , por lo general dan una mayor absorción y una menor densidad relativa en comparación con el resultado del ensayo del mismo árido fino del cual se ha retirado el material más fino que 75  $\mu\text{m}$ , siguiendo los procedimientos de la NTE INEN 697. En las muestras que contienen material más fino que 75  $\mu\text{m}$ , se puede crear una capa que recubre las partículas más gruesas del árido fino, durante el proceso de secado superficial. El resultado de la medición de la densidad relativa y absorción, es el de las partículas aglomeradas y recubiertas y no el del material original. La diferencia en la absorción y en la densidad relativa determinada entre las muestras en las que no se ha retirado el material más fino que 75  $\mu\text{m}$  y las muestras en las que si se lo ha retirado, depende tanto de la cantidad presente del material más fino que 75  $\mu\text{m}$  como de la naturaleza del material. Cuando la presencia del material más fino que 75  $\mu\text{m}$  es menor que aproximadamente el 4% en masa, la diferencia en la densidad relativa entre las muestras lavadas y sin lavar es inferior a 0,03. Cuando la presencia del material más fino que 75  $\mu\text{m}$  es mayor que aproximadamente el 8% en masa, la diferencia en la densidad relativa obtenida entre las muestras lavadas y sin lavar puede ser tan grande como 0,13. Se ha encontrado que la densidad relativa determinada en áridos finos de los cuales se ha retirado el material más fino que 75  $\mu\text{m}$  antes del ensayo, refleja con mayor precisión la densidad relativa del material.

**X.2** Se puede suponer que el material más fino que 75  $\mu\text{m}$ , que se extrae, tiene la misma densidad relativa del árido fino. Alternativamente, la densidad relativa (gravedad específica) del material más fino que 75  $\mu\text{m}$  puede ser también evaluada, utilizando el procedimiento descrito en la norma ASTM D 854, sin embargo, este ensayo determina la densidad relativa aparente y no la densidad relativa.

*(Continúa)*

**APÉNDICE Y**  
(Información opcional)

**INTERRELACIÓN ENTRE DENSIDADES RELATIVAS (GRAVEDADES ESPECÍFICAS) Y  
ABSORCIÓN, SEGÚN SE DEFINEN EN LAS NTE INEN 857 Y NTE INEN 856**

**Y.1** Este apéndice proporciona relaciones matemáticas entre los tres tipos de densidad relativa (gravedad específica) y la absorción. Estos valores pueden ser útiles para controlar la correspondencia de los datos reportados o calcular un valor que no se ha reportado mediante el uso de otros datos reportados.

**Y.2** Donde:

$S_d$  = densidad relativa (gravedad específica) (SH),  
 $S_s$  = densidad relativa (gravedad específica) (SSS),  
 $S_a$  = densidad relativa aparente (gravedad específica aparente), y  
 $A$  = absorción en %.

Calcular los valores de cada uno, de la siguiente manera:

$$S_s = \left(1 + \frac{A}{100}\right) S_d \quad (\text{Y.1})$$

$$S_s = \frac{1}{\frac{1}{S_d} - \frac{A}{100}} = \frac{S_d}{1 - \frac{AS_d}{100}} \quad (\text{Y.2})$$

$$\text{ó } S_a = \frac{1}{\frac{1 + A/100}{S_s} - \frac{A}{100}} = \frac{S_s}{1 - \left[\frac{A}{100}(S_s - 1)\right]} \quad (\text{Y.3})$$

$$A = \left(\frac{S_s}{S_d} - 1\right) 100 \quad (\text{Y.4})$$

$$A = \left(\frac{S_a - S_s}{S_a(S_s - 1)}\right) 100 \quad (\text{Y.5})$$

(Continúa)

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 156	<i>Cemento hidráulico. Determinación de la densidad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 697	<i>Áridos. Determinación del material más fino que pasa el tamiz con aberturas de 75 <math>\mu</math>M (No. 200), mediante lavado.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 857	<i>Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 858	<i>Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 859	<i>Áridos para hormigón. Determinación de la humedad superficial en el árido fino.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 862	<i>Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 566	<i>Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo</i>
Norma ASTM C 128	<i>Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del árido fino.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción</i>
Norma ASTM D 854	<i>Método de ensayo para determinar la gravedad específica de los suelos sólidos por medio del picnómetro con agua.</i>
Norma AAASHTO T 84	<i>Gravedad específica y absorción del árido fino.</i>

### Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 128 – 07a. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2007.



