



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE BASE ESTABILIZADA CON  
CEMENTO HOLCIM FUERTE TIPO GU Y HOLCIM BASE VIAL  
TIPO MH PARA IMPLEMENTAR EN VÍAS.**

**AUTOR:**

**Cedeño Cedeño, Pedro Daniel.**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:**

**Ing. De La Pared Condo, Daniel, M.I.**

**Guayaquil, Ecuador**

**01 de Marzo del 2018**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Cedeño Cedeño, Pedro Daniel**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

**TUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. De La Pared Condo, Daniel, M.I.**

**DIRECTORA DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany, Msc.**

**Guayaquil, a los 01 del mes de Marzo del año 2018**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Cedeño Cedeño, Pedro Daniel**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Análisis comparativo de base estabilizada con cemento Holcim Fuerte tipo GU y Holcim Base Vial tipo MH para implementar en vías** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 01 del mes de Marzo del año 2018**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Cedeño Cedeño, Pedro Daniel**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Cedeño Cedeño, Pedro Daniel**

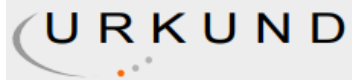
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Análisis comparativo de base estabilizada con cemento Holcim Fuerte tipo GU y Holcim Base Vial tipo MH para implementar en vías**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 01 del mes de Marzo del año 2018**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_  
**Cedeño Cedeño, Pedro Daniel**

# REPORTE URKUND



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** TRABAJO TITULACION PEDRO CEDEÑO 25-01-18.doc (D35025774)  
**Submitted:** 1/25/2018 5:31:00 PM  
**Submitted By:** claglas@hotmail.com  
**Significance:** 1 %

Sources included in the report:

Tesis Estab Cemento MH - Jurado - Clavijo.docx (D24082036)

Instances where selected sources appear:

2

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradezco a Dios por guiarme durante todo el camino para la obtención de mi título universitario.

A mis padres Pedro y Nelly por todo su esfuerzo, amor y motivación durante estos 5 años de estudios.

A mi novia Daniela e hija Valentina, que fueron mi motor para poder culminar esta carrera.

Al Ing. Daniel De La Pared por su tiempo y por compartir su experiencia durante el desarrollo de mi trabajo de titulación.

Finalmente a mis hermanos y amigos que fueron un apoyo en todo momento durante mi vida universitaria.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación se lo dedico a mi familia, novia e hija por haberme tenido la paciencia necesaria y darme el apoyo que necesitaba en todo momento en la obtención de este título.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Stefany Alcívar Bastidas, Msc.**  
DIRECTORA DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Luis Octavio Yépez, M.S**  
DELEGADO DE COORDINADOR DE ÁREA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Rolando Vila Romani, PhD.**  
OPONENTE



# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	2
I.1.- CONSIDERACIONES.....	2
I.2.- ANTECEDENTES.....	2
I.3.- DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA .....	3
I.4.- JUSTIFICACIÓN.....	3
I.5.- ALCANCE .....	3
I.6.- OBJETIVO GENERAL.....	4
I.7.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
I.8.- METODOLOGÍA .....	4
CAPÍTULO 1 .....	6
ELABORACIÓN BRIQUETAS SUELO - CEMENTO.....	6
1.1 INTRODUCCIÓN.....	6
1.2 METODOLOGÍA DE LA ELABORACIÓN BRIQUETAS SUELO-CEMENTO.....	9
1.3 DESENCOFRADO Y CURADO DE LAS BRIQUETAS SUELO-CEMENTO.....	12
1.4 CLASIFICACIÓN DE SUELOS MÉTODO AASHTO .....	14
1.5 RESULTADO.....	16
CAPÍTULO 2 .....	17
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BRIQUETAS SUELO-CEMENTO .....	17
2.1 INTRODUCCIÓN .....	17
2.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SEGÚN NORMA ASTM-D1632 ....	17

2.3 RESULTADOS.....	19
CAPÍTULO 3 .....	25
PÉRDIDA DE RESISTENCIA EN BRIQUETAS SATURADAS .....	25
3.1 INTRODUCCIÓN .....	25
3.2 FINALIDAD DEL ESTUDIO .....	25
3.3 METODOLOGÍA DEL ENSAYO .....	26
3.3 RESULTADOS DEL ENSAYO.....	29
CAPÍTULO 4 .....	31
PERMEABILIDAD EN BRIQUETAS SUELO-CEMENTO .....	31
4.1 INTRODUCCIÓN .....	31
4.2 EQUIPO PARA EL ENSAYO DE PERMEABILIDAD .....	32
4.3 METODOLOGÍA DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD.....	33
4.4 RESULTADOS.....	36
CAPÍTULO 5 .....	39
ENSAYO DE DURABILIDAD EN BRIQUETAS SUELO-CEMENTO. ....	39
5.1 INTRODUCCIÓN .....	39
5.2 METODOLOGÍA DEL ENSAYO .....	40
5.3 DATOS PARA EL ENSAYO .....	43
5.4 RESULTADOS OBTENIDOS .....	45
CAPÍTULO 6 .....	52
ANÁLISIS ECONÓMICO .....	52
6.1 INTRODUCCIÓN .....	52

6.2 METODOLOGÍA .....	52
6.3 RESULTADOS.....	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
BIBLIOGRAFÍA .....	58

# ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.- CLASIFICACIÓN DE SUELO AASHTO -----	15
TABLA 2.- PORCENTAJE DE PESOS SEGÚN MOP PARA BASE CLASE 1 -----	16
TABLA 3.- RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN -----	19
TABLA 4.- RESUMEN DE RESULTADOS PRUEBA DE COMPRESIÓN 7 DÍAS -----	19
TABLA 5.- RESUMEN DE RESULTADOS PRUEBA DE COMPRESIÓN 14 DÍAS. -----	20
TABLA 6.- RESUMEN DE RESULTADOS PRUEBA DE COMPRESIÓN 28 DÍAS -----	20
TABLA 7.- RESUMEN RESULTADOS DE ENSAYO A LA COMPRESIÓN BRIQUETAS SATURADAS -----	29
TABLA 8.- TABLA DE VALORES DE PERMEABILIDAD -----	36
TABLA 9.- RESUMEN DE RESULTADOS PARA ENSAYO DE PERMEABILIDAD -----	37
TABLA 10.- VALORES PROMEDIO DE AGUA RETENIDA -----	40
TABLA 11.- PÉRDIDA DE PESO EN MUESTRA EN PRUEBA DE MOJADO Y SECADO -	40
TABLA 12.- FORMATO PARA RECOPIACIÓN DE DATOS EN EL ENSAYO DE DESGASTE -----	44
TABLA 13.- RESUMEN DE RESULTADOS PARA ENSAYOS DE DURABILIDAD-----	45
TABLA 14.- ANÁLISIS ECONÓMICO PARA LOS CEMENTOS COMPARADOS -----	54

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1.- COMPARACIÓN DE RESISTENCIA GU VS MH 5,06% -----	21
GRÁFICA 2.- COMPARACIÓN DE RESISTENCIA GU VS MH 3,80% -----	22
GRÁFICA 3.- COMPARACIÓN DE RESISTENCIA GU VS MH 2,53% -----	23
GRÁFICA 4.- COMPARACIÓN RESISTENCIA GU VS MH 1,27% -----	23

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.- MOLDES USADOS PARA LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS SUELO-CEMENTO-----	9
FIGURA 2.- COMPENSACIÓN DEL MATERIAL OBTENIDO CANTERA PRECON-----	10
FIGURA 3.- MEZCLA DE MATERIAL BASE Y CEMENTO -----	11
FIGURA 4.- INCORPORACIÓN DE AGUA A LA MEZCLA-----	11
FIGURA 5.- ELABORACIÓN DE LAS BRIQUETAS SUELO-CEMENTO-----	12
FIGURA 6.- DESENCOFRADO DE LAS BRIQUETAS SUELO-CEMENTO -----	13
FIGURA 7.- COLOCACIÓN DE LAS BRIQUETAS EN FUNDAS PLÁSTICAS-----	13
FIGURA 8.- CURADO DE LAS BRIQUETAS EN ARENA -----	14
FIGURA 9.- BRIQUETAS DE CEMENTO MH ELABORADAS -----	16
FIGURA 10.- ENSAYO A COMPRESIÓN SIMPLE-----	18
FIGURA 11.- BRIQUETA DE SUELO-CEMENTO SATURADA PARA EL ENSAYO -----	27
FIGURA 12.- ADAPTACIÓN DE LA BRIQUETA SUELO-CEMENTO AL MOLDE -----	27
FIGURA 13.- ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN BRIQUETAS SATURADAS -----	28
FIGURA 14.- FINALIZACIÓN DE ENSAYO PARA BRIQUETAS SUELO-CEMENTO -----	28
FIGURA 15.- EQUIPO PARA ENSAYO DE PERMEABILIDAD -----	33
FIGURA 16.- PRUEBA DE FUGAS EN EL EQUIPO DE PERMEABILIDAD-----	33
FIGURA 17.- ACOPLAMIENTO DE LA BRIQUETA SUELO-CEMENTO EN EL PERMEÁMETRO -----	34
FIGURA 18.- SELLADO DEL TUBO DE ACRÍLICO CON EL PERMEÁMETRO -----	34
FIGURA 19.- ENSAYO DE PERMEABILIDAD COLOCANDO 2000 ML DE AGUA-----	35
FIGURA 20.- MARCACIÓN DE LAS BRIQUETAS -----	41
FIGURA 21.- TOMA DE MEDIDA DEL DIÁMETRO DE LA BRIQUETA A ENSAYAR -----	42
FIGURA 22.- TOMA DE MEDIDA DE LA ALTURA DE LA BRIQUETA A ENSAYAR -----	42
FIGURA 23.- PESO DE LA BRIQUETA A ENSAYAR -----	43
FIGURA 24.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #1- 2 SACOS---	45
FIGURA 25.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #2 – 2 SACOS -	46
FIGURA 26.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #1 - 1-1/2 SACOS -----	46
FIGURA 27.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #2 - 1-1/2 SACOS -----	47
FIGURA 28.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #1 - 1 SACO----	47
FIGURA 29.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #2 - 1 SACO---	48
FIGURA 30.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #1 - 1/2 SACO -	48
FIGURA 31.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #2 - 1/2 SACO-	49
FIGURA 32.- BRIQUETAS #1 DE CEMENTO GU DESPUÉS DE 12 CICLOS -----	50

FIGURA 33.- BRIQUETAS #1 DE CEMENTO MH DESPUÉS DE 12 CICLOS -----	50
FIGURA 34.- BRIQUETAS #2 CEMENTO MH DESPUÉS DE 12 CICLOS -----	51
FIGURA 35.- BRIQUETAS #2 CEMENTO GU DESPUÉS DE 12 CICLOS-----	51
FIGURA 36.- COTIZACIÓN COMERCIAL DEL CEMENTO GU -----	53

## RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se realiza la comparación de un tipo de suelo, el cual será estabilizado con dos diferentes tipos de cemento, el primero con cemento Holcim Fuerte tipo GU, que es usado comúnmente en las estabilizaciones de suelos, y el segundo un producto nuevo en el mercado que es el cemento Holcim Base Vial tipo MH.

