

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**ESTABILIZACIÓN DE ADOBE CON ESPECIE DE PASTO  
NATURAL EN LA ZONA ALTO ANDINA, AYACUCHO - 2016**

**Tesis para obtener el título profesional de:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**Presentado por:**

**APUKINTU CCOILLO INCA**

**AYACUCHO – PERÚ**

**2016**

## DEDICATORIA

A Dios por darme el valor y fuerza necesaria en los momentos más difíciles.

A la mujer más linda y digna de ejemplos a seguir; mi madre Feliciano Inca Quispe, con todo el amor del mundo, por su incansable apoyo para hacer realidad mi formación profesional.

A mi pareja: Delia Huamani Carrasco por sus constantes e innegables apoyos.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga es mi alma mater a ella debo mi formación y desarrollo, en ella he colocado mi esfuerzo, mi capacidad, mi trabajo.

A mi Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por haberme acogido en sus aulas y brindarme una formación profesional, para el servicio en el desarrollo de la sociedad.

Al Ing. Herbert Núñez Alfaro mi Asesor, por su apoyo, tolerancia, motivación y constantes orientaciones logro que culminamos con éxito este trabajo de investigación.

A la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por abrirme las puertas y facilitarme el Laboratorio de Mecánica de Suelos para la elaboración de los ensayos de mi proyecto de tesis.

Al Ing. Hermes Valdivia Aspilcueta, Jefe de Laboratorio de Mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina por permitirme realizar los ensayos de laboratorio.

Al Ing. Miguel Málaga Cueva, Asistente de Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Agrícola, que de manera desinteresada me brindó en oportuno momento su orientación.

A Fortunato Meza Quispe, Técnico del laboratorio de Mecánica de Suelos de Ingeniería Agrícola, por su apoyo desinteresado, que siempre estuvo acompañando durante el proceso de la Investigación en laboratorio.

A todo mis familiares y amigos, por ser quienes me apoyaron desde el inicio hasta el final de este anhelo proyecto.

## ÍNDICE

	<b>pag.</b>
DEDICATORIA  .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN .....	x
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>I. REVISION DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes .....	3
1.2. El suelo.....	7
1.2.1. Componentes mineralógicas del suelo.....	8
1.2.2. Propiedades físicas del suelo.....	9
1.3. Pasto natural.....	12
1.4. Cactus.....	13
1.5. Adobe.....	13
1.6. Adobe estabilizado.....	14
1.7. Mortero.....	15
1.8. Tiempo de reposo húmedo del suelo.....	15
1.9. Desarrollo de la normatividad .....	16
1.10. Resistencia a la compresión .....	16
1.11. Absorción de agua .....	17
1.12. Erosión hídrica .....	18
1.13. Marco legal. ....	18
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>19</b>
2.1. Generalidades.....	19
2.2. Ámbito de estudio .....	19

2.3.	Suelo utilizado.....	20
2.4.	Metodología .....	21
2.4.1.	Pruebas previas al suelo empleado .....	22
2.4.2.	Caracterización del suelo empleado. ....	25
2.4.3.	Preparación de la solución de cactus.....	27
2.4.4.	Preparación de la dosificación de mezcla .....	29
2.4.5.	Preparación del espécimen.....	31
2.4.6.	Acondicionamientos de los tratamientos. ....	32
2.5.	Ensayo realizados para evaluar las características del adobe estabilizado.....	35
2.5.1.	Ensayo de variación de dimensiones del adobe. ....	35
2.5.2.	Ensayo de compresión simple. ....	36
2.5.3.	Ensayo de absorción.....	37
2.5.4.	Ensayo de erosión.....	38
2.6.	Análisis estadístico.....	39
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>40</b>
3.1.	Variación de dimensiones del adobe. ....	40
3.2.	Ensayo de resistencia a la fuerza compresiva. ....	44
3.3.	Ensayo de absorción.....	48
3.4.	Ensayo de erosión. ....	51
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>V.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>55</b>
	<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>57</b>
	<b>ANEXO .....</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Propiedades físicas del suelo .....	27
<b>Tabla 2.</b> Resultado de humedad y densidad del adobe patrón .....	30
<b>Tabla 3.</b> Dosificación de la unidad del tratamiento SC .....	30
<b>Tabla 4.</b> Dosificación de la unidad del tratamiento CC .....	30
<b>Tabla 5.</b> Dosificación de la unidad del tratamiento (CC+0.5%SI) .....	30
<b>Tabla 6.</b> Dosificación de la unidad del tratamiento (CC+1.0%SI) .....	31
<b>Tabla 7.</b> Dosificación de la unidad del tratamiento (CC+1.5%SI) .....	31
<b>Tabla 8.</b> Dosificación de la unidad del tratamiento (CC+2.0%SI) .....	31
<b>Tabla 9.</b> Dimensiones y cantidad de ensayos realizados .....	35
<b>Tabla 10.</b> Resumen de resultados del ensayo de variaciones volumétricas por cada tratamiento .....	41
<b>Tabla 11.</b> Resultado de variación de volumen.....	42
<b>Tabla 12.</b> Resumen de resultados del ensayo de compresión .....	45
<b>Tabla 13.</b> Resumen de resultados del ensayo de absorción .....	50
<b>Tabla 14.</b> Resumen de resultados del ensayo de erosión.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Pasto natural peccoy ( <i>Stipa ichu</i> ) en S1 se aprecia en su estado natural, y S2 una muestra en laboratorio .....	13
<b>Figura 2.</b> Ubicación de la cantera para el trabajo de investigación .....	20
<b>Figura 3.</b> Prueba se rompe antes de los 5 cm.....	22
<b>Figura 4.</b> Prueba se rompe mayor a 5 cm y menor a 15cm .....	23
<b>Figura 5.</b> Prueba no se rompe pasado los 15 cm de longitud .....	23
<b>Figura 6.</b> Elaboración de la esfera .....	24
<b>Figura 7.</b> Prueba presionándolas con el dedo pulgar y el dedo índice...	24
<b>Figura 8.</b> Cuando la esfera se presiona con los dedos y no se rompe...	25
<b>Figura 9.</b> Cuando la esfera se presiona con los dedos y se rompe con facilidad.....	25
<b>Figura 10.</b> C1 cactus en su habitad y C2 corte en rebanadas para su extracción de la goma .....	27
<b>Figura 11.</b> En C3 remojo de cactus en rebanadas y C.4 cambio color de las rebanadas de cactus. ....	28
<b>Figura 12.</b> En A1 molde y adobe patrón elaborado de 30X15X10 cm y A2 el adobe en estado seco .....	29
<b>Figura 13.</b> En S1 suelo zarandeado por la malla N° 4 (4.75mm) y E1 espécimen.....	32
<b>Figura 14.</b> Proporción de pasto natural ( <i>Stipa Ichu</i> ) cortado entre 5 a 10 cm .....	32
<b>Figura 15.</b> Las proporciones de pasto natural ( <i>Stipa ichu</i> ) mezclado con el espécimen.....	33
<b>Figura 16.</b> En M1 molde de aristas de 10 cm y M2 moldes de aristas de 5 cm .....	33
<b>Figura 17.</b> Proceso de elaboración de las muestras de adobes y el desmoldado. ....	34
<b>Figura 18.</b> Proceso de secado y codificación de las muestras de adobe	34
<b>Figura 19.</b> En D1 dimensiones de la muestra y en D2 lectura de las dimensiones con el vernier .....	36

<b>Figura 20.</b> C1 instalación de la muestra en el equipo de compresión y C2 muestra fracturada .....	37
<b>Figura 21.</b> A1 Muestras antes de ser sumergidos, A2 durante la prueba de absorción .....	38
<b>Figura 22.</b> E1 durante el ensayo de erosión y E2 después del ensayo de erosión .....	39
<b>Figura 23.</b> Variación porcentual del promedio del volumen de cada tratamiento .....	40
<b>Figura 24.</b> Promedio del esfuerzo a la compresión de cada tratamiento	46
<b>Figura 25.</b> Desintegración total de tratamientos SC y CC.....	48
<b>Figura 26.</b> Desintegración total de los tratamientos estabilizados con solución de cactus y Stipa ichu .....	49
<b>Figura 27.</b> Tratamientos después de los 60 minutos sumergidos .....	49
<b>Figura 28.</b> Curva Comparativo de volumen acumulado y periodo largo de inundación de todos los tratamientos.....	50
<b>Figura 29.</b> Resultados del promedio del porcentaje de desgaste por lluvia artificial.....	52
<b>Figura 30.</b> Muestras desgastada después de los 30 minutos sometidos a la prueba .....	52



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A 1.</b> Ensayo previas del suelo.....	61
<b>Anexo A 2.</b> Determinación del contenido de humedad del suelo .....	63
<b>Anexo A 3.</b> Determinación de la granulometría del suelo por tamizado..	64
<b>Anexo A 4.</b> Determinación de la granulometría método hidrómetro.....	69
<b>Anexo A 5.</b> Determinación del límite Líquido y Límite Plástico.....	74
<b>Anexo A 6.</b> Determinación de la gravedad específica.....	80
<b>Anexo A 7.</b> Determinación de las propiedades mecánicas del pasto natural (Stipa ichu) .....	84
<b>Anexo A 8.</b> Ensayo de determinación variación de dimensiones.....	87
<b>Anexo A 9.</b> Ensayo de resistencia a la fuerza compresiva .....	100
<b>Anexo A 10.</b> Ensayo de absorción .....	145
<b>Anexo A 11.</b> Ensayo de erosión.....	155

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar el comportamiento del adobe estabilizado con pasto natural (*Stipa ichu*) y solución de cactus, para ello se planteó trabajar con diferentes tratamientos de pasto natural y solución de cactus.

Iniciándose la presente investigación con el reconocimiento del material suelo para la utilización y caracterización mediante ensayos de laboratorio. Se prepararon la solución de cactus para luego combinarlas en los tratamientos; Seguidamente se elaboraron las muestras sin estabilizar, estabilizados con la solución de cactus y estabilizados con la solución de cactus + 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% de pasto natural, secado 30 días las muestras fueron sometidos a las pruebas de ensayo de variación porcentual de la deformación durante el secado, para ello se tomaron las dimensiones de cada muestra, ensayo de compresión simple para determinar el esfuerzo máximo, ensayo de absorción en 30 minutos sumergido bajo agua y finalmente la prueba de erosión para determinar el porcentaje de desgaste frente a una erosión hídrica inducida, sometiéndose cada muestras y tratamientos.

Luego de observar los resultados obtenidos y compararlos entre sí, se concluyó: que el pasto natural (*Stipa ichu*) otorga mejoras significativas a las deformaciones durante el secado y en el porcentaje de desgaste, respecto en la resistencia a medida en que se incrementa el pasto natural hace que disminuya su esfuerzo máximo en 5.44, 11.53, 16.57 y 19.96 kg/cm<sup>2</sup> respecto al primer tratamiento (patrón), pero siendo estos tratamientos su resistencia máxima por encima de la Norma E.080 estipulado.

Por otra parte la presencia pasto natural proporciona flexibilidad a la unidad de adobe siendo esta favorable a la resistencia de los terremotos, en el ensayo de absorción al someterlo todos los tratamientos en sumersión en un tiempo de 30 minutos todas se desintegran siendo vulnerables al agua.

## INTRODUCCIÓN

El adobe desde la antigüedad es utilizado en las construcciones de las viviendas en muchas partes del mundo, en donde las técnicas de la elaboración del adobe son tradicionales fundamentalmente en los países de vías de desarrollo. (Rodríguez et al., 2006).

Es frecuente encontrar en el Perú y en toda Latinoamérica el uso del adobe puesto que es muy común en las zonas rurales, en las que la construcción con este material demostró una respuesta apropiada y, quizás, la única vía posible mediante la cual la gente de escasos recursos económicos pueda construir una casa digna. (Cotrina et al., 2014).

La investigación del adobe en el Perú está motivada fundamentalmente de que el 60% de las viviendas construidas utilizan la tierra como material de construcción, que es un indicador muy importante (Tejada, 1981).

La investigación está orientada a realizar un aporte en la construcción con adobe estabilizado para las zonas rurales, por lo que cuentan con materiales localmente disponibles, donde los pobladores suelen elaborar sin conocimiento técnico e ignorando su vulnerabilidad de sus construcciones con tierra, siendo conscientes de los peligros que amenazan su seguridad, por lo que las viviendas sufren la intervención de agentes externos como las precipitaciones, al tener contacto con el agua ocasiona la erosión de la superficie expuesta y el sismo debilitando la estructura; las unidades de adobe son vulnerables durante el proceso de secado, por los cambios bruscos de temperatura y la naturaleza propia del suelo, siendo en mayor de los casos en un suelo arcilloso ocasionando fisuras y agrietamiento de la unidad y en el traslado la fragilidad. Todo este factor adverso conlleva al desgaste parcial o total de la unidad del adobe.

El objetivo principal de esta investigación es determinar el comportamiento del adobe estabilizado con especie de pasto natural (*Stipa ichu*) y con suelo de la zona sur de Ayacucho provincia de Lucanas distrito de Puquio, siendo esta información importante en la elaboración de los adobes estabilizados para mejorar la resistencia y durabilidad frente a los agentes externos que es sometido las unidades de adobes.

Para cumplir el objetivo principal se necesitaron de objetivos específicos, los cuales involucraran una serie de evaluaciones de ensayos por ejemplo: evaluar la variación porcentual de la deformación durante el secado, evaluar la resistencia a la fuerza compresiva del adobe estabilizado, determinar la absorción del adobe al ser sumergido en agua y finalmente determinar el porcentaje de desgaste frente a un proceso de erosión hídrica inducida.

## I. REVISION DE LITERATURA

### 1.1. Antecedentes

Rodríguez (2006) Indica el uso de materiales de construcción tomando como base el suelo terrestre es tan antiguo como la propia humanidad, convirtiéndose su empleo, a lo largo de los siglos, en algo común en muchas partes del mundo. Las tradicionales técnicas del adobe son ampliamente empleadas en muchos países, fundamentalmente en los países en vías de desarrollo, constituyendo un material de construcción para más de 1.500 millones de personas en la actualidad.

Castilla (2004) dice la tierra es un material de construcción actual, no solo en viviendas de bajo costo hoy en día resulta prácticamente inviable pensar en la utilización del material in situ o sin estabilizar para la construcción de muros de carga o el elementos portante de cualquier tipo en aquellos países donde las normativas imponen exigencias demasiado estrictas al comportamiento mecánico de los materiales.

Los muro de tierra no tienen características homogéneas, su densidad y como consecuencia resistencia, conductividad térmica y capacidad de adsorción de agua puede variar enormemente dependiendo de la técnica y de la composición del material empleado o de la utilización de aditivos (estabilizantes) lo que hace que no se puede hablar de las propiedades el material en si, como ocurre en muchos casos en la bibliografía, si no de las características de cada elemento constructivo o del material empleado para fabricarlo en cada caso, esto es especialmente variable en función del

grado de compactación del material, de la utilización de materiales ligeros (fibras, virutas o áridos ligeros) amasados o de aditivos impermeabilizantes.

En el Perú, muchas culturas a lo largo del tiempo han utilizado la tierra como material de construcción debido a su disponibilidad y a su capacidad de endurecer luego de que la tierra húmeda se seca.

Vargas et al. (2005) indica las construcciones antiguas, consideradas hoy monumentos históricos, han sido dañadas con el tiempo por agentes naturales y el hombre. La mayoría de las construcciones de tierra que han perdurado tienen muros robustos. La gran masa de los muros ocasiona durante un sismo el desarrollo de grandes fuerzas de inercia que generan tracciones que la tierra no es capaz de resistir provocando el agrietamiento de los muros que conlleva a la pérdida de su resistencia y rigidez.

Gálvez et al. (2012) manifiesta como construcciones de tierra o barro, aquellas construcciones donde interviene primordialmente, como materia prima, el barro, en sus diferentes aplicaciones, procesado por una serie de tecnologías tradicionales. El barro es uno de los materiales de construcción más antiguos de la humanidad. Por siglos, el hombre ha mezclado arena y arcilla, con paja y agua para moldear unos bloques que deja secar al sol, y que se conocen en muchos países como adobes. Aún hoy, aproximadamente, el 50 % de la población del mundo construye sus viviendas con barro, en distintas formas, con el uso de diferentes técnicas y normas. En la actualidad sigue vigente el uso del barro (Adobe) como material básico en construcciones de todo tipo tomando como referencia las nuevas tecnologías que se vienen desarrollando en el mundo; inclusive en zonas de países desarrollados como: Australia, Nueva Zelanda, España, entre otros.

Binici et al. (2005) concluyo que la resistencia a la compresión de ladrillos de barro (adobe) reforzados con fibra (paja) es mayor que los adobes tradicionales; por lo tanto, los reforzados son más resistentes a los terremotos.

## **Materiales Utilizados en la Construcción**

En la costa norte peruana la tierra fue el material constructivo protagónico en las edificaciones. Inicialmente, en el período pre-cerámico y formativo, hay evidencias del uso de la piedra unida con barro. Sin embargo, aún en estos mismos periodos y en todos los posteriores del prehispánico, el uso de la tierra cruda es predominante, primero como champas y luego como adobes con formas cónicas y cilíndricas (modelados) y paralelepípedos (moldeados).

La tierra se utilizó para elaborar los distintos tipos de adobes. El bloque de adobe era elaborado de tierra arcillosa y contenía además otros agentes de cohesión como materiales orgánicos fibrosos, desperdicios domésticos y conchos partidos, destinados a mejorar su propiedad mecánica y resistencia a la humedad. El uso del estiércol y otros elementos de origen vegetal se encuentra especialmente en los morteros de buena calidad, destinados al revoque y enlucido de las paredes. Posiblemente, se usó también una sustancia de naturaleza coloidal proveniente de cactus, tanto en la mezcla del adobe como en los enlucidos para promover la adherencia.

Escalante (2013) dice actualmente las viviendas de tierra en el Perú se encuentran en las zonas urbanas y rurales. Según cifras del INEI (2007) existen más de 2, 229,715 viviendas cuyas paredes son de adobe y tapial. Lo que representa el 35% de las viviendas en el Perú. Siendo el material predominante en las paredes de las viviendas del área urbana es el ladrillo o bloques de cemento que representa el 61.1% seguido del adobe tapial en 23.5% en el área rural los materiales predominantes en las paredes exteriores de las viviendas son el adobe tapial. Por lo que concluye que la utilización del adobe a nivel nacional es considerable. Esto debido a muchos factores, por ejemplo que es un material natural disponible localmente a lo largo y ancho del planeta, minimizando la necesidad de utilizar materiales del mercado siendo de bajo costo y siendo vulnerable e inestable a muchos factores ambientales.

Las características de las viviendas en la provincia son bastante diferenciadas, según el Censo Nacional del INEI de Población y Vivienda del año (2007), en la provincia la construcción de viviendas de material noble constituye solo el 2 %, en material adobe y tapia es de 78 % y de otros materiales rústicos el 20 % , en Puquio capital de provincia y en algunas capitales de distritos predomina construcciones en material noble, mientras en zonas periféricas, comunidades y caseríos, predomina las viviendas de construcciones en adobe y materiales rústicos. Por lo que se puede diferenciar en dos problemas bastante marcados. El primero, las viviendas en su gran mayoría son construcciones antiguas de hace 40 años promedio, son de adobe y material de la zona, generalmente se encuentran deterioradas por el tiempo, y otras por estar desocupadas, abandonadas, donde falta su mantenimiento respectivo y la vulnerabilidad del adobe que pueda y ser ocupadas. Estas viviendas componen ambientes de patio, cocina, dormitorio, lugar de almacenamiento de productos y en algunos casos lugar para animales menores de crianza de cuyes, cerdos, gallinas y lugar para jardines o huerta.

El segundo, las viviendas de las zonas periféricas, comunidades, anexos y caseríos, son de material rústico piedra con barro, madera, quincha, estera, son construcciones rudimentarias en base a material de la zona, generalmente compuestas de ambientes mínimos para dormitorio, cocina y almacenamiento de productos, en algunas viviendas familiares más amplias componen ambientes como jardines y lugares para los animales menores.

Respecto a los uso de los materiales naturales dependerá de la disponibilidad de estos según la posición geográfica como también las técnicas a usar así por ejemplo en las zonas rurales de la sierra el uso de la tierra está muy arraigado como también el pasto natural las viviendas construidas con materiales naturales y con técnicas apropiadas resultaran ser más confortables y además de requerir menos gasto energético para su acondicionamiento siempre en cuando el uso de estos materiales sea acompañado con un diseño acorde.



Los materiales utilizados durante la estabilización del adobe fue viendo las etapas del ciclo de vida de las edificaciones como desde la elaboración, construcción, mantenimiento y rehabilitación por lo que esta selección determina en parte el impacto ambiental global del adobe estabilizado así como el uso de un determinado estabilizante como las escorias de acero, cemento habrá provocado alteraciones en el medio durante la producción de los materiales que lo componen además también tendrán influencia sobre el consumo energético del edificio incluso influirá de forma determinada en la huella ecológica según a posibilidad que ofrezca de repararlo o aprovechar los residuos de los materiales que lo componen al finalizar.

Si nos planteamos aplicar medidas de elaboración de adobe sostenible es fundamental adoptar una visión integrada de todas las etapas del ciclo de vida de las edificaciones.

## **1.2. El suelo**

Los suelos son por definición el material que se localiza en las capas superficiales de la corteza terrestre en donde nacen, crecen y se reproducen animales y vegetales, resultado de la desintegración de las rocas a través del tiempo, afectados por los fenómenos naturales y la vida animada que se da en la superficie (Diego, 1997).

El suelo es un elemento esencial del medio ambiente; en él se llevan a cabo múltiples funciones trascendentes para la vida en el planeta. El suelo contiene minerales y restos orgánicos, sujeta la cubierta vegetal a la tierra y almacena y distribuye el agua (Torres, 2001).

A pesar de su enorme importancia como soporte de las comunidades vivas, el suelo es sólo una frágil y delgada capa que aparece a manera discontinua sobre lugares con pocas pendientes, bien drenadas y estables. Se erosiona con mucha facilidad y rapidez por un uso inadecuado, cambios en las condiciones naturales o fenómenos como inundaciones o huaycos. Y además de su fragilidad, los suelos tienen una limitación significativa:

extrema lentitud de sus procesos de formación. Se requieren más de mil años para obtener una capa de pocos centímetros de espesor.

El suelo, que es la materia prima para la elaboración del bloque de adobe y mortero de barro, está compuesto por tres fases: mineral, gaseosa y líquida. La fase mineral la conforman partículas de diferentes tamaños como grava, arena, limo y arcilla. Las fases restantes, conformadas por gases y líquidos, ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas (Sánchez, 2010).

La tierra es producto de la erosión de las rocas en la corteza terrestre. La erosión ocurre fundamentalmente a través de la pulverización de las rocas provocadas por movimientos glaciares, del agua y el viento por la expansión del agua congelada en las grietas de las rocas. La composición y variedad de las propiedades de la tierra depende del lugar donde se encuentre (Acosta, 2008).

La tierra es una mezcla de arcilla, limo y arena que algunas veces contiene agregados mayores como grava y piedra.

### **1.2.1. Componentes mineralógicas del suelo**

De la Peña (1997) dice es importante conocer las características de los componentes de los suelos dado que así estaremos en la posibilidad de dar las recomendaciones necesarias para su utilización en la fabricación de adobe.

#### **a. Arenas gruesas**

Son el componente estable y sus propiedades mecánicas no se alteran sensiblemente con el agua.

#### **b. Arenas**

Son granos minerales, aunque estables no poseen cohesión por secas, sin grandes desplazamientos entre las partículas que las componen, pero con una fuerte fricción interna.

### **c. Limos**

No tienen cohesión por ser secos y con una resistencia a la fricción menor que las arenas, pero en presencia de agua su cohesión aumenta, además de tener variaciones en volumen debido a que se contraen y se expanden.

### **d. Arcillas**

Son el componente que da cohesión a los suelos uniendo a los suelos más gruesos, pero en las arcillas húmedas se presentan cambios muy severos en la estructura del suelo, por su Inestabilidad a diferencia de las arenas.

Lambe (1995) dice de acuerdo al tamaño de las partículas del suelo las arcillas están definidas como las partículas menores a los 0.002 mm. sin embargo, existen partículas dentro de ese rango de tamaño que no son minerales arcillosos. Por tanto, las partículas inferiores a los 0.002 mm deben ser denominadas “fracción arcillosa” y no solo arcillas.

Las propiedades que diferencian y definen a la arcilla son la plasticidad, que se desarrolla al mezclarse con cierta cantidad de agua, y la cohesión o resistencia cohesiva.

### **1.2.2. Propiedades físicas del suelo**

Las propiedades físicas del suelo son aquellas que logran cambiar la materia sin alterar su composición.

Como se ha explicado, el suelo es una mezcla de materiales sólidos, líquidos (agua) y gaseosos (aire). La adecuada relación entre estos componentes determina la capacidad de hacer crecer las plantas y la disponibilidad de suficientes nutrientes para ellas. La proporción de los componentes determina una serie de propiedades que se conocen como propiedades físicas o mecánicas del suelo: textura, estructura, color, permeabilidad, porosidad, drenaje, consistencia, profundidad efectiva.

### **a. Granulometría**

Juárez (1968) Indica la granulometría son propiedades mecánicas que dependen directamente de la distribución de las partículas constituyentes según sus tamaños.

NTP 339.128 (1999) Define a la granulometría como la distribución porcentual en masas de los distintos tamaños de particular que constituyen una muestra de suelo.

### **b. Curva granulométrica**

NTP 339.128 (1999) define como una representación gráfica del ensayo granulométrico, a partir de ella es posible observar la graduación de un suelo.

### **c. Cohesión**

Lambe (1995) dice es la máxima resistencia del suelo a la tensión y es producida por las fuerzas de atracción que existe entre los granos en contacto. La cohesión depende del tipo de mineral arcilloso, condiciones atmosféricas, contenido de agua, tensión superficial y la carga eléctrica superficial de la arcilla. La cohesión aumenta a medida que el suelo pierde humedad y se seca.

De acuerdo al contenido de humedad, el suelo se presenta en 4 estados de consistencia: sólido, semisólido, plástico y líquido. Cada estado tiene cierta resistencia a la deformación que aumenta a medida que el suelo pierde humedad hasta secarse o alcanzar la humedad del ambiente. En el estado plástico la fuerza necesaria para iniciar su movimiento es mínima. Ello se debe al alto contenido de humedad pues mientras mayor sea la cantidad de agua presente en el suelo, menor será la interacción entre las partículas que permita la transferencia de carga y el comportamiento del suelo se aproximará al de un líquido, sin resistencia alguna.

#### **d. Plasticidad**

Juárez (1968) define como la propiedad de un material por lo cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable, sin desmoronarse ni agrietarse.

Sánchez (2010) la plasticidad es la capacidad que tiene el suelo de ser moldeado sin romperse en estado húmedo. Esta propiedad está controlada por la cantidad y calidad de arcilla presente en el suelo y se da dentro de una amplia gama de humedad.

#### **e. Suelo plástico**

NTP 339.129 (1999) define como un suelo que tiene un rango de contenido de humedad sobre el cual exhibe plasticidad y sobre el cual mantendrá su forma bajo el secado.

#### **f. Límite de atterberg**

NTP 339.129 (1999) dice originalmente Albert Atterberg definió seis "límites de consistencia" de suelos de granos finos: el límite superior de flujo viscoso, el límite líquido, el límite de pegajosidad, el límite de cohesión, el límite plástico, y el límite de contracción. En ingeniería se usan frecuentemente el límite líquido, el límite plástico, y en algunas referencias el límite de contracción.

#### **g. Límite líquido**

Juárez (1968) define el límite líquido de un suelo como el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando este se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.

NTP 339.129 (1999) define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg.) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo

#### **h. Límite plástico**

Juárez (1968) define el límite plástico (LP) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.

NTP 339.129 (1999) es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plásticos y semisólido. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser rolado en hilos de 3.2 mm. (1/8 pulg.) Sin que se rompa en pedazos.

#### **i. Índice de plasticidad**

NTP 339.129 (1999) es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

### **1.3. Pasto natural**

El pasto natural es una Hierba que sirve como alimento a los Poligástricos y algunos Mono gástricos, siendo usados algunos pastos como él (Stipa ichu) en las elaboraciones de los adobes para la construcciones de las viviendas en algunas zonas urbanas y en su mayoría de las zonas rurales. Por lo que el pasto es una materia prima renovable.

#### **(Stipa ichu).**

Flores et al. (1992) define es un planta perenne, cespitosa, amacollada. Cañas de 25-80 cm. de largo, convolutas, o plegadas- convolutas, puntiagudas, algo coriáceas, haz finamente escabroso envés glabro. Panícula comúnmente espiciforme, sedosa, densamente florida desde la base, de 15-30cm de largo. Espiguillas en su mayor parte cortamente pediceladas. Glumas ligeramente desiguales, de 6-8mm de largo, hialinas. Lemma de 3-4 mm de largo, cilindrceo-fusiforime, pubescentes, con el ápice con vilano de pelos largos, de 3-4 mm de largo; arista inconspicuamente bigeniculada, de 11-15 mm de largo; antopodio

truncado, escasamente pubescente. Palea membranácea, de 1-1.5 mm de largo.