**5.2 Balanzas.** Se debe utilizar una de las siguientes balanzas de acuerdo al tamaño de la muestra (nota 1).

- a) una balanza sensible a 0,01 g, para pesar muestras de 100 g o menos;
- b) una balanza sensible a 0,1 g para pesar muestras de 100 a 1 000 g; y
- c) una balanza sensible a 1 g, para pesar muestras mayores a 1 000 g .

**5.3 Recipientes.** Estos deben ser de un tamaño adecuado, fabricados de un material resistente a la corrosión y que no alteren su masa o se desintegren debido al fenómeno repetitivo de calentado y enfriado. Pueden estar provistos de tapas herméticas, para prevenir la pérdida del agua de las muestras antes del pesado inicial, y la absorción de la humedad del ambiente, luego del secado y antes del pesado final. Estos recipientes deben identificarse mediante numeración clara e indeleble.

**5.4 Desecador.** Debe ser de un tamaño adecuado y contener gel de sílice anhidro (nota 2).

## 6. PREPARACION DE LA MUESTRA

**6.1** La muestra de ensayo debe tener suficiente material para que sea representativa del suelo, lo cual está en función de la gradación, tamaño máximo de las partículas y del equipo utilizado, la misma que ha sido obtenida de acuerdo con la Norma INEN 688.

**6.2** La masa mínima de la muestra debe estar en concordancia con los valores recomendados para uso general de laboratorio de la Tabla 1.

**TABLA 1. Cantidad mínima muestra**

TAMAÑO MAX. DE PARTICULARES		MASA MINIMA DE LA MUESTRA
INEN	ASTM	(g)*
425 $\mu$ m	(No. 40)	25
2 mm	(No. 10)	50
4,75 mm	(No. 4)	200
9,5 mm	(3/8 pulg)	300
13,2 mm	(0,53 pulg)	350
19 mm	(3/4 pulg)	500
26,5 mm	(1,06 pulg)	600
37,5 mm	(1 1/2 pulg)	1000
53 mm	(2,12 pulg)	1200

\* Debe tenerse en cuenta que mientras más seco sea el suelo, la cantidad tomada para el ensayo debe ser mayor.

NOTA 1. La balanza a usarse en un ensayo en particular dependerá del tamaño de la muestra, sin embargo, su sensibilidad debe ser de 0,03% de la masa de la muestra o 0,01 g, la que sea mayor.

NOTA 2. Es preferible usar gel de sílice autoindicador, como un desecante, más no el cloruro de calcio, ya que se conoce que muchas arcillas, cuando se secan al horno, son capaces de absorber agua del mismo.

## 7. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

7.1 Determinar y registrar la masa del recipiente ( $m_1$ ), cuidando que esté seco y limpio (nota 3).

7.2 Colocar cuidadosamente en el recipiente la porción representativa del suelo a ensayarse, después de desmenuzarla (Tabla 1), cuidando que exteriormente no existan partículas de suelo adheridas; determinar y registrar su masa ( $m_2$ ).

7.3 Colocar el recipiente con la muestra húmeda en el horno de secado, manteniendo una temperatura de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  (nota 4), hasta obtener masa constante (nota 5).

7.3.1 En casos en que haya alguna duda respecto al período de secado, éste debe continuar hasta que la determinación de la masa, después de dos períodos sucesivos de secado, a intervalos de cuatro horas, indiquen que la masa no cambia o que su diferencia no excede de  $1^0/0$ .

7.4 Inmediatamente después de sacar del horno el recipiente con la muestra de suelo seca, determinar y registrar su masa, ( $m_3$ ). Si esto no es posible hacerlo inmediatamente, el recipiente debe colocarse en el desecador hasta cuando vaya a determinarse su masa.