Se plantea una segunda diferenciación, que son los porcentajes de cemento que se usarán para los ensayos de laboratorio.

Se realizó ensayos de granulometría, para saber si nuestro material a estabilizar, clasifica como un material granular tipo Base; ensayo Proctor Modificado para conocer la densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad; ensayos de Compresión Simple para saber la resistencia a 7, 14 y 28 días, todos bajo normas ASTM que serán las encargadas de regir la presente investigación.

Con los diferentes datos obtenidos a nivel de laboratorio, se podrá conocer el comportamiento de un material Base estabilizado con estos dos tipos de cemento y dependiendo del requerimiento del constructor conocer cual se debe implementar en diferentes vías.

***Palabras Claves: Estabilización, Cemento, Densidad, Resistencia, Humedad, Compresión, Norma ASTM.***



## ABSTRACT

In the following degree work, the comparison of stabilization of a soil with different types of cement is made, the first one with cement Holcim Fuerte tipo GU, which is commonly used in soil stabilization and the second one a new product in the market which is cement Holcim Base Vial tipo MH.

A second difference is established, which is the percentages of cement that will be used in the laboratory tests.

Particle size distribution also known as grading was made to the material selected to stabilize to know if it qualifies as a granular material called Base; Compaction test for determining the maximum dry density and the optimum water content; compression for determining the resistance at 7, 14 and 28 days, all tests under ASTM standards which will command the following investigation.

With the different data obtained at the lab, the behavior of a Base material stabilized with these two kinds of cement will be known and depending on the construction requirements which must be used in different projects.

***Key Words: Stabilization, Cement, Density, Resistance, Humidity, Compression, ASTM Standard.***

# **INTRODUCCIÓN**

## **I.1.- CONSIDERACIONES**

La estabilización de un suelo es conocida desde hace muchos años en el Ecuador, el conocimiento de cómo se comporta un suelo estabilizado se puede resumir en el aumento de su capacidad de carga al aumentar su resistencia, solucionar problemas de lavado de finos, soluciones medio ambientales debido a que se reduce la explotación de nuevos yacimientos y la reducción de costo de construcción de vías, son factores importantes para la implementación de este método constructivo en el país.

## **I.2.- ANTECEDENTES**

El uso de un suelo y cemento nos lleva muchos años atrás en la historia, desde los 500 A.C. en algunas vías de comunicación del imperio Romano, existentes hasta hoy, pero su estudio y metodología empieza en Inglaterra a inicios de la década de 1910- 1920, pero ya en 1917 en Estados Unidos empieza el uso masivo de estos suelos con cementos, promovidos a gran escala por la PCA (Portland Cement Association) pero en pequeños tramos de pruebas, esto duro hasta 1930- 1940.

Pasaron pocos años para que ya en España y Latinoamérica se empezara a hablar de este producto y es así que, después de la Segunda Guerra Mundial en 1945, países como Argentina, Colombia y El Salvador ganan alrededor de 50 años de experiencia en cementos hidráulicos.

Fue muy importante debido a que por los años de 1950 países como Alemania, Francia y Australia ya presentaban un crecimiento impresionante en este tipo de uso de suelos mejorados con cemento, implementados en construcción de caminos.

En 1980 hasta la fecha esta metodología se generaliza y se da a conocer por todo el mundo, pero en el Ecuador existen escasos proyectos de aplicación debido a la poca investigación y desarrollo de cada país.

### **I.3.- DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**

En el Ecuador, para los diversos proyectos de la red vial, que esté involucrada la estabilización de base con cemento, se utiliza únicamente el cemento Holcim Fuerte tipo GU, debido al desconocimiento de otro producto que ayude a mejorar la resistencia de este suelo.

Actualmente la empresa HOLCIM ECUADOR tiene un producto llamado Holcim Base Vial tipo MH, el mismo que se lo ha recomendado utilizar en estabilizaciones de suelos, pero este no ha sido implementado en gran magnitud en los proyectos viales.

### **I.4.- JUSTIFICACIÓN**

Debido al desconocimiento de otro producto para estabilización de base, a pesar de la existencia, esto demanda el estudio y comparación a nivel de laboratorio de la aplicación del cemento Holcim Fuerte tipo GU y Base Vial tipo MH, para conocer su comportamiento y también bajo qué criterios y requerimientos se puede utilizar cada uno de estos cementos.

Al final se compararan resultados y bajo criterios de ingeniería podremos saber que cemento utilizar cuando tengamos diferentes circunstancias media ambientales y estructurales al momento de implementar en las diferentes vías del Ecuador.

### **I.5.- ALCANCE**

El alcance de este trabajo de titulación consistirá en identificar el comportamiento al agregar diferentes porcentajes de cemento de Holcim Fuerte tipo GU y Holcim Base Vial tipo MH y sus beneficios al momento de ser implementados en vías, frente a diferentes ensayos que nos darán resultados importantes y posteriormente con criterios de ingeniería interpretarlos para saber el beneficio de cada uno de los cementos ante diversas adversidades existentes en obra.

## **I.6.- OBJETIVO GENERAL**

Comparar el efecto y desempeño del empleo de dos tipos de cemento al realizar una estabilización de base granular con cemento Holcim Fuerte tipo GU y cemento Base Vial tipo MH.

## **I.7.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obtener resultados que muestren la diferencia entre los dos tipos de cemento para implementar en bases cementantes.
- Identificar las principales ventajas técnicas y económicas en la implementación de estos dos tipos de cementos.
- Conocer el desempeño de los dos tipos de cementos al realizar una base estabilizada con porcentaje de cemento diferente.
- Reconocer los beneficios de una implementación de base estabilizada con cemento Holcim Fuerte tipo GU y Holcim Base Vial tipo MH.

## **I.8.- METODOLOGÍA**

El desarrollo de esta investigación se realizó mediante el estudio de dos partes, la primera que es el suelo y la segunda parte los ensayos que se debían realizar ya una vez elaboradas las briquetas suelo-cemento.

El suelo era una base granular y se debían realizar los siguientes ensayos, todos bajo normas ASTM, que fueron las normas que rigieron nuestra investigación:

- Humedad: ASTM - D2216.
- Límites: ASTM - D4318.
- Granulometría: ASTM - D422.
- Clasificación SUCS: ASTM - D2487.
- Proctor modificado: ASTM - D1557.

Mediante la elaboración de briquetas suelo-cemento, con diferentes porcentajes de cemento y dirigida a la construcción en campo, así mismo los porcentajes de cemento debían estar en función de esto:

1. 5.06% corresponde a 2 sacos.
2. 3,80% corresponde a 1,5 sacos.
3. 2,53% corresponde a 1 saco.
4. 1,27% corresponde a ½ saco.

Estos porcentajes fueron representados en función de 1 m<sup>3</sup> de base granular.

Una vez elaboradas las briquetas se realizaron los siguientes ensayos, así mismo bajo normas ASTM:

- Compresión simple: ASTM- D1632
- Permeabilidad de carga constante: ASTM- D2434
- Durabilidad: ASTM- D559

Para finalizar la investigación se realizó un análisis económico y con los resultados se ejecutó un análisis comparativo entre el uso de los diferentes tipos de cementos y analizar el desempeño al ser implementado como base cementante para proyectos viales.

# CAPÍTULO 1

## ELABORACIÓN BRIQUETAS SUELO - CEMENTO

### 1.1 INTRODUCCIÓN

La elaboración de las briquetas suelo-cemento fue lo primordial de esta investigación, debido a que estos espécimen nos sirvieron para realizar diferentes ensayos, posteriormente nos dieron resultados que fueron importantes y de gran aporte en esta investigación.

Su elaboración se lo realizo mediante parámetros que debían ser cumplidos en su totalidad, debido a que una mala elaboración, nos daría resultados erróneos y por lo tanto estos resultados serían incoherentes.

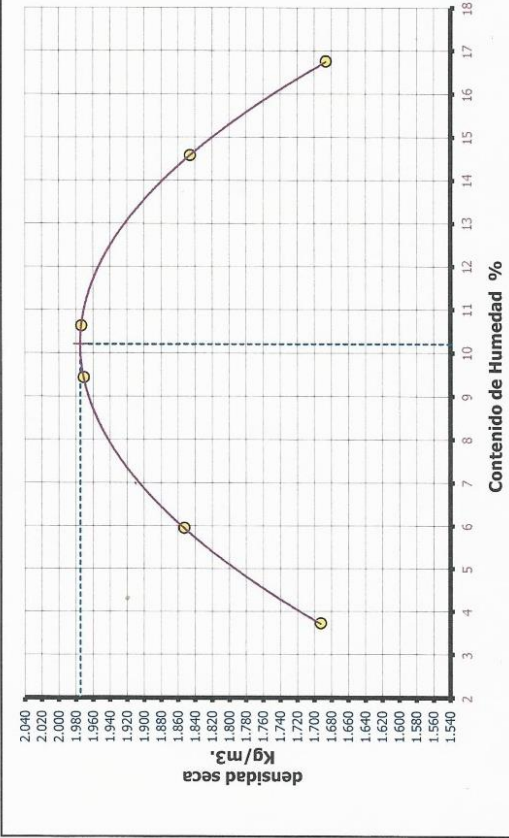
Debemos recordar que cuando realizamos briquetas suelo-cemento, ya debemos conocer las propiedades del material, en este caso era una base granular, junto a dos tipos de cemento diferentes.

A la base granular se le realizó ensayos de humedad para conocer el contenido de agua de este suelo; granulometría, este ensayo se lo realizo para saber con qué tipo de base según MTOP íbamos a trabajar, límites de Atterberg; para tener presente si nuestro material iba a tener presencia de plasticidad y cumplir con los reglamentos de MTOP y Proctor modificado; que es el ensayo que se le realiza a los materiales con contenido de gruesos y nos daría la humedad óptima y densidad seca máxima de este material. Todos estos resultados nos sirvieron para conocer los diferentes parámetros de nuestra base granular y así poder realizar el diseño de nuestras briquetas suelo-cemento.

Nuestro material fue obtenido de la cantera de PRECON ubicada en el Km 12 vía a la costa y debía cumplir con los parámetros de una base granular clase 1 tipo A.