Ruiz (2009) define como una planta herbácea, erguida y densamente cespitosa, las hojas con vaina glabra con pelos blancos de más o menos 1 mm de largo en el cuello, la inflorescencia es una panícula abierta y densa.



**Figura 1. Pasto natural peccoy (*Stipa ichu*) en S1 se aprecia en su estado natural, y S2 una muestra en laboratorio**

#### **1.4. Cactus**

Juárez (2007) dice el cactus es una especie de origen centroamericano, resistente a sequía, plagas y enfermedades, que se desarrolla en climas tropicales.

Vargas et al. (1986) dice el mucílago de la hoja de cactus es usado en la construcción tradicional de adobe como estabilizante en los enlucidos de barro de los muros, para disminuir la erosión provocada por las lluvias; es decir, cumple con una función impermeabilizante.

#### **1.5. Adobe**

El adobe, como comúnmente lo conocemos, es el bloque moldeado a mano, echo de barro y secado al medio ambiente, que se utiliza en la construcción de viviendas y edificaciones.

NORMA E.080 (2006) define al Adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.

Ríos (2010) dice el adobe como comúnmente se conoce, es el elaborado por la mezcla de tierra, paja y agua, dicha mezcla es puesta en moldes de madera y se deja secar al sol hasta que se pueda retirar del molde y se expone nuevamente al sol para terminar el proceso de secado de dicha pieza.

El adobe es un bloque macizo de tierra, se fabrica comúnmente con un 20% de arcilla, un 80% de arena y agua. Se utiliza un molde para darle forma, luego de haberse contraídos por el secado, se retiran los moldes y los adobes se dejan secar al aire libre sin la acción directa del sol. Este puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos y debe estar libre de fisuras u otros defectos que puedan disminuir su resistencia o durabilidad.

Por otro lado, en las zonas rurales y las zonas costeras existen muchas viviendas donde el adobe que utilizan no tiene pastos naturales, también existe la idea de que esta particularidad haga al adobe más vulnerable ante los efectos externos de la naturaleza, debido a que el pasto natural controla las fisuras por contracción de secado del suelo. Tomando en cuenta eso, se realizó el proyecto usando adobes patrón sin ningún tratamiento, para tener una situación más real. Estos adobes fueron elaborados, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Agraria La Molina.

#### **1.6. Adobe estabilizado**

Se define la estabilización del adobe como un proceso que mejora la resistencia y calidad del adobe, actuando sobre alguna de sus propiedades.

Easton (1996) define la estabilización como la obtención de estabilidad física en los contactos de la tierra apisonada, estabilizar significa suprimir el cambio de volumen que tiene lugar en el suelo cuando adsorbe o libera agua.

Ugaz (2001) define la estabilización como el mejoramiento de la matriz del material mediante la compactación, al incrementar su resistencia y



capacidad de carga, y al disminuir su sensibilidad al agua y cambios volumétricos durante el ciclo de humedecimiento y secado.

Rodríguez (2003), dice estabilizar el suelo es modificar las propiedades de un sistema tierra, agua y aire para que se obtengan propiedades que le hagan compatible con sus aplicación, en la estabilización intervienen numerosos parámetros, por lo que es necesario tener conocimiento de las propiedades del suelo que se requiere estabilizar, las propiedades finales que se requieren, la economía del proyecto, las técnicas para utilizar el suelo seleccionado en el proyecto así como resistencia constructiva y el costo de la conservación.

El Reglamento Nacional de Construcciones define al adobe estabilizado como aquel al que se le ha incorporado otros materiales (asfalto RC-250, goma de tuna, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de estabilidad ante la presencia de humedad.

NORMA E.080 (2006) define cuando se ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de la humedad.

### **1.7. Mortero**

Ministerio de vivienda (2010) menciona el material de unión de los adobes puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso bosta, etc.

**A tipo I:** (en base a tierra con algún aglomerante como cemento, cal asfalto, etc.)

**B tipo II:** (en base a tierra y paja).

### **1.8. Tiempo de reposo húmedo del suelo**

Es la determinación del tiempo que pasa desde el momento de la adición del agua hasta que el suelo esté listo para su elaboración de adobe y es tiempo requerido para que el barro adquiera un grado de saturación de acuerdo a lo que recomienda la norma E.080 de adobe debe ser durante 24 horas.

### **1.9. Desarrollo de la normatividad**

La Norma es un documento formal cuyo principal objetivo es dar lineamientos para que las construcciones de adobe, que benefician principalmente al sector informal de la población, sean sísmicamente seguras. La Norma también contribuye a formalizar las nuevas construcciones de tierra para que se desarrollen con la ayuda del sistema hipotecario y financiero.

Escalante (2013) dice La norma E. 080 del año 2000 procede de una versión anterior de 1977 del ININVI (Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda) que fue adsorbido por el organismo público SENCICO (Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Innovación para la Industria de la Construcción) vigente actualmente en el Reglamento Nacional de Edificación. Por otro lado se tiene a la Norma Técnica Peruana (NTP) del año 1979, emitida y revisada el 2012 por el sistema peruano de normalización INDECOPI.

Ambas normas son para la construcción de adobe y adobe estabilizado respectivamente, sin embargo tienen algunas limitaciones en algunos ensayos que se requieren para una estabilidad del adobe.

El programa de apoyo al Habitatad rural del viceministerio de vivienda y urbanismo presenta un proyecto de actualización respecto a la necesidad de incorporar en la normatividad nacional lineamientos técnicos de construcción, que se orienta al diseño, construcción, reparación y reforzamientos de edificaciones de tierra, inspirada en el desarrollo de una cultura de previsión de desastre y en la búsqueda de soluciones económicas, seguras, durables, comfortable y de fácil difusión.

### **1.10. Resistencia a la compresión**

Ríos (2010) define que es una presión que tiende a causar una reducción de volumen. Cuando se somete a un material a una fuerza de flexión, cizalladora o torsión actúa simultáneamente fuerzas de torsión y compresión.

La resistencia a la compresión del adobe es cuando está relacionado con las resistencias como son: densidad, impermeabilidad, durabilidad, resistencia al impacto, resistencia al traslado, resistencia a la tensión. Esto no quiere decir que estas propiedades sean una función simple y única de la resistencia a la compresión, si no que un adobe de mayor resistencia a la compresión tendrá mejores propiedades.

La resistencia de la compresión de la unidad es un índice de la calidad de la misma y no de la albañilería, por lo que la norma E.80 del adobe recomienda el esfuerzo a la compresión mínimo aceptable sea 12 kg/cm<sup>2</sup> por lo que el valor del esfuerzo resistente a la compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo de 6 cubos, definiéndose la resistencia ultima como el valor que pase el 80% de las piezas ensayadas.

$$f_0 = \frac{F}{A} \quad (1.1)$$

Donde:

$f_0$  = Resistencia a la compresión.

F = Carga aplicable (kg).

A = Área de compresión (cm<sup>2</sup>)

### **1.11. Absorción de agua**

NTP 331.017 (1978) la absorción es considerada como una medida de su impermeabilidad.

Ríos (2010) dice la teoría del movimiento del agua en el suelo está basada en la generalización de la Ley de Darcy, deducida para la circulación de un medio poroso, que se expresa que “la velocidad de circulación de agua en un medio poroso saturado, es directamente proporcional a la diferencia de presión hidráulica entre dos puntos y a la conductividad del suelo al agua, e inversamente a la distancia entre los dos puntos”.

### **1.12. Erosión hídrica**

La erosión hídrica es el proceso de sustracción de masa sólida al suelo o a la roca de la superficie llevado a cabo por un flujo de agua que circula por la misma.

El fenómeno de la erosión Se define como un proceso de desgaste, transporte y deposición de las partículas de la masa de suelo. La sedimentación, proceso de deposición del material erosionado y transportado, ocurre a veces lejos del lugar de origen, pudiendo provocar tanto o más daño que la erosión misma.<sup>4</sup>

El impacto de las gotas de lluvia y el escurrimiento representan los agentes externos que trabajan para vencer la cohesión de las partículas de la masa de suelo y provocar su transporte.

### **1.13. Marco legal**

Autorización para realizar los ensayos de laboratorio en la universidad Agraria La Molina laboratorio de suelos encargado por el ing. Hermes Valdivia.

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

### **2.1. Generalidades**

El trabajo de investigación consistió en evaluar el comportamiento del adobe estabilizado con pasto natural (*Stipa lchu*) que se encuentran en las zonas alto andinas del Perú, más la solución de cactus, y el suelos seleccionado y caracterizado del barrio de santa rosa de la Localidad de Puquio Provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho, que generalmente es empleada en las viviendas de la zona cuyas propiedades granulométricas y plásticas son adecuadas para la fabricación de los adobes.

Utilizando el suelo seleccionado y la solución de cactus, se prepararon testigos en el laboratorio sin estabilizar, estabilizados con goma de cactus y estabilizado con goma de cactus + 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% de pasto natural respecto al peso seco del abobe patrón, siendo la solución de cactus a una viscosidad constante.

Luego de 30 días de secado los testigos fueron sometidos a las siguientes pruebas de variación de dimensiones, ensayos de resistencia a la compresión, absorción y erosión. Para la investigación se tuvo secuencia de pasos fundamentales.

### **2.2. Ámbito de estudio**

El presente estudio se realizó con suelo del barrio de santa rosa de la localidad de puquio provincia de lucanas – Ayacucho.



**Figura 2. Ubicación de la cantera para el trabajo de investigación**

Fuente: imagen satelital

### **2.3. Suelo utilizado**

En la **Figura 2** se observa la ubicación de donde se extrajo el suelo para la siguiente investigación, se realizó por que los pobladores de ese sector construyen sus viviendas con este tipo de suelo, y la muestra tomada para la investigación fue representativa.

## Ubicación política

Región	: Ayacucho
Provincia	: Lucanas
Distrito	: Puquio
Latitud	: 14° 41' 32" Sur
Longitud	: 74° 07'33" Oeste
Altitud	: 3,214 msnm

El suelo seleccionado fue evaluado de acuerdo a los requerimientos mínimos que exigen la Norma E.080 Adobe sobre rangos de la granulometría y no debiendo utilizar suelos orgánicos.

### 2.4. Metodología

Para llevar a cabo el trabajo de investigación se ha tomado el suelo del barrio de santa rosa por lo que el suelo es utilizado para la fabricación de los adobes para las viviendas de la zona obteniéndose una muestra representativa de dicho suelo para luego ser llevado al laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina para su realización de la caracterización del suelo. Paralelo a la obtención de la muestra representativa se extrajo el san pedro de cactus de la zona de Saya Rumi a dos Km de la localidad de Puquio, y el pasto natural (*Stipa ichu*) se extrajo de Pallcca Huaycco que se encuentra en las moyas de la comunidad campesina de Ccayao a 10 km de la localidad de puquio, una vez en el laboratorio se han realizado una serie de análisis con el fin de conocer los porcentajes de las fracciones granulométricas presentes. Las técnicas de campo sirve para conocer cualitativamente la idoneidad de un suelo para construcciones de adobe, es envase a ensayos de laboratorio donde se alcanza con rigor dicho conocimiento, permitiendo conocer las proporciones adecuadas de cada elemento que constituye el adobe, con el fin de obtener las propiedades óptimas.

De este modo, se ha procedido a caracterizar el suelo del barrio de santa rosa de la localidad de Puquio, en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, una vez elaborados las muestras de adobe a los diferentes tratamientos se realizaron pruebas para evaluar el comportamiento del adobe estabilizado con pasto natural (*Stipa ichu*).

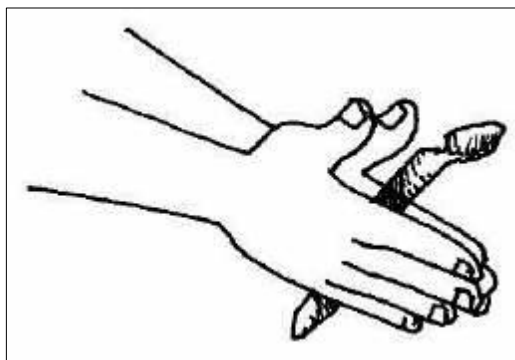
#### **2.4.1. Pruebas previas al suelo empleado**

Blondet et al. (2015) indica que existen técnicas de campo para conocer cualitativamente la idoneidad de un suelo para construcciones de adobe, en este caso se realizaron pruebas previas mencionadas en el manual para la construcción de viviendas de adobe. Las pruebas se mencionan a continuación.

##### **a. Prueba de rodillo**

Se realizó pruebas de rodillo que consistió en tomar una muestra de suelo y se remojo con agua y con la palma de las manos se forma rodillo de 2 cm de diámetro, se analizaron la prueba de acuerdo a los criterios que recomienda el manual para Casas sismo resistentes y saludables de adobe reforzado con cuerdas. En las **Figuras 3, 4 y 5** se presentan los criterios de decisión.

Si se rompe antes de alcanzar los 5 cm no usar por que la tierra tiene mayor porcentaje de arena.

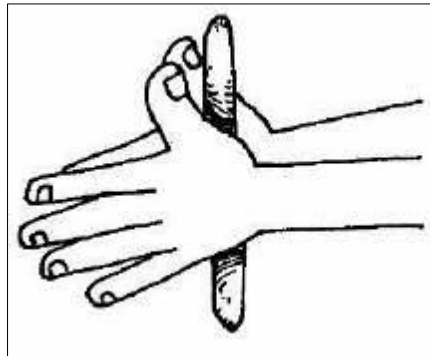


**Figura 3. Prueba se rompe antes de los 5 cm.**

Fuente: Casas sismorresistentes y saludables de adobe reforzado con cuerdas



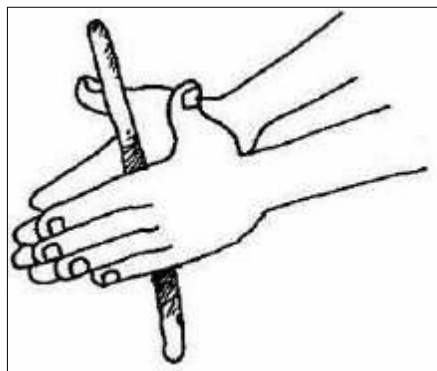
Cuando el rollo se rompe al alcanzar una longitud mayor a 5 y menor a 15 cm es un indicador que el suelo es bueno para adobe.



**Figura 4. Prueba se rompe mayor a 5 cm y menor a 15cm**

Fuente: Casas sismorresistentes y saludables de adobe reforzado con cuerdas

Cuando el rollo alcanza una longitud mayor a 15 cm, el suelo tiene mayor arcilla por lo que no es recomendable para la elaboración del adobe por lo que se le recomienda agregar arena.

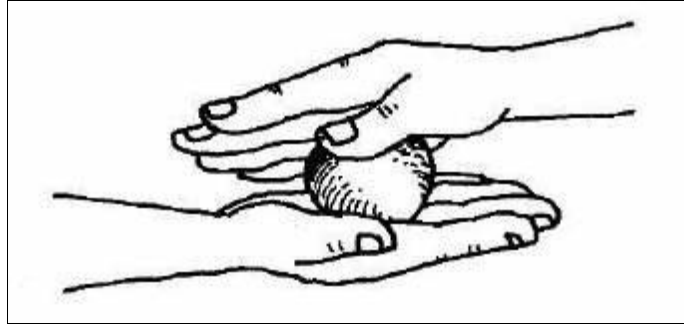


**Figura 5. Prueba no se rompe pasado los 15 cm de longitud**

Fuente: Casas sismorresistentes y saludables de adobe reforzado con cuerdas

#### **b. Prueba de la esfera**

Se tomó una muestra de suelo de aproximadamente de 300 a 350 gr previamente se humedeció y se forma 6 esferas con diámetro de 2.0 cm con la palma de la mano. En la Figura 6 se observa la elaboración de la esfera.



**Figura 6. Elaboración de la esfera**

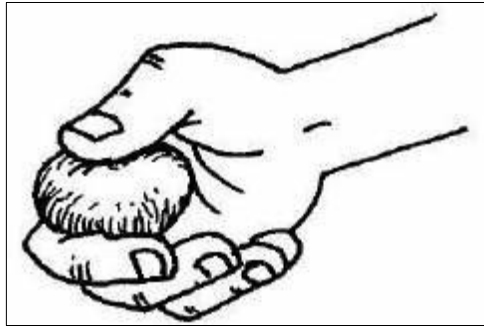
Fuente: Casas sismorresistentes y saludables de adobe reforzado con cuerdas

Se dejaron secar las esferas durante 2 días a temperatura de ambiente y bajo sombra, pasado los dos días se trató de romperlas presionándolas con el dedo pulgar y el dedo índice tal como se muestra en la figura 2.6 y para la saber si la tierra es buena se tomaron los criterios de análisis que recomienda el manual para Casas sismo resistentes y saludables de adobe reforzado con cuerdas tal como se muestra en las Figura 7.



**Figura 7. Prueba presionándolas con el dedo pulgar y el dedo índice**

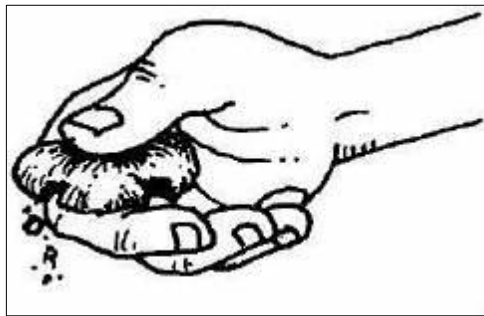
Si la bolita no se rompe, la tierra Sí sirve ya que tiene suficiente arcilla y los adobes serán resistentes tal como se muestra en la **Figura 8**.



**Figura 8. Cuando la esfera se presiona con los dedos y no se rompe**

Fuente: Casas sismorresistentes y saludables de adobe reforzado con cuerdas

Si la bolita se rompe, la tierra NO sirve ya que no tiene suficiente arcilla y los adobes no serán resistentes tal como se muestra en la **Figura 9**.



**Figura 9. Cuando la esfera se presiona con los dedos y se rompe con facilidad**

Fuente: Casas sismorresistentes y saludables de adobe reforzado con cuerdas

Para visualizar la prueba revisar el **Anexo A1**: pruebas previas del suelo del barrio de santa rosa de la localidad de puquio lucanas - Ayacucho, en el cual se aprecia las características del suelo empleado para la investigación.

#### **2.4.2. Caracterización del suelo empleado**

De la Peña (1997) dice la tierra de los horizontes a y b serán las que se utilicen en la fabricación de adobes, por lo tanto es importante conocer su contenido de arenas, limos y arcillas.

Para verificar que un suelo es apropiado para la aplicación específica es necesario la caracterización de los componentes del suelo dado que así estaremos en la posibilidad de dar las recomendaciones necesarias para la

utilización en la fabricación de los adobes patrón y adobes estabilizados con los tratamientos planteados para la presente investigación.

En esta etapa se determinó algunas características del suelo extraído del barrio de santa rosa de la localidad de Puquio en el Laboratorio de Mecánica de Suelo de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM, con la finalidad de conocer algunas características que la Norma E.080 del Adobe exige cuyos ensayos fueron los siguientes.

- Ensayo de Contenido de Humedad. (NTP 339.127).
- Ensayo de Granulometría. (NTP 339.128).
- Ensayo de Granulometría método hidrómetro ASTM D421-58 y D422-63.
- Ensayo de Limite Líquido y Limite Plástico. (NTP 339.129).
- Ensayo de gravedad específica de suelos (NTP 339.131)

Los procedimientos de los ensayos se detallan en los **Anexos 2, 3, 4, 5, 6**

### **Resultado de la caracterización del suelo**

Los resultados obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos realizado al suelo para la presente investigación. En la **Tabla 1** se ponen de manifiesto todas las propiedades obtenidas del suelo del barrio de santa rosa incluyendo su clasificación según el sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.). Como se puede apreciar, en el suelo se trata de un tipo de suelo de clasificación SC que tiene un porcentaje de arena 60.17% limo en 11.04% y arcilla 28.79% en donde la arena se encuentra dentro del uso granulométrico, según la Norma E.080 del adobe la gradación se debe aproximar a los siguientes porcentajes arcilla 10 – 20 % Limo 15 – 25% y arena 55 – 70 % y no debiéndose utilizar suelos orgánicos.

Sarosa (2008) dice en Perú es frecuente utilizar suelos que contengan entre 55 y 75% de arena y entre 25 y un 45% de arcilla. Y en México se aconseja que el suelo presente entre 45 y 70 % de arena y entre 20% y 40 % de arcilla y en Venezuela propone valores 20% de arcilla y 80 % de arena como también en Chile sugieren emplear entre 35 y 45% de finos y arena 55 y 65%

**Tabla 1:** Propiedades físicas del suelo

Descripción	Resultado
% de grava	0
% de arena	60.17
% de limo	11.04
% de arcilla	28.79
Limite liquido	35.62
Limite Plástico	18.18
Índice de plasticidad	17.44
Humedad natural del suelo %	11.06
Gravedad especifica	2.66
Límite de contracción %	15.69
S.U.C.S	SC

### 2.4.3. Preparación de la solución de cactus

Molina et al. (2006) Utilizo el proceso de la preparación de la goma de tuna el mismo que utilizo Vargas Neumann, para nuestra investigación se tomaron algunos procedimientos como: extracción y recolección del san pedro de cactus, extracción de espinas para el traslado al laboratorio. En esta investigación se usaron solo 3 kg de cactus cortándolas en rebanadas delgadas para luego remojarlas en agua de 40 litros.



**Figura 10.** C1 cactus en su habitad y C2 corte en rebanadas para su extracción de la goma

El tiempo de remojo considerado fue durante 7 días por lo que la temperatura estuvo ente 20 a 23°C según recomienda Vagas, para luego usarlo en la preparación del espécimen, de los siguientes tratamientos (CC, CC+0.5%SI, CC+1.0%SI, CC+1.5%SI y CC+2.0%SI ) Durante los 7 diasque de remojo se ha podido observar cambios en la consistencia de la solución, liberando la goma hasta cambiar color verde claro con una consistencia gomosa tal como se aprecia en la **Figura 11** y luego pasado los 7 días se empieza a emanar olor a fermentación y las pulpas de las pencas empezando a disolver.



**Figura 11.** En C3 remojo de cactus en rebanadas y C.4 cambio color de las rebanadas de cactus.

Según describe Vargas el proceso de descomposición de la tuna, para elaborar la goma se da de la siguiente manera: los dos primeros días presenta un color verde claro, una consistencia gomosa y es transparente e inodoro. Luego cambia un color verdoso adquiriendo una mayor consistencia de goma, presentando un fuerte olor a materia orgánica y dejando de ser transparente, durante este periodo la pulpa de las pencas se disuelven completamente y quedando la cascara como material remanente. A continuación el color se oscurece a la consistencia gomosa se pierde a los 60 días de remojo obteniéndose un líquido negro de consistencia semejante a la del agua con fuerte olor a materia orgánica descompuesta.

Además Vargas afirma que durante el verano el tiempo de remojo esta entre 7 a 14 días cuando la temperatura se encuentra entre 20 a 25°C.

#### 2.4.4. Preparación de la dosificación de mezcla

Para determinar la dosificación de mezcla se ha elaborado el adobe patrón con un molde de 30X15X10 cm, como se aprecia en la **Figura 12** y pasado los 30 días se obtuvo el peso seco del adobe patrón y el volumen, obteniéndose la densidad seca del adobe. En la **Tabla 2** se presenta los resultados, siendo esta necesaria para determinar el peso de suelo de cada testigos y de todo los tratamientos planteados (SC, CC, CC+0.5%SI, CC+1.0%SI, CC+1.5%SI y CC+2.0%SI ), para determinar la proporción de los tratamientos con pasto natural (*Stipa ichu*) se tomó el peso del suelo seco del testigo que corresponde al 100% se calculó el 0.5% del peso del suelo del testigo que corresponderá al pasto natural, calculando de la misma forma en los siguientes tratamientos hasta llegar al 2% de pasto natural (*Stipa ichu*). En las **tablas 3, 4, 5, 6, 7 y 8** se presenta los resultados. Donde:

SC : Tratamiento sin solución de cactus

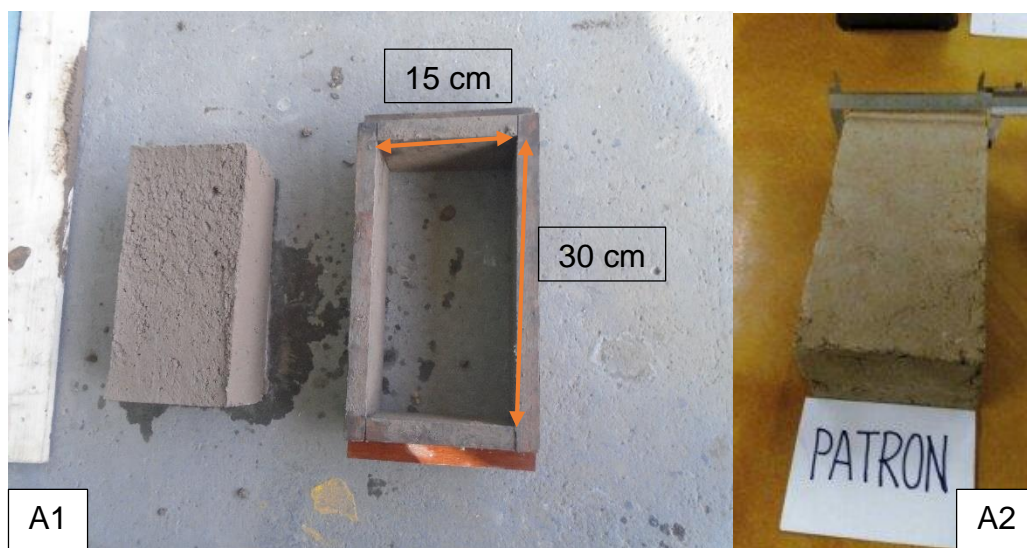
CC : Tratamiento con solución de cactus

CC+0.5%SI : Tratamiento con solución de cactus más 0.5% de *Stipa ichu*

CC+1.0%SI : Tratamiento con solución de cactus más 0.5% de *Stipa ichu*

CC+1.5%SI : Tratamiento con solución de cactus más 0.5% de *Stipa ichu*

CC+2.0%SI : Tratamiento con solución de cactus más 0.5% de *Stipa ichu*



**Figura 12.** En A1 molde y adobe patrón elaborado de 30X15X10 cm y A2 el adobe en estado seco

**Tabla 2:** Resultado de humedad y densidad del adobe patrón

<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>valores</b>
Humedad del espécimen	%	26.24
Peso seco del adobe patrón	gr	6962.00
Volumen seco de adobe patrón	cm <sup>3</sup>	4012.74
Densidad del adobe patrón	gr/cm <sup>3</sup>	1.73

**Tabla 3:** Dosificación de la unidad del tratamiento SC

<b>Volumen de cubo de adobe</b>	<b>Suelo seco</b>	<b>Solución de Cactus</b>	<b>Agua</b>	<b>Stipa ichu</b>
cm <sup>3</sup>	gr	ml	ml	gr
1000	1735	0	451	0

**Tabla 4:** Dosificación de la unidad del tratamiento CC

<b>Volumen de cubo de adobe</b>	<b>Suelo seco</b>	<b>Solución de Cactus</b>	<b>Agua</b>	<b>Stipa ichu</b>
cm <sup>3</sup>	gr	ml	ml	gr
1000	1735	451	0	0

**Tabla 5:** Dosificación de la unidad del tratamiento (CC+0.5%SI)

<b>Volumen de cubo de adobe</b>	<b>Suelo seco</b>	<b>Solución de Cactus</b>	<b>Agua</b>	<b>Stipa ichu</b>
cm <sup>3</sup>	gr	ml	ml	gr
1000	1735	451	0	8.67



**Tabla 6:** Dosificación de la unidad del tratamiento (CC+1.0%SI)

<b>Volumen de cubo de adobe</b>	<b>Suelo seco</b>	<b>Solución de Cactus</b>	<b>Agua</b>	<b>Stipa ichu</b>
cm <sup>3</sup>	gr	ml	ml	gr
1000	1735	451	0	17.35

**Tabla 7:** Dosificación de la unidad del tratamiento (CC+1.5%SI)

<b>Volumen de cubo de adobe</b>	<b>Suelo seco</b>	<b>Solución de Cactus</b>	<b>Agua</b>	<b>Stipa ichu</b>
cm <sup>3</sup>	gr	ml	ml	gr
1000	1735	451	0	26.02

**Tabla 8:** Dosificación de la unidad del tratamiento (CC+2.0%SI)

<b>Volumen de cubo de adobe</b>	<b>Suelo seco</b>	<b>Solución de Cactus</b>	<b>Agua</b>	<b>Stipa ichu</b>
cm <sup>3</sup>	gr	ml	ml	gr
1000	1735	451	0	34.70

#### **2.4.5. Preparación del espécimen**

Cárdenas (2008) dice durante la elaboración del adobe, al haber seleccionado el suelo adecuado, este debe permanecer humedecido durante 48 horas, para así tener un suelo totalmente hidratado llamándosele dormido o podrido, un adobe sin el proceso de hidratación, a los 28 días da una resistencia a la compresión de 12 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que uno hidratado arroja en un mismo tiempo de 20 kg/cm<sup>2</sup>.