## 8. CALCULOS

8.1 El contenido de agua del suelo se calcula como un porcentaje de su masa seca con la siguiente ecuación:

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \cdot 100$$

Siendo:

w = contenido de agua, en %

$m_1$  = masa del recipiente, en g

$m_2$  = masa del recipiente y el suelo húmedo, en g

$m_3$  = masa del recipiente y el suelo seco, en g

NOTA 3. Si se usa recipientes con tapa, la masa  $m_1$  será la masa del recipiente y su tapa.

NOTA 4. Los valores del contenido de agua, determinados en hornos de secado cuya temperatura sea de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ , no son exactos para suelos que contienen yeso u otros minerales, cuya agua de cristalización se pierde a la temperatura indicada o para suelos que contienen apreciables cantidades de materia orgánica. El contenido de agua determinado con esta temperatura se afecta aproximadamente en un 2% o por cada 1% de yeso, los minerales antes indicados o materia orgánica; en este caso, el contenido de agua debe determinarse en hornos de secado cuya temperatura sea entre  $60^\circ\text{C}$  y  $80^\circ\text{C}$  por desecación al vacío; de no ser esto posible, deben registrarse las condiciones en las que se realiza el ensayo.

NOTA 5. El período necesario de secado varía con el tipo de suelo, el tamaño de la muestra y la cantidad de material en el horno de secado. Cuando el suelo seco puede absorber humedad de las muestras húmedas, las muestras secas deben retirarse del horno de secado antes de colocar las muestras húmedas. Generalmente es suficiente un período de secado de 16 a 24 h.

## 9. ERRORES DEL METODO

**9.1** La máxima variación entre los valores absolutos de la determinación efectuada por duplicado no debe exceder de  $\pm 5\%$ ; en caso contrario, debe repetirse el ensayo.

## 10. INFORME DE RESULTADOS

**10.1** Como resultado final, debe indicarse la media aritmética de los dos resultados, redondeada a tres cifras significativas (nota 4).

**10.2** Los resultados de los ensayos deben registrarse convenientemente en una hoja de registro como la que se indica en el Anexo A. Si el contenido de agua forma parte de otros ensayos, es preferible utilizar la hoja de registro recomendada en los ensayos respectivos (ver Anexo B).

**10.3** El informe correspondiente a este ensayo debe constar de lo siguiente:

- a) descripción de las características de la muestra ensayada, procedencia, identificación, etc.;
- b) temperatura, tiempo y tipo de secado; y,
- c) contenido de agua, en porcentaje.



ANEXO B

(NOMBRE DEL LABORATORIO)

Proyecto: \_\_\_\_\_ Profundidad: \_\_\_\_\_  
 Lugar: \_\_\_\_\_ Descripción: \_\_\_\_\_  
 Localización: \_\_\_\_\_  
 Muestra No.: \_\_\_\_\_ Perforación: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_ Operador: \_\_\_\_\_ Calculador: \_\_\_\_\_