<b>Material :</b> Pasante tamiz 3/4	<b>Fecha :</b> octubre 18, 2017	<b>Muestra # :</b> 1
<b>Volumen del cilindro :</b> 0,002124 m <sup>3</sup>	<b>Contratista :</b> PEDRO DANIEL CEDAÑO CEDAÑO	
<b>Peso del cilindro :</b> 6,65 kg.	<b>Solicitado por :</b> DANIEL DE LA PARED CONDO	
<b>Diámetro cilindro :</b> 6,00 pulg.	<b>Obra :</b> TESIS UCSG B2017 - ANÁLISIS COMPARATIVO DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO HOLCIM FUERTE TIPO GU Y HOLCIM BASE VIAL TIPO MH PARA IMPLEMENTAR EN VÍAS	
<b>Peso del martillo :</b> 10,00 Lbs.	<b>Fuente material :</b> CANTERA PRECON	
<b># de golpes por capa :</b> 56	<b>Localiz. Obra :</b> TESIS UCSG B2017	
<b># de capas :</b> 5	<b>Tipo de material :</b> BASE CLASE 1 TIPO A	
<b>Altura de caída :</b> 18 pulg.	<b>Fiscaliza :</b> GRAVA LIMOSA MAL GRADUADA COLOR GRIS CLARO CON ARENA GRUESA	

Cantidad de Agua cm <sup>3</sup>	Recipiente No.	Peso Tierra Humeda + recipiente gr.	Peso Tierra Seca + recipiente gr.	Peso del Recipiente gr.	Peso Agua gr.	Peso Seco gr.	Agua %	Peso Tierra Humeda + Cilindro Kg.	Peso Tierra Humeda W Kg.	1 + w / 100	Peso de Tierra Seca WS Kg.	Densidad Seca Kg./m <sup>3</sup>
H.I.	735	420,85	407,70	54,40	13,15	353,30	3,72	10,379	3,729	1,037	3,595	1.693
150	540	304,51	290,30	51,20	14,21	239,10	5,94	10,820	4,170	1,059	3,936	1.854
300	745	320,72	297,70	53,60	23,02	244,10	9,43	11,231	4,581	1,094	4,186	1.971
450	271	296,55	272,60	47,10	23,95	225,50	10,62	11,288	4,638	1,106	4,193	1.974
600	315	309,30	275,50	43,70	33,80	231,80	14,58	11,143	4,493	1,146	3,921	1.847
750	726	490,38	427,60	52,80	62,78	374,80	16,75	10,833	4,183	1,168	3,583	1.687









## 1.2 METODOLOGÍA DE LA ELABORACIÓN BRIQUETAS SUELO-CEMENTO

La metodología usada para la elaboración de las briquetas suelo-cemento fue basada en la norma ASTM- D1633

Donde según esta norma (ASTM- D1633-17) menciona, los moldes a usar deben ser de 4.0 in (101,6 mm) de diámetro y 4,6 in (116,8 mm) de altura y solo puede ser usado para materiales con 30% o menos retenidos en el tamiz de 19.0 mm ( $\frac{3}{4}$  in).



**FIGURA 1.- MOLDES USADOS PARA LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS SUELO-CEMENTO**

Fuente: Autor

Para la preparación del material y para cumplir con la norma, fue necesario realizar una compensación del material que consistía en, el peso de material retenido en el tamiz de  $\frac{3}{4}$ " debía ser reemplazado por el peso similar del pasante del tamiz de  $\frac{3}{4}$ " y retenido en el tamiz № 4.



**FIGURA 2.- COMPENSACIÓN DEL MATERIAL OBTENIDO CANTERA PRECON**

Fuente: Autor

Una vez preparado este material se procedió a la mezcla de la base granular ya compensada y el cemento, en este procedimiento se colocaban los porcentajes de cemento correspondientes a 2 sacos, 1-  $\frac{1}{2}$  sacos, 1 saco y  $\frac{1}{2}$  saco según nuestro diseño, y según el número de briquetas que se realizarían para ensayar a los 7, 14, y 28 días, que en este caso fueron 2 briquetas para cada fase; entonces:

- Para 2 sacos eran 0,80 kg de cemento y 15,80 kg de base.
- Para 1-  $\frac{1}{2}$  sacos eran 0,60 kg de cemento y 15,80 kg de base.
- Para 1 saco eran 0,40 kg de cemento y 15,80 kg de base.
- Para  $\frac{1}{2}$  saco era 0,20 kg de cemento y 15,80 kg de base.



**FIGURA 3.- MEZCLA DE MATERIAL BASE Y CEMENTO**

Fuente: Autor

Una vez mezclado el material se agregaba agua potable según diseño, posteriormente se mezclaba y el material estaba listo para elaborar las briquetas.



**FIGURA 4.- INCORPORACIÓN DE AGUA A LA MEZCLA**

Fuente: Autor

Este material se colocaba en el molde en las cantidades necesarias para concluir las briquetas en 5 capas, en cada capa con el martillo de 10 lbs se golpeaba durante 25 ocasiones.



**FIGURA 5.- ELABORACIÓN DE LAS BRIQUETAS SUELO-CEMENTO**

Fuente: Autor

### **1.3 DESENCOFRADO Y CURADO DE LAS BRIQUETAS SUELO-CEMENTO.**

El desencofrado de las briquetas suelo-cemento, se lo realizó a las 24 horas posteriores a su elaboración, estas debían ser manejadas con el mayor cuidado posible, debido a que si eran golpeadas podían dar resultados de resistencias erróneos.

Una vez fuera del molde se procedía al curado, la espécimen se la colocaba en fundas plásticas herméticas para conservar la humedad y colocadas en una 'cama de arena', consistía en cubrirlas con arena húmeda y dejarlas en esa etapa, hasta que cumpla la edad requerida para los ensayos.





**FIGURA 6.- DESENCOFRADO DE LAS BRIQUETAS SUELO-CEMENTO**

Fuente: Autor



**FIGURA 7.- COLOCACIÓN DE LAS BRIQUETAS EN FUNDAS PLÁSTICAS**

Fuente: Autor



**FIGURA 8.- CURADO DE LAS BRIQUETAS EN ARENA**

Fuente: Autor

#### **1.4 CLASIFICACIÓN DE SUELOS MÉTODO AASHTO**

La clasificación según AASHTO se la realizó para cumplir ciertas especificaciones técnicas mencionadas en una ficha técnica del cemento Holcim Base Vial presente en la página de HOLCIM ECUADOR como soluciones en cemento, según la siguiente tabla:

Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)						Materiales limoso arcilloso (Más de 35% pasa por el tamiz N°200)					
	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Porcentaje que pasa N°10 (2mm)	50 máx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N°40 (0,425mm)	30 máx	50 máx	51 min.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N°200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx				36 min				
Características de la fracción que pasa por el tamiz N°40												
Límite líquido	-	-	40 máx	41 máx	40 máx	41 máx	40 máx	41 máx	40 máx	41 máx	40 máx	41 min (2)
Índice de plasticidad	6 máx	NP (1)	10 máx	10 máx	11 máx	11 máx	10 máx	10 máx	11 máx	11 máx	11 máx	11 min
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo					

**TABLA 1.- CLASIFICACIÓN DE SUELO AASHTO**

Fuente: (HOLCIM ECUADOR S.A, 2016)

Según la granulometría presentada nuestro suelo clasifica como un suelo tipo A-1-a.

Uno de los requisitos mencionados en la presente ficha técnica nos dice que el material a trabajar con el cemento Base Vial tipo MH debe cumplir ciertas características como:

1. Tamaño máximo= 50 mm
2. Pasante de la malla #4 = 55% al 100%
3. Pasante de la malla #200 = 5% al 35%

Nuestro material BASE obtenido en la cantera de PRECON no cumple con el requisito #2 debido a que presenta un 45% de material que pasa por la malla #4, muy cercano a la requerida, por tal motivo se da como apto para nuestro uso. Debemos mencionar que nuestra material si cumple según la norma AASHTO como un suelo A-1-a y también según la norma ASTM- D422 como una Base clase 1 tipo A, que según MOP 2002 en la tabla 404-6.1 son los suelos tipo Base que pueden ser estabilizados.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Tipo A	Tipo B
2" (50.8 mm.)	100	--
1 1/2" (38,1mm.)	70 - 100	100
1" (25.4 mm.)	55 - 85	70 - 100
3/4"(19.0 mm.)	50 - 80	60 - 90
3/8"(9.5 mm.)	35 - 60	45 - 75
Nº 4 (4.76 mm.)	25 - 50	30 - 60
Nº 10 (2.00 mm.)	20 - 40	20 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 25	10 - 25
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 12	2 - 12

**TABLA 2.- PORCENTAJE DE PESOS SEGÚN MOP PARA BASE CLASE 1**

Fuente: (MOP, 2002)

## 1.5 Resultado

Como resultado de la elaboración de briquetas suelo cemento, fue que mediante este procedimiento se obtuvieron el siguiente número de briquetas:

- 48 briquetas suelo-cemento para resistencia a la compresión.
- 16 briquetas suelo-cemento para permeabilidad de carga constante.
- 16 briquetas suelo-cemento para ensayo de durabilidad.



**FIGURA 9.- BRIQUETAS DE CEMENTO MH ELABORADAS**

Fuente: Autor



## **Capítulo 2**

### **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN BRIQUETAS SUELO-CEMENTO**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

Uno de los valores que se esperan al momento de realizar una base estabilización de base es la resistencia a la compresión que vaya a obtener esta combinación de un material con cemento, este valor es un resultado muy esperado no solo por parte de la compañía constructora sino también por parte de fiscalización en las obras, debido a que esto le daría un indicativo si lo que se está realizando, estaría correcto o debería tener modificaciones.

Nuestro motivo de estudio de esta parte es saber cómo se comporta un suelo con cemento Holcim Fuerte tipo GU y cemento Holcim Base Vial, y con diferentes porcentajes de cemento comparar las resistencias que obtengan a los 7, 14 y 28 días, se escogen estos días debido a que son valores importante en estas fases.

Según MOP 2002 los valores mínimos de resistencia a la compresión son de 2,5 MPa es decir alrededor de 25 Kg-cm<sup>2</sup> a los 7 días, entonces nuestro requerimiento fue después de haber obtenido los datos de resistencia, analizar cuáles eran los porcentajes de cemento que cumplirían con este requerimiento.

#### **2.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SEGÚN NORMA ASTM-D1632**

El ensayo de resistencia a la compresión consistía en ensayar las briquetas antes realizadas y a las edades antes establecidas, para poder conocer la diferencia existente frente a una carga de compresión.

Para este ensayo se utilizaron para cada porcentaje de cemento 2 briquetas, ya que en caso que nos diera un valor que según nuestro punto de vista no era muy confiable, con la otra briketa esto era confirmado.

Todas las briquetas antes del ensayo eran pesadas, medidas el diámetro y la altura y con la ayuda de una máquina de ensayos a compresión, estas eran colocadas dentro de los moldes de rotura y ensayadas, esta nos especificaba la carga que lograba soportar la espécimen, posteriormente estos datos eran tabulados y nos daban un valor de resistencia de cada una de las briquetas.

Debemos recordar que el tiempo de la carga debía ser de forma moderada para así poder tener valores de carga correctos, si nosotros aplicábamos una carga demasiado rápido se podían perder valores de resistencia importantes para este estudio.