Los especímenes preparadas para los acondicionamientos de los tratamientos se elaboraron en el laboratorio de mecánica de suelos de la facultad de ingeniería agrícola de la UNALM. Con el suelo extraído del barrio de santa rosa de la localidad de puquio provincia de lucanas - Ayacucho, y una vez conocido sus características físicas y mecánicas del

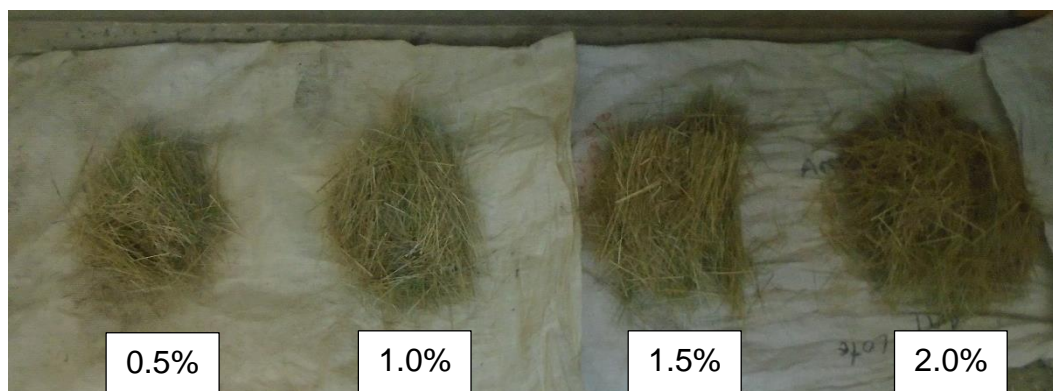
suelo se zarandearon el suelo por la malla N° 4 (4.75mm) y se prepararon los especímenes para los siguientes tratamientos (SC, CC, CC+0.5%SI, CC+1.0%SI, CC+1.5%SI y CC+2.0%SI), los especímenes fueron preparados con humedades de 26.24% y como indica la Norma E 080 se dejaron a reposar (dormir) durante 24 horas para lograr una distribución homogénea del agua en el espécimen. En la **Figura 13** se observa el preparado del espécimen.



**Figura 13.** En S1 suelo zarandeado por la malla N° 4 (4.75mm) y E1 espécimen

#### **2.4.6. Acondicionamientos de los tratamientos**

Cumplido las 24 horas de saturación, se mezclaron el espécimen con 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% de pasto natural (*Stipa Ichu*) siendo esta mezcla una hora antes de la elaboración de las muestras para una mejor trabajabilidad. En la **figura 14 y 15** se muestra la proporción del pasto y el mezclado con el espécimen.

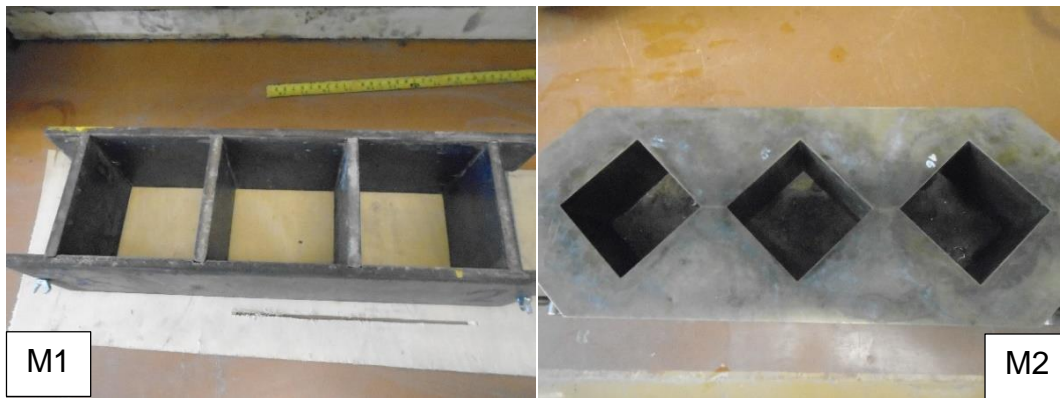


**Figura 14.** Proporción de pasto natural (*Stipa Ichu*) cortado entre 5 a 10 cm



**Figura 15.** Las proporciones de pasto natural (*Stipa ichu*) mezclado con el espécimen

Para la elaboración de los testigos para la prueba de variación de dimensiones, compresión y erosión se mandaron elaborar molde de ancho 10 cm, largo 10 cm y alto 10 cm con fierro de 10 mm de espesor, y para absorción se consiguió molde de ancho 5 cm, largo 5 cm y alto 5 cm del laboratorio de concreto, empleándose de diferentes formas y dimensiones. En la **Figura 16** se muestra los diseños de los moldes.



**Figura 16.** En M1 molde de aristas de 10 cm y M2 moldes de aristas de 5 cm

Para el vaciado de los moldes de cubos se hecho agua a las paredes del interior de los moldes para evitar la adherencia en las paredes y se tenga facilidad durante el desmolde. Durante el llenado del espécimen en el molde y para una uniformidad de los cubos se lanzó la mezcla con fuerza en el molde y luego se enrazo para sacar los excesos, finalmente se desmolde como se muestra en la **Figura 17**.

Concluido la elaboración de los cubos de adobe se esperó el secado en sombra para evitar la rajadura en una temperatura máxima de 23.5 °C y mínima de 15.0°C y una humedad relativa de 70.423 (mes de Abril), para luego codificarlas. En la **Figura 18** se observa el secado de las muestras codificadas.



**Figura 17. Proceso de elaboración de las muestras de adobes y el desmoldado.**



**Figura 18. Proceso de secado y codificación de las muestras de adobe**

Después de los 4 a 6 días se colocó el cubo de canto para completar un secado uniforme y se dejó secar por un tiempo de un mes.

Para la siguiente investigación se elaboraron muestras para los diferentes tratamientos de adobes de dimensiones y cantidades como se muestra en la **Tabla 9**.



**Tabla 9:** Dimensiones y cantidad de ensayos realizados

<b>Tipo de ensayo</b>	<b>Dimensiones del molde (cm)</b>	<b>Cantidad por Muestras (und)</b>	<b>Total</b>
Variación de dimensiones	10X10X10	8	48
Compresión	10X10X10	6	36
Absorción	5X5X5	6	36
Erosión	10X10X10	2	12

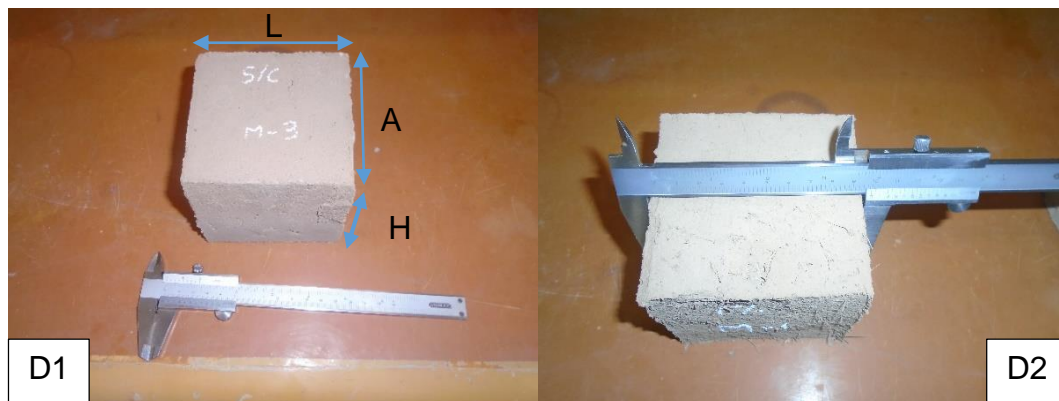
## **2.5. Ensayo realizados para evaluar las características del adobe estabilizado**

Para evaluar el comportamiento de los adobes estabilizados, se definieron una serie de ensayos y en vista que norma E 0.80 Adobe solo especifica procedimientos para el ensayo de compresión, los de más ensayos se tomaron de la investigación de Romero, (2012) y Escalante (2013).

### **2.5.1. Ensayo de variación de dimensiones del adobe**

Este ensayo se realizó con la finalidad de evaluar la variación porcentual de la deformación del volumen de las muestras de adobe de los diferentes tratamientos durante el proceso de secado, adoptándose la metodología de Escalante, 2013 en su investigación “Estudio de la Estabilización de Adobe con Escorias Negras de Horno de Arco Eléctrico”, para lo cual se elaboraron 8 muestras de cada tratamiento y se tomaron tres lecturas de cada lado con el equipo de vernier como se muestra en la **Figura 19**, y tomándose el promedio de cada una de las tres dimensiones (Largo, Ancho y Alto) obteniéndose resultados del volumen final.

El procedimiento del ensayo se encuentra en el **Anexo A8** y los resultados en el **Tabla 10** del capítulo de resultados.

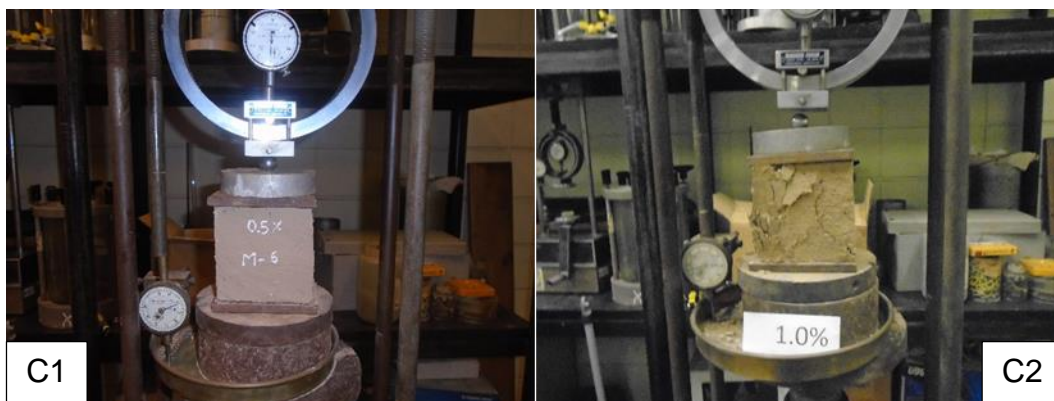


**Figura 19.** En D1 dimensiones de la muestra y en D2 lectura de las dimensiones con el vernier

### 2.5.2. Ensayo de compresión simple

La norma técnica peruana E 080 Adobe especifica procedimientos para el ensayo de resistencia a la compresión de la unidad, se determinó ensayando cubos de 10cm de arista tal como menciona en la norma (cuyas arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe), obteniéndose el valor del esfuerzo resistente en compresión en base al área de la sección transversal ensayándose 6 unidades de cubos de los tratamientos sin solución de cactus (SC), 6 unidades de cubos con solución de cactus (CC), 6 unidades de cubos con solución de cactus más 0.5% de Stipa ichu, 6 unidades de cubos con solución de cactus más 1.0% de Stipa ichu, 6 unidades de cubos con solución de cactus más 1.5% de Stipa ichu y 6 unidades de cubos con solución de cactus más 2.0% de Stipa ichu, definiéndose la resistencia última. En la **figura 20** se observa la instalación de la muestra y la fractura del cubo después de ser sometido la carga.

Para los ensayos se utilizaron piezas completamente secas y el procedimiento se encuentra en el **Anexo A9** y los resultados en la **Tabla 12** del capítulo de resultados.



**Figura 20.** C1 instalación de la muestra en el equipo de compresión y C2 muestra fracturada

### 2.5.3. Ensayo de absorción

La norma técnica peruana E 080 Adobe no especifica procedimientos para el ensayo de Absorción y muestreo de unidades de adobe, por lo cual se adoptó a la metodología de la NTP 399.613 que describe los procedimientos de muestreo y ensayo en ladrillos de arcilla, a pesar de sus marcadas diferencias físicas respecto a las unidades de adobe, y ensayo de inundación en unidades de adobe se hizo uso de ensayo empleado por Romero et al. (2012) en su tesis de Mejoramiento De Las Construcciones de Adobe Ante Una Exposición Prolongada de Agua Por Efecto De Inundaciones - Parte 2.

Para este ensayo se seleccionaron unidades de cubos de adobe de diferentes tratamientos preparándose 6 unidades de muestras de cubos de adobe para el tratamiento sin solución de cactus (SC), 6 unidades de muestras de cubos de adobe con solución de cactus (CC), 6 unidades de muestras de cubos de adobe con solución de cactus más 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% de Stipa ichu (CC+0.5%SI, CC+1.0%SI, CC+1.5%SI, CC+2.0%SI), siendo cada una de estas sumergidas en una probeta graduada con agua. En la **Figura 21** se observa el ensayo de absorción.

El procedimiento del ensayo se encuentra en el **Anexo A10** y los resultados en la **Tabla 13** del capítulo de resultados.



**Figura 21. A1 Muestras antes de ser sumergidos, A2 durante la prueba de absorción**

#### **2.5.4. Ensayo de erosión**

Para este ensayo se adoptó la metodología de Escalante, 2013 en su investigación “Estudio de la Estabilización de Adobe con Escorias Negras de Horno de Arco Eléctrico”, para la presente investigación se elaboraron 2 unidades de muestras de cubo de adobe para el tratamiento sin solución de cactus (SC), 2 unidades de muestras de cubo de adobe para el tratamiento con solución de cactus (CC) y 2 unidades de muestras de cubo de adobe para los tratamientos con solución de cactus más 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% de *Stipa ichu* (CC+0.5%SI, CC+1.0%SI, CC+1.5%SI, CC+2.0%SI).

Este ensayo fue realizado con una precipitación inducida de 396.94 mm/hora, con un flujo de agua de un caudal constante en la **Figura 22** se observa el desgaste de la superficie por una lluvia artificial, esta prueba de erosión se estableció con el objetivo de comparar el porcentaje de desgaste final en cada tratamiento, durante 30 minutos sometido a la prueba.

El procedimiento del ensayo se encuentra en el **Anexo A11** y los resultados en la **Tabla 14** del capítulo de resultados.





*Figura 22. E1 durante el ensayo de erosión y E2 después del ensayo de erosión*

## **2.6. Análisis estadístico**

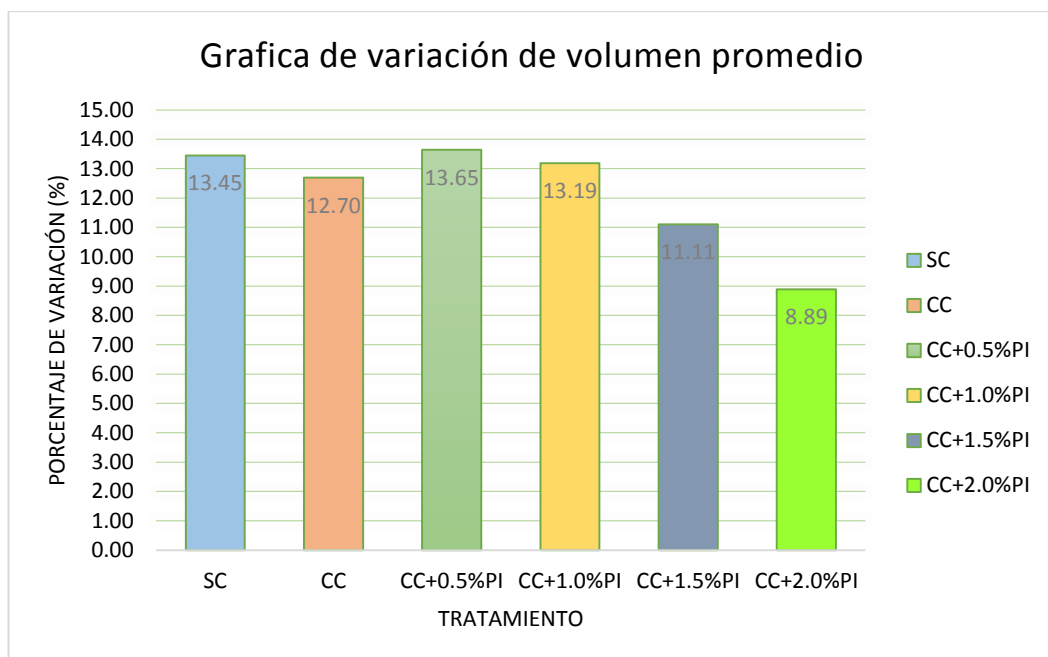
Se midieron las siguientes variables estadísticas básicas: la media aritmética y el coeficiente de variabilidad.

A su vez para el análisis experimental se realizó un diseño complementario aleatorio (DCA) y las pruebas de comparación, Tukey y Dunnett en los **Anexos 8, 9, 10 y 11** se detallan la metodología aplicada para cada ensayo.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 3.1. Variación de dimensiones del adobe

En la **Tabla 10** se muestra el resultado de los valores del volumen de las 8 muestras, promedios del volumen de las muestras, variación porcentual respecto al volumen de fabricación y el coeficiente de variación, siendo estos resultados para cada tratamiento.



**Figura 23.** Variación porcentual del promedio del volumen de cada tratamiento

**Tabla 10:** Resumen de resultados del ensayo de variaciones volumétricas por cada tratamiento

	<b>SC</b>	<b>CC</b>	<b>CC+0.5%EI</b>	<b>CC+1.0%EI</b>	<b>CC+1.5%EI</b>	<b>CC+2.0%EI</b>
M -1	910.97	957.90	893.93	911.95	914.64	948.79
M - 2	912.55	915.44	916.52	924.20	901.65	941.28
M -3	877.35	871.65	862.58	883.65	915.93	931.57
M -4	873.77	865.08	897.78	889.64	921.31	929.45
M -5	887.92	875.06	881.55	894.86	901.16	937.05
M -6	885.39	889.97	863.42	880.80	921.20	924.08
M -7	896.35	906.98	897.98	878.22	930.61	960.58
M -8	889.26	913.90	903.86	892.30	920.36	936.91
Promedio vol. seco	891.70	899.50	889.70	894.45	915.86	938.71
Vol. de fabricación	1030.30	1030.30	1030.30	1030.30	1030.30	1030.30
Variación (%)	13.45	12.70	13.65	13.19	11.11	8.89
CV (%)	1.59	3.41	2.15	1.79	1.10	1.24
Incremento (%)	0.00	0.88	-0.22	0.31	2.71	5.27

De acuerdo a la **Figura 23** se observa que existen una significativa variación porcentual de la deformación volumétrica de los tratamientos respecto al tratamiento inicial, como se puede analizar del tratamiento CC disminuye en 0.75% respecto al primer tratamiento SC, en el tratamiento CC+0.5%SI se incrementa en 0.20% respecto al primer tratamiento SC, en el tratamiento CC+1.0%SI disminuye en 0.27% respecto al primer tratamiento SC, en el tratamiento CC+1.5%SI disminuye en 2.34% respecto al primer tratamiento SC y finalmente el tratamiento CC+2.0%SI disminuye en 4.56% respecto al primer tratamiento. Por lo que se deduce que la solución de cactus y el pasto natural disminuyen la variación de la deformación durante el secado.

**Tabla 11:** Resultado de variación de volumen

	<b>Adobe patrón</b>	<b>10% Escoria</b>	<b>20% Escoria</b>	<b>30% Escoria</b>
<b>Largo</b>	28.30	29.31	29.21	29.32
<b>Ancho</b>	14.61	14.74	14.66	14.68
<b>Altura</b>	9.85	9.91	10.04	10.03
<b>Volumen</b>	4070.53	4282.26	4297.60	4317.40
<b>Variación (%)</b>	9.54	4.84	4.50	4.06
	0.00	4.71	5.05	5.49
	0.00	0.00	0.34	0.78
	0.00	0.00	0.00	0.44

Fuente: tesis de investigación de estudio de la estabilización del adobe con escorias negras de horno de arco eléctrico de Carlos A. Escalante, Lima - Perú 2013

Escalante (2013) determinó la variación de las dimensiones de largo, ancho y alto del adobe patrón y de los diferentes tratamientos, por lo que se obtuvo el volumen promedio seco y la variación porcentual volumétrica siendo en el adobe patrón 9.54%, y en el tratamiento SC es de 13.45% existiendo una significativa variación de 3.91%, lo que indica que el suelo de la cantera utilizada en esta investigación tiene una arcilla altamente expansivo, como también se puede apreciar de la **Tabla 11** respecto a la variación volumétrica de los tratamientos de 10% de escoria disminuye en 4.71% respecto al adobe patrón, siendo esta considerable la disminución,

pero entre los tratamientos con escoria de 20% es 0.34% menor que el tratamiento con 10% de escoria, y del tratamiento con 30% de escoria es 0.44% menor que el tratamiento con 20% de escoria, siendo esta variación mínimo al incrementar el porcentaje de escoria. Siendo lo contrario en la estabilización con pasto natural como se muestra en la **Tabla 10** Al incrementar el porcentaje de pasto natural la deformación de la variación volumétrica del tratamiento CC+1.0%SI disminuye en 0.46% respecto al tratamiento CC+0.5%SI, del tratamiento CC+1.5%SI disminuye en 2.08% respecto al tratamiento CC+1.0%SI y del tratamiento CC+2.0%SI en 2.22% respecto al tratamiento CC+1.5%SI siendo los incrementos de las disminuciones de las variaciones mayor. Por lo que se concluye que el adobe estabilizado al incrementar el porcentaje de pasto natural disminuye considerablemente la variación volumétrica de la deformación, con respecto al adobe estabilizado con escorias negras de horno de arco eléctrico al incrementar el porcentaje de escoria la variación de la deformación del volumen no es tan significativo.

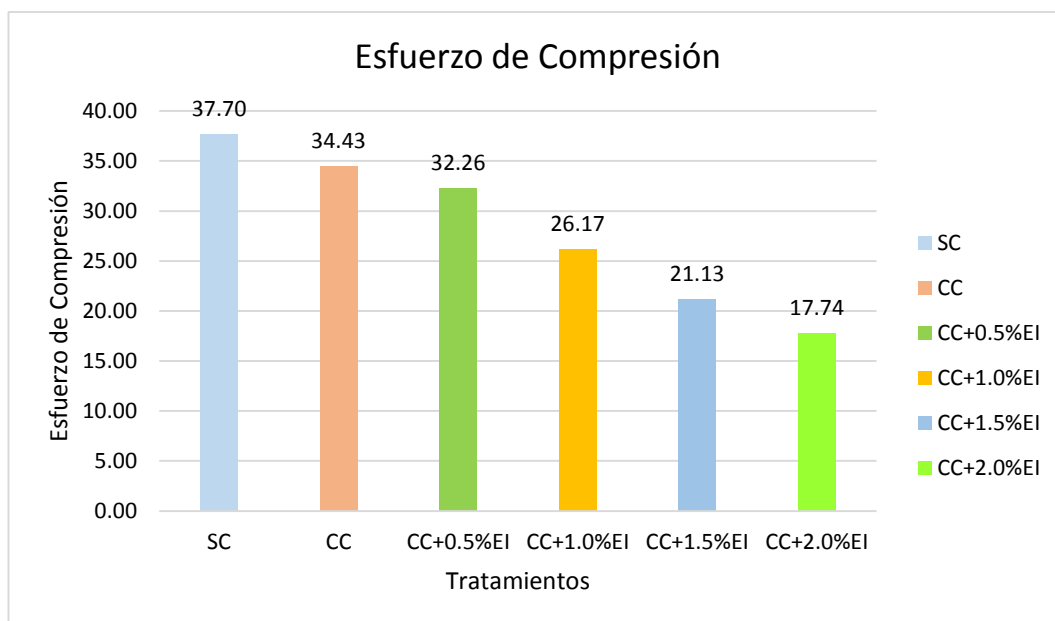
### 3.2. Ensayo de resistencia a la fuerza compresiva

En el **Tabla 12** se muestra los valores de los ensayos de compresión de cada muestra y de cada tratamiento, como también el promedio del esfuerzo máximo de compresión y el coeficiente de variación de cada uno de ellos.

En la **Figura 24** se observa que el tratamiento SC (Patrón) llega al esfuerzo de compresión máxima promedio de 37.43 kg/cm<sup>2</sup>, en el tratamiento CC a 34.43kg/cm<sup>2</sup>, en el tratamiento CC+0.5%SI a 32.26 kg/cm<sup>2</sup>, en el tratamiento CC+1.0%SI a 26.17 kg/cm<sup>2</sup>, en el tratamiento CC+1.5%SI a 21.13 kg/cm<sup>2</sup> y el tratamiento CC+2.0%SI a 17.74kg/cm<sup>2</sup>, visualizándose disminución de la resistencia promedio con la adición de la solución de cactus y con el aumento de la dosificación de pasto natural. Con respecto al análisis de los tratamientos (CC, CC+0.5%SI, CC+1.0%SI, CC+1.5%SI y CC+2.0%SI) entre el primer tratamiento SC (Patrón) la disminución del esfuerzo a la compresión es 3.27 kg/cm<sup>2</sup>, 5.44 kg/cm<sup>2</sup>, 11.53 kg/cm<sup>2</sup>, 16.57 kg/cm<sup>2</sup> y 19.96 kg/cm<sup>2</sup>. La Norma E 080 del adobe indica que la resistencia a la compresión mínima es de 12 kg/cm<sup>2</sup>, la cual las medias de los tratamientos superan al mínimo estipulado por la norma, siendo el último tratamiento de 17.74kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 12:** Resumen de resultados del ensayo de compresión

	<b>SC</b>	<b>CC</b>	<b>CC+0.5%SI</b>	<b>CC+1.0%SI</b>	<b>CC+1.5%SI</b>	<b>CC+2.0%SI</b>
	<b>Fc = kg/cm2</b>					
M -1	26.07	28.49	30.13	40.68	17.57	18.17
M - 2	37.94	37.11	40.22	29.84	19.55	23.03
M -3	40.46	33.13	28.32	20.91	20.47	16.39
M -4	38.83	40.93	26.00	22.03	23.69	17.55
M -5	39.25	36.61	29.00	23.32	24.52	14.59
M -6	43.62	30.34	39.87	20.24	20.96	16.72
Promedio	37.70	34.43	32.26	26.17	21.13	17.74
CV (%)	15.99	13.49	19.16	30.19	12.28	16.14
Incremento (%)	0	-8.66	-14.43	-30.58	-43.96	-52.94



**Figura 24. Promedio del esfuerzo a la compresión de cada tratamiento**

Bravo et al. (2007) realizó Investigación sobre Evaluación del Comportamiento Físico Mecánico del Adobe Estabilizado con cal y Goma de Tuna concluye que al realizar el ensayo de la resistencia a la fuerza compresiva muestra que el uso de la goma de tuna en la fabricación de adobes tiende a disminuir la resistencia a la compresión de las muestras, por lo que la goma de tuna ejerce un efecto de floculación (unión de las partículas) en la masa del suelo; de acuerdo a lambe este efecto origina una disminución de la resistencia a la fuerza compresiva en la masa de suelo. Se puede observar en la **Figura 24** entre el tratamiento SC que es un tratamiento sin ningún estabilizante preparado con agua potable, y el tratamiento CC que es preparado con solución de cactus disminuye su resistencia en  $3.27 \text{ kg/cm}^2$ , esta disminución hizo que en los otros tratamientos CC+0.5%SI, CC+1.0%SI, CC+1.5%SI y CC+2.0%SI baje su resistencia.

Cotrina et al. (2014) Realizo investigación sobre Comparación de la Resistencia a la Compresión de Unidades de Adobe sin Paja con Unidades de Adobe con Paja en Cruz Blanca - Cajamarca concluye que al incorporar



paja a las unidades de adobe son los que más resistencia a la compresión da, siendo lo contrario con la estabilización con pasto natural (*Stipa ichu*) al incorporar a diferentes proporciones el *Stipa ichu* hace que disminuya su resistencia a la fuerza compresiva.

Del **Anexo A9** de los resultado de las figuras al observar la curva del esfuerzo vs deformación unitaria en el tratamiento SC cuando algunas de las muestras llega a su máximo esfuerzo la muestra se rompe bruscamente siendo esta frágil, en algunos de las muestras llega la ruptura en una deformación de 0.5% a 1% respecto al esfuerzo máximo, en el tratamientos CC ocurre lo mismo que el tratamiento SC, el tratamiento CC+0.5%SI, ya no muestra fragilidad, por lo que la ruptura se da en una deformación de 1.0% a 1.5% respecto a al esfuerzo máximo; en los tratamientos CC+1.0%SI, CC+1.5%SI y CC+2.0%SI, la ruptura de la muestra se da en una deformación de 2.0% a 3% respecto al esfuerzo máximo.

En el **Anexo A7** de los resultados de la tabla, el pasto natural comúnmente conocido como Peccoy (*Stipa ichu*) tiene una resistencia a la tracción de 100.067 kg-f/cm<sup>2</sup> lo que hace que el pasto natural en el adobe al ser sometido a un esfuerzo le de resistencia a la fragilidad, elevando las características de la ductilidad o alargamiento del adobe estabilizado.

En el **Anexo A9** del análisis estadístico, se puede concluir que con respecto a los tratamientos de control SC (adobe patrón), existe significancia entre el tratamiento CC+1.0%SI, CC+1.5%SI y CC+2.0%SI por lo que la dosificación no controlada del pasto natural lo hace vulnerable a la resistencia a compresión del adobe.

### 3.3. Ensayo de absorción

En las **Figuras 25, 26 y 27** se observa los resultados del estado final de las muestras, y en la **Tabla 3.4** se muestra los volúmenes de agua absorbida por las muestras de los diferentes tratamientos durante un periodo corto de sumersión de 5, 15 y 30 minutos.