ENSAYOS DE CLASIFICACION

TAMIZ (MESH (ASTM))	Masa retenida acumulada	% Retenido	$w_p$ que pasa	$w_p$ que pasa especificada
15 mm (3/4")				
30 mm (1.125")				
37.5 mm (1.5")				
47.5 mm (1.875")				
60 mm (2.362")				
75 mm (3.0")				
95 mm (3.75")				
125 mm (5.0")				
150 mm (6.0")				
190 mm (7.5")				
250 mm (10.0")				
300 mm (12.0")				
375 mm (15.0")				
475 mm (18.75")				
600 mm (24.0")				
750 mm (30.0")				
950 mm (37.5")				
1180 mm (46.5")				
1475 mm (58.5")				
1900 mm (75.0")				
2500 mm (98.4")				
3000 mm (118.1")				
3750 mm (147.6")				
4750 mm (187.5")				
6000 mm (236.2")				
7500 mm (295.3")				
9500 mm (374.0")				
11800 mm (464.6")				
14750 mm (583.3")				
19000 mm (748.0")				
25000 mm (944.9")				
30000 mm (1181.1")				
37500 mm (1476.4")				
47500 mm (1875.0")				
60000 mm (2362.2")				
75000 mm (2952.8")				
95000 mm (3740.2")				
118000 mm (4645.7")				
147500 mm (5832.5")				
190000 mm (7479.8")				
250000 mm (9448.8")				
300000 mm (11811.5")				
375000 mm (14763.8")				
475000 mm (18750.0")				
600000 mm (23622.0")				
750000 mm (29527.5")				
950000 mm (37401.0")				
1180000 mm (46456.5")				
1475000 mm (58320.0")				
1900000 mm (74790.0")				
2500000 mm (94485.0")				
3000000 mm (118110.0")				
3750000 mm (147630.0")				
4750000 mm (187500.0")				
6000000 mm (236220.0")				
7500000 mm (295275.0")				
9500000 mm (374010.0")				
11800000 mm (464565.0")				
14750000 mm (583200.0")				
19000000 mm (747900.0")				
25000000 mm (944850.0")				
30000000 mm (1181100.0")				
37500000 mm (1476300.0")				
47500000 mm (1875000.0")				
60000000 mm (2362200.0")				
75000000 mm (2952750.0")				
95000000 mm (3740100.0")				
118000000 mm (4645650.0")				
147500000 mm (5832000.0")				
190000000 mm (7479000.0")				
250000000 mm (9448500.0")				
300000000 mm (11811000.0")				
375000000 mm (14763000.0")				
475000000 mm (18750000.0")				
600000000 mm (23622000.0")				
750000000 mm (29527500.0")				
950000000 mm (37401000.0")				
1180000000 mm (46456500.0")				
1475000000 mm (58320000.0")				
1900000000 mm (74790000.0")				
2500000000 mm (94485000.0")				
3000000000 mm (118110000.0")				
3750000000 mm (147630000.0")				
4750000000 mm (187500000.0")				
6000000000 mm (236220000.0")				
7500000000 mm (295275000.0")				
9500000000 mm (374010000.0")				
11800000000 mm (464565000.0")				
14750000000 mm (583200000.0")				
19000000000 mm (747900000.0")				
25000000000 mm (944850000.0")				
30000000000 mm (1181100000.0")				
37500000000 mm (1476300000.0")				
47500000000 mm (1875000000.0")				
60000000000 mm (2362200000.0")				
75000000000 mm (2952750000.0")				
95000000000 mm (3740100000.0")				
118000000000 mm (4645650000.0")				
147500000000 mm (5832000000.0")				
190000000000 mm (7479000000.0")				
250000000000 mm (9448500000.0")				
300000000000 mm (11811000000.0")				
375000000000 mm (14763000000.0")				
475000000000 mm (18750000000.0")				
600000000000 mm (23622000000.0")				
750000000000 mm (29527500000.0")				
950000000000 mm (37401000000.0")				
1180000000000 mm (46456500000.0")				
1475000000000 mm (58320000000.0")				
1900000000000 mm (74790000000.0")				
2500000000000 mm (94485000000.0")				
3000000000000 mm (118110000000.0")				
3750000000000 mm (147630000000.0")				
4750000000000 mm (187500000000.0")				
6000000000000 mm (236220000000.0")				
7500000000000 mm (295275000000.0")				
9500000000000 mm (374010000000.0")				
11800000000000 mm (464565000000.0")				
14750000000000 mm (583200000000.0")				
19000000000000 mm (747900000000.0")				
25000000000000 mm (944850000000.0")				
30000000000000 mm (1181100000000.0")				
37500000000000 mm (1476300000000.0")				