**FIGURA 10.- ENSAYO A COMPRESIÓN SIMPLE**

Fuente: Autor

## 2.3 RESULTADOS

Los resultados obtenidos por el ensayo a compresión se muestran en la siguiente tabla y las unidades están en Kg/cm<sup>2</sup>:

CEMENTO	DÍAS	2 SACOS (5,06%)	1,5 SACOS( 3,8%)	1 SACO (2,53%)	0,5 SACOS (1,27%)
GU	0	0	0	0	0
	7	61,62	41,91	28,38	20,24
	14	68,82	46,78	40,17	26,62
	28	77,50	59,38	50,18	34,68
CEMENTO	DÍAS	2 SACOS (5,06%)	1,5 SACOS( 3,8%)	1 SACO (2,53%)	0,5 SACOS (1,27%)
MH	0	0	0	0	0
	7	63,37	49,57	38,30	22,01
	14	70,08	52,96	45,78	30,11
	28	80,60	60,08	51,44	36,57

**TABLA 3.- RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN**

Fuente: Autor

Esta tabla nos muestra los resúmenes de resistencia obtenidos después de la rotura de las briquetas suelo-cemento con sus diferentes porcentajes de cemento.

RESUMEN DE RESULTADOS (7 Días)				
PORCENTAJE DE CEMENTO	NÚMERO DE SACOS	CEMENTO	RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	MH VS GU %
5,06%	2	GU	61,62	2,76
		MH	63,37	
3,80%	1,5	GU	41,91	15,45
		MH	49,57	
2,53%	1	GU	28,38	25,91
		MH	38,30	
1,27%	0,5	GU	20,24	8,01
		MH	22,01	

**TABLA 4.- RESUMEN DE RESULTADOS PRUEBA DE COMPRESIÓN 7 DÍAS**

Fuente: Autor

Nos da a conocer los resultados de las resistencias y la diferencia en porcentaje a los 7 días de edad.

<b>RESUMEN DE RESULTADOS (14 Días)</b>				
<b>PORCENTAJE DE CEMENTO</b>	<b>NÚMERO DE SACOS</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>RESISTENCIA (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>MH VS GU %</b>
5,06%	2	GU	68,82	1,80
		MH	70,08	
3,80%	1,5	GU	46,78	11,68
		MH	52,96	
2,53%	1	GU	40,17	12,24
		MH	45,78	
1,27%	0,5	GU	26,62	11,57
		MH	30,11	

**TABLA 5.- RESUMEN DE RESULTADOS PRUEBA DE COMPRESIÓN 14 DÍAS.**

Fuente: Autor

Nos da a conocer los resultados de las resistencias obtenidas y la diferencia en porcentaje a los 14 días de edad.

<b>RESUMEN DE RESULTADOS (28 Días)</b>				
<b>PORCENTAJE DE CEMENTO</b>	<b>NÚMERO DE SACOS</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>RESISTENCIA (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>MH VS GU %</b>
5,06%	2	GU	77,50	3,85
		MH	80,60	
3,80%	1,5	GU	59,38	1,16
		MH	60,08	
2,53%	1	GU	50,18	2,44
		MH	51,44	
1,27%	0,5	GU	34,68	5,17
		MH	36,57	

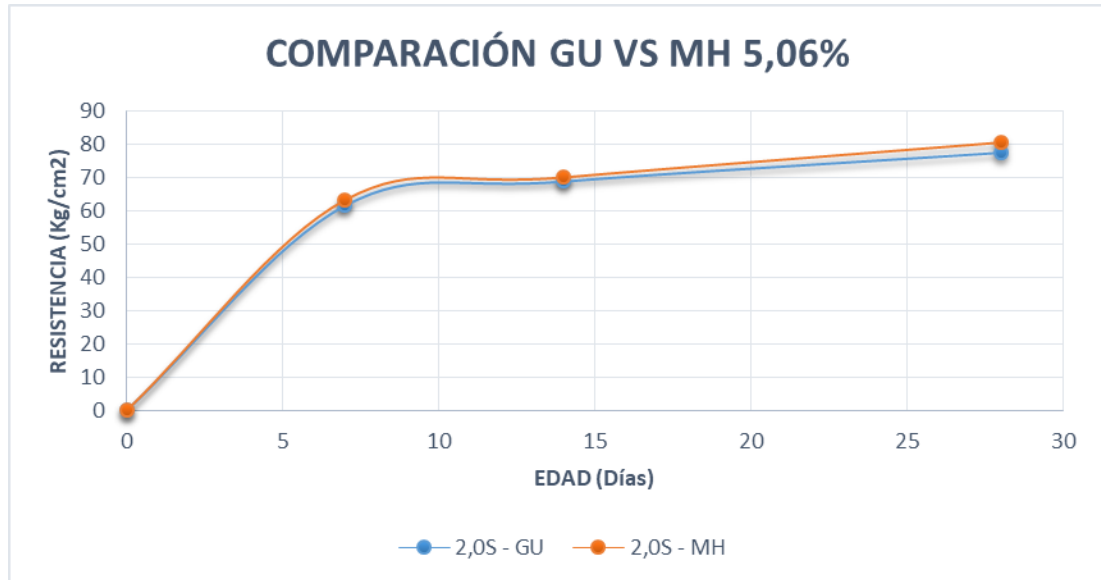
**TABLA 6.- RESUMEN DE RESULTADOS PRUEBA DE COMPRESIÓN 28 DÍAS**

Fuente: Autor

Nos da a conocer los resultados de las resistencias y la diferencia en porcentaje a los 28 días de edad después de la rotura.

Estas tablas nos ayudan a diferenciar de una manera numérica los valores de resistencias de cada una de las muestras; podemos notar que en el caso de 5,06% o 2 sacos el cemento Base Vial MH se encuentra por encima del

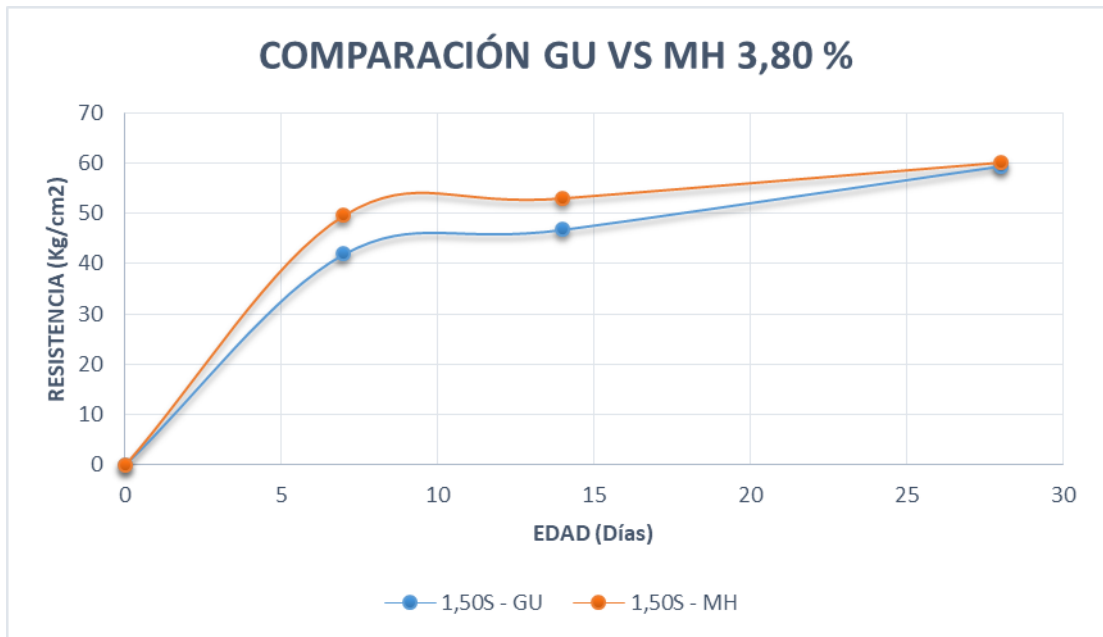
cemento Holcim Fuerte tipo GU con un 2,76% a sus 7 días, a los 14 días se mantiene este acontecimiento pero con un 1,80% y posteriormente a sus 28 días se obtiene una diferencia de 3,85% de su resistencia.



**GRÁFICA 1.- COMPARACIÓN DE RESISTENCIA GU VS MH 5,06%**

Fuente: Autor

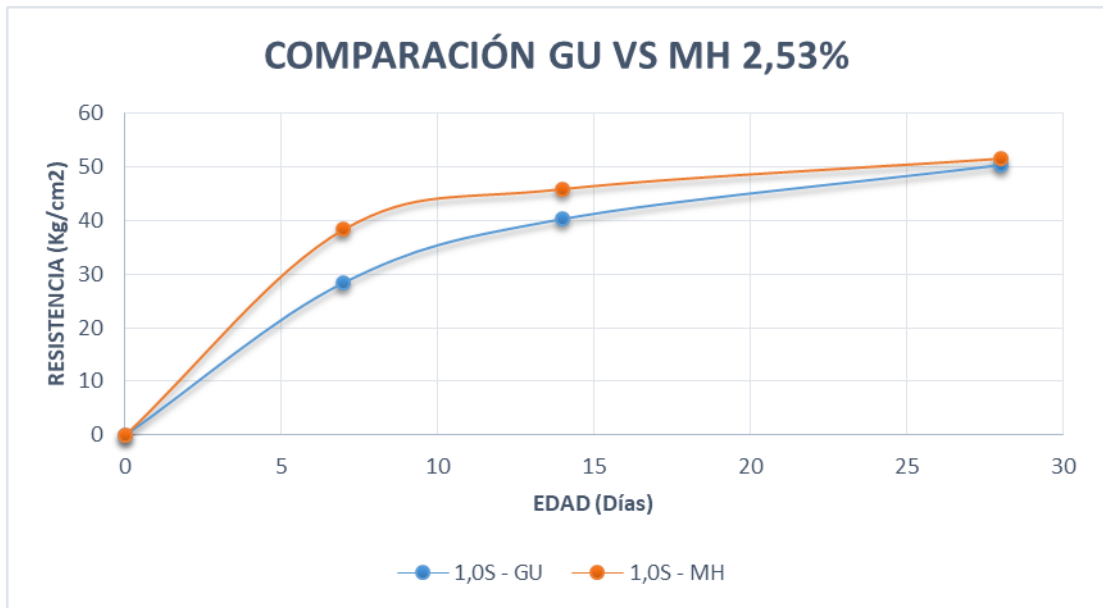
En el caso de 3,80% o 1- ½ sacos a los 7 días el cemento Holcim Base Vial tipo MH se encuentra por encima del Holcim Fuerte tipo GU por un 15,45%, a los 14 días se mantiene esto y se encuentra por un 11,68% de la resistencia y por último a sus 28 días se encuentra el MH por encima del GU por un 1,16% de su resistencia total.