En la **Figura 25** se puede observar el ensayo de absorción, degradándose el tratamiento SC (Patrón) y el tratamiento CC, dándose de manera inmediata al simple contacto con el agua, generándose el desmoronamiento de partículas ubicadas en el contorno. Pasados cinco minutos de inmersión, la desintegración en los tratamientos SC y CC pasó a un estado más crítico, perdiendo su forma original, pero conservando aún su consistencia en el núcleo del bloque. 30 minutos después, el agua llegó a ingresar al núcleo, saturándolo casi por completo, haciendo del mismo una masa de barro sin consistencia, adicionalmente, se formó una espuma en ambas muestras, producto del aire contenido en los vacíos.



**Figura 25. Desintegración total de tratamientos SC y CC**

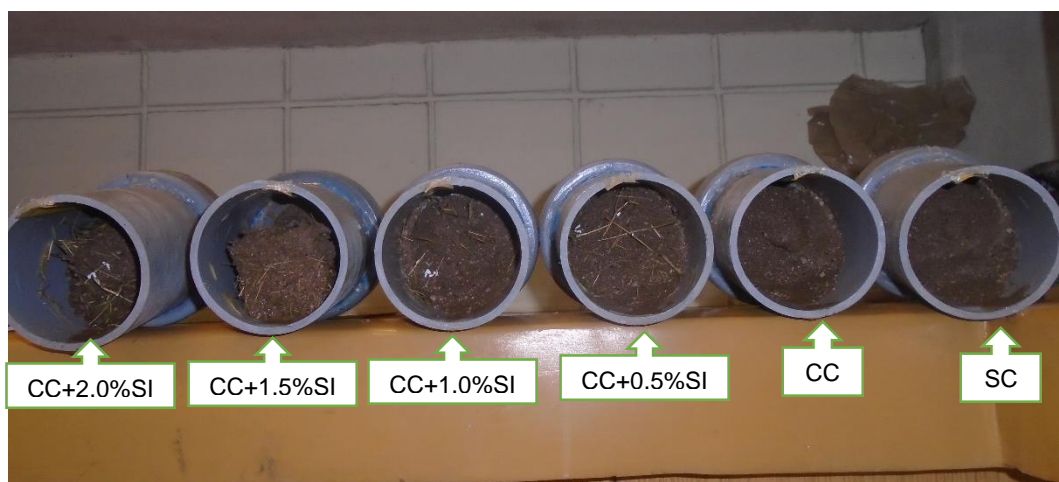
De los tratamientos CC+0.5%SI, CC+1.0%SI, y CC+2.0%SI ocurrió lo mismo que en los tratamientos SC y CC la diferencia que el desmoronamiento del contorno no fue instantáneo, pasado los 10 a 15 minutos de inmersión la desintegración de los tratamientos paso a un estado más crítico, 30 minutos después el agua llegó a ingresar al núcleo de cada tratamiento saturándolo por completo y formándose en la superficie

espuma en todas las muestras producto del aire contenido en los espacio vacíos. En la **Figura 26** se observa la desintegración total de las muestras estabilizadas.



**Figura 26. Desintegración total de los tratamientos estabilizados con solución de cactus y *Stipa ichu***

Llegado los 60 minutos de inmersión los cubos de adobe terminaron por desintegrarse produciendo un desmoronamiento total en algunos tratamientos, como se puede observar en la **Figura 27** perdiendo totalmente su consistencia, pero en el tratamiento CC+1.5%SI se puede apreciar la muestra a los 60 minutos ha mantenido su consistencia pero se ha perdido su resistencia haciendo imposible su extracción de todo los tratamientos para la medición de sus pesos en estado saturado y poder obtener el porcentaje de absorción de los tratamientos.

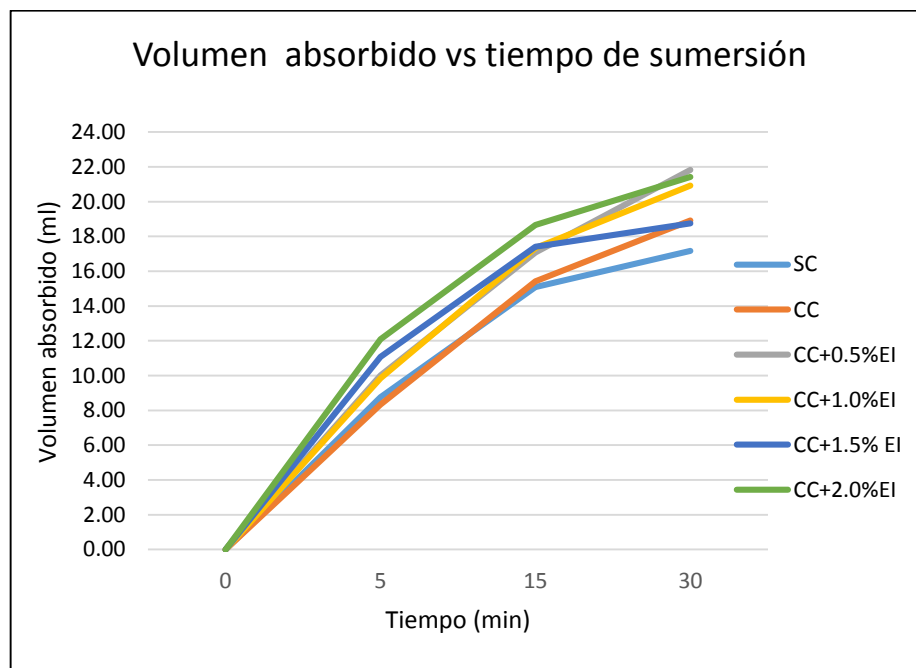


**Figura 27. Tratamientos después de los 60 minutos sumergidos**

En la **Figura 28** se observa triple pendiente de todo los tratamientos, la primera desde 8.33ml hasta 12.08ml en un tiempo de 5 minutos sumergidos siendo más pronunciado la pendiente de la absorción que la segunda y tercera, seguidamente se observa un incremento continuo de absorción hasta que se terminó el ensayo.

**Tabla 13:** Resumen de resultados del ensayo de absorción

	SC	CC	CC+0.5%SI	CC+1.0%SI	CC+1.5%SI	CC+2.0%SI
Tiempo (min)	Volumen (ml)					
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	8.75	8.33	10.00	9.83	11.08	12.08
15	15.08	15.42	17.08	17.33	17.42	18.67
30	17.17	18.92	21.83	20.92	18.75	21.42



**Figura 28. Curva Comparativo de volumen acumulado y periodo largo de inundación de todos los tratamientos**

### 3.4. Ensayo de erosión

En el **Tabla 14** se muestra los resultados de cada muestra y tratamientos, promedio de los resultados de las muestras y tratamientos y el coeficiente de variación para cada tratamiento.

**Tabla 14:** Resumen de resultados del ensayo de erosión

	SC	CC	CC+0.5%SI	CC+1.0%EI	CC+1.5%SI	CC+2.0%EI
M -1	6.00	6.13	5.97	6.08	5.58	5.12
M -2	6.23	6.52	6.04	5.73	5.19	5.05
Promedio	6.12	6.32	6.01	5.90	5.38	5.08
CV (%)	2.62	4.38	0.80	4.09	5.10	0.93

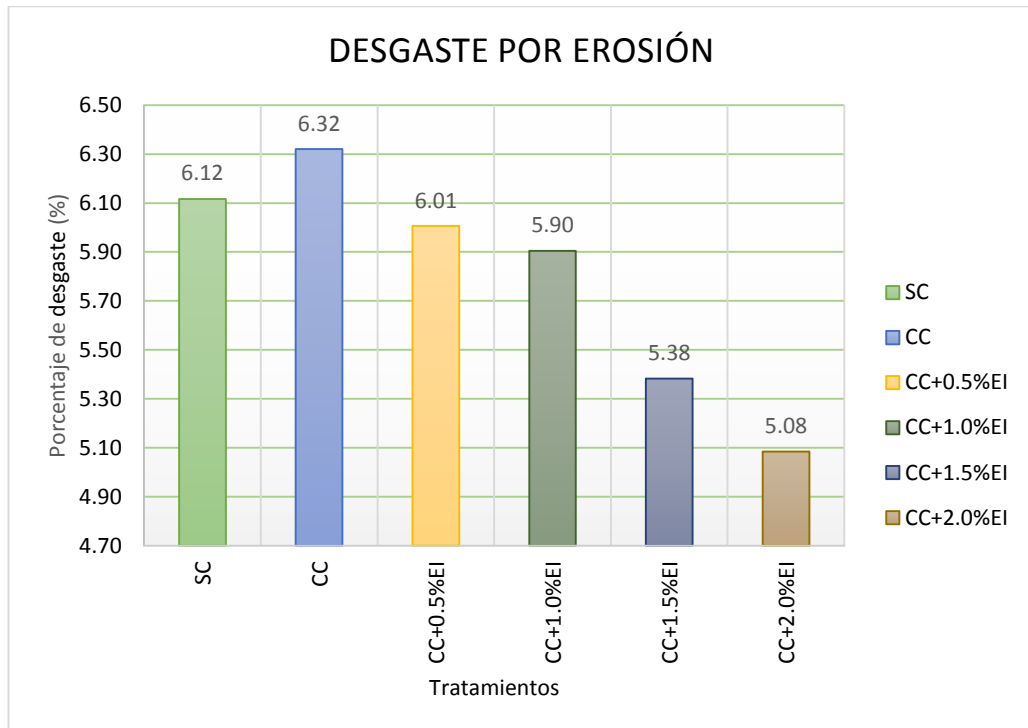
del ensayo de cada tratamiento que fueron sometidos a una lluvia artificial de precipitación 396.94 mm/h, como también se aprecia que el coeficiente de variabilidad de la presente investigación se encuentra por debajo del 15% lo cual es considerable, la variabilidad también podría influir de la trabajabilidad del suelo, en el proceso de la elaboración de los adobes.

En la figura 3.8: se aprecia del tratamiento CC+1.0%SI de la M-1 tuvo una erosión mucho mayor que los tratamientos SC y CC+0.5%SI. Podría ser muchos factores al momento de realizar las pruebas como el viento, la densidad del adobe durante la elaboración por lo que se consideraron los promedios de las muestras para su análisis de los resultados.

De la **Figura 29** se observa que en el tratamiento SC (Patrón) el porcentaje de desgaste es de 6.12%, como también en el tratamiento CC el desgaste por erosión fue mucho mayor que el tratamiento SC en un 0.2%, siendo la solución de cactus un desestabilizante frente a las erosiones, del tratamiento CC+0.5%SI el porcentaje de erosión disminuyo en un 0.1% respecto al tratamiento SC y 0.31% respecto al tratamiento CC. De los tratamientos CC+1.0%SI, CC+1.5%SI y CC+2.0% disminuyo considerablemente el porcentaje de erosión en 0.22%, 0.74% y 1.04%

respecto al tratamiento SC (Patrón). Por lo que el adobe con pasto natural ofrece mejores resultados frente a una precipitación de 396.94mm/h.

De la **Figura 30** es notable el desgaste del tratamiento SC (Patrón), y del tratamiento CC+2.0%SI el desgaste es mínimo, por lo que el pasto natural (*Stipa ichu*) evita el contacto directo de las gotas de agua con el suelo, y disminuya su erosión en comparación con el adobe sin estabilizar.



**Figura 29. Resultados del promedio del porcentaje de desgaste por lluvia artificial**



**Figura 30. Muestras desgastada después de los 30 minutos sometidos a la prueba**

#### IV. CONCLUSIONES

- Se ha logrado evaluar el comportamiento del adobe estabilizado con pasto natural (*Stipa Ichu*), mostrando resultados favorables en algunas pruebas, como en la variación del volumen durante el proceso de secado y erosión, siendo lo contrario en la resistencia a la compresión y en la absorción, como también el pasto natural con bloques de tierra tienen menor impacto negativo sobre el medio ambiente siendo más sostenible.
- Se ha logrado determinar la variación porcentual de la deformación durante el secado del adobe estabilizado, obteniéndose mejores resultados en el tratamiento CC+1.5%SI en 2.34% y CC+2.0%SI en 4.56% respecto al primer tratamiento SC, disminuyendo el pasto natural la variación de la deformación durante el proceso de secado notablemente. Así como también el pasto natural (*Stipa ichu*) actúa evitando el agrietamiento por contracción durante el proceso de secado al aire libre de los adobe.
- Se determinó medir la resistencia a la fuerza compresiva del adobe estabilizado con pasto natural (*Stipa ichu*), presentando que la resistencia a la compresión está en función a la dosificación del pasto obteniéndose una reducción de 8.66% con el tratamiento SC, 14.43% con el tratamiento CC+0.5%SI, 30.58% con el tratamiento CC+1.0%SI, 43.96% con el tratamiento CC+1.5%SI y 52.94% con el tratamiento CC+2.0%SI, siendo esta disminución notablemente, por lo que el

adobe estabilizado con pasto natural ofrece menor resistencia a la compresión, pero eleva la resistencia a la ductilidad.

- Se determinó la absorción del adobe estabilizado con pasto natural, obteniéndose una rápida absorción de agua durante la prueba, llegando a los 60 minutos sumergidos de todos los tratamientos a la desintegración total de las muestras, por lo que el adobe estabilizado con pasto natural más la solución de cactus demostró alta vulnerabilidad durante la sumersión en el agua.
- Se determinó el porcentaje de desgaste frente a un proceso de erosión hídrica inducida, por lo que el pasto natural (*Stipa ichu*) disminuye el desgaste a la erosión del adobe de 6.12% que es el tratamiento SC (Patrón) a 5.08% del tratamiento CC+2.0%SI, logrando de que la superficie del adobe estabilizado con pasto natural tenga contacto directo con las gotas de lluvia y le dé una durabilidad mucho mayor que el adobe sin estabilizar.



## V. RECOMENDACIONES

- Investigar con otros suelos y otros estabilizantes naturales donde no provoquemos impactos negativos en el medio ambiente y que los materiales a usar sea disponible localmente.
- Investigar sobre la variación porcentual de la deformación de las longitudes del adobe estabilizado con pasto natural y evaluar estadísticamente.
- Para realizar el ensayo de compresión, se recomienda el uso de los equipos de lectura digital, obteniéndose la lectura directa, en comparación con el equipo mecánico se puede cometer errores humanos en el momento de la velocidad de aplicación de la carga axial y al momento de realizar la lectura dial.
- Investigar la resistencia a la tracción del adobe estabilizado con pasto natural (*Stipa ichu*) con las mismas dosificaciones planteadas en la investigación.
- Realizar investigaciones sobre el porcentaje de desgaste del adobe estabilizado frente a un proceso de erosión hídrica, debiéndose ensayar como mínimo 6 testigos en un tiempo de 1 hora de precipitación.
- Se recomienda el uso del pasto natural por lo que es un material que la naturaleza produce, siendo un recurso renovable y se encuentra

disponible en muchas partes del mundo y resulta fácil su transporte, como también al finalizar su uso se puede devolver a la biosfera, por lo que la eliminación del pasto no crea problemas ambientales, por lo que el sobrante de pasto en la elaboración puede usarse como abono en los jardines.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Acosta, F., Alfonso, F., Aguirre, I., Barreneche, S. y Bene, E. (2008) Materiales Alternativos Construcción Tierra – Paja. Recuperado de <http://es.calameo.com/books/0016318521ab055eb32a2>

Alday, P. (2014). Efecto de los Estabilizadores en las Propiedades Físicas del Adobe. Adobes utilizados para la reconstrucción Santiago – Chile.

Bravo, A. y Romsay, J. (2007). Evaluación Del Comportamiento Físico Mecánico Del Adobe Estabilizado Con Cal y Goma De Tuna. UNALM, 68(4), 196-207.

Binici, H.; Aksogan, O. y Shah, T. (2005). Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material. Construction and Building Materials, 19(4), 313–318.

Blondet, M., Vargas, J. y Tarque, N. (2015). Casas Sismo Resistente y Saludables de Adobe Reforzado con Cuerdas. Recuperado de [http://posgrado.pucp.edu.pe/wp-content/uploads/2015/09/Manual-Construcci%C3%B3n-Adobe-reforzado-con-mallas-de-Driza\\_-final.compressed.pdf](http://posgrado.pucp.edu.pe/wp-content/uploads/2015/09/Manual-Construcci%C3%B3n-Adobe-reforzado-con-mallas-de-Driza_-final.compressed.pdf)

Cárdenas, L. (2008). Análisis de Vulnerabilidad Estructural del Hotel Comercio. Recuperado de <http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/123>

Castilla Pascual, F. J. (2004). Tesis Doctoral de Estabilización de Morteros de Barro Para la Protección De Muro De Tierra. Volumen I Madrid. Recuperado de. [http://oa.upm.es/8826/5/FRANCISCO\\_JAVIER\\_CASTILLA\\_PASCUAL\\_I.pdf](http://oa.upm.es/8826/5/FRANCISCO_JAVIER_CASTILLA_PASCUAL_I.pdf).

Cotrina, A., Limay, W. y López, D. (2014). Comparación de la Resistencia a la Compresión de Unidades de Adobe sin Paja con Unidades de Adobe con paja en Cruz Blanca – Cajamarca. Comparación de la Resistencia a la Compresión, 2(2), 01-15.

De La Peña, D. (1997). Características y Sus Principales Usos En La Construcción. Recuperado de <http://www.academia.edu/18960741/ADOBE>

Escalante, C. (2013). Tesis de Estudio de la Estabilización del Adobe con Escorias Negras de Arco Eléctrico. Lima – Perú.

Flores, A y Malpartida, E. (1992). Manejo de Praderas Nativas y Pasturas en la Región Alto Andina del Perú. Tomo I y II. Banco Agrario del Perú. Fondo del Libro. Lima – Perú.

Gálvez, L., Arturo, J., Bernilla, C. y Jacinto, P. (2012) Evaluación Funcional Y Constructiva De Viviendas Con Adobe Estabilizado En Cayalti. Programa Cobe -1976” lima, Perú.

Juárez, E. y Rico, R. (1968). Mecánica de Suelos Tomo 1. México: Editorial Limusa. S.A. de C.V

Juárez, A. (2007). Estudio Etnobotánico de la cruceta o jacube (*Acanthocereus* spp.) de la Zona Centro de Veracruz. UACH. Departamento de Fitotecnia II.t. México.

Lambe, W. y Whitman, R. (1995). Mecánica de suelos. Balderas, México: Editorial Limusa SA Grupo Noriega editores.

Ministerio de Vivienda, Construcciones y Saneamiento. (2010). Edificaciones Anti sísmicas de Adobe. Recuperado de [http://www.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Manuales\\_guias/MANUAL%20ADOBE.pdf](http://www.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manuales_guias/MANUAL%20ADOBE.pdf)

Molina C, M. y Valdivia V, M. (2006). Uso de la Goma de Tuna como Impermeabilizante en Mortero de Tierra. UNALM, 68(4), 152-160.

Norma E.080, a. Norma Técnica para construcciones de adobe. Disposiciones especiales para diseño sismo resistente, Perú.

NTP 331.017. (1978). Elementos de Arcilla Cocida. Lima – Perú.

NTP 339.128. (1999). Métodos de Ensayo para el Análisis Granulométrico. Lima - Perú.

NTP 339.129. (1999). Método de Ensayo para Determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad del Suelo. Lima - Perú.

NTP 339.131/ASTM D854. Métodos de Ensayo para determinar La gravedad Específica de sólidos. Lima - Perú.

NTP 339.134./ASTM D-854 (1999). Métodos para la Clasificación de Suelos Con Propósitos de Ingeniería SUCS. Lima - Perú.

Ríos Pérez, E. Y. (2010). Tesis de Efecto De La Adición De Látex Natural y Jabón en la Resistencia Mecánica y Absorción del Adobe Compacto. Instituto politécnico nacional, santa cruz xoxocotlan; Oaxaca.

Rodríguez, M. y Sarosa, B. (2006). Identificación de la composición optima del adobe como material de construcción de una escuela en Cuba. *Materiales de Construcción*, 56, 282, 53-62.

Rodríguez Díaz, M. A. (2003). Aplicación tecnológica del adobe estabilizado. España cuba: universidad de Oviedo y universidad central de las villas.

Romero, B., Ibrahin, A., Pereyra, M. y Javier, R. (2012). Mejoramiento de las Construcciones de Adobe Ante una Exposición Prolongada de Agua por Efecto de Inundación – Parte 2. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1474>

Sánchez Puerta, K. Y. (2010). Propuesta de Aditivos Naturales y Microfibras de Papela para Reparar Fisuras en Muros de Monumentos Históricos de Tierra. Lima.

SOTO, C. (2014). Baños Secos Sustentables – Autoconstrucción. Recuperado de [http://biblioteca.itson.mx/dac\\_new/tesis/833\\_soto\\_urias.pdf](http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/833_soto_urias.pdf)

Tejada, U. (1981). Investigaciones de Adobe en el Peru. Lima –Peru.

Torres, J. (2001). Estrategia Y plan de Acción de la Biodiversidad para el Departamento de Huancavelica Como base de su Desarrollo Sostenible. Recuperado de <http://www.comunidadandina.org/bda/docs/can-bio-0010.pdf>

Ugaz, R., Tupia, C. y Alva, J. (2001). Ensayos de estabilización de suelos con el aditivo RBI-81. Recuperado de [http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a\\_labgeo/labgeo17\\_a.pdf](http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo17_a.pdf)

Vargas, J., Heredia, E., Bariola, J. y Mehta, P. (1986). Preservación de las construcciones de adobe en áreas lluviosas. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Abril2006/CD1/pdf/spa/doc14038/doc14038-a.pdf>

Vargas, J. y Blondet, M. (2005). 35 años de investigaciones en sismo adobe: la tierra armada. Seminario Internacional de la Arquitectura, Construcción y Conservación de Edificaciones en Tierra en Áreas Sísmicas. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

## ANEXO

### Anexo A 1: Ensayo previas del suelo

#### Prueba de rodillo



*Figura A. 1: Muestra de la prueba de rodillo se encuentra entre los 11cm de longitud*

El suelo de la comunidad de santa rosa de la localidad de Puquio al hacer el rollo con un puñado se encuentra dentro los parámetros mayor a 5 cm y menor a 15 cm tal como se muestra en Figura A.1, siendo el suelo apto para la elaboración de los adobes.

#### Prueba de la esfera

Muestras					
M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 5	M - 6
Muestra Húmeda					
Muestra seca después de 24 horas					
Diámetro de las muestras					



**Figura A. 2: La prueba de la esfera, con un diámetro de 2 cm**

El suelo de la comunidad de santa rosa de la localidad de Puquio se realizaron 6 esferas de diámetro de 2.0 cm, como se aprecia en la Figura A.2, y dejado las 24 horas se sometió a presionar con el dedo pulgar y el dedo índice.



## Anexo A 2: Determinación del contenido de humedad del suelo

La determinación del contenido de humedad nos permite determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco.

### Materiales

- Suelo.
- Taras.
- Horno o estufa para secado de muestra de Temp. máxima de 200°C
- Balanza electrónica de 15 kg. precisión de 1 gr.

### Procedimiento

1. Se pesó un recipiente codificado, seguidamente se colocó una muestra representativa de suelo húmedo y se pesó la tara más el suelo húmedo.
2. Una vez pesado las muestras de suelo más las taras se proceden a secar en la estufa a una temperatura de 105 a 110 °C durante 24 horas.
3. Pasado las 24 horas se vuelve a pesas el suelo más la tara y con los datos de los pesos se calcula el contenido de humedad.

**Tabla A. 1:** Resultados del contenido in situ de la humedad del suelo

1	WT	gr	41.23
2	WT+WSH	gr	116.66
3	WT + WSS	gr	109.15
4	WSH	gr	75.43
5	WSS	gr	67.92
6	HUMEDAD	%	11.06

$$\%H = \frac{WSH - WSS}{WSS} * 100 \quad (A. 1)$$

%H : porcentaje de humedad (%).

WSH : peso de suelo húmedo (g).

WSS : peso de suelo seco (g).

WT : Peso de tara (g).

### **Anexo A 3: Determinación de la granulometría del suelo por tamizado**

Mediante la granulometría del suelo nos permite determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas del suelo y verificar si el suelo se encuentra dentro uso granulométrico de acuerdo a la Norma E 080 Adobe.

#### **Materiales**

- Tamices (3/4), 9,525 mm ( 3/8"), 4,75 mm (N° 4), 2,00 mm (N° 10), 0,850 mm (N° 20), 0,425 mm (N° 40), 0,250 mm (N° 60), 0,106 mm (N° 140) y 0,075 mm (N° 200).
- Horno o estufa para secado de muestra de capacidad 80 Lt. Temperatura máxima de 200°c
- Balanza electrónica de 15 kg. precisión de 1 gr.
- Balanza mecánica de 0.01gr de cesibilidad.
- Cepillo para malla.
- Taras y recipientes.
- Cucharon metalico.

#### **Procedimiento**

##### **1. Preparación de la muestra**

Se ha preparado la muestra de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 339.128 durante el procedimiento de preparación, para lo cual se hizo el cuarteo correspondiente tomando una muestra cuarteada de 4 a 6 kg, dependiendo del tipo de suelo y gradación, una vez cuarteada la muestra de suelo se pasó por el tamiz 4.760mm (N° 4).



**Figura A. 3: Fracción de muestra de suelo para su granulometría**

## **2. Lavado de la muestra**

De las partículas que pasan el tamiz N° 4 (4.760mm), se pesa el material y mediante el cuarteo se toma una muestra representativa para el lavado con el tamiz 200 (0.075mm), y una muestra de 250 g para la humedad que es importante para su respectivo calculo, la muestra representativa se coloca en un recipiente y se deja que remoje hasta que los terrones se ablanden, se lava la muestra sobre el tamiz 200 (0.075mm).



**Figura A. 4: Fracción de la muestra que pasa la malla N°4 es lavada con la malla N° 200**

## **3. Secado al horno**

Una vez lavado la muestra se procede a secar en la estufa a una temperatura de 105 a 110 °C durante 24 horas.

#### 4. Tamizado de la muestra

Una vez seca la muestra se procede al tamizado desde el tamiz N° 4 (4.760mm) hasta la tamiz número 200 (0.075mm) se determina el peso de cada fracción con una balanza mecánica de sensibilidad 0.01g.



**Figura A. 5:** Se observa el tamizado del suelo para por las mallas n°10, 20, 40, 60,140 y 200.

#### Cálculos:

- Calculo de la humedad del suelo la que pasa la malla N° 4 (4.760mm).

$$\%H = \frac{WSH_{\text{muestra representativa}} - WSS_{\text{muestra representativa}}}{WSS_{\text{muestra representativa}}} * 100 \quad (\text{A. 2})$$

%H : Porcentaje de humedad (%)

WSH : Peso de suelo húmedo (g)

WSS : Peso de suelo seco (g)

WT : Peso de tara (g).