47500000000000 mm (1875000000000.0")				
60000000000000 mm (2362200000000.0")				
75000000000000 mm (2952750000000.0")				
95000000000000 mm (3740100000000.0")				
118000000000000 mm (4645650000000.0")				
147500000000000 mm (5832000000000.0")				
190000000000000 mm (7479000000000.0")				
250000000000000 mm (9448500000000.0")				
300000000000000 mm (11811000000000.0")				
375000000000000 mm (14763000000000.0")				
475000000000000 mm (18750000000000.0")				
600000000000000 mm (23622000000000.0")				
750000000000000 mm (29527500000000.0")				
950000000000000 mm (37401000000000.0")				
1180000000000000 mm (46456500000000.0")				
1475000000000000 mm (58320000000000.0")				
1900000000000000 mm (74790000000000.0")				
2500000000000000 mm (94485000000000.0")				
3000000000000000 mm (118110000000000.0")				
3750000000000000 mm (147630000000000.0")				
4750000000000000 mm (187500000000000.0")				
6000000000000000 mm (236220000000000.0")				
7500000000000000 mm (295275000000000.0")				
9500000000000000 mm (374010000000000.0")				
11800000000000000 mm (464565000000000.0")				
14750000000000000 mm (583200000000000.0")				
19000000000000000 mm (747900000000000.0")				
25000000000000000 mm (944850000000000.0")				
30000000000000000 mm (1181100000000000.0")				
37500000000000000 mm (1476300000000000.0")				
47500000000000000 mm (1875000000000000.0")				
60000000000000000 mm (2362200000000000.0")				
75000000000000000 mm (2952750000000000.0")				
95000000000000000 mm (3740100000000000.0")				
118000000000000000 mm (4645650000000000.0")				
147500000000000000 mm (5832000000000000.0")				
190000000000000000 mm (7479000000000000.0")				
250000000000000000 mm (9448500000000000.0")				
300000000000000000 mm (11811000000000000.0")				
375000000000000000 mm (14763000000000000.0")				
475000000000000000 mm (18750000000000000.0")				
600000000000000000 mm (23622000000000000.0")				
750000000000000000 mm (29527500000000000.0")				
950000000000000000 mm (37401000000000000.0")				
1180000000000000000 mm (46456500000000000.0")				
1475000000000000000 mm (58320000000000000.0")				
1900000000000000000 mm (74790000000000000.0")				
2500000000000000000 mm (94485000000000000.0")				
3000000000000000000 mm (118110000000000000.0")				
3750000000000000000 mm (147630000000000000.0")				
4750000000000000000 mm (187500000000000000.0")				
6000000000000000000 mm (236220000000000000.0")				
7500000000000000000 mm (295275000000000000.0")				
9500000000000000000 mm (374010000000000000.0")				
11800000000000000000 mm (464565000000000000.0")				
14750000000000000000 mm (583200000000000000.0")				
19000000000000000000 mm (747900000000000000.0")				
25000000000000000000 mm (944850000000000000.0")				
30000000000000000000 mm (1181100000000000000.0")				
37500000000000000000 mm (1476300000000000000.0")				
47500000000000000000 mm (1875000000000000000.0")				
60000000000000000000 mm (2362200000000000000.0")				
75000000000000000000 mm (2952750000000000000.0")				
95000000000000000000 mm (3740100000000000000.0")				
118000000000000000000 mm (4645650000000000000.0")				
147500000000000000000 mm (5832000000000000000.0")				
190000000000000000000 mm (7479000000000000000.0")				
250000000000000000000 mm (9448500000000000000.0")				
300000000000000000000 mm (11811000000000000000.0")				
375000000000000000000 mm (14763000000000000000.0")				
475000000000000000000 mm (18750000000000000000.0")				
600000000000000000000 mm (23622000000000000000.0")				
750000000000000000000 mm (29527500000000000000.0")				
950000000000000000000 mm (37401000000000000000.0")				
1180000000000000000000 mm (46456500000000000000.0")				
1475000000000000000000 mm (58320000000000000000.0				