**GRÁFICA 2.- COMPARACIÓN DE RESISTENCIA GU VS MH 3,80%**

Fuente: Autor

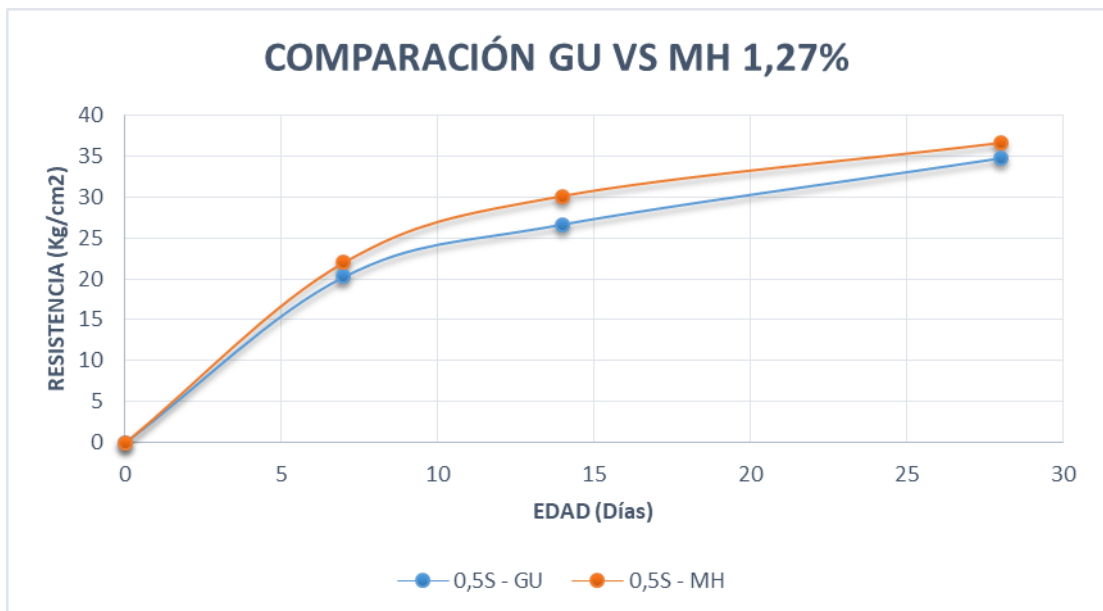
Para el caso de 2,53% o 1 saco por cada m<sup>3</sup> en obra, se nota que el cemento MH se encuentra por encima del cemento GU a los 7 días por un 25,91% de la resistencia inicial, a los 14 días así mismo se encuentra por encima el MH del GU por un 12,24% y a los 28 días se encuentra con un 2,44% el MH por encima del GU.



**GRÁFICA 3.- COMPARACIÓN DE RESISTENCIA GU VS MH 2,53%**

Fuente: Autor

Para el último caso de 1,27% o ½ saco por cada m<sup>3</sup> de base, a los 7 días el MH se mantiene por un 8,01% por encima del GU, a los 14 días por un 11,57% y a los 28 días por un 5,17% de su resistencia total.



**GRÁFICA 4.- COMPARACIÓN RESISTENCIA GU VS MH 1,27%**

Fuente: Autor

Realizamos el análisis final de las gráficas y se obtuvo como resultado que en todos los porcentajes de cemento y a las diferentes edades antes propuestas, el cemento Holcim Base Vial tipo MH tiene una mayor resistencia que Holcim Fuerte tipo GU con un promedio general de 13,03% de su resistencia inicial; es decir, a los 7 días de rotura, es importante recalcar que con la obtención de este resultado positivo, puede ser usado este cemento en zonas donde vayamos a tener grandes cargas o donde haya un paso de vehículos pesado alto; porque a mayor resistencia tendremos una mayor capacidad de soporte de carga podemos reducir tensiones en nuestra estructura y se podrá alargar la vida útil de nuestra estructura de pavimento.

Si lo vemos por parte del diseño de pavimentos podremos reducir espesor, porque al cumplir con una mayor resistencia deseada se reducirían los tamaños de las capas.



## **Capítulo 3**

### **PÉRDIDA DE RESISTENCIA EN BRIQUETAS SATURADAS**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

La pérdida de resistencia es un daño permanente que sucede en los suelos y que en muchos casos es atribuida a la presencia de agua, que al estar presente lava gran cantidad de finos en la mezcla y disminuyendo la resistencia.

En vías cuando existen problemas de presencia de agua, se presentan daños como es desprendimiento del material, creando una estructura inestable y dando paso a que también sean afectadas las capas inferiores de nuestra estructura de pavimento, sin olvidar los molestos baches o huecos en las vías.

Si bien es cierto, al usar un material cementante, este ayudará no solamente a fijar las partículas finas al material grueso, sino también a evitar el paso del agua a las capas inferiores y evitando este desprendimiento irreparable para las capas de nuestra estructura.

Esto no quiere decir que no va a existir una pérdida de resistencia, pero el objetivo es disminuir dicha pérdida y que no se den daños graves a la estructura y así proteger en gran porcentaje a las capas inferiores.

#### **3.2 FINALIDAD DEL ESTUDIO**

El estudio de la pérdida de resistencia en briquetas saturadas, fue evaluar el comportamiento de nuestras briquetas suelo-cemento ante un ciclo de saturación, esto tratando de simular el ataque de agua que tiene un suelo de una vía existente a nivel de base al momento de estar expuesto en lluvias y que el suelo se sature completamente.

Este estudio fue de gran importancia, debido a que nos dio resultados que generalmente no son tomados en cuenta, al momento de la construcción de caminos de segundo orden, porque se puede llegar al saber que va a existir pérdida de resistencia, pero no sabemos en qué porcentaje este va a decrecer y en este ensayo se pudo evaluar.

### **3.3 METODOLOGÍA DEL ENSAYO**

El estudio de la pérdida de resistencia fue llevada a cabo para cada uno de los porcentajes de cemento que ya se habían propuesto anteriormente, desde ahí se elaboraron briquetas suelo-cemento.

Una vez elaboradas las briquetas, estas fueron curadas durante 28 días y ensayadas a la misma fecha.

La prueba consistió en que las briquetas con las edad cumplida, fue sometida a 2 horas de saturación, después de esto las briquetas eran pesadas y medidas para tener los datos de altura y diámetro; posteriormente ensayadas a compresión en la máquina.

Como la máquina nos daba el valor de la carga que soportaba esta briketa, se tabulaba este resultado y obteníamos el valor de la resistencia en Kg/cm<sup>2</sup>.

Para finalizar, como se tenía el valor de la resistencia de las briquetas sin saturar, se realizó una comparación de resultados, primero entre las briquetas del mismo cemento y con el mismo porcentaje y luego otra comparación entre las briquetas saturadas de diferente cemento.



**FIGURA 11.- BRIQUETA DE SUELO-CEMENTO SATURADA PARA EL ENSAYO**

Fuente: Autor



**FIGURA 12.- ADAPTACIÓN DE LA BRIQUETA SUELO-CEMENTO AL MOLDE**

Fuente: Autor



**FIGURA 13.- ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN BRIQUETAS SATURADAS**

Fuente: Autor



**FIGURA 14.- FINALIZACIÓN DE ENSAYO PARA BRIQUETAS SUELO-CEMENTO**

Fuente: Autor

### 3.3 RESULTADOS DEL ENSAYO

Los resultados obtenidos nos confirma la pérdida de resistencia cuando existe una saturación, y esto fue representado en porcentajes en la siguiente tabla:

RESUMEN DE RESULTADOS BRIQUETAS SATURADAS								
PORCENTAJE DE CEMENTO	NÚMERO DE SACOS	EDAD (Días)	CEMENTO	RESISTENCIA	RESISTENCIA SATURADA	PERDIDA (%)	GU VS MH (%)	DIFERENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )
1,27%	0,5	28	GU	34,68	22,58	34,90	18,06	4,08
			MH	36,57	18,50	49,42		
2,53%	1	28	GU	50,18	41,13	18,05	16,41	6,75
			MH	51,44	34,38	33,17		
3,80%	1,5	28	GU	59,38	51,76	12,83	8,58	4,44
			MH	60,08	47,32	21,23		
5,06%	2	28	GU	77,50	63,30	18,32	3,13	1,59
			MH	80,60	61,32	23,92		

**TABLA 7.- RESUMEN RESULTADOS DE ENSAYO A LA COMPRESIÓN BRIQUETAS SATURADAS**

Fuente: Autor

Los resultados presentados nos dan a conocer que la pérdida entre el mismo cemento pero con la diferencia que una briqueta ha sido saturada y la otra con su humedad óptima con 1,27% de cemento es de 34,90% de pérdida de resistencia a la compresión para el cemento tipo GU y para el tipo MH se obtiene como resultado un 49,42% de pérdida. Si se compara la pérdida entre cemento GU y MH se obtiene como resultado un valor de 18,06% y si se lo muestra en valores de resistencia es de 4,08 Kg/cm<sup>2</sup>, que podría ser pasado por alto en obra.

En el caso de 2,53% de cemento, la pérdida de resistencia en el cemento GU es de 18,05% y por el cemento MH es de 33,17% con la diferencia antes mencionada; posteriormente es comparada la pérdida de resistencia entre el cemento GU y MH obteniendo un valor de 16,41% de pérdida de su resistencia y es de 6,75 Kg/cm<sup>2</sup>.

Para el otro caso de 3,80% de cemento, la pérdida en el cemento GU es de 12,83% y en cemento MH es de 21,23%, si se analiza entre un cemento y otro la pérdida es del 8,58% y el valor es de 4,44 Kg/cm<sup>2</sup>.

Para finalizar se analiza el caso de 5,06% de cemento, en donde la pérdida por cemento GU es de 18,32% y de MH es de 23,92% y analizando la diferencia entre GU y MH existe una pérdida de 3,13% y el valor es de 1,59 Kg/cm<sup>2</sup>.

Esto nos da también a conocer que generalmente con mayor cantidad de cemento la pérdida de resistencia es menor.

## Capítulo 4

### PERMEABILIDAD EN BRIQUETAS SUELO-CEMENTO

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

Evaluar la permeabilidad de un suelo nos da a conocer el tiempo que necesita un tipo de suelo, para evacuar una cantidad de agua determinada. Cuando se realiza este ensayo es necesario tomar en cuenta con el tipo de suelo que se va a trabajar y como se debe comportar en situaciones normales, porque en este caso se evaluará de un suelo-cemento, mas no como solamente un suelo para lograr una comparación eficaz.

En el análisis de encontrar el coeficiente de permeabilidad, existen diferentes valores que dependen no solamente de la medida de la briqueta, sino también del equipo de medición y que se debe considerar parámetros para que no se afecte el ensayo.

La filtración o pérdida de agua en las uniones del equipo para este caso fue una de las complicaciones, porque al tener filtraciones presentes en el ensayo, nos dará una medida de disminución de columna de agua errónea, porque no toda el agua que esta evacuando estaría pasando directamente por la briqueta.

El sellado en la briqueta suelo-cemento es importante, porque el objetivo del ensayo es evaluar qué cantidad de agua pasa por el centro de la briqueta, pero si en caso que la briqueta no tenga un sellado correcto, esta agua empezaría a ser evacuada por los costados y de manera rápida, entonces si fijamos un tiempo de ensayo pero si la columna de agua se disminuye rápido esto afectaría los resultados.

La altura total de la briqueta debe coincidir con el desfogue del agua, esto debe ser analizado correctamente, porque así tendremos un sistema estable según los conocimientos hidráulicos, y lograremos que la misma cantidad que pase por la briqueta sea evacuada en cuanto llegue al otro lado.