- Calcular el peso de suelo seco la que pasa la malla N° 4 (4.760mm).

$$WSS_{La\ que\ pasa\ el\ tamiz\ N^{\circ}\ 4} = WSH_{La\ que\ pasa\ el\ tamiz\ N^{\circ}\ 4} * \left(1 - \frac{\%H}{100}\right) \quad (A. 3)$$

- Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz (desde el tamiz N° 3" el tamiz N° 4 (4.760mm), de la siguiente forma:

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso Retenido en el tamiz}}{P\ T} * 100 \quad (A. 4)$$

$$P\ T = W_{reten.\ desde\ tamiz\ N^{\circ}3" hasta\ tamiz\ N^{\circ}4} + WSS_{pasa\ tamiz\ N^{\circ}4} \quad (A. 5)$$

PT : Peso total (g)

- Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz (desde el tamiz N° 4 (4.760mm), hasta el tamiz N° 200 (0.075mm)) de la fracción tomada de la muestra.

$$\%R = \frac{\text{Peso Retenido en el tamiz}}{\text{Peso Total de la fracción tomadas}} * \%pasa_{malla\ N^{\circ}4} \quad (A. 6)$$

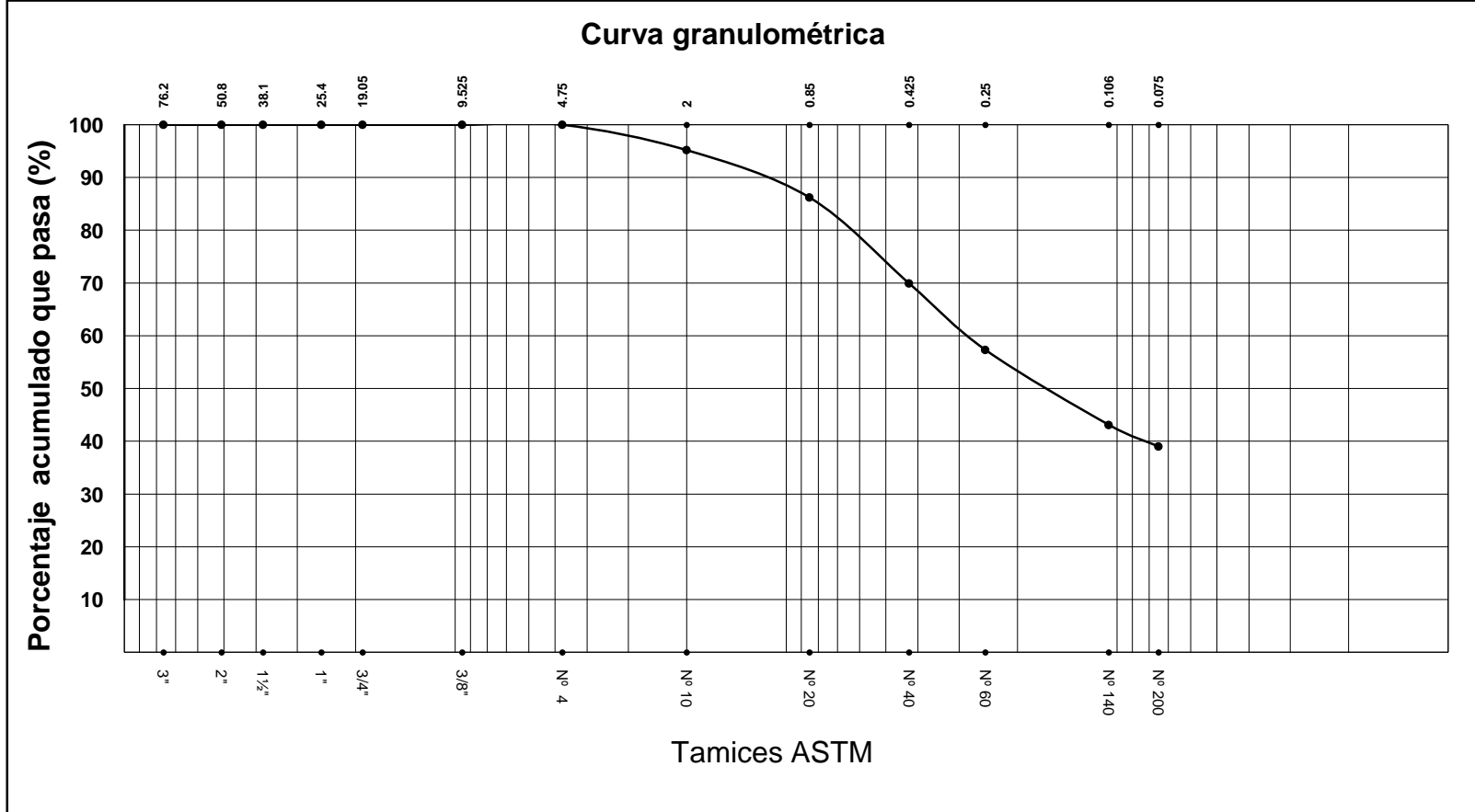
%R : Porcentaje retenido (%)

- Se calcula el porcentaje que pasa. Restando en forma acumulativa de 100% los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\%Pasa = 100 - \%Retenido\ Acumulado \quad (A. 7)$$

**Tabla A. 2: Se observa los resultados de los porcentajes que pasan por las mallas y los porcentajes de arena y finos (arcilla y limo)**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422				
Malla	Abertura Mm	Porcentaje Que Pasa (%)	Porcentaje Arena (%)	Porcentaje Finos (%)
3/8"	9.525	100	60.17	39.83
N° 4	4.750	100		
N° 10	2.000	95.61		
N° 20	0.850	86.01		
N° 40	0.425	67.81		
N° 60	0.250	54.69		
N° 140	0.106	42.41		
N° 200	0.075	39.83		



**Figura A. 6: Curva granulométrica de la arena del suelo.**

## **Anexo A 4: Determinación de la granulometría método hidrómetro**

El análisis del hidrómetro es un método ampliamente utilizado para obtener un estimado de la distribución granulométrica de suelo cuyas partículas se encuentran desde el tamiz N° 200 (0.075mm) hasta el rededor de 0.001mm las partículas que pasan el tamiz son el arcilla y limo el objetivo de este ensayo es obtener el porcentaje de arcilla y limo mediante un estimado de la distribución se basa en la ley de Stokes. Se asume que la ley de Stokes puede ser aplicada a una masa de suelo dispersado, con partículas de varias formas y tamaños.

### **Materiales**

- Muestra de suelo.
- Solución de NaPO al 4 %.
- Probeta graduada de 1000ml.
- Pizeta.
- Mezcladora eléctrica.
- Hidrómetro.
- Termómetro.

### **Procedimiento**

#### **1. Preparación de la muestra**

Se toma una muestra seca de 50 gramos secado al horno y pulverizado que pasa por el tamiz N° 80 (0.180mm) y se mezcla con 125 ml de solución al 4 % de NaPO. Una solución de 4% de metafosfato de sodio.

#### **2. Mezclar la solución con la muestra y dejar reposar**

Se deja asentar la muestra de suelo cerca de una hora, y luego transferir la mezcla al vaso de una maquina batidora y añadir agua común hasta llenar los 2/3 del vaso mezclarlo por espacio de un minuto, seguidamente se transfiere la mezcla a la probeta teniendo mucho cuidado de no perder el material en el proceso. Añadir agua común hasta completar la marca de 1000 ml de la probeta, seguidamente se prepara la solución dispersa al 4

% y verificar que la temperatura del agua común sea igual para ambos cilindros el de sedimentación y control.



**Figura A. 7:** H1 vaciado de la muestra sumergida con solución NaPO, y en H2 se aprecia el batido del suelo

### 3. Colocar el hidrómetro e iniciar las anotaciones de las lecturas de dato

Con la palma de la mano se tapa la boca del cilindro y se agita cuidadosamente por un tiempo de un minuto. Colocar sobre la mesa la probeta e insertar inmediatamente el hidrómetro y tomar las lecturas con los siguientes intervalos de tiempo y tomar la lectura del termómetro.



**Figura A. 8:** H3 colocación del hidrómetro y en H4 lectura del hidrómetro



## Resultado

*Tabla A. 3: Datos y resultados de la granulometría por hidrómetro*

	Unidad	Resultado
Arena	%	61.17
Limos	%	11.04
Arcillas	%	28.79
Peso suelo seco (Ws)	gr	50
Peso específico de sólidos (Gs)		2.66
Lectura Hidrómetro en agua	cm	1
Lectura Hidrómetro en agua + defloculante (Cd)		0
Coeficiente "a"		0.9977

**Tabla A. 4:** Procedimientos de cálculo de la granulometría método hidrómetro

Tiempo (min)	Temp. °C	Corrección por temperatura Ct	Lectura del Hidrómetro Rd	Lectura Hidrómetro Corregido Rc	Porcentaje más fino P (%)	Lect. Hidrómetro Corregido por menisco R	Longitud de Hidrómetro L (m)	L / tiempo (cm/min)	Constante K	Diámetro (mm)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
0	18	-0.50	---	---	---	---	---	---	---	---
0.25	18	-0.50	51	50.50	100.770	52	7.8	31.2	0.013864	0.0774
0.50	18	-0.50	48	47.50	94.784	49	8.3	16.6	0.013864	0.0565
1	18	-0.50	45	44.50	88.798	46	8.8	8.8	0.013864	0.0411
2	18	-0.50	41	40.50	80.816	42	9.4	4.7	0.013864	0.0301
5	18	-0.50	37	36.50	72.834	38	10.1	2.02	0.013864	0.0197
10	18	-0.50	34	33.50	66.848	35	10.6	1.06	0.013864	0.0143
15	18	-0.50	33	32.50	64.852	34	10.7	0.713	0.013864	0.0117
30	18	-0.50	31	30.50	60.861	32	11.1	0.370	0.013864	0.0084
60	18	-0.50	30	29.50	58.866	31	11.2	0.187	0.013864	0.0060
140	19	-0.30	27	26.70	53.279	28	11.7	0.084	0.013694	0.0040
1440	18	-0.50	24	23.50	46.893	25	12.2	0.0085	0.013864	0.0013

### CURVA GRANULOMETRICA

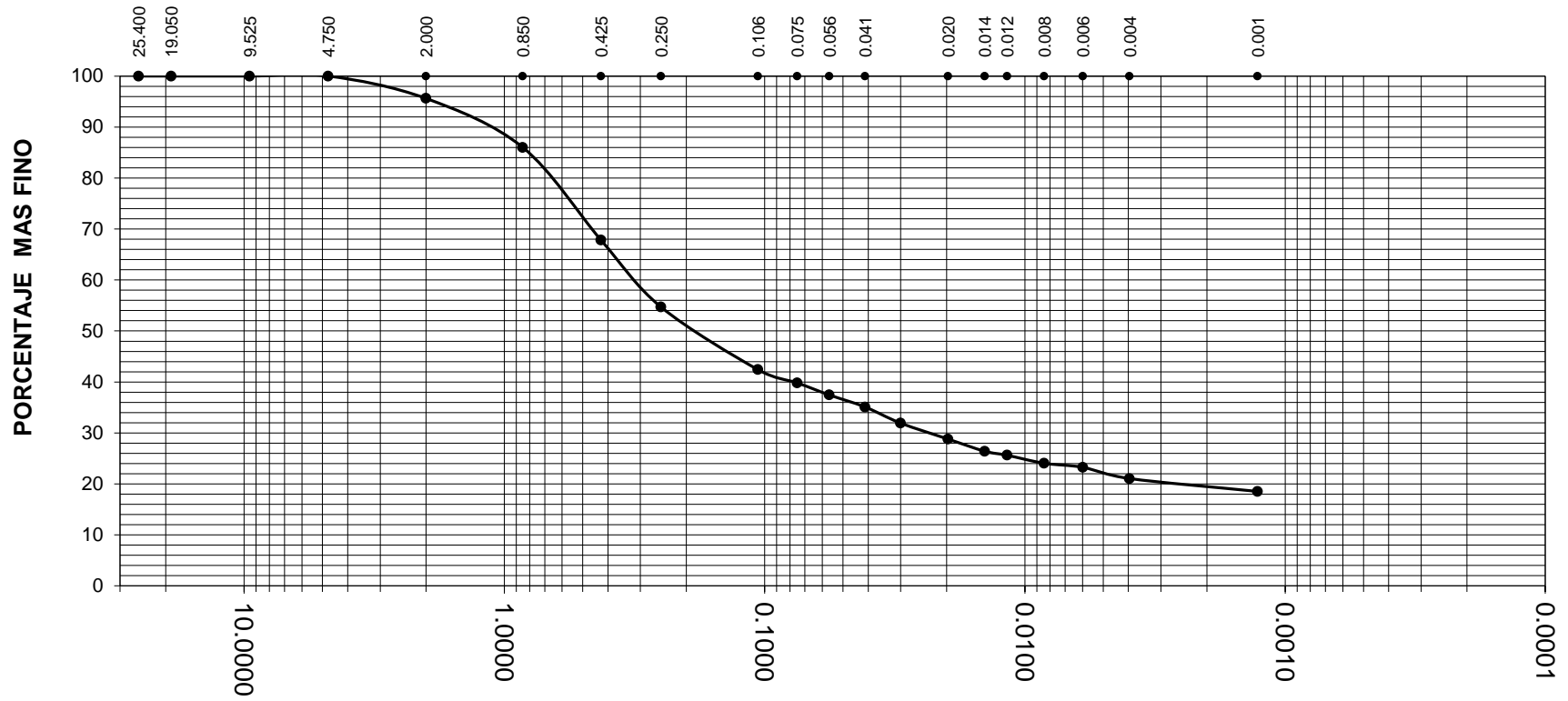


Figura A. 9: curva granulométrica del suelo investigado.

## **Anexo A 5: Determinación del Límite Líquido y Límite Plástico**

El límite líquido y el límite plástico han sido ampliamente utilizadas en todo el mundo con el objetivo de identificación y clasificación de suelos para el caso de la investigación nos servirá para determinar el tipo de suelo mediante la clasificación SUCS. El límite líquido es el contenido de humedad al cual una masa de suelo húmedo colocada en un recipiente copa de Casagrande de bronce separada en dos por la acción de un rasurador dejada caer desde una altura de 1 cm sufra después de dejarla caer 25 veces una falla o cierre de la ranura en una longitud de 12.7 mm

### **Materiales**

- Suelo.
- Espátula.
- Copa de Casagrande.
- Taras.
- Balanza electrónica de 0.01gr de sensibilidad.
- Horno o estufa para secado de muestra de capacidad 80 Lt. Temperatura máxima de 200°C.
- Acanalador.
- Porcelana de 115 mm.

### **Límite Líquido**

**1. Preparación de la muestra:** Se tomó una muestra de peso 150 - 200 g de una porción de material completamente mezclado que pase el tamiz de 0.425 mm (N° 40). Se colocó la muestra de suelo en la vasija de porcelana y se mezcló completamente con 15 a 20 ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida.

Durante el mezclado del suelo se hizo durante 3 horas aproximadamente por que el suelo es lentas en absorber agua y evitar un límite líquido falso.

**2. Colocado en la cazuela de Casagrande:** Una vez mezclado lo suficiente agua completamente con el suelo Se coloca una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que esta reposa en la base, y comprimiéndola hacia abajo, extender el suelo hasta obtener la posición

mostrada en la Figura A.10 (Con tan pocas pasadas de la espátula como sea posible), teniendo cuidado de evitar la inclusión de burbujas de aire dentro de la masa. Se nivelado el suelo con la espátula y al mismo tiempo emparejando hasta conseguir una profundidad de 1 cm en el punto de espesor máximo.



**Figura A. 10:** En L1 colocación de la muestra en la copa de Casagrande, y en L2 el nivelado del suelo con una espátula hasta una profundidad de 1 cm.

**3. Pasta de suelo con ranura hecha:** Se divide el suelo en la taza de bronce por pasadas firmes con el ranurador y a través del área central de la masa del suelo de modo que se forme una ranura limpia y de dimensiones apropiadas como se muestra en la Figura A.11. Para evitar rasgaduras en los lados de la ranura o escurrimientos de la pasta del suelo a la cazuela de bronce.



**Figura A. 11:** En L3 división del suelo en la taza de bronce con el ranurador, y en L4 prueba haciendo girar la manija de la copa de Casagrande

Se empieza a girar la manija de la copa de Casagrande, a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (0.5"). Luego se anota el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.



**Figura A. 12: Heliograma ilustrativo del límite líquido L5 es antes de la prueba y L6 después de la prueba**

Se sacó una porción de suelo y se colocó en un recipiente adecuado. Se colocó en el horno a  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F) hasta obtener peso constante.



**Figura A. 13: En L7 extracción del suelo del centro de la copa para luego tomar su peso húmedo, y L8 taras para poner las muestras**

Se repitió la operación hasta obtener 4 puntos de humedad, con el suelo restante en la vasija de porcelana, al que se le ha agregado agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez. El objetivo de este procedimiento es obtener muestras de tal consistencia que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 30-35; 25-30; 20-25; 15-20. De esta manera, el alcance de las 4 determinaciones debe ser de 5 golpes.

4. **Calculo de límite líquido:** el valor tomado del límite líquido es a los 25 golpes se obtiene un contenido de humedad.

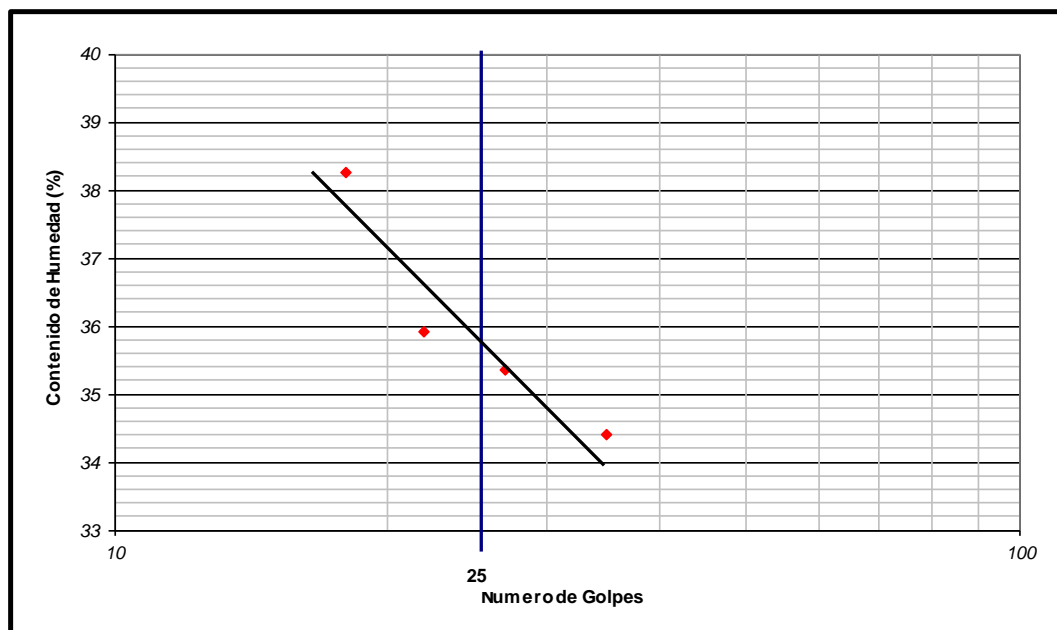
$$\text{Contenido de Humedad}\% = \frac{\text{WSH} - \text{WSS}}{\text{WSS}} \times 100 \quad (\text{A. 8})$$

**Tabla A. 5:** Se observa los pesos y los resultados del Limite Liquido.

<b>Límite Líquido (LL) , Límite Plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP) - ASTM D 4318 (95)</b>				
<b>Límite Líquido (LL) - Método A</b>				
Peso del suelo húmedo + Tara	18.71	26.85	21.16	24.17
Peso del suelo seco + Tara	15.48	22.43	18.15	19.37
Peso de tara	6.09	9.93	9.77	6.82
Peso de agua	3.23	4.42	3.01	4.80
Peso del suelo Seco	9.39	12.50	8.38	12.55
Contenido de Humedad	34.4	35.4	35.9	38.2
Número de golpes	35	27	22	18

De la gráfica se dice que el limite líquido a 25 golpes se tienen.

$$LL = 35.62$$



**Figura A. 14:** Grafica del límite liquido del suelo

## 2.- LIMITE PLASTICO

Consiste en determinar el limite plástico del suelo para aumentar la precisión eliminando los errores de pesada para lo cual se hizo de la siguiente forma.

### a. Preparación de la muestra

Se tomó aproximadamente 20 gr de la muestra que paso el tamiz de 426 mm (N° 40), preparado para el ensayo de limite líquido. Se amaso con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se tomó una porción de 1,5 gr a 2,0 gr de dicha esfera como muestra para el ensayo.

### b. Moldeado de la muestra

Se moldeo la mitad de la muestra en forma de elipsoide y a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar un hilo de diámetro uniforme a una velocidad de 80 a 90 ciclos por minuto el hilo se forma hasta que se llega a obtener un diámetro de 3 a 3.2 mm, se vuelve a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro, este proceso no tomo más de 2 minutos.

La porción obtenida se colocó en vidrios, se continúa el proceso hasta reunir unos 10 a 18 gr de suelo y se determina la humedad de acuerdo a la NTP 339.127.

### c. Calculo de límite plástico

Se calcula el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo, el cálculo del límite plástico es mediante la siguiente expresión.

$$LP = H\% = \frac{WSH - WSS}{WSS} \times 100 \quad (A. 9)$$

- LP : Limite plástico.
- H : Porcentaje de humedad.
- WSH : Peso de suelo húmedo.
- WSS : Pesos de suelo seco.



**Tabla A. 6:** Resultados de los pesos y el contenido de humedad que viene hacer el límite plástico.

<b>Límite Plástico (LP)</b>		
Peso del suelo húmedo + Tara	15.99	20.87
Peso del suelo seco + Tara	13.60	17.71
Peso de tara	0.40	0.40
Peso de agua	2.39	3.16
Peso del suelo seco	13.20	17.31
Contenido de humedad	18.11	18.26
PROMEDIO	18.18	

**d. Cálculo del índice de plasticidad**

$$IP = LL - LP \quad (A. 10)$$

**Tabla A. 7:** Se observa los resultados de los contenidos de humedad de los límites

Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
35.62	18.18	17.44

## **Anexo A 6: Determinación de la gravedad específica**

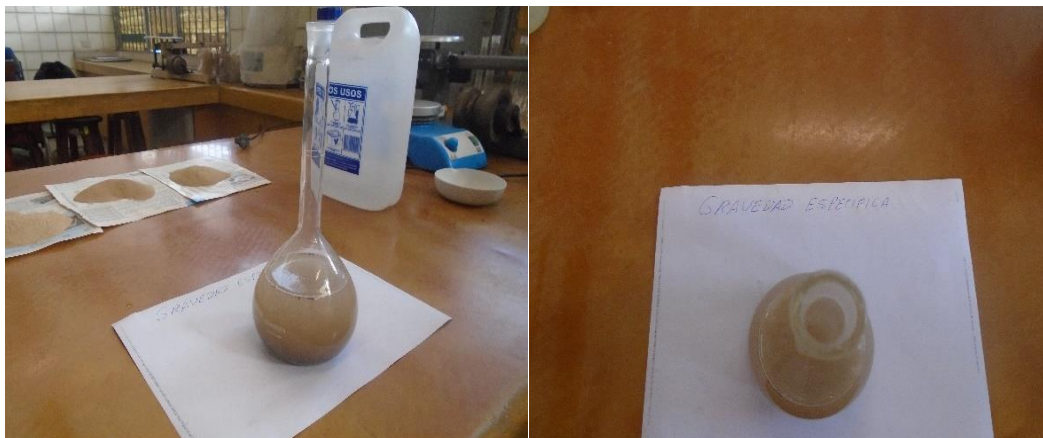
El peso específico es la relación entre el peso en el aire de un cierto volumen de sólidos a una temperatura dada y el peso en el aire del mismo volumen de agua destilada a la misma temperatura.

### **Materiales**

- Suelo.
- Agua destilada.
- Fiola.
- Cocina eléctrica.
- Pipeta.
- Balanza electrónica de precisión 0.01gr

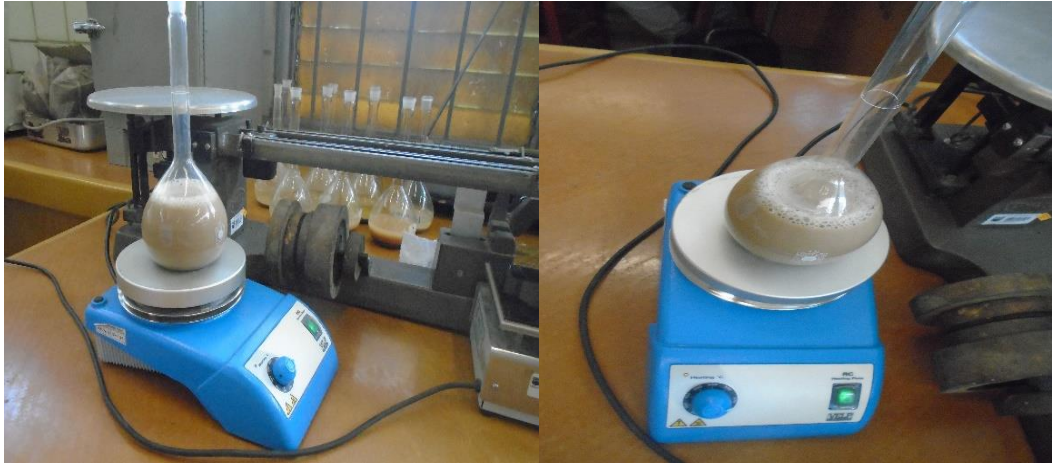
### **Procedimiento**

1. Secar el suelo hasta obtener un peso constante y se tamiza por la malla N° 4 (4.75mm).
2. Se toma 50 gramos de suelo y se mezcla el suelo con suficiente agua destilada hasta formar una masa pastosa.
3. Seguidamente se coloca la muestra en la fiola y se llena con agua destilada hasta aproximadamente la mitad del frasco.



**Figura A. 15:** G1 suelo combinado con agua destilada, y H2 se encuentra listo para hacer hervir el suelo.

- Se calienta la suspensión levemente durante un periodo mínimo de 10 minutos, rotando ocasionalmente el picnómetro para facilitar la expulsión del aire.



**Figura A. 16:** G3 colocación de la fiola en la cocina eléctrica, y en G4 expulsión de burbujas por las altas temperaturas.

- Pasado los 10 minutos se dejan enfriar a la temperatura del ambiente durante una noche.



**Figura A. 17:** Enfriado de la fiola más agua más suelo.

- Se llena el picnómetro con agua destilada hasta que el borde del menisco coincida con la marca de calibración en el cuello del picnómetro.



**Figura A. 18: Adición de agua destilada hasta el menisco de la fiola.**

7. Luego se pesa el picnómetro con el contenido y se mide la temperatura sumergiendo el termómetro hasta la mitad de la profundidad del picnómetro.



**Figura A. 19: toma de datos de la temperatura de la solución.**

### **Cálculos**

$$s = \alpha \frac{W_{\text{suelo}}}{W_{\text{bs}} + W_{\text{suelo}} - W_{\text{bws}}} \quad (\text{A. 11})$$

Donde:

$\alpha$  : Factor de corrección basado en el peso específico del agua a T°C.

$W_{\text{bws}}$  (gr) : Peso del picnómetro + agua + solido a la temperatura del ensayo.

$W_{\text{suelo}}$  (gr) : Peso del suelo seco.

Mediante la tabla de calibración de la fiola usada se obtiene.

$W_{bs}$  (gr) : Peso del picnómetro + agua

Con la temperatura obtenida en el ensayo se realiza la corrección por temperatura.

**Tabla A. 8:** Valores típicos de los factores de corrección  $\alpha$

T°C	$\alpha$	$\gamma$
16	1.0007	0.99897
18	1.0004	0.99862
20	1	0.99823
22	0.9996	0.9978
24	0.9991	0.99732
26	0.9986	0.9968

Fuente: Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil

Cuando se tiene dos muestras se analiza la relación de pesos específicos de ambas muestras que se encuentren en el rango permitido de 2%, mediante:

$$\frac{\text{Mayor Valor } G_s}{\text{Menor Valor } G_s} \leq 1.02$$

## Resultados

**Tabla A. 9:** datos obtenidos del procedimiento de la gravedad específica y resultados.

	Muestra - 1	Muestra - 2
	Picnómetro S	Picnómetro G
$W_{bws}$ (gr)	684.2	696.89
$W_{bs}$ (gr)	653.2	665.55
T°C	19	16.9
$W_{suelo}$ (gr)	50	50
$W_{ss}$ (gr)	19	18.66
$\alpha$	1.0002	1.0006
$G_s$	2.63	2.68

Analizando los resultados se tiene:

$$1.02 \leq 1.02 \Rightarrow \text{el promedio será } 2.66$$

## **Anexo A 7: Determinación de las propiedades mecánicas del pasto natural (Stipa ichu)**

Consiste en determinar algunas propiedades como la resistencia a la tracción, deformación unitaria del pasto natural conocido comúnmente como peccoy (Stipa ichu).

### **Materiales y equipos**

- Peccoy (Estipa ichu).
- Equipo de tracción.
- Deformimetro.
- Arena.
- Balanza de 0.1gr de precisión.
- Regla.

### **Procedimiento**

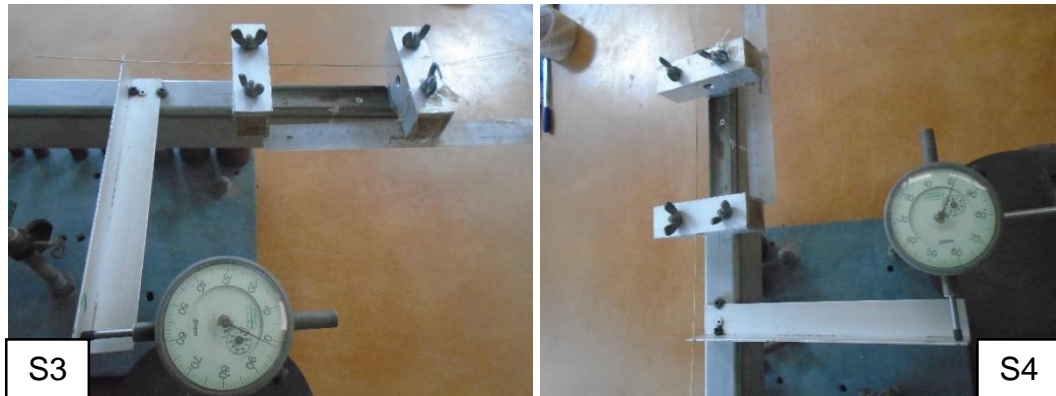
1. Instalación del equipo de tracción.
2. Selección de Stipa ichu para las pruebas correspondientes de diámetros similares para las repeticiones.



**Figura A. 20: S1 pasto natural comúnmente conocido como Peccoy (Stipa ichu), y S2 tallo con un espesor entre 1mm y largo de 0.35 a 0.45 metros**

3. Colocación de la Stipa ichu en el equipo para la prueba de resistencia a la tracción y el equipo deformimetro para determinar la deformación del Stipa ichu.