**APENDICE Z****Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

INEN 52 *Reglas para redondear números.*

INEN 154 *Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.* INEN 685 *Geotecnia: Mecánica de suelos. Terminología y simbología.*

INEN 688 *Mecánica de suelos. Preparación de muestras alteradas para ensayos*

**Z.2 BASES DE ESTUDIO**

Norma Americana ANSI/ASTM D 2216-71 (Reapproved 1972). *Standard method of laboratory determination of moisture content of soil.* American National Standard Institute/American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 1979.

Norma Australiana AS 1289 B1. 1-1977. *Determination of the moisture content of a soil-oven drying method (Standard method).* Standard Association of Australia, North Sidney, 1977.

*Manual de laboratorio para mecánica de suelos.* Escuela Técnica de Ingenieros. Quito, 1975.

Norma Británica BS 1377:1975, Test 1. *Determination of the moisture content, Test 1 (A). Standard method (Oven drying method). (Method of test soil for civil engineering purposes).* British Standards Institution. Londres, 1975.

Norma India IS: 2720 (Part II)-1973. *Determination of water content. (Second revision). Section 1, Oven-drying method. (Standard method). (Method of Test for soils).* Indian Standards Institution. Nueva Delhi, 1973.

Norma Argentina IRAM 10 519-1970. *Mecánica de suelos Método de laboratorio para la determinación de humedad.* Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1970.

## 7.10.6 NORMA INEN 294

CDU: 691.421		CO 02.07-301
<b>Norma Técnica Ecuatoriana</b>	<b>LADRILLOS CERAMICOS DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>	<b>INEN 294</b> 1977-05
<p><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método de ensayo de ladrillos cerámicos que se emplean en albañilería para determinar su resistencia a la compresión.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma comprende los ladrillos cerámicos fabricados en arcilla moldeada y cocida. No comprende a los ladrillos refractarios o fabricados con materiales sílico-calcareos.</p> <p><b>3. RESUMEN</b></p> <p>3.1 El procedimiento descrito en esta norma se basa en la aplicación de una carga progresiva de compresión a una muestra de ladrillo, hasta determinar su resistencia máxima admisible.</p> <p><b>4. DISPOSICION ESPECÍFICA</b></p> <p>4.1 La carga que se aplique para determinar la resistencia a la compresión de un ladrillo ejercerá el esfuerzo correspondiente, en la misma dirección en que las cargas o los pesos propios vayan a actuar sobre él en las construcciones. En caso de duda, esta dirección corresponderá a la menor dimensión del ladrillo.</p> <p><b>5. METODO</b></p> <p><b>5.1 Instrumental</b></p> <p>5.1.1 Puede usarse cualquier máquina de compresión provista de plato con rótula de segmento esférico, siempre que las superficies de contacto de los apoyos sean iguales o mayores que las muestras de prueba.</p> <p><b>5.2 Preparación de las muestras</b></p> <p>5.2.1 Las muestras a utilizarse consisten en mitades de ladrillos con caras planas y paralelas, obtenidas de cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos apreciables, cortados mediante herramientas adecuadas, para evitar que se deterioren las aristas.</p> <p>5.2.2 En caso de que las muestras presenten irregularidades de forma o sus caras tengan estrías o ranuras, se someterán al siguiente tratamiento de preparación:</p> <p>a) Se recubren las caras de la muestra, que van a estar en contacto con la máquina, con una capa compuesta por una mezcla que contenga azufre en proporción de 40 a 60% o (en masa) con arcilla, ceniza volcánica u otro material inerte. La aplicación de esta capa se hará de la manera indicada en el Anexo A.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

- b) Una vez aplicadas las capas de la mezcla de azufre, se dejará enfriar durante un tiempo mínimo dos horas.
- c) Cuando la superficie de la muestra presente oquedades, se llenarán con pasta de cemento Pórtland, que se dejará fraguar durante 24 horas, después de las cuales se procederá a la aplicación de la capas.

### 5.3 Procedimiento

**5.3.1** Las muestras se ensayan centrándolas con respecto a la rótula y de manera que la carga se aplique en la dirección de su menor dimensión.

**5.3.2** Aproximadamente hasta la mitad de la carga máxima probable, se aplica ésta a cualquier velocidad. La carga restante se aplica gradualmente, en un tiempo no inferior a un minuto ni superior a dos.

### 5.4 Cálculos

**5.4.1** La resistencia a la compresión se calcula por la ecuación siguiente:

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

Siendo:

$C$  = La resistencia a la compresión, en Megapascales.

$P$  = La carga de rotura, en Newtones.

$A$  = Área de la seccionen milímetros cuadrados.

**5.4.2** La superficie  $A$  se calcula por la ecuación siguiente:

$$A = a \times l$$

Siendo:

$a$  = ancho de la muestra, en milímetros.