## 4.2 EQUIPO PARA EL ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Para este ensayo se procedió a la fabricación de un equipo, en el cual se pueda ensayar la briqueta de 4 pulgadas, entonces fueron necesario los siguientes componentes:

- Llave paso  $\frac{3}{4}$ ".
- Codo  $\frac{3}{4}$ ".
- Tubo 20 cm de  $\frac{3}{4}$ ".
- Tubo 10 cm de  $\frac{3}{4}$ ".
- Manguera reductora de  $\frac{3}{4}$ ".
- Unión tubo 4".
- Tapa tubo 4".
- Acrílico redondo de 4".
- 13 cm de tubo de 4".
- Silicón

El procedimiento de fabricación fue el siguiente:

1. La unión de 4" es sellada junto a la tapa.
2. Una vez realizada esta unión se procede de la misma manera a sellar esta unión con los 13 cm de tubo de 4", aquí será donde se alojará la briqueta para el ensayo.
3. Se realiza el sellado del tubo de 4" superior con otra unión de 4", de esta manera tendremos la unión de tubo con el acrílico donde se colocará la columna de agua.
4. Una vez realizado este sellado; este dispositivo es juntado mediante una reducción de manguera de  $\frac{3}{4}$ " a una llave de paso de  $\frac{3}{4}$ ", que será la encargada de estabilizar el sistema.
5. La otra sección de la llave de paso de  $\frac{3}{4}$ " debe estar conectada a un tubo de 20 cm y un codo de  $\frac{3}{4}$ " y con un tubo de 10 cm de  $\frac{3}{4}$ " para que podamos dejar a la misma altura donde queda la briqueta en el tubo de 4".





**Figura 15.- Equipo para ensayo de permeabilidad**

Fuente: Autor

### **4.3 METODOLOGÍA DEL ENSAYO DE PERMEABILIDAD**

El ensayo de permeabilidad de carga constante en briquetas de suelo-cemento se realizó mediante la norma ASTM-D2434.

Dentro del implemento que se fabricó para el ensayo, se colocó la briqueeta suelo-cemento a ensayarse, se colocaban 2000 ml de agua en el tubo de acrílico, y se mantiene la muestra durante 2 horas y 25 minutos.

Una vez cumplidos este tiempo, que la briqueeta a esta inmersa en el agua, se ha estado monitoreando la reducción de milímetros de agua en el tubo de acrílico y se toma la medida final.



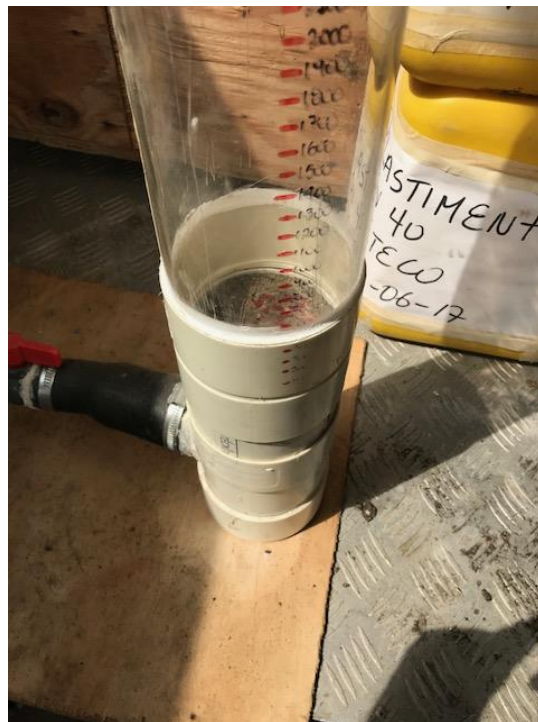
**FIGURA 16.- PRUEBA DE FUGAS EN EL EQUIPO DE PERMEABILIDAD**

Fuente: Autor



**FIGURA 17.- ACOPLAMIENTO DE LA BRIQUETA SUELO-CEMENTO EN EL PERMEÁMETRO**

Fuente: Autor



**FIGURA 18.- SELLADO DEL TUBO DE ACRÍLICO CON EL PERMEÁMETRO**

Fuente: Autor



**FIGURA 19.- ENSAYO DE PERMEABILIDAD COLOCANDO 2000 ML DE AGUA**

Fuente: Autor

Con la ayuda de la fórmula de la ley propuesta por Darcy en el siglo XIX, las medidas de la briquetas y del instrumento de permeabilidad se resuelve la siguiente fórmula:

$$K = ( a * L * \text{Ln} ( h_1 / h_2 ) ) / ( A * t )$$

Fuente: (VALPARAISO, 1993)

Donde:

a= Área de la sección transversal (cm<sup>2</sup>)

L= Altura de muestra suelo (cm)

A= Área de sección de muestra (cm)

h<sub>1</sub>= Altura comienzo de ensayo (cm)

h<sub>2</sub>= Altura final ensayo (cm)

t= Tiempo de ensayo (s)

Ln= Logaritmo natural

Y obteniendo el valor de K que es la permeabilidad del suelo, esto procedimiento se realizó para todos los porcentajes de cemento antes propuestos.

#### 4.4 RESULTADOS

Los resultados de la investigación fue dar a conocer, con los dos tipos de cemento, cual fue más impermeable y hasta qué punto de permeabilidad podía llegar este suelo.

Para conocer el grado de permeabilidad del suelo se utilizó una clasificación, en este caso por medio de briquetas suelo-cemento, y es la siguiente:

$> 1 \cdot 10^{-1}$	<i>MUY PERMEABLE</i>
$1 \cdot 10^{-1}$ a $1 \cdot 10^{-3}$	<i>MODERADAMENTE PERMEABLE</i>
$1 \cdot 10^{-3}$ a $1 \cdot 10^{-5}$	<i>POCO PERMEABLE</i>
$1 \cdot 10^{-5}$ a $1 \cdot 10^{-7}$	<i>MUY POCO PERMEABLE</i>
$< 1 \cdot 10^{-7}$	<i>IMPERMEABLE</i>

**TABLA 8.- TABLA DE VALORES DE PERMEABILIDAD**

Fuente: (Terzagui K. y Peck R., 1980)

Mediante la fórmula de la ley de Darcy se tabularon los datos presentados y se obtuvieron los siguientes resultados para los 7 días de edad y los 28 días.

TABLA DE RESUMEN						
PORCENTAJE DE CEMENTO	EDAD (DÍAS)	CEMENTO	K	DIFERENCIA	PORCENTAJE (%)	RESULTADO
5,06%	7	GU	1,65E-04	0,000081	33,01	POCO PERMEABLE
		MH	2,46E-04			POCO PERMEABLE
	28	GU	1,22E-04	0,000037	23,54	POCO PERMEABLE
		MH	1,59E-04			POCO PERMEABLE
3,80%	7	GU	3,93E-04	0,000152	27,88	POCO PERMEABLE
		MH	5,45E-04			POCO PERMEABLE
	28	GU	2,97E-04	0,000093	23,83	POCO PERMEABLE
		MH	3,90E-04			POCO PERMEABLE
2,53%	7	GU	7,90E-04	0,000209	20,94	POCO PERMEABLE
		MH	1,00E-03			POCO PERMEABLE
	28	GU	4,98E-04	0,000124	19,92	POCO PERMEABLE
		MH	6,21E-04			POCO PERMEABLE
1,27%	7	GU	1,23E-03	0,000337	21,43	POCO PERMEABLE
		MH	1,57E-03			POCO PERMEABLE
	28	GU	7,98E-04	0,000239	23,03	POCO PERMEABLE
		MH	1,04E-03			POCO PERMEABLE

**TABLA 9.- RESUMEN DE RESULTADOS PARA ENSAYO DE PERMEABILIDAD**

Fuente: Autor

Los valores de permeabilidad para mejor visualización se han representado en porcentajes en donde a los 7 días se nota que el cemento GU es un 33,01% más impermeable que el cemento MH.

A los 28 días el cemento GU sigue siendo más impermeable que el cemento MH pero solamente con un 23,54%, estos valores son con el 5,06% de cemento.

Para el 3,80% de cemento a los 7 días el cemento GU es más impermeable que el cemento MH con un 27,88% y a los 28 días con un 23,83% se mantiene esta relación.

Con el 2,53% de cemento a los 7 días el GU se encuentra por encima del cemento MH con 20,94% y a los 28 días se manifiesta de la misma manera pero con 19,92%.

Con solamente un 1,27% de cemento a los 7 días el cemento GU sigue siendo más impermeable que el cemento MH con un 21,43% y a los 28 días este porcentaje aumenta a un 23,03%.

La permeabilidad según la clasificación de Terzagui y Peck entra en el rango de poco permeable pero al momento de hacer la comparación se nota que el cemento GU es más impermeable que el cemento MH.

Cuando se tiene un suelo que va a estar expuesto a niveles freáticos debemos considerar la permeabilidad de un suelo, porque en caso de que un suelo se encuentre totalmente saturado y presente cargas cíclicas se podría dar la pérdida de finos y también la deformación de la capa de suelo y tomando en cuenta los asentamientos que podrían presentarse; si tenemos un suelo que libera rápidamente el agua, no se debería presentar esta pérdida de finos y se obtendría una estructura estable.

## **CAPÍTULO 5**

### **ENSAYO DE DURABILIDAD EN BRIQUETAS SUELO-CEMENTO.**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN**

La evaluación de durabilidad en briquetas suelo-cemento es dar a conocer como se degrada el espécimen, frente a eventos de inmersión y sumersión en agua, también frente a cepillado de la briqueta.

Los resultados que se obtuvieron nos servirán para conocer los contenidos de cemento que se pierde, al momento de que una fuerza de fricción, que pueden simular las llantas de un vehículo, pasa por nuestra base estabilizada, y en el caso de los ciclos de inmersión y sumersión en el agua se da a conocer los cambios de volúmenes y contenido de agua en el suelo.

Esta prueba es importante ya que nos da valores importantes para el comportamiento del suelo, de tal manera que nos sirve para conocer ya en obra, porque si nuestro suelo al momento de tener un desgaste en exceso, quiere decir que, nuestro cemento no estaría cumpliendo en su totalidad con el trabajo que debe cumplir, que es unir las partículas finas a las gruesas.

Según la norma ASTM-D559 existen porcentajes de peso que se puede perder y porcentaje de agua retenida, dependiendo del porcentaje de cemento usado para la estabilización, tal como se lo muestra en el siguiente cuadro:

SUELO	PROMEDIO DE AGUA RETENIDA (%)
A-1, A-3	1.5
A-2	2.5
A-4, A-5	3.0
A-6, A-7	3.5

**TABLA 10.- VALORES PROMEDIO DE AGUA RETENIDA**

Fuente: (ASTM, 2014)

SUELO	CONTENIDO DE CEMENTO (%)	PESO PERDIDO POR ESPECIMEN
A-1-b	2	17%-19%
	3	6%-0%
	5	5%-1%
A-4	3	9%-11%
	5	6%-2%
	7	0%
	10	0%-2%
A-6	3	20%-25%
	5	6%,7%
	7	1%,1%
	10	0%,0%
A-4	3	12%,12%
	5	7%-6%
	7	3%-3%
	10	2%-2%

**TABLA 11.- PÉRDIDA DE PESO EN MUESTRA EN PRUEBA DE MOJADO Y SECADO**

Fuente: (ASTM, 2014)

## 5.2 METODOLOGÍA DEL ENSAYO

La manera de realizar el ensayo fue según la norma ASTM-D559 que consistía en los siguientes pasos:

1. Se debía tomar la medida de altura y diámetro de la briqueta en el mismo punto y también el peso.
2. Tener 2 muestras, que serán denominadas briqueta 1 y 2 respectivamente, que serán curadas durante 7 días.