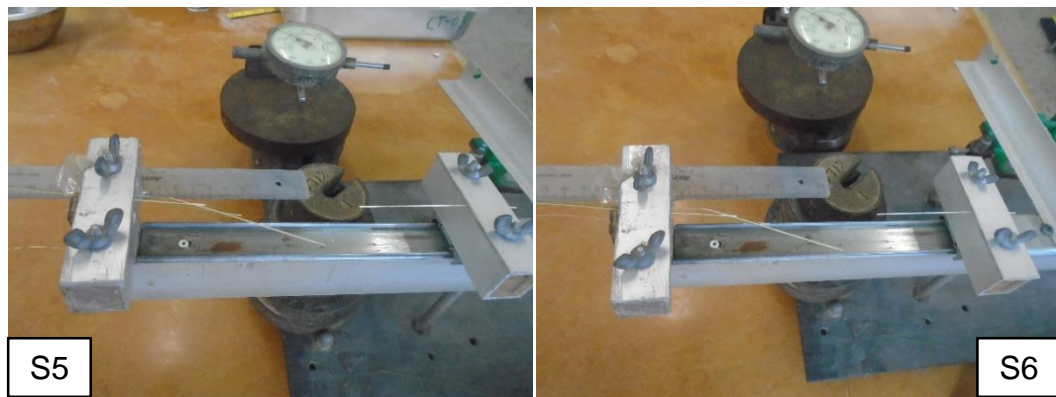




**Figura A. 21: S3 antes de la prueba de tracción y S4 deformación del pasto natural.**

4. aplicación de la carga hasta la ruptura del *Stipa ichu* tal como se muestra en las figuras y se pesa la arena y anotar, este procedimiento se realiza para las otras repeticiones.

**Figura A. 22: S5 y S6 rotura del pasto natural después de la prueba.**



### Cálculos

$$\sigma = E \times \varepsilon, \quad \delta = L_f - L_0, \quad \sigma = \frac{P}{A}, \quad \varepsilon = \frac{\delta}{L_f}, \quad E = \frac{L_0 \times P}{A \times \delta} \quad (\text{A. 12})$$

### Donde

$\sigma$  = Esfuerzo.

E: Modulo de elasticidad o módulo de Young

$\varepsilon$ : Deformación unitaria

$\delta$ : Deformación.

$L_0$ : Longitud inicial.

$L_f$ : Longitud final.

P: Carga aplicada.

**Tabla A. 10:** Procedimientos y cálculo de las propiedades mecánicas del pasto natural

	<b>P</b> Carga aplicada (kg-f)	<b>A</b> Área Transversal (cm <sup>2</sup> )	<b>Lo</b> Longitud Inicial (cm)	<b>Lf</b> Longitud Final (cm)	$\delta$ Deformación (cm)	$\epsilon$ deformación unitaria	$\sigma$ Esfuerzo de corte (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>E</b> Modulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )
M - 1	2.532	0.0314	10	10.118	0.118	0.0118	80.59	6829.685
M - 2	3.304	0.0314	10	10.121	0.121	0.0121	105.17	8691.880
M - 3	4.032	0.0314	10	10.138	0.138	0.0138	128.35	9300.884
M - 4	3.046	0.0314	10	10.110	0.110	0.0110	96.96	8814.246
M - 5	3.200	0.0314	10	10.130	0.130	0.0130	101.86	7835.405
M - 6	2.748	0.0314	10	10.120	0.120	0.0120	87.47	7289.000
Promedio	3.144	0.031	10.000	10.123	0.123	0.012	100.067	8126.850



## Anexo A 8: Ensayo de determinación variación de dimensiones

### Objetivo

Determinar la variación porcentual de la deformación volumétrica de los adobes sin estabilizar y estabilizados durante el proceso de secado, con los diferentes tratamientos y poder apreciar el grado de expansión y contracción de las unidades de adobe durante el tiempo de secado (30 días).

### Materiales y equipo

- Adobe.
- Vernier.

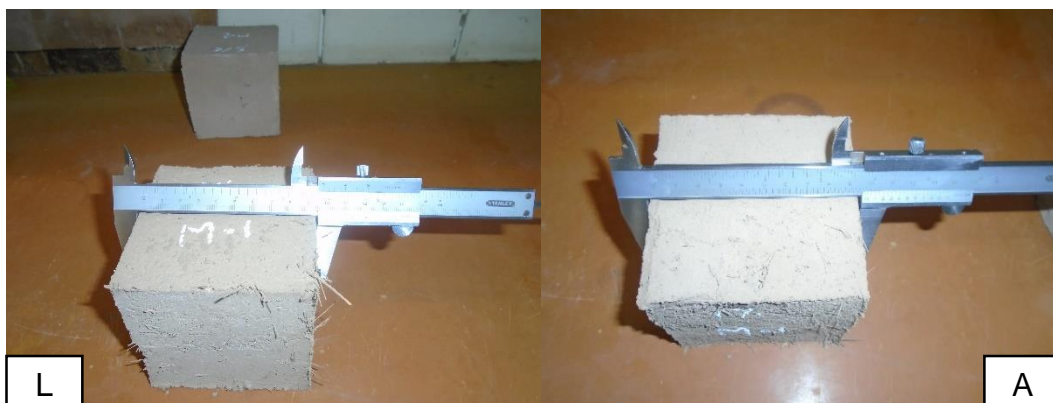
### Procedimiento

Una vez elaborados las muestras y a los 10 días de secado se codificaron cada muestra y de los diferentes testigos, y se ordenaron de acuerdo a los tratamientos tal como se muestra en la Figura A.23,



**Figura A. 23: V1 muestras codificadas y V2 muestra antes de iniciar la medición**

Se ensayaron 8 cubos de 10 cm de arista de cada tratamiento y se tomaron tres lecturas de cada lado con el equipo de vernier y se tomó el promedio de cada una de las tres dimensiones (Largo, Ancho y Alto)



**Figura A. 24: L medición del largo y A medición de ancho de las muestras.**

### Resultados

Se obtuvo la medida promedio de cada una de las dimensiones para cada unidad de cubos de adobe previamente codificados para determinar el porcentaje de variación de dimensiones volumétricas se consideró el volumen de la fabricación del cubo de adobe y la dimensión originales de los moldes de los cubos, y la medida volumétrica se expresa en porcentaje respecto al volumen de fabricación se utilizó la formula correspondiente.

$$VV = \frac{V_f - V_p}{V_f} \times 100 \quad (\text{A.13})$$

VV = Variación Volumétrica (%).

Vf = Volumen de Fabricación en (cm<sup>2</sup>)

Vp = Volumen de Promedio en (cm<sup>2</sup>)

**Tabla A. 11:** Resultados de las muestras del tratamiento sin Solución de Cactus Adobe patrón (SC)

Código	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Promedio Largo (cm)	Promedio Ancho (cm)	Promedio Altura (cm)	Volumen	% Variación
M -1	9.60	9.69	9.78	9.58	9.69	9.81	910.97	11.58
	9.60	9.72	9.83					
	9.54	9.66	9.83					
M -2	9.66	9.86	9.51	9.64	9.83	9.63	912.55	11.43
	9.66	9.83	9.48					
	9.61	9.80	9.89					
M -3	9.89	9.64	9.24	9.85	9.65	9.23	877.35	14.84
	9.79	9.66	9.22					
	9.86	9.65	9.24					
M -4	9.61	9.89	9.33	9.66	9.80	9.23	873.77	15.19
	9.68	9.78	9.20					
	9.70	9.73	9.15					
M -5	9.74	9.89	9.10	9.77	9.85	9.23	887.92	13.82
	9.79	9.88	9.24					
	9.77	9.79	9.34					
M -6	9.81	9.45	9.59	9.78	9.44	9.59	885.39	14.07
	9.77	9.46	9.61					
	9.75	9.41	9.58					
M -7	9.51	9.74	9.73	9.55	9.76	9.62	896.35	13.00
	9.58	9.70	9.51					
	9.55	9.83	9.63					
M -8	9.72	9.91	9.28	9.68	9.91	9.27	889.26	13.69
	9.66	9.91	9.29					
	9.66	9.91	9.24					
<b>PROMEDIO</b>							<b>891.70</b>	<b>13.45</b>

**Tabla A. 12:** Resultados de las muestras del tratamiento con Solución de Cactus (CC)

Código	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Promedio Largo (cm)	Promedio Ancho (cm)	Promedio Altura (cm)	Volumen	% Variación
M -1	9.81	10.00	9.75	9.87	9.91	9.79	957.90	7.03
	9.84	9.91	9.81					
	9.96	9.83	9.81					
M -2	9.67	9.75	9.78	9.62	9.76	9.75	915.44	11.15
	9.64	9.78	9.72					
	9.56	9.75	9.74					
M -3	9.64	9.73	9.29	9.65	9.73	9.28	871.65	15.40
	9.66	9.69	9.35					
	9.65	9.77	9.21					
M -4	9.71	9.69	9.24	9.68	9.70	9.21	865.08	16.04
	9.68	9.73	9.21					
	9.66	9.68	9.18					
M -5	9.64	9.74	9.24	9.61	9.77	9.32	875.06	15.07
	9.61	9.79	9.36					
	9.59	9.77	9.36					
M -6	9.79	9.71	9.27	9.89	9.70	9.28	889.97	13.62
	9.96	9.69	9.31					
	9.91	9.69	9.27					
M -7	9.56	9.77	9.74	9.60	9.75	9.68	906.98	11.97
	9.63	9.76	9.64					
	9.62	9.73	9.67					
M -8	9.67	9.73	9.66	9.67	9.77	9.68	913.90	11.30
	9.66	9.78	9.72					
	9.67	9.79	9.66					
<b>PROMEDIO</b>							<b>899.50</b>	<b>12.70</b>

**Tabla A. 13:** Resultados de las muestras del tratamiento con Solución de Cactus más 0.5% de Stipa ichu (CC+0.5%SI)

Código	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Promedio Largo (cm)	Promedio Ancho (cm)	Promedio Altura (cm)	Volumen	% Variación
M -1	9.76	9.82	9.35	9.72	9.85	9.34	893.93	13.24
	9.77	9.86	9.32					
	9.63	9.86	9.35					
M -2	9.84	9.55	9.60	9.89	9.60	9.65	916.52	11.04
	9.91	9.61	9.68					
	9.93	9.64	9.67					
M -3	9.55	9.71	9.27	9.55	9.74	9.27	862.58	16.28
	9.52	9.76	9.23					
	9.59	9.74	9.32					
M -4	9.81	9.94	9.27	9.77	9.92	9.26	897.78	12.86
	9.72	9.99	9.25					
	9.77	9.84	9.27					
M -5	9.67	9.85	9.33	9.66	9.82	9.29	881.55	14.44
	9.66	9.81	9.27					
	9.66	9.81	9.26					
M -6	9.55	9.73	9.23	9.57	9.75	9.26	863.42	16.20
	9.56	9.83	9.23					
	9.59	9.69	9.31					
M -7	9.68	9.69	9.56	9.61	9.71	9.63	897.98	12.84
	9.59	9.73	9.61					
	9.55	9.71	9.71					
M -8	9.73	9.62	9.62	9.75	9.59	9.67	903.86	12.27
	9.73	9.57	9.73					
	9.78	9.58	9.66					
<b>PROMEDIO</b>							<b>889.70</b>	<b>13.65</b>

**Tabla A. 14:** Resultados de las muestras del tratamiento con Solución de Cactus más 0.5% de Stipa ichu (CC+1.0%SI)

Código	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Promedio Largo (cm)	Promedio Ancho (cm)	Promedio Altura (cm)	Volumen	% Variación
M -1	9.74	9.74	9.53	9.78	9.73	9.59	911.95	11.49
	9.78	9.71	9.62					
	9.82	9.73	9.61					
M -2	9.86	9.68	9.75	9.86	9.64	9.73	924.20	10.30
	9.88	9.62	9.68					
	9.84	9.61	9.75					
M -3	9.82	9.61	9.42	9.72	9.61	9.46	883.65	14.23
	9.71	9.55	9.45					
	9.64	9.66	9.51					
M -4	9.76	9.64	9.38	9.80	9.63	9.43	889.64	13.65
	9.83	9.66	9.42					
	9.81	9.58	9.49					
M -5	9.81	9.74	9.33	9.83	9.75	9.34	894.86	13.15
	9.83	9.74	9.38					
	9.85	9.76	9.31					
M -6	9.81	9.93	9.20	9.69	9.88	9.20	880.80	14.51
	9.61	9.85	9.15					
	9.64	9.86	9.26					
M -7	9.64	9.76	9.29	9.69	9.78	9.27	878.22	14.76
	9.66	9.74	9.26					
	9.76	9.83	9.27					
M -8	9.84	9.64	9.37	9.84	9.64	9.41	892.30	13.39
	9.81	9.61	9.41					
	9.86	9.68	9.44					
<b>PROMEDIO</b>							<b>894.45</b>	<b>13.19</b>

**Tabla A. 15:** Resultados de las muestras del tratamiento con Solución de Cactus más 0.5% de Stipa ichu (CC+1.5%SI)

Código	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Promedio Largo (cm)	Promedio Ancho (cm)	Promedio Altura (cm)	Volumen	% Variación
M -1	10.01	9.66	9.32	9.98	9.62	9.53	914.64	11.23
	10.01	9.60	9.54					
	9.91	9.61	9.72					
M -2	9.76	9.81	9.29	9.70	9.91	9.38	901.65	12.49
	9.68	9.93	9.36					
	9.66	10.00	9.48					
M -3	9.73	9.94	9.46	9.80	9.95	9.39	915.93	11.10
	9.81	9.99	9.36					
	9.87	9.92	9.35					
M -4	10.00	9.86	9.35	9.94	9.86	9.41	921.31	10.58
	9.93	9.84	9.49					
	9.88	9.87	9.38					
M -5	9.64	9.96	9.26	9.72	9.93	9.33	901.16	12.53
	9.78	9.93	9.31					
	9.75	9.90	9.43					
M -6	9.72	9.94	9.58	9.71	9.91	9.57	921.20	10.59
	9.74	9.88	9.51					
	9.68	9.91	9.62					
M -7	9.79	9.82	9.61	9.77	9.83	9.69	930.61	9.68
	9.78	9.86	9.74					
	9.74	9.82	9.71					
M -8	9.88	9.66	9.60	9.87	9.71	9.61	920.36	10.67
	9.87	9.69	9.64					
	9.86	9.77	9.58					
<b>PROMEDIO</b>							<b>915.86</b>	<b>11.11</b>

**Tabla A. 16:** Resultados de las muestras del tratamiento con Solución de Cactus más 0.5% de Stipa ichu (CC+2.0%SI)

Código	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Promedio Largo (cm)	Promedio Ancho (cm)	Promedio Altura (cm)	Volumen	% Variación
M -1	10.05	9.81	9.74	10.02	9.85	9.61	948.79	7.91
	10.01	9.88	9.51					
	10.01	9.87	9.57					
M -2	9.89	9.86	9.60	9.87	9.90	9.63	941.28	8.64
	9.86	9.91	9.64					
	9.87	9.94	9.64					
M -3	9.85	10.00	9.48	9.84	9.99	9.48	931.57	9.58
	9.81	9.99	9.44					
	9.85	9.99	9.51					
M -4	9.89	10.00	9.51	9.87	9.99	9.42	929.45	9.79
	9.86	9.98	9.37					
	9.87	10.00	9.38					
M -5	10.00	9.81	9.56	9.96	9.79	9.61	937.05	9.05
	9.89	9.78	9.68					
	10.00	9.77	9.59					
M -6	9.99	9.86	9.45	9.89	9.94	9.40	924.08	10.31
	9.86	9.96	9.38					
	9.83	9.99	9.37					
M -7	9.58	10.05	10.04	9.52	10.02	10.07	960.58	6.77
	9.41	10.01	10.06					
	9.57	10.00	10.11					
M -8	9.81	9.86	9.66	9.81	9.88	9.66	936.91	9.06
	9.78	9.88	9.64					
	9.85	9.91	9.68					
<b>PROMEDIO</b>							<b>938.71</b>	<b>8.89</b>



## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se ha tomado el volumen promedio de cada uno de los tratamientos para obtener valores positivos y evitar trabajar con porcentajes negativos.

### Hipótesis global

Si:  $F_{\text{Calculado}} > F_{\text{Tabular}}$

Entonces  $H_0: H_1 = H_2 = H_3 = H_4 = H_5 = H_6 = 0$

$H_1$ : Al menos una de las  $H$  muestra  $\neq 0$

Con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0.05

Tabla A. 177: Resumen

Tratamientos	Repeticiones	Suma	Promedio	Varianza
SC	8	7133.57	891.70	202.17
CC	8	7195.99	899.50	939.48
CC+0.5%SI	8	7117.62	889.70	366.31
CC+1.0%SI	8	7155.62	894.45	255.15
CC+1.5%SI	8	7326.88	915.86	102.23
CC+2.0%SI	8	7509.71	938.71	134.75

Tabla A. 18: Análisis de Varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios (Varianzas)	F Calculado (Fc)	F Tabular
Tratamientos	14456.64	5	2891.33	8.67	2.44
Error	14000.67	42	333.35		
Total	28457.31	47			

Como  $F_{\text{calculado}}$  es  $> F_{\text{tabular}}$ , entonces se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptamos la hipótesis planteada.

Tratamientos	SC	CC	CC+0.5%SI	CC+1.0%SI	CC+2.0%SI	CC+2.0%SI
Promedio	891.70	899.50	889.70	894.45	915.86	938.71
Código	I	II	III	IV	V	VI

## MÉTODO TUKEY

Esta prueba sirve para comparar las medias de todos los tratamientos contra todos, haciendo una comparación por pares de todos contra todos, con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0.05.

1. Se construye el matriz de diferencias entre todos los posibles pares de medias.

$$d_{ii} = |\bar{Y}_i. - \bar{Y}_{i'}.|, \text{ siendo que } i \neq i'$$

**Tabla A. 19:** Diferencia entre cada uno de los grupos

Tratamiento	Tratamiento	VI	V	IV	III	II	I
	Promedio	938.71	915.86	894.45	889.70	899.50	891.70
I	891.70	47.02	24.16	2.76	1.99	7.80	0.00
II	899.50	39.21	16.36	5.05	9.80	0.00	
III	889.70	49.01	26.16	4.75	0.00		
IV	894.45	44.26	21.41	0.00			
V	915.86	22.85	0.00				
VI	938.71	0.00					

2. calculo de HSD, la diferencia mínima significativa a un cierto nivel de significancia ( $\alpha$ ) dada por la siguiente expresión.

$$HSD = q_{(t, GL_{ee}, \alpha)} \times \sqrt{\frac{CM_{ee}}{n}} \quad (\text{A. 14})$$

Siendo:

q : amplitud total estudentizada. Valor encontrado en tablas y que están en función de:

$\alpha$ . : Nivel de significancia.

t : número de tratamientos.

GL<sub>ee</sub> : grados de libertad de error experimental.

CM<sub>ee</sub> : Cuadrado medio del error experimental.

n : Numero de repeticiones.

$$q_{(t, glee, \alpha)} = 4.51$$

$$HSD = 4.51 \times \sqrt{\frac{333.349}{8}} = 29.11$$

Entonces:

Si  $|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j| \leq HSD \Rightarrow$  Aceptar  $H_0$

Si  $|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j| > HSD \Rightarrow$  Rechazar  $H_0$

**Tabla A. 20:** Resultado de la prueba de Tukey a los promedios de los tratamientos estudiados.

Relación	$\Delta$	ALS (T)	Significativo
VI - I	47.02	29.11	*
V - I	24.16	29.11	n.s
IV - I	2.76	29.11	n.s
III - I	1.99	29.11	n.s
II - I	7.80	29.11	n.s
VI - II	39.24	29.11	*
V - II	16.36	29.11	n.s
IV - II	5.05	29.11	n.s
III - II	9.80	29.11	n.s
VI - III	49.01	29.11	*
V - III	26.16	29.11	n.s
IV - III	4.75	29.11	n.s
VI - IV	44.26	29.11	*
V - IV	21.41	29.11	n.s
VI - V	22.85	29.11	n.s

\* : Medios considerable mente diferente (Significativo) por lo tanto se rechaza la hipótesis nula

n.s : No considerablemente diferente (No significativo) por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

## PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNNETT

Esta prueba tiene por finalidad probar el comportamiento de una variable de respuesta contra un determinado valor o nivel, hacer las comparaciones con respecto al tratamiento de control (adobe patrón) con un nivel de significación ( $\alpha$ ) de 0.05

### Estadístico de prueba

$$D_{\alpha} = d_{\alpha}(a - 1, f) \sqrt{\frac{2MS_e}{n}} \quad (\text{A. 15})$$

Tamaño de la muestra

$$n = 8$$

Tratamientos:

$$a = 6$$

$$N = axn = 48$$

Grados de libertad del error

$$f = N - a = 42$$

Cuadrado medio del error

$$MS_e = 333.349$$

Constante para la prueba de Dunnett. (de las tablas de valores críticos para la prueba de dunnett)

Para nuestro caso el nivel de significancia es de 0.05, en la tabla de dunnett en el eje horizontal juega el valor de "a" que viene hacer los tratamientos de 8, y en el eje vertical juega el valor de "f" que viene hacer los grados de libertad 42. Como el valor f no se encuentra en un valor exacto se realizó la interpolación entre los valores de 40 y 60 que son 2.73 y 2.69 respectivamente obteniéndose.

$$d_{\alpha}(a - 1, f) = 2.726$$

Valor teórico del estadístico de prueba

$$D_{\alpha} = 17.597$$

### Criterio de rechazo

Estructura de la prueba de hipótesis

$$|\bar{Y}_i. - \bar{Y}_a.| > D_\alpha \quad \bar{Y}_c = 37.697$$

Comparación de los tratamientos contra el control:

Comparación del tratamiento uno contra el control:

$$|\bar{Y}_{1.} - \bar{Y}_c.| > D_\alpha \quad \bar{Y}_1 = 34.433 \quad |\bar{Y}_{1.} - \bar{Y}_c.| = 3.26$$

Si el valor teórico del estadístico de prueba es mayor que el valor absoluto de la diferencia entre los promedios de los Volúmenes. Se concluye que no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula (n.s).

Si el valor teórico del estadístico de prueba es menor que el valor absoluto de la diferencia entre los promedios de los volúmenes. Se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alterna con un nivel de confianza de 95%.

**Tabla A. 21:** Resultado de la prueba de Dunnett a los promedios de los tratamientos estudiados.

Relación	$D \bar{Y}_i. - \bar{Y}_a. $	$D\alpha$	Significativo
I - II	7.80	17.597	n.s
I - III	1.99	17.597	n.s
I - IV	2.76	17.597	n.s
I - V	24.16	17.597	*
I - VI	47.02	17.597	*

**ns = No significativo \* = Significativo**

## Anexo A 9: Ensayo de resistencia a la fuerza compresiva

### Objetivo

En esta ensayo nos permite Determinar la resistencia máxima a la fuerza compresiva que puede soportar una unidad de adobe estabilizado de acuerdo a los diferentes tratamientos, además se registró la curva de la deformación con lo cual se grafica el esfuerzo.

### Materiales

- Cubos de adobe de 10 cm de arista.
- Equipo de compresión simple.
- Balanza aprox. 0.1 gr.
- Vernier.

### Procedimiento

1. Se pesaron las muestras de cubos de adobe.
2. Se midió el diámetro de la altura tres veces considerando el promedio de la altura para cuando se realice el ensayo con el equipo se haga la lectura en el deformimetro de acuerdo a la fuerza aplicada.
3. Se determinó la lectura dial a diferentes % de deformación de la muestra del cubo de adobe.



**Figura A. 25: C1 Muestra instalada en el equipo de compresión, y C2 variación de la lectura dial al momento de la prueba**

## Resultados

Según los resultados obtenidos Adobe sin cactus (Patrón)

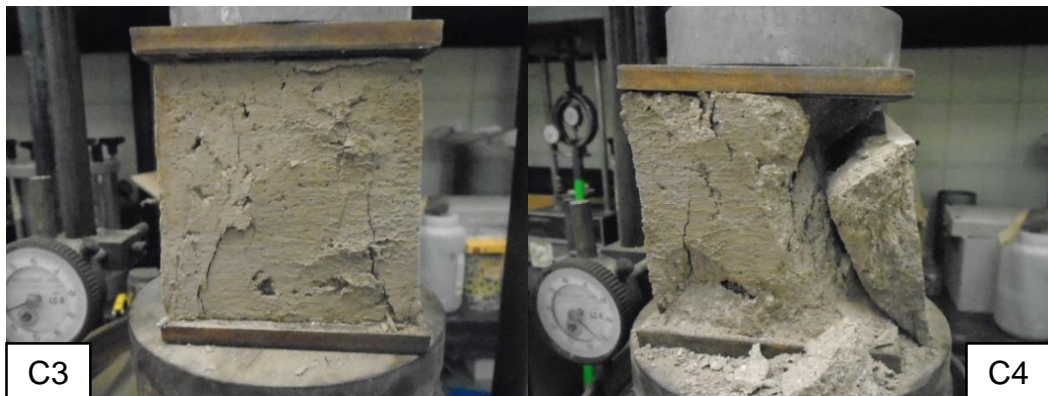
$$F_c = \frac{K}{A} \quad (A. 16)$$

Donde:

$F_c$  : Fuerza compresiva.

$K$  : Carga máxima soportada.

$A$  : Área de Aplicación.