$l$  = largo de la muestra, en milímetros.

### 5.5 Expresión de los resultados

**5.5.1** El promedio de los valores obtenidos en cinco muestras representa la resistencia a la compresión del lote de ladrillos sometidos a ensayo.

(Continúa)

**ANEXO A****A.1 Colocación de las capas de mezcla de azufre**

**A.1.1** Colocar cuatro barras de acero de sección transversal cuadrada de 25 mm de lado, sobre una lámina metálica previamente impregnada en aceite, para formar un molde rectangular, aproximadamente 12 mm mayor que las dimensiones de las aristas de la muestra.

**A.1.2** Calentar la mezcla de azufre en un recipiente controlado termostáticamente, hasta una temperatura suficiente para mantener la fluidez por un período de tiempo razonable, después del contacto con la superficie que se está cubriendo. Debe evitarse el subcalentamiento y agitarse el líquido en el recipiente inmediatamente antes de usarlo.

**A.1.3** Llenar el molde con la mezcla derretida. Colocar rápidamente la cara de la muestra que se esté alisando en el líquido y acomodarla de tal manera que sus ejes formen ángulos rectos con la superficie cubierta. Repetir la operación para la cara opuesta.

**A.1.4** El espesor de las dos capas deberá ser aproximadamente el mismo y deberá permitirse que la muestra permanezca sin perturbaciones hasta la solidificación completa de las mismas.

*(Continua)*

**APÉNDICE Z****Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

INEN 1 *Sistema Internacional de Unidades.*  
INEN 292 *Ladrillos cerámicos. Muestreo.*  
INEN 293 *Ladrillos cerámicos. Definiciones, clasificación y condiciones generales.*

**Z.3 BASES DE ESTUDIO**

Norma India IS: 3495-1966. *Method of sampling and testing clay building bricks.* Indian Standards Institution. Nueva Delhi, 1971.

Norma Argentina IRAM 1594 *Ladrillos para construcción. Métodos de ensayo generales.* Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1955.

Norma Colombiana ICONTEC 451. *Ladrillos cerámicos.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1972.

## 7.11 ANEXO 11.- FOTOS



ROLLO DE CABUYA



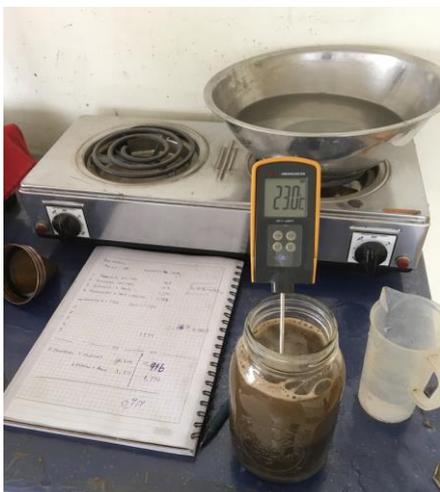
MATERIALES PARA ELABORACIÓN DE SUPERADOBE



TAMIZAJE DE MATERIAL



PRUEBA DE S.S.S.



COMPROBACIÓN TEMPERATURA



ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG



**ENSAYO DE PLASTICIDAD**



**RECOLECCIÓN DE DATOS**



**MEZCLA DE AGREGADOS**



**DOSIFICACIÓN DE SUPERADOBE**



**RELLENO DE SACOS DE POLIPROPILENO Y CABUYA**



**COLOCACIÓN DE ALAMBRE DE PÚAS**



APISONADOR DE HORMIGÓN



RELLENO DE SACO DE CABUYA



PROBETAS DE SUPERADOBE



VERIFICACIÓN DE MEDIDAS



MAQUINA DE COMPRESIÓN



COMPRESIÓN DE PROBETA



**PROBETA DE POLIPROPILENO  
ENSAYADA A COMPRESIÓN**



**PROBETA DE CABUYA ENSAYADA A  
COMPRESIÓN**



**RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN**



**FÁBRICA DE LADRILLOS CHAMBO**



**COMPROBACIÓN DE MEDIDAS**



**ENSAYO A COMPRESIÓN LADRILLOS**