3. A los 7 días de edad, se toma la briqueta #1 y se sumergen en agua potable por 5 horas.
4. Retirar la briqueta #1 pasadas las 5 horas y se mide altura, diámetro y peso de la misma.
5. Se coloca ambas briquetas en un horno durante 42 horas a una temperatura de 71 grados centígrados (+ o – 3 grados).
6. Retirar las 2 briquetas y medir altura, diámetro y peso.
7. Tomar la briqueta #2 y realizar 4 cepilladas en la parte superior e inferior de sus caras.
8. Los alrededores de la briqueta serán cepilladas 20 veces por 2 ocasiones.
9. Tomar medida de peso, altura y diámetro de la muestra.
10. Se repite las acciones a partir del numeral #3 por 12 ciclos.



**FIGURA 20.- MARCACIÓN DE LAS BRIQUETAS**

Fuente: Autor



**FIGURA 21.- TOMA DE MEDIDA DEL DIÁMETRO DE LA BRIQUETA A ENSAYAR**

Fuente: Autor



**FIGURA 22.- TOMA DE MEDIDA DE LA ALTURA DE LA BRIQUETA A ENSAYAR**

Fuente: Autor



**FIGURA 23.- PESO DE LA BRIQUETA A ENSAYAR**

Fuente: Autor

### **5.3 DATOS PARA EL ENSAYO**

Para el ensayo se necesitó realizar un modelo de apoyo en Excel para poder recopilar los datos necesarios, para posteriormente tabular los datos y obtener los resultados de desgaste por agua y por cepillado, se utilizó el siguiente formato:

ENSAYO DESGASTE BRIQUETAS SUELO-CEMENTO									
SOLICITA:									
FISCALIZA:									
PROYECTO:									
FECHA:							CEMENTO:		
CICLO	BRIQUETA #	FECHA	EDAD (Días)	PESO #1 (gr)	DIÁMETRO #1 (cm)	ALTURA #1 (cm)	PESO #2(gr)	DIÁMETRO #2 (cm)	ALTURA #2(cm)
1	1								
2	1								
3	1								
4	1								
5	1								
6	1								
7	1								
8	1								
9	1								
10	1								
11	1								
12	1								
CICLOS	BRIQUETA #	FECHA	EDAD	PESO #1 (gr)	DIÁMETRO #1 (cm)	ALTURA #1 (cm)	PESO #2(gr)	DIÁMETRO #2 (cm)	ALTURA #2(cm)
1	2								
2	2								
3	2								
4	2								
5	2								
6	2								
7	2								
8	2								
9	2								
10	2								
11	2								
12	2								

**TABLA 12.- FORMATO PARA RECOPIACIÓN DE DATOS EN EL ENSAYO DE DESGASTE**

Fuente: Autor

Este fue el formato usado para el ensayo en donde los ciclos, fueron el número de veces que se tenía que repetir el ensayo, en fecha fue el día en que se realizaba el ensayo, edad; este era representado en días y nos daba a conocer la edad que tenía la briqueta al momento del inicio del ciclo, que según la norma era a los 7 días, en el cuadro de peso #1 se colocaba el peso de la briqueta antes de realizar los ciclos, así mismo en el diámetro #1 y la altura #1; en los cuadros de peso #2, diámetro #2 y altura #2 se colocaba el valor obtenido de la briqueta al finalizar el ciclo, en el primer caso cuando la briqueta que iba a estar sumergida en agua salía del horno y en el segundo caso cuando la briqueta era terminada de ser cepillada.

## 5.4 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados al desarrollar este ensayo, nos dieron a conocer el porcentaje de desgaste en relación a su peso inicial que obtuvo cada una de las briquetas, con los porcentajes de cemento propuestos:

RESUMEN DE RESULTADOS PARA ENSAYO DE DURABILIDAD				
PORCENTAJE	CEMENTO GU (AGUA)	CEMENTO MH (AGUA)	CEMENTO GU (CEPILLADO)	CEMENTO MH (CEPILLADO)
5,06%	6,52	6,10	9,18	8,48
3,80%	6,06	7,60	8,93	10,18
2,53%	6,49	8,91	10,34	12,00
1,27%	17,17	62,97	12,41	22,05

TABLA 13.- RESUMEN DE RESULTADOS PARA ENSAYOS DE DURABILIDAD

Fuente: Autor

Con un 5,06% de cemento en la briketa #1 o ensayo en agua, el cemento GU con un 6,52% obtuvo un desgaste mayor al MH que fue de 6,10%, pero con una diferencia no muy amplia.

Al momento de realizar el ensayo con la briketa #2 o por cepillado, se mantuvo el cemento GU con un 9,18% con un desgaste mayor al MH que solamente obtuvo un 8,48% en relación a su peso inicial.



FIGURA 24.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #1- 2 SACOS

Fuente: Autor



**FIGURA 25.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #2 – 2 SACOS**

Fuente: Autor

Para 3,80% de cemento el comportamiento fue un poco distinto, en agua el MH con un 7,60% obtuvo un desgaste mayor que el GU con un 6,06% a partir de su peso inicial.

También para el ensayo por cepillado el desgaste en la briqueta de MH fue de 10,18% comparado con la de GU que fue de 8,93%, donde se nota una diferencia de 1,25% realizando la comparación de pérdidas entre briquetas de diferente cemento.



**FIGURA 26.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #1 - 1-1/2 SACOS**

Fuente: Autor





**FIGURA 27.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #2 - 1-1/2 SACOS**

Fuente: Autor

En el caso de 2,53% de cemento el comportamiento en agua por cemento MH obtuvo un valor de pérdida del 8,91% y en el cemento GU un valor de 6,49% de su peso.

Por cepillado el cemento MH obtuvo una pérdida de peso del 12% y el cemento GU de 10,34% del peso inicial.



**FIGURA 28.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #1 - 1 SACO**

Fuente: Autor



**FIGURA 29.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #2 - 1 SACO**

Fuente: Autor

Para finalizar para 1,27% de cemento en pérdida de peso por agua, el cemento MH obtuvo un 62,97% de pérdida, para el cemento GU obtuvo un 17,17% de pérdida.

Al realizar el cepillado el cemento MH tuvo un porcentaje de pérdida del 22,05% y el cemento GU un 12,41% de su peso.



**FIGURA 30.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #1 - 1/2 SACO**

Fuente: Autor





**FIGURA 31.- COMPARACIÓN VISUAL ENTRE GU Y MH - BRIQUETAS #2 - 1/2 SACO**

Fuente: Autor

La mayor cantidad de porcentajes de pérdida se dieron por ataque de agua, como fue antes mencionado, en estos casos el exceso de agua es uno de los factores que producen mayor cantidad de daños en nuestras estructuras viales.

Al analizar por cepillado se obtienen valores relativamente bajos que como valor máximo tenemos un 22,05% esto quiere decir que, generalmente los diseños no deben ser controlados por fricción, sino por un ataque de agua o por carga.

Un tema importante de recalcar podemos decir que con mayor cantidad de cemento MH, es decir, 5,06% el cemento se comportó de una mejor manera que el cemento GU.



**FIGURA 32.- BRIQUETAS #1 DE CEMENTO GU DESPUÉS DE 12 CICLOS**

Fuente: Autor



**FIGURA 33.- BRIQUETAS #1 DE CEMENTO MH DESPUÉS DE 12 CICLOS**

Fuente: Autor



**FIGURA 34.- BRIQUETAS #2 CEMENTO MH DESPUÉS DE 12 CICLOS**

Fuente: Autor



**FIGURA 35.- BRIQUETAS #2 CEMENTO GU DESPUÉS DE 12 CICLOS**

Fuente: Autor

## **Capítulo 6**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO**

#### **6.1 INTRODUCCIÓN**

Un análisis económico después de la comparación de los parámetros técnicos de estos dos cementos, llega a ser de carácter obligatorio, porque si se llegasen a presentar valores muy similares en los diferentes parámetros propuestos, es analizando la parte económica que se decide que nos puede convenir al momento de la construcción de una vía.

#### **6.2 METODOLOGÍA**

La metodología que se usó fue sencilla debido a que fue basada en la cotización del producto en la ciudad de Guayaquil, tomando en cuenta el IVA y el transporte dentro de la ciudad, recordemos que el valor de cemento GU es un precio regularizado en todos los DISENSA de la ciudad, y el cemento Holcim Base Vial tipo MH, es producido y distribuido directamente por la empresa HOLCIM ECUADOR S.A

Posteriormente se realizó la comparación con 1 m<sup>3</sup> de base granular, es decir nuestra variable fue únicamente el precio de los dos cementos.

**COMERCIAL K.R.O.N. S.A.**

0991446508001

BRISAS DEL RIO MZ B2 SOLAR 14-20  
2237009usuario: joseluis  
Impreso desde: CAJA-PC  
Fecha de Impresión: 19/12/2017 15:56:09  
Page 1 of 1**COTIZACIÓN No. 0020964****Tipo Venta:** PUNTO DE VENTA 1 **Caja:** CAJA GENERAL 1**Cliente:** 9999999999999 - CONSUMIDOR FINAL**Dirección:** NA**Teléfono:** 00000**Fecha de Emisión:** 19/12/2017 15:56:07 **F. Validez:** 03/01/2018 15:56:07

Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	% Desc	P Desc	Subtotal
1-00000001	CEMENTO HOLCIM FUERTE TIPO GU SACO 50 KG	1.00	SAC50K	6.86	0.00	6.86	6.8600

siete y 68 / 100

ESTO ES UNA COTIZACION, NO REPRESENTA UN DOCUMENTO  
LEGAL.