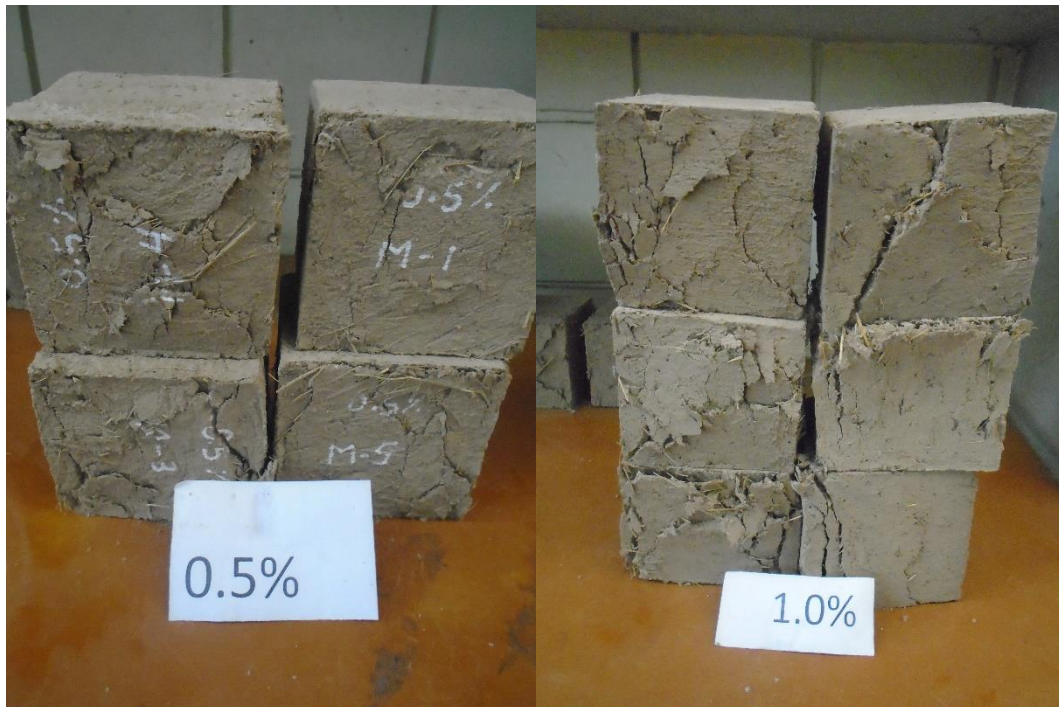


**Figura A. 26: C3 momento de quiebre de la muestra C4 momento de fragilidad de la muestra**

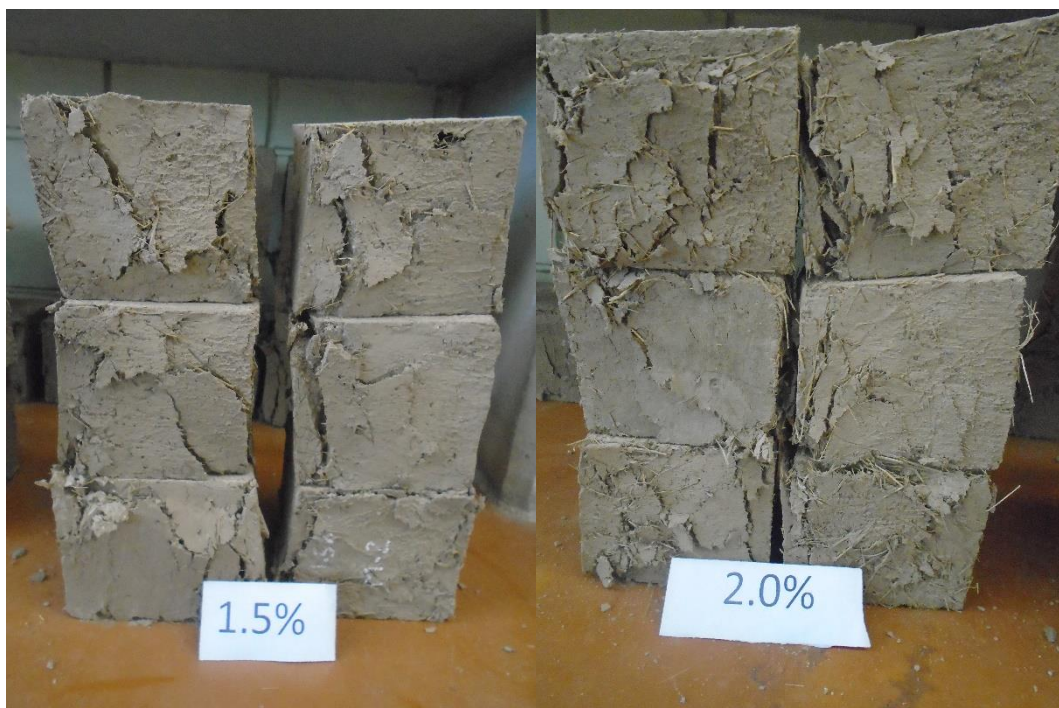


**Figura A. 27: Final de las muestras SC y CC después de ser sometido al esfuerzo de compresión**





**Figura A. 28: Final de las muestras CC+ 0.5%SI y CC+1.0%SI después de ser sometido al esfuerzo de compresión**

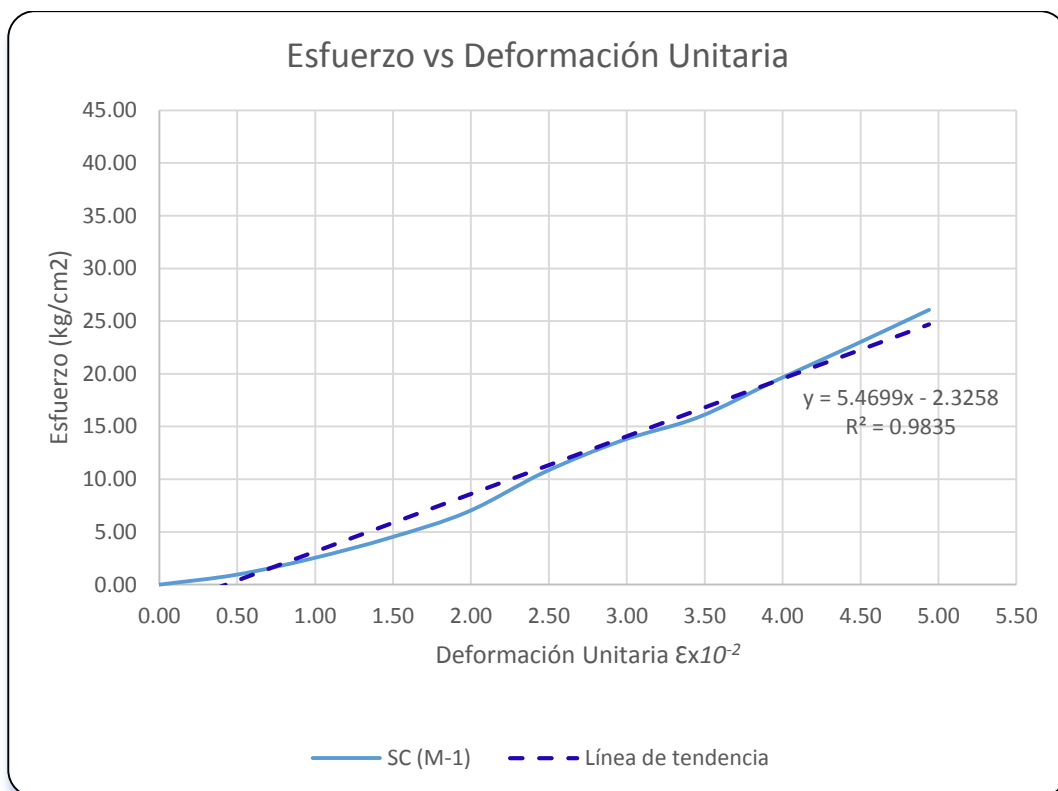


**Figura A. 29: Final de las muestras CC+ 0.5%SI y CC+1.0%SI después de ser sometido al esfuerzo de compresión**



**Tabla A.22:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-1 del tratamiento (SC)

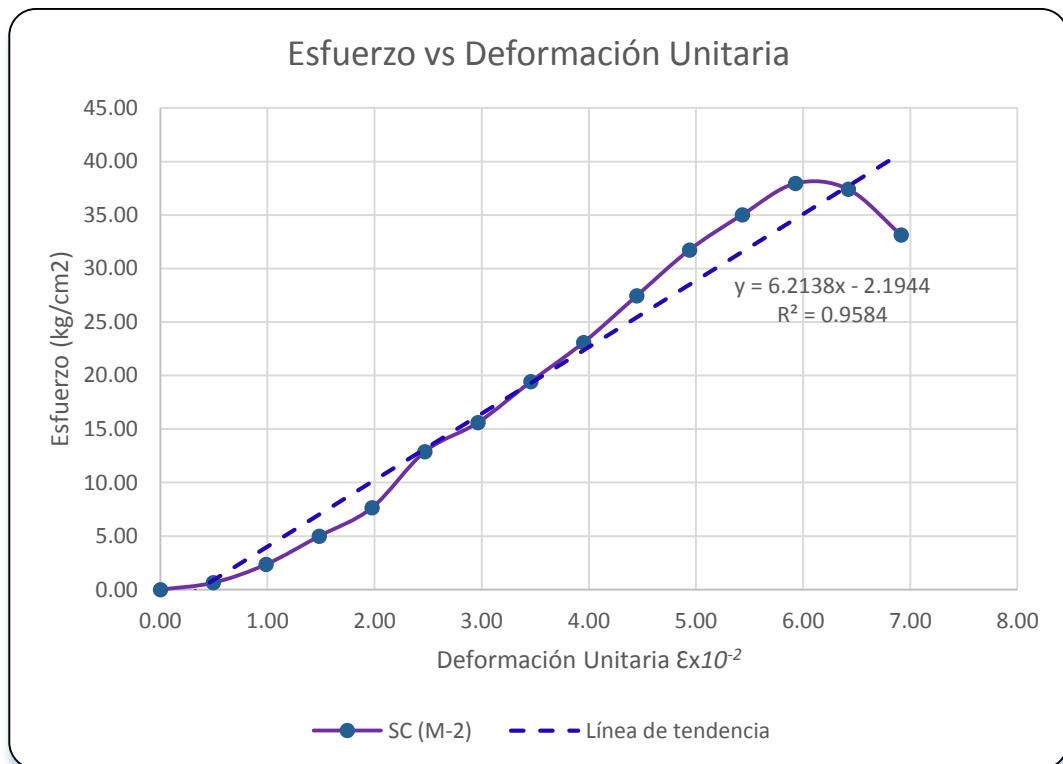
TRATAMIENTO			SC		Muestra	M - 1	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0.00	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	89.29	0.004940	0.995060	94.849	0.94
0.038	0.097	9.673	239.29	0.009879	0.990121	95.322	2.51
0.057	0.145	9.625	427.12	0.014819	0.985181	95.800	4.46
0.076	0.193	9.577	663.33	0.019758	0.980242	96.283	6.89
0.095	0.241	9.529	1031.45	0.024698	0.975302	96.771	10.66
0.114	0.290	9.480	1327.04	0.029638	0.970362	97.263	13.64
0.133	0.338	9.432	1552.08	0.034577	0.965423	97.761	15.88
0.152	0.386	9.384	1899.31	0.039517	0.960483	98.264	19.33
0.171	0.434	9.336	2236.67	0.044456	0.955544	98.772	22.64
0.190	0.483	9.287	2588.44	0.049396	0.950604	99.285	26.07



**Figura A. 30:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-1 del tratamiento (SC)

**Tabla A. 23:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-2 del tratamiento (SC)

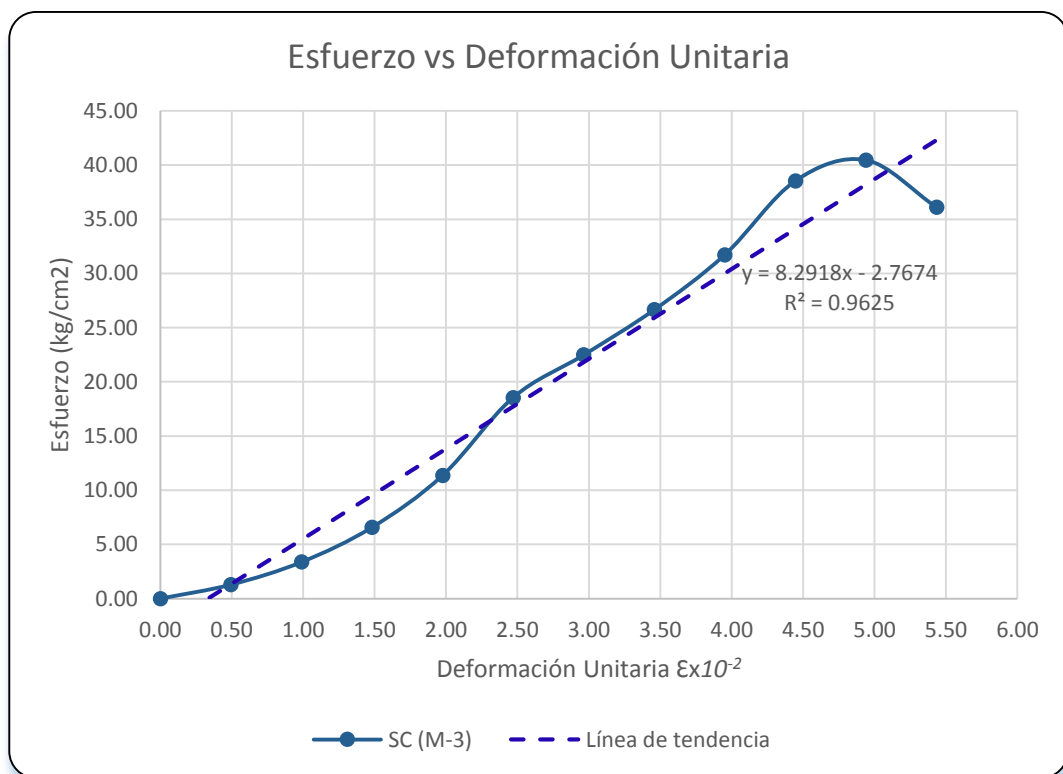
TRATAMIENTO			SC		Muestra	M - 2	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	61	0.004940	0.995060	94.849	0.64
0.038	0.097	9.673	225	0.009879	0.990121	95.322	2.36
0.057	0.145	9.625	478	0.014819	0.985181	95.800	4.99
0.076	0.193	9.577	737	0.019758	0.980242	96.283	7.65
0.095	0.241	9.529	1248	0.024698	0.975302	96.771	12.90
0.114	0.290	9.480	1517	0.029638	0.970362	97.263	15.60
0.133	0.338	9.432	1899	0.034577	0.965423	97.761	19.43
0.152	0.386	9.384	2270	0.039517	0.960483	98.264	23.10
0.171	0.434	9.336	2711	0.044456	0.955544	98.772	27.45
0.190	0.483	9.287	3152	0.049396	0.950604	99.285	31.74
0.209	0.531	9.239	3497	0.054336	0.945664	99.803	35.03
0.228	0.579	9.191	3807	0.059275	0.940725	100.328	37.94
0.247	0.627	9.143	3772	0.064215	0.935785	100.857	37.40
0.266	0.676	9.094	3359	0.069155	0.930845	101.392	33.12



**Figura A. 31:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-2 del tratamiento (SC)

**Tabla A.24:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-3 del tratamiento (SC)

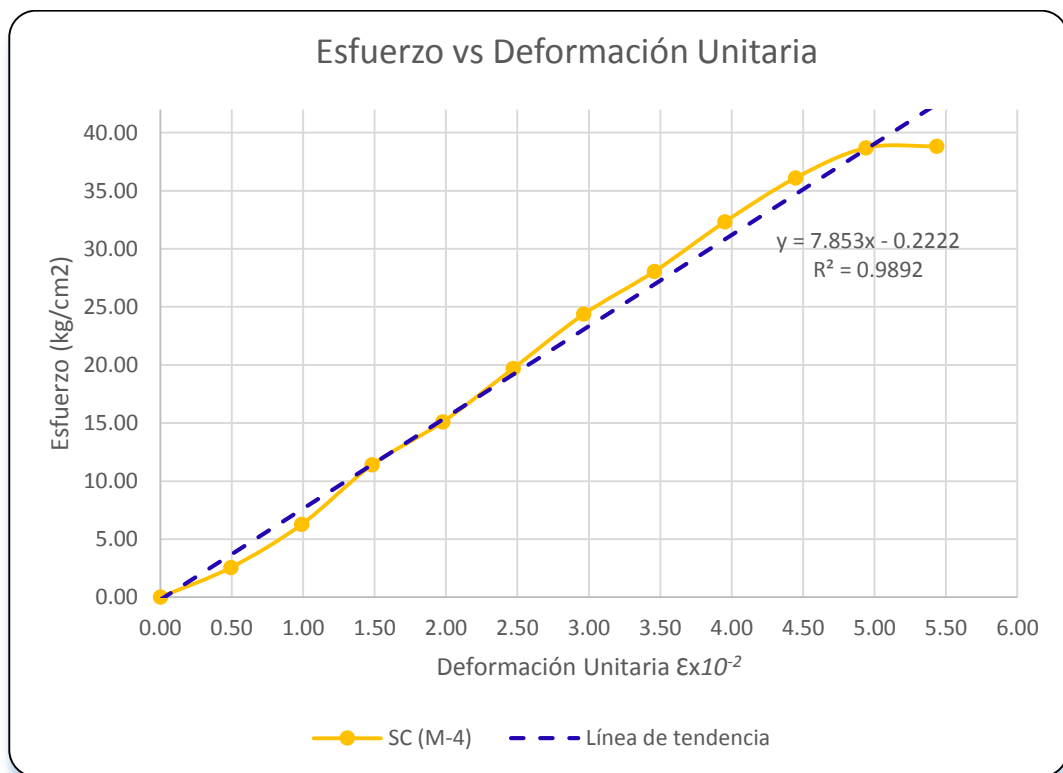
TRATAMIENTO			SC		Muestra	M - 3	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	122	0.004940	0.995060	94.849	1.29
0.038	0.097	9.673	321	0.009879	0.990121	95.322	3.37
0.057	0.145	9.625	630	0.014819	0.985181	95.800	6.58
0.076	0.193	9.577	1094	0.019758	0.980242	96.283	11.37
0.095	0.241	9.529	1795	0.024698	0.975302	96.771	18.55
0.114	0.290	9.480	2187	0.029638	0.970362	97.263	22.48
0.133	0.338	9.432	2605	0.034577	0.965423	97.761	26.65
0.152	0.386	9.384	3117	0.039517	0.960483	98.264	31.72
0.171	0.434	9.336	3807	0.044456	0.955544	98.772	38.54
0.190	0.483	9.287	4017	0.049396	0.950604	99.285	40.46
0.209	0.531	9.239	3603	0.054336	0.945664	99.803	36.11



**Figura A. 32:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-3 del tratamiento (SC)

**Tabla A. 25:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-4 del tratamiento (SC)

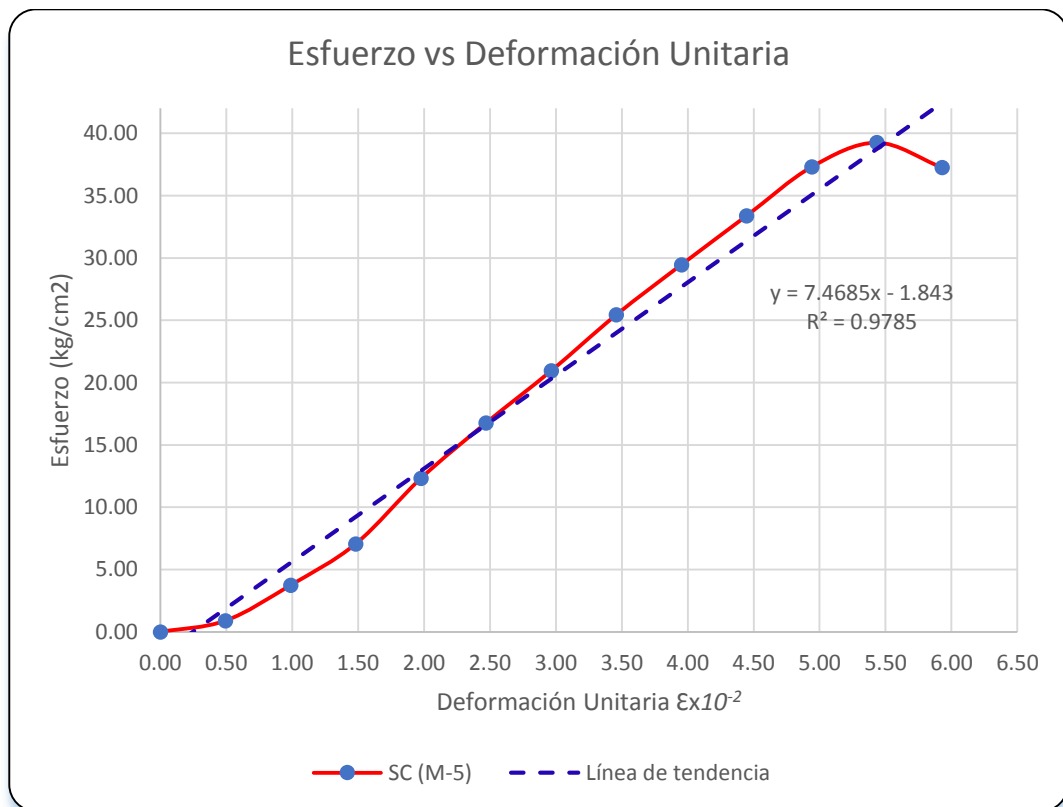
TRATAMIENTO			SC		Muestra	M - 4	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	243	0.004940	0.995060	94.849	2.56
0.038	0.097	9.673	597	0.009879	0.990121	95.322	6.26
0.057	0.145	9.625	1091	0.014819	0.985181	95.800	11.39
0.076	0.193	9.577	1453	0.019758	0.980242	96.283	15.09
0.095	0.241	9.529	1906	0.024698	0.975302	96.771	19.70
0.114	0.290	9.480	2370	0.029638	0.970362	97.263	24.37
0.133	0.338	9.432	2741	0.034577	0.965423	97.761	28.04
0.152	0.386	9.384	3176	0.039517	0.960483	98.264	32.32
0.171	0.434	9.336	3566	0.044456	0.955544	98.772	36.10
0.190	0.483	9.287	3841	0.049396	0.950604	99.285	38.69
0.209	0.531	9.239	3876	0.054336	0.945664	99.803	38.83



**Figura A. 33:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-4 del tratamiento (SC)

**Tabla A. 26:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-5 del tratamiento (SC)

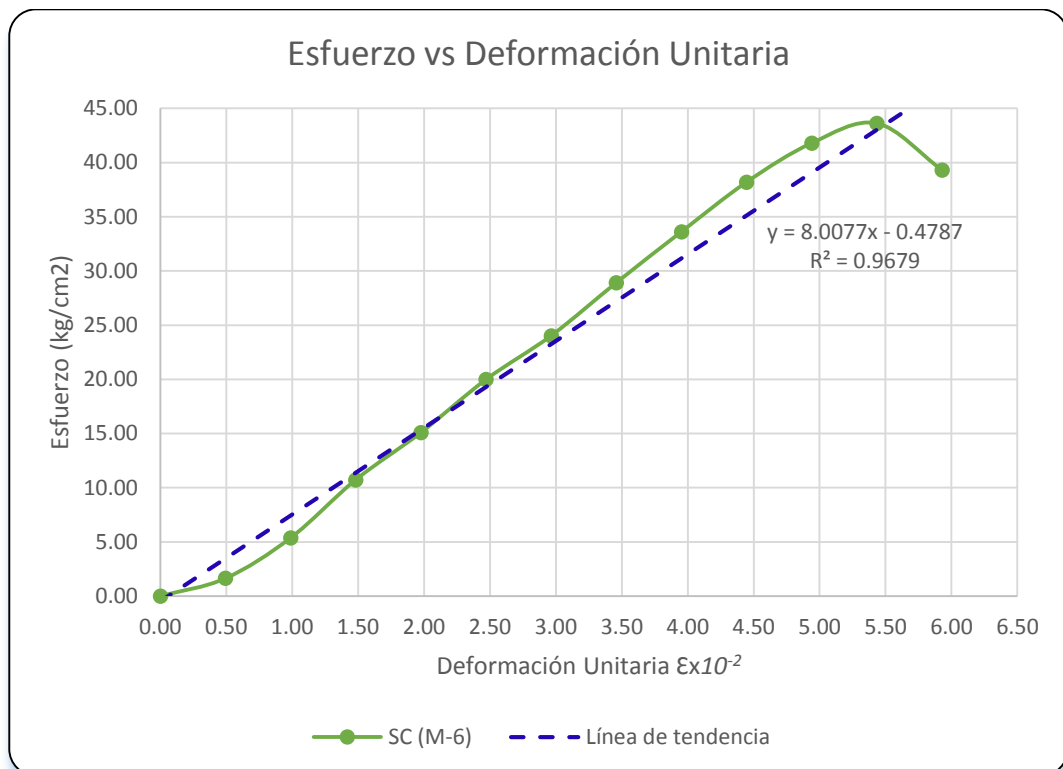
TRATAMIENTO			SC		Muestra	M - 5	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	85	0.004940	0.995060	94.849	0.90
0.038	0.097	9.673	357	0.009879	0.990121	95.322	3.75
0.057	0.145	9.625	677	0.014819	0.985181	95.800	7.06
0.076	0.193	9.577	1186	0.019758	0.980242	96.283	12.31
0.095	0.241	9.529	1622	0.024698	0.975302	96.771	16.76
0.114	0.290	9.480	2037	0.029638	0.970362	97.263	20.94
0.133	0.338	9.432	2487	0.034577	0.965423	97.761	25.44
0.152	0.386	9.384	2895	0.039517	0.960483	98.264	29.46
0.171	0.434	9.336	3297	0.044456	0.955544	98.772	33.38
0.190	0.483	9.287	3703	0.049396	0.950604	99.285	37.30
0.209	0.531	9.239	3917	0.054336	0.945664	99.803	39.25
0.228	0.579	9.191	3738	0.059275	0.940725	100.328	37.26



**Figura A. 34:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-5 del tratamiento (SC)

**Tabla A. 27:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-6 del tratamiento (SC)

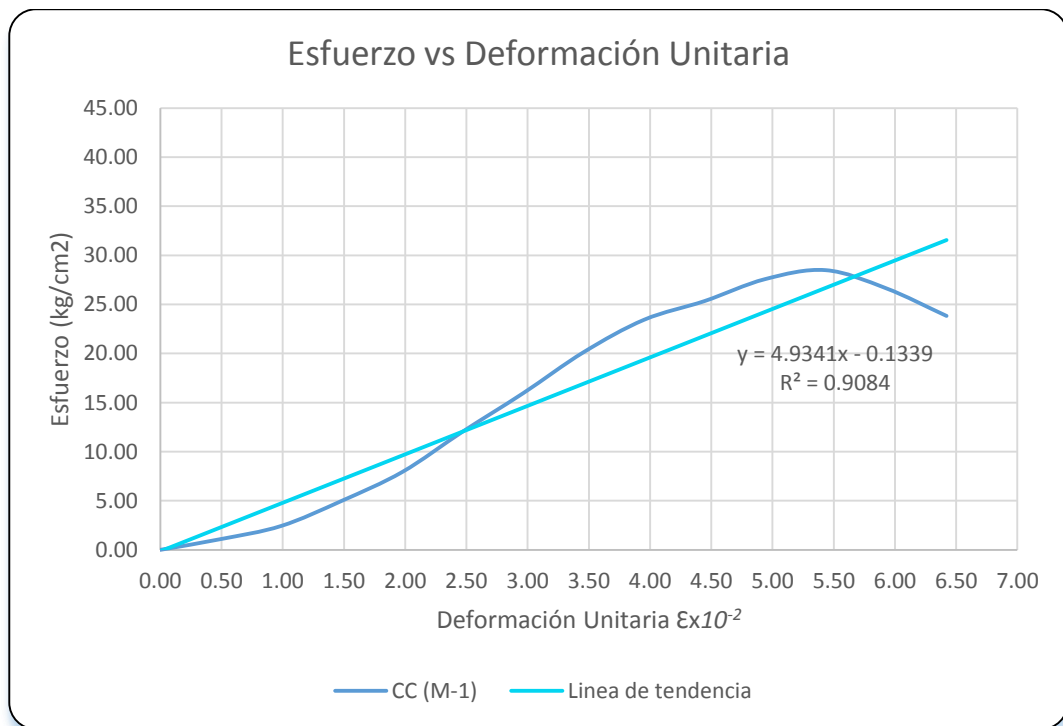
TRATAMIENTO			SC		Muestra	M - 6	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	156	0.004940	0.995060	94.849	1.64
0.038	0.097	9.673	512	0.009879	0.990121	95.322	5.37
0.057	0.145	9.625	1028	0.014819	0.985181	95.800	10.73
0.076	0.193	9.577	1453	0.019758	0.980242	96.283	15.09
0.095	0.241	9.529	1934	0.024698	0.975302	96.771	19.99
0.114	0.290	9.480	2337	0.029638	0.970362	97.263	24.02
0.133	0.338	9.432	2827	0.034577	0.965423	97.761	28.91
0.152	0.386	9.384	3303	0.039517	0.960483	98.264	33.62
0.171	0.434	9.336	3772	0.044456	0.955544	98.772	38.19
0.190	0.483	9.287	4150	0.049396	0.950604	99.285	41.80
0.209	0.531	9.239	4354	0.054336	0.945664	99.803	43.62
0.228	0.579	9.191	3945	0.059275	0.940725	100.328	39.32



**Figura A. 35:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-6 del tratamiento (SC)

**Tabla A. 28:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-1 del tratamiento (CC)

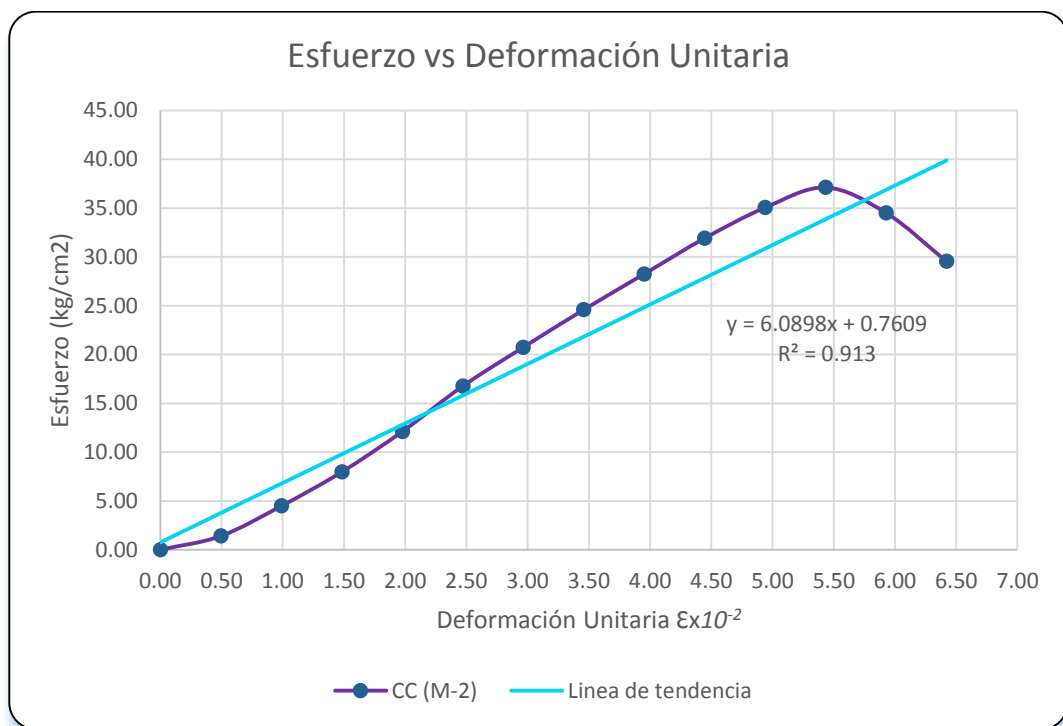
TRATAMIENTO			CC		Muestra	M - 1	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	104	0.004940	0.995060	94.849	1.09
0.038	0.097	9.673	232	0.009879	0.990121	95.322	2.44
0.057	0.145	9.625	478	0.014819	0.985181	95.800	4.99
0.076	0.193	9.577	763	0.019758	0.980242	96.283	7.93
0.095	0.241	9.529	1165	0.024698	0.975302	96.771	12.04
0.114	0.290	9.480	1552	0.029638	0.970362	97.263	15.96
0.133	0.338	9.432	1969	0.034577	0.965423	97.761	20.14
0.152	0.386	9.384	2303	0.039517	0.960483	98.264	23.44
0.171	0.434	9.336	2503	0.044456	0.955544	98.772	25.35
0.190	0.483	9.287	2738	0.049396	0.950604	99.285	27.58
0.209	0.531	9.239	2844	0.054336	0.945664	99.803	28.49
0.228	0.579	9.191	2673	0.059275	0.940725	100.328	26.65
0.247	0.627	9.143	2403	0.064215	0.935785	100.857	23.83