Subtotal gravado:	12.00 %	6.86
Subtotal exento:	0 %	0.00
Descuento:	0.0000 %	0.00
Subtotal gravado descuento:		6.86
Subtotal exento descuento:		0.00
IVA:		0.82
Descuento solidario:	0.00 %	0.00
<b>Total:</b>		<b>7.68</b>

Figura 36.- Cotización comercial del cemento GU

Fuente: (COMERCIAL K.R.O.N.S.A, 2017)

**6.3 RESULTADOS**

Una vez conocidos los precios y fijado las variables se obtuvieron los siguientes resultados:

ANÁLISIS ECONÓMICO PARA CEMENTO GU VS MH					
CANTIDAD DE CEMENTO	PVP CEMENTO MH	PVP CEMENTO GU	DIFERENCIA (%)	DIFERENCIA (\$)	AHORRO POR m3
5,06%	7,08	7,68	7,8125	0,6	\$ 1,20
3,80%					\$ 0,90
2,53%					\$ 0,60
1,27%					\$ 0,30

**TABLA 14.- ANÁLISIS ECONÓMICO PARA LOS CEMENTOS COMPARADOS**

Fuente: Autor

Una vez presentado el cuadro, hemos podido notar que el ahorro existente comparado con el cemento GU va a ser de un 7,81% representado en dólares hasta el presente año será de 0.60¢ en cada m3, si el ahorro ahora es incluido por el número de sacos de cemento que vamos a utilizar por cada m3 en obra se obtienen los siguientes resultados:

- En el caso de 5,06% de cemento o 2 sacos por cada m3 de base se obtiene un ahorro de \$1,20.
- En el caso de 3,80% de cemento o 1- ½ saco por cada m3 de base se ahorra 0,90¢.
- En el caso de 2,53% o 1 saco por m3 de base tendríamos un ahorro de 0,60¢.
- Para el caso de 1,27% de cemento o ½ saco por cada m3 se obtiene un ahorro de 30¢

Esta comparación se realizó bajo la misma eventualidad, es decir; que sea la misma base, comprada en la misma cantera y que solamente sea la única variable el precio del cemento.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizados todos los ensayos antes mencionados, obtenidos datos y tabulados podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- El cemento MH obtiene muy buenos comportamientos a partir del 5% de cemento, porque en la mayoría de los ensayos se encuentra por encima en el caso de resistencia y desgaste, y en el resto de casos, casi igual que el cemento GU.
- La resistencia en una estabilización es importante, porque de este dependerá la capacidad de carga que vaya a tener este suelo, generalmente se diseña para que una base estabilizada con estas características tenga una resistencia de 25 Kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días de edad, en este caso con 2 sacos obtenemos excelentes resultados con 61,62 Kg/cm<sup>2</sup>, casi 3 veces más de la resistencia requerida, ahora si se ha podido notar que solamente con un 1,27% de cemento no cumple esa resistencia, porque solamente obtiene valores de 20,24 Kg/cm<sup>2</sup> con el cemento GU y 22,01 Kg/cm<sup>2</sup> con el cemento MH, es decir, no existe la cantidad de cemento adecuado para que este suelo logre su resistencia adecuada. Si en nuestro diseño solo fuera basado en resistencia, el porcentaje óptimo de cemento sería el de 2,53% debido a que con los dos tipos de cemento cumple con su resistencia 28,38 Kg/cm<sup>2</sup> para el cemento GU y 38,30 Kg/cm<sup>2</sup> para el cemento; así de esta manera se garantiza que nuestra base llega a una resistencia sin afectar el bolsillo del constructor. Si bien es cierto nuestro diseño no está basado solamente en resistencia sino que se debe garantizar un adecuado comportamiento ante otros agente presentes en el ambiente y el la vida diaria de nuestra estructura de pavimento.

Las diferencia de resistencia a los 7 días están alrededor de un 3% de diferencia, que desde el punto de vista de la construcción podemos decir que es irrelevante y podríamos usar cualquiera de los dos



cementos porque si nuestro objetivo planteado es 25 Kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, con ambos cemento lo estamos cumpliendo.

Si este mismo tema es analizado desde el punto de vista económico el cemento GU es un 7,81% más caro que el cemento MH, si bien es cierto hasta el 2018 el precio del cemento GU se encuentra en \$7,68 y el cemento MH se encuentra en \$7,08, por lo tanto el ahorro de 2,53% de cemento sería de \$0,60 en cada m<sup>3</sup> en obra.

- En la pérdida de resistencia por saturación, es un tema que se debe manejar con un criterio responsable, porque al conocer que efectivamente cuando el suelo tiene presencia de agua, existen pérdidas de resistencia, pero lo adecuado es garantizar que sea la menor cantidad posible, por lo tanto al momento del análisis el cemento Holcim Base Vial MH con un 5,06% de cemento obtuvo una pérdida de 3,13% comparada con la de Holcim Fuerte tipo GU, es decir un 1,59 Kg/cm<sup>2</sup>, que si lo representamos en obra es una valor no muy representativo, por lo tanto se podría usar ambos cementos para condiciones similares, si el caso del cemento a utilizar esta alrededor del 5% o mayor a este.
- En el tema permeabilidad del suelo, es garantizar que la mezcla logre sellar de manera que no se den ataques de agua a las capas inferiores, pero que si este llegara a suceder, la base estabilizada logre no presentar daños a las capas, el cemento GU al momento de los ensayos se comportó de una mejor manera que el cemento MH, si el objetivo es impermeabilizar nuestra mezcla, con ambos cemento se llega al objetivo, pero la diferencia está en que GU se vuelve un 33,01 más impermeable que el MH a sus 7 días y a los 28 días un 23,54% con un 5,06% de cemento. Si queremos garantizar que existan la menor cantidad de daños cuando tengamos un nivel freático alto, entonces se podría usar el cemento GU.
- La durabilidad de una base estabilizada es lo que en muchos casos es cuestionada y la correcta elección del cemento debe ser primordial, conociendo los daños que pueden presentarse por agua, que son la erosión, lavado de finos, deformación de la capa; si es sumado un daño por fricción o pérdida de suelo nos queda claro que la vida útil



de nuestro pavimento se va a reducir, cuando se comparó el comportamiento de ambos cementos bajo el ensayo de durabilidad, se logró ver que el cemento MH comparado con el cemento GU con un 5,06% su comportamiento iba a ser muy parecido, en cambios de volumen y contenido de agua el cemento GU obtuvo una pérdida del 6,52% y el cemento MH 6,10% es decir un 0,42% de diferencia, y al momento del cepillado o por pérdida de suelo-cemento el GU obtuvo un 9,18% y el MH un 8,48% es decir una diferencia de 0,7%, con estos valores se pueden decir que ambos cementos se van a comportar igual.

- Nuestra comparación ya sabiendo que vamos a tener un comportamiento parecido con ambos cementos, es gobernado al igual que al momento de la construcción por el análisis económico y disponibilidad del producto.
- Una vez comparadas las exigencias de los parámetros técnicos, y sabiendo que son muy comunes, podemos decir que con el cemento Holcim Base Vial tipo MH existirán ahorros, siendo las condiciones similares al momento de la estabilización.
- Es recomendable el uso del cemento Holcim Base Vial porque los parámetros técnicos, en el caso de la resistencia y durabilidad, tiene un mejor desempeño al comparar con el cemento Holcim Fuerte tipo GU, al usarlo con porcentajes mayores al 5% o 2 sacos por m<sup>3</sup> de base.
- Generalmente el uso del cemento Holcim Fuerte tipo GU en obras de ingeniería es muy común, por su excelente desempeño frente a las exigencias de los constructores, pero debemos recordar que si HOLCIM ECUADOR tiene un cemento que es exclusivamente para el uso en vías como lo es el cemento Holcim Base Vial tipo MH, este debe ser implementado para obtener ahorros que a la hora de la construcción es lo que predomina.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arce Xavier, I. (2016). *Soluciones para estabilización de suelos con cemento*. Ecuador: HOLCIM ECUADOR SA.
- ASTM. (2006). *ASTM D422-63 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM. (2006). *D2434- Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM. (2007). *D1632- Standard Practice for Making and Curing Soil-Cement Compression and Flexure Test Specimens in the Laboratory*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM. (2011). *D558- Standard Test Methods for Moisture-Density (Unit Weight) Relations of Soil-Cement Mixtures*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM. (2012). *D1557- Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM. (2015). *D559- Standard Test Methods for Wetting and Drying Compacted Soil-Cement Mixtures*. Pensilvania: ASTM.
- ASTM. (2017). *D1633- Standard Test Methods for Compressive Strength of Molded Soil-Cement Cylinders*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM. (2017). *D4318- Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. Pensilvania: ASTM INTERNATIONAL.
- COMERCIAL K.R.O.N.S.A. (19 de Diciembre de 2017). Cotización. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Das, B. M. (2002). *SOIL MECHANICS LABORATORY MANUAL SIXTH EDITION*. NEW YORK: OXFORD UNIVERSITY PRESS.
- HOLCIM ECUADOR S.A. (2016). *Holcim Base Vial- Soluciones en cemento*. GUAYAQUIL: HOLCIM ECUADOR.

Mg. Ing. Silvia Angelone, I. M. (2006). *Permeabilidad de suelos*. ARGENTINA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO.

MOP. (01 de Julio de 2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Obtenido de Capítulo 400 Base de agregados tabla 404-1.1-: [http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013\\_ConcursoPublico\\_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf](http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013_ConcursoPublico_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf)

Terzagui K. y Peck R., 1. (1980). *Tabla de valores relativos de permeabilidad*.

VALPARAISO, U. C. (1993). *DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD*. Obtenido de [http://icc.ucv.cl/geotecnia/03\\_docencia/02\\_laboratorio/manual\\_laboratorio/permeabilidad.pdf](http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/permeabilidad.pdf)



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Cedeño Cedeño, Pedro Daniel**, con C.C: # 1311455586 autor del trabajo de titulación: **Análisis comparativo de base estabilizada con cemento Holcim Fuerte tipo GU y Holcim Base Vial tipo MH para implementar en vías** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **01 de marzo de 2018**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Cedeño Cedeño, Pedro Daniel**

C.C: **1311455586**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Análisis comparativo de base estabilizada con cemento Holcim Fuerte tipo GU y Holcim Base Vial tipo MH para implementar en vías.		
<b>AUTOR</b>	Cedeño Cedeño, Pedro Daniel		
<b>TUTOR</b>	Ing. De La Pared Condo, Daniel, M.I.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	01 de Marzo de 2018	<b>No. PÁGINAS:</b>	77
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Geotecnia, Hormigón, Pavimentos, Ingeniería Vial		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Estabilización, Cemento, Densidad, Resistencia, Humedad, Compresión, Norma ASTM.		
<b>RESUMEN:</b>	<p>En el presente trabajo de titulación se realiza la comparación de un tipo de suelo, el cual será estabilizado con dos diferentes tipos de cemento, el primero con cemento Holcim Fuerte tipo GU, que es usado comúnmente en las estabilizaciones de suelos, y el segundo un producto nuevo en el mercado que es el cemento Holcim Base Vial tipo MH.</p> <p>Se plantea una segunda diferenciación, que son los porcentajes de cemento que se usarán para los ensayos de laboratorio. Se realizó ensayos de granulometría, para saber si nuestro material a estabilizar, clasifica como un material granular tipo Base; ensayo Proctor Modificado para conocer la densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad; ensayos de Compresión Simple para saber la resistencia a 7, 14 y 28 días, todos bajo normas ASTM que serán las encargadas de regir la presente investigación. Con los diferentes datos obtenidos a nivel de laboratorio, se podrá conocer el comportamiento de un material Base estabilizado con estos dos tipos de cemento y dependiendo del requerimiento del constructor conocer cual se debe implementar en diferentes vías.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-99-829-7096	E-mail: pedrocedenocedeno@gmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre: Clara Glas Cevallos</b>		
	<b>Teléfono:</b> +593-4 -2206956		
	<b>E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec</b>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			