**Figura A. 36:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-1 del tratamiento (CC)

**Tabla A. 29:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-2 del tratamiento (CC)

TRATAMIENTO			CC		Muestra	M - 2	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	133	0.004940	0.995060	94.849	1.41
0.038	0.097	9.673	427	0.009879	0.990121	95.322	4.48
0.057	0.145	9.625	763	0.014819	0.985181	95.800	7.97
0.076	0.193	9.577	1165	0.019758	0.980242	96.283	12.10
0.095	0.241	9.529	1622	0.024698	0.975302	96.771	16.76
0.114	0.290	9.480	2017	0.029638	0.970362	97.263	20.73
0.133	0.338	9.432	2403	0.034577	0.965423	97.761	24.58
0.152	0.386	9.384	2776	0.039517	0.960483	98.264	28.25
0.171	0.434	9.336	3152	0.044456	0.955544	98.772	31.91
0.190	0.483	9.287	3479	0.049396	0.950604	99.285	35.04
0.209	0.531	9.239	3703	0.054336	0.945664	99.803	37.11
0.228	0.579	9.191	3462	0.059275	0.940725	100.328	34.51
0.247	0.627	9.143	2980	0.064215	0.935785	100.857	29.54

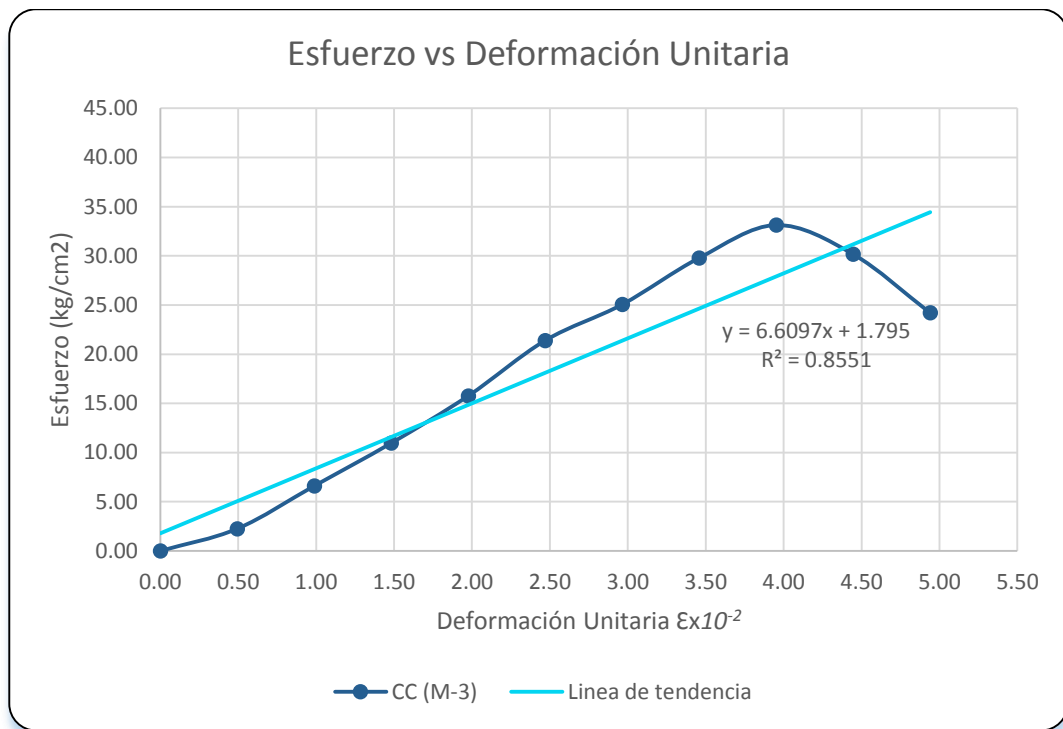


**Figura A. 37:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-2 del tratamiento (CC)



**Tabla A. 30:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-3 del tratamiento (CC)

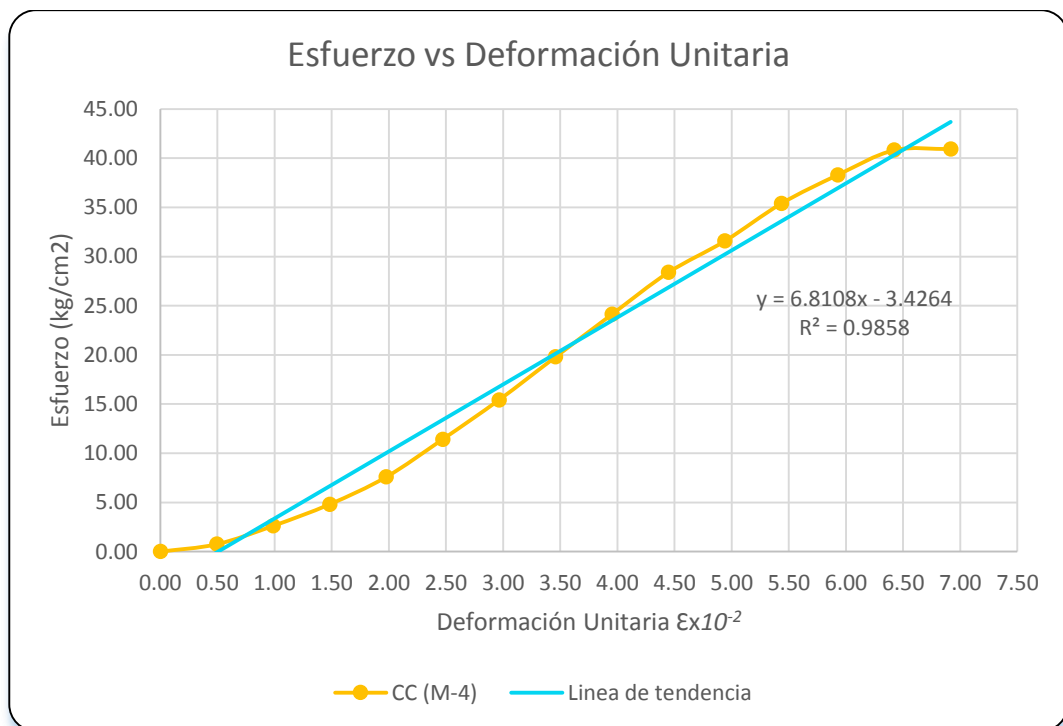
TRATAMIENTO			CC		Muestra	M - 3	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	214	0.004940	0.995060	94.849	2.26
0.038	0.097	9.673	630	0.009879	0.990121	95.322	6.61
0.057	0.145	9.625	1050	0.014819	0.985181	95.800	10.96
0.076	0.193	9.577	1517	0.019758	0.980242	96.283	15.76
0.095	0.241	9.529	2070	0.024698	0.975302	96.771	21.39
0.114	0.290	9.480	2437	0.029638	0.970362	97.263	25.05
0.133	0.338	9.432	2912	0.034577	0.965423	97.761	29.78
0.152	0.386	9.384	3255	0.039517	0.960483	98.264	33.13
0.171	0.434	9.336	2980	0.044456	0.955544	98.772	30.17
0.190	0.483	9.287	2403	0.049396	0.950604	99.285	24.21



**Figura A. 38:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-3 del tratamiento (CC)

**Tabla A. 31:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-4 del tratamiento (CC)

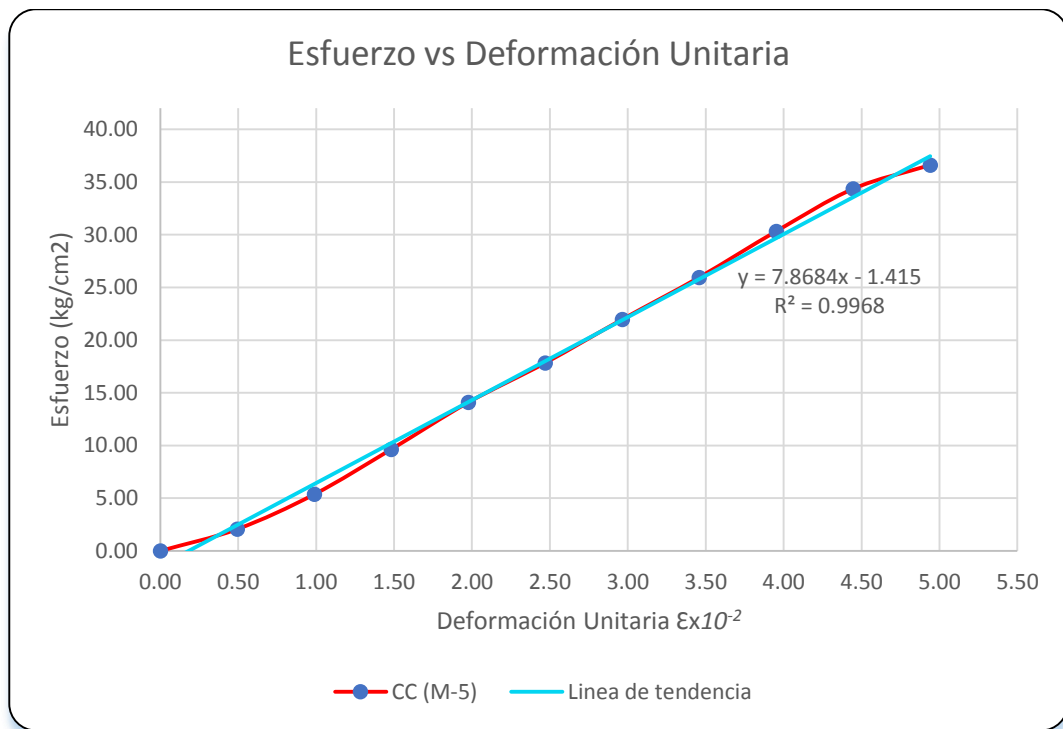
TRATAMIENTO			CC		Muestra	M - 4	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	71	0.004940	0.995060	94.849	0.75
0.038	0.097	9.673	250	0.009879	0.990121	95.322	2.62
0.057	0.145	9.625	461	0.014819	0.985181	95.800	4.81
0.076	0.193	9.577	730	0.019758	0.980242	96.283	7.58
0.095	0.241	9.529	1104	0.024698	0.975302	96.771	11.41
0.114	0.290	9.480	1500	0.029638	0.970362	97.263	15.42
0.133	0.338	9.432	1934	0.034577	0.965423	97.761	19.78
0.152	0.386	9.384	2370	0.039517	0.960483	98.264	24.12
0.171	0.434	9.336	2803	0.044456	0.955544	98.772	28.38
0.190	0.483	9.287	3134	0.049396	0.950604	99.285	31.57
0.209	0.531	9.239	3531	0.054336	0.945664	99.803	35.38
0.228	0.579	9.191	3841	0.059275	0.940725	100.328	38.29
0.247	0.627	9.143	4116	0.064215	0.935785	100.857	40.81
0.266	0.676	9.094	4150	0.069155	0.930845	101.392	40.93



**Figura A. 39:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-4 del tratamiento (CC)

**Tabla A. 32:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-5 del tratamiento (CC)

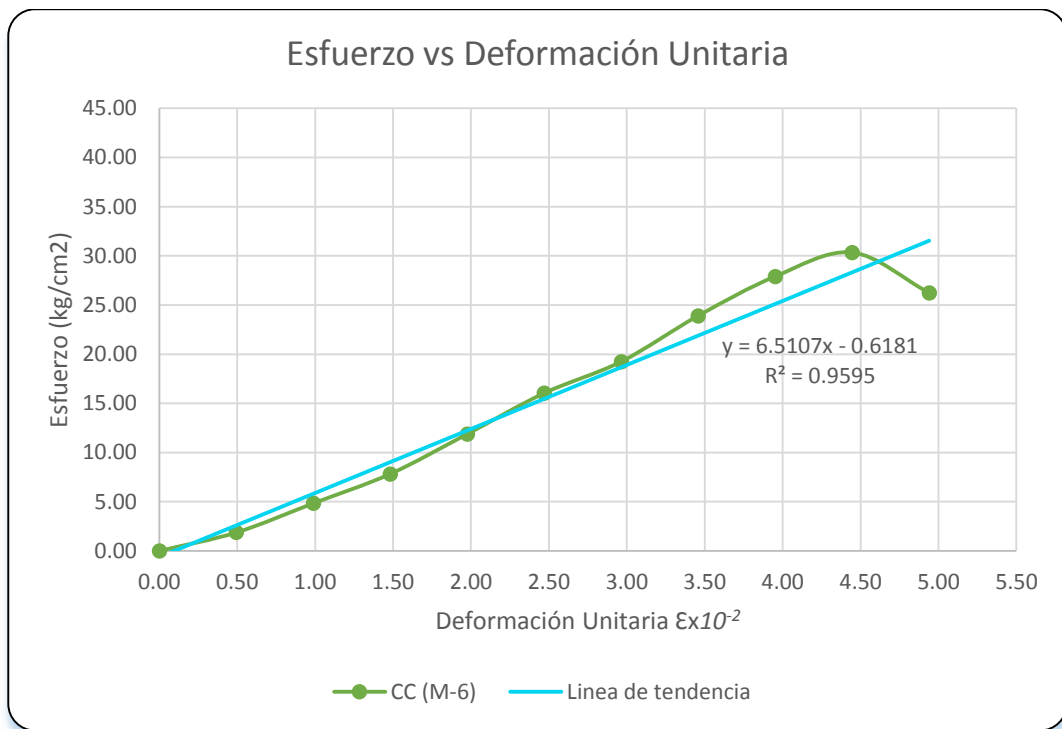
TRATAMIENTO			CC		Muestra	M - 5	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	196	0.004940	0.995060	94.849	2.07
0.038	0.097	9.673	512	0.009879	0.990121	95.322	5.37
0.057	0.145	9.625	924	0.014819	0.985181	95.800	9.64
0.076	0.193	9.577	1356	0.019758	0.980242	96.283	14.08
0.095	0.241	9.529	1726	0.024698	0.975302	96.771	17.83
0.114	0.290	9.480	2137	0.029638	0.970362	97.263	21.97
0.133	0.338	9.432	2537	0.034577	0.965423	97.761	25.96
0.152	0.386	9.384	2980	0.039517	0.960483	98.264	30.32
0.171	0.434	9.336	3393	0.044456	0.955544	98.772	34.35
0.190	0.483	9.287	3634	0.049396	0.950604	99.285	36.61



**Figura A. 40:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-5 del tratamiento (CC)

**Tabla A.33:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-6 del tratamiento (CC)

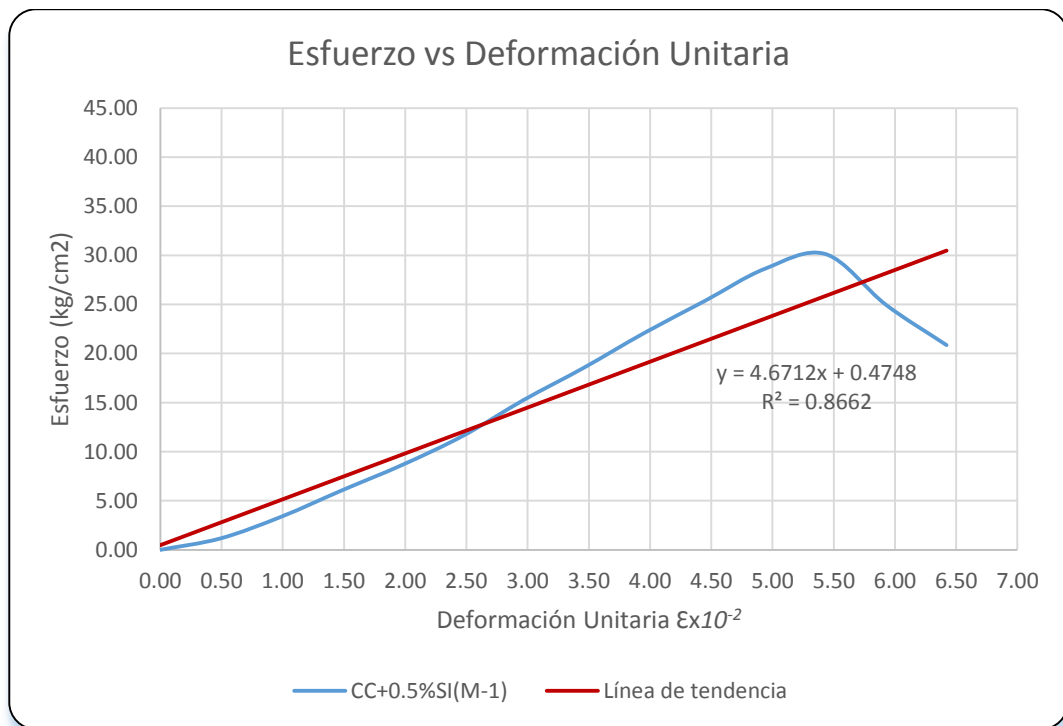
TRATAMIENTO			CC		Muestra	M - 6	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	178	0.004940	0.995060	94.849	1.87
0.038	0.097	9.673	461	0.009879	0.990121	95.322	4.84
0.057	0.145	9.625	750	0.014819	0.985181	95.800	7.83
0.076	0.193	9.577	1144	0.019758	0.980242	96.283	11.88
0.095	0.241	9.529	1552	0.024698	0.975302	96.771	16.04
0.114	0.290	9.480	1872	0.029638	0.970362	97.263	19.24
0.133	0.338	9.432	2337	0.034577	0.965423	97.761	23.90
0.152	0.386	9.384	2741	0.039517	0.960483	98.264	27.90
0.171	0.434	9.336	2997	0.044456	0.955544	98.772	30.34
0.190	0.483	9.287	2605	0.049396	0.950604	99.285	26.24



**Figura A. 41:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-6 del tratamiento (CC)

**Tabla A.34:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-1 del tratamiento (CC+0.5%SI)

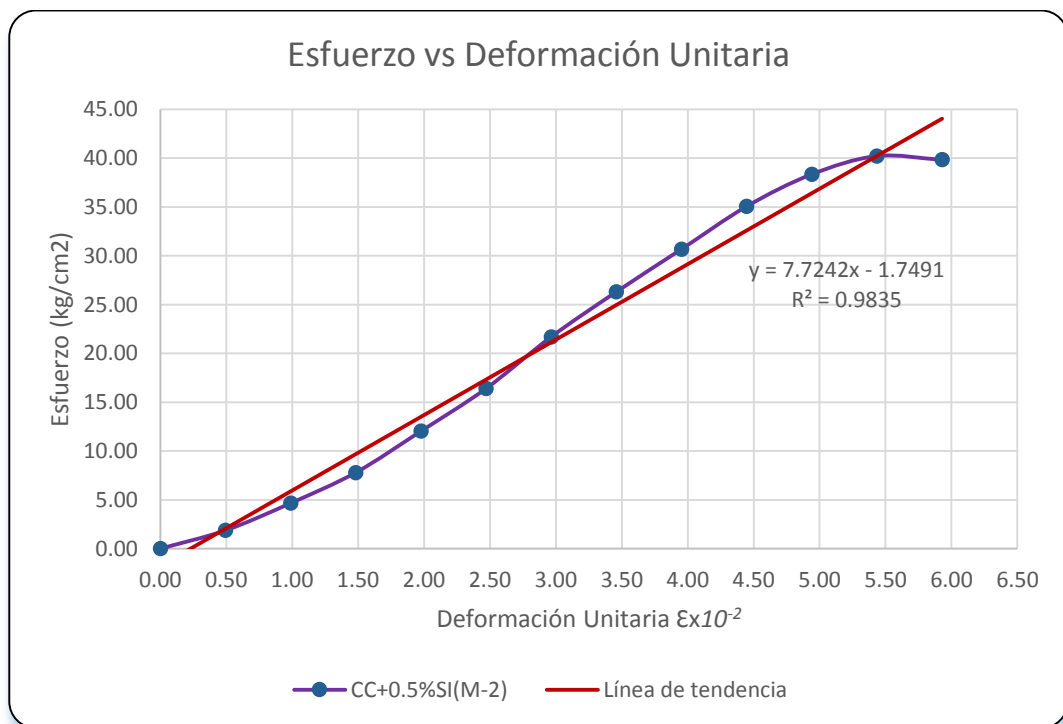
TRATAMIENTO			CC+0.5%SI		Muestra	M - 1	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	111	0.004940	0.995060	94.849	1.17
0.038	0.097	9.673	321	0.009879	0.990121	95.322	3.37
0.057	0.145	9.625	580	0.014819	0.985181	95.800	6.05
0.076	0.193	9.577	833	0.019758	0.980242	96.283	8.65
0.095	0.241	9.529	1122	0.024698	0.975302	96.771	11.60
0.114	0.290	9.480	1482	0.029638	0.970362	97.263	15.24
0.133	0.338	9.432	1813	0.034577	0.965423	97.761	18.54
0.152	0.386	9.384	2170	0.039517	0.960483	98.264	22.08
0.171	0.434	9.336	2503	0.044456	0.955544	98.772	25.35
0.190	0.483	9.287	2844	0.049396	0.950604	99.285	28.64
0.209	0.531	9.239	3007	0.054336	0.945664	99.803	30.13
0.228	0.579	9.191	2503	0.059275	0.940725	100.328	24.95
0.247	0.627	9.143	2103	0.064215	0.935785	100.857	20.85



**Figura A. 42:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-1 del tratamiento (CC+0.5%SI)

**Tabla A. 35:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-2 del tratamiento (CC+0.5%SI)

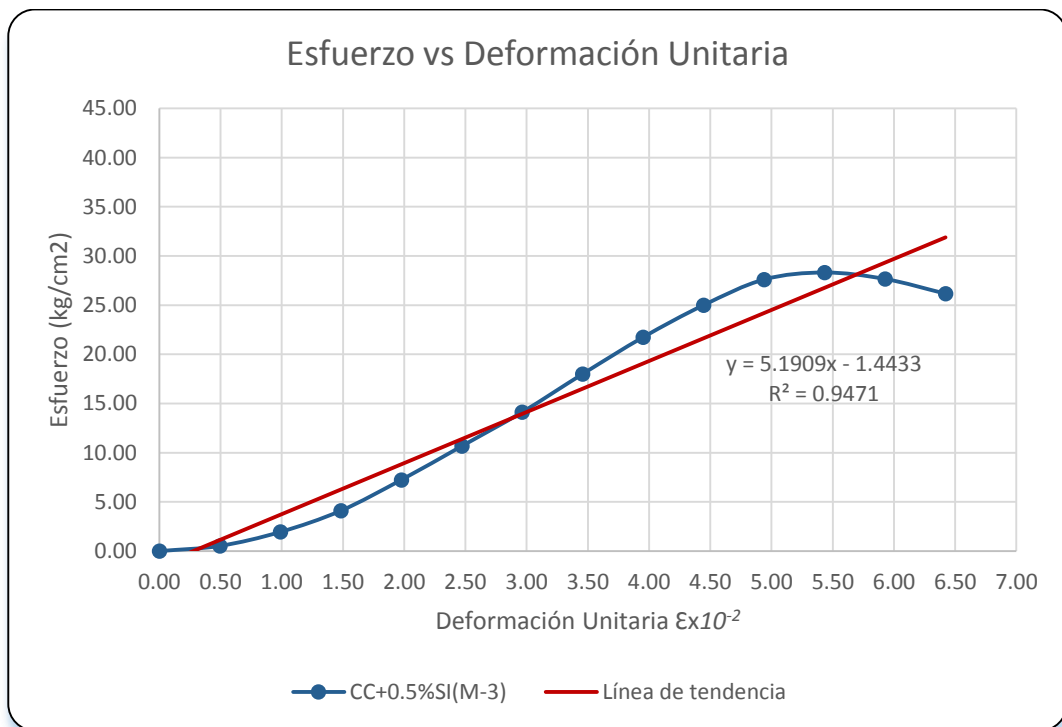
TRATAMIENTO			CC+0.5%SI		Muestra	M - 2	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	178	0.004940	0.995060	94.849	1.87
0.038	0.097	9.673	444	0.009879	0.990121	95.322	4.66
0.057	0.145	9.625	747	0.014819	0.985181	95.800	7.79
0.076	0.193	9.577	1158	0.019758	0.980242	96.283	12.03
0.095	0.241	9.529	1587	0.024698	0.975302	96.771	16.40
0.114	0.290	9.480	2110	0.029638	0.970362	97.263	21.69
0.133	0.338	9.432	2571	0.034577	0.965423	97.761	26.30
0.152	0.386	9.384	3014	0.039517	0.960483	98.264	30.67
0.171	0.434	9.336	3462	0.044456	0.955544	98.772	35.05
0.190	0.483	9.287	3807	0.049396	0.950604	99.285	38.34
0.209	0.531	9.239	4014	0.054336	0.945664	99.803	40.22
0.228	0.579	9.191	3997	0.059275	0.940725	100.328	39.84



**Figura A. 43:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-2 del tratamiento (CC+0.5%SI)

**Tabla A. 36:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-3 del tratamiento (CC+0.5%SI)

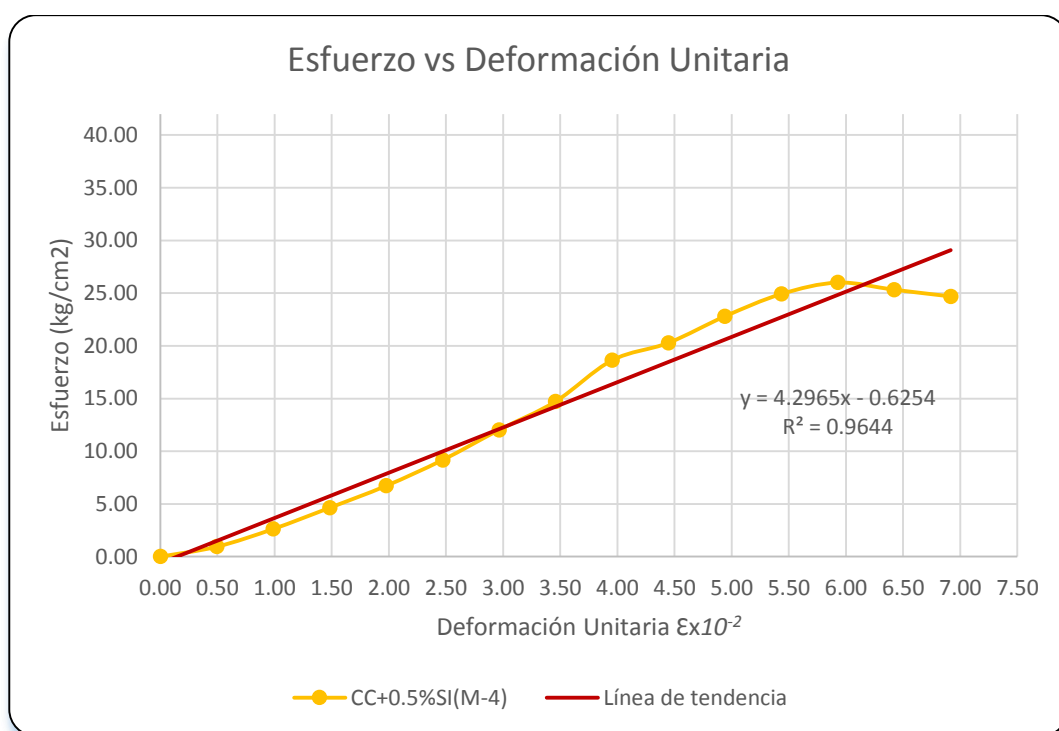
TRATAMIENTO			CC+0.5%SI		Muestra	M - 3	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	50	0.004940	0.995060	94.849	0.53
0.038	0.097	9.673	185	0.009879	0.990121	95.322	1.94
0.057	0.145	9.625	393	0.014819	0.985181	95.800	4.10
0.076	0.193	9.577	697	0.019758	0.980242	96.283	7.24
0.095	0.241	9.529	1032	0.024698	0.975302	96.771	10.67
0.114	0.290	9.480	1374	0.029638	0.970362	97.263	14.13
0.133	0.338	9.432	1760	0.034577	0.965423	97.761	18.01
0.152	0.386	9.384	2137	0.039517	0.960483	98.264	21.74
0.171	0.434	9.336	2470	0.044456	0.955544	98.772	25.01
0.190	0.483	9.287	2741	0.049396	0.950604	99.285	27.61
0.209	0.531	9.239	2827	0.054336	0.945664	99.803	28.32
0.228	0.579	9.191	2776	0.059275	0.940725	100.328	27.66
0.247	0.627	9.143	2639	0.064215	0.935785	100.857	26.17



**Figura A. 44:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-3 del tratamiento (CC+0.5%SI)

**Tabla A. 37:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-4 del tratamiento (CC+0.5%SI)

TRATAMIENTO			CC+0.5%SI		Muestra	M - 4	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	89	0.004940	0.995060	94.849	0.94
0.038	0.097	9.673	250	0.009879	0.990121	95.322	2.62
0.057	0.145	9.625	444	0.014819	0.985181	95.800	4.64
0.076	0.193	9.577	647	0.019758	0.980242	96.283	6.72
0.095	0.241	9.529	887	0.024698	0.975302	96.771	9.17
0.114	0.290	9.480	1169	0.029638	0.970362	97.263	12.02
0.133	0.338	9.432	1439	0.034577	0.965423	97.761	14.72
0.152	0.386	9.384	1830	0.039517	0.960483	98.264	18.62
0.171	0.434	9.336	2003	0.044456	0.955544	98.772	20.28
0.190	0.483	9.287	2263	0.049396	0.950604	99.285	22.80
0.209	0.531	9.239	2487	0.054336	0.945664	99.803	24.92
0.228	0.579	9.191	2609	0.059275	0.940725	100.328	26.00
0.247	0.627	9.143	2554	0.064215	0.935785	100.857	25.33
0.266	0.676	9.094	2503	0.069155	0.930845	101.392	24.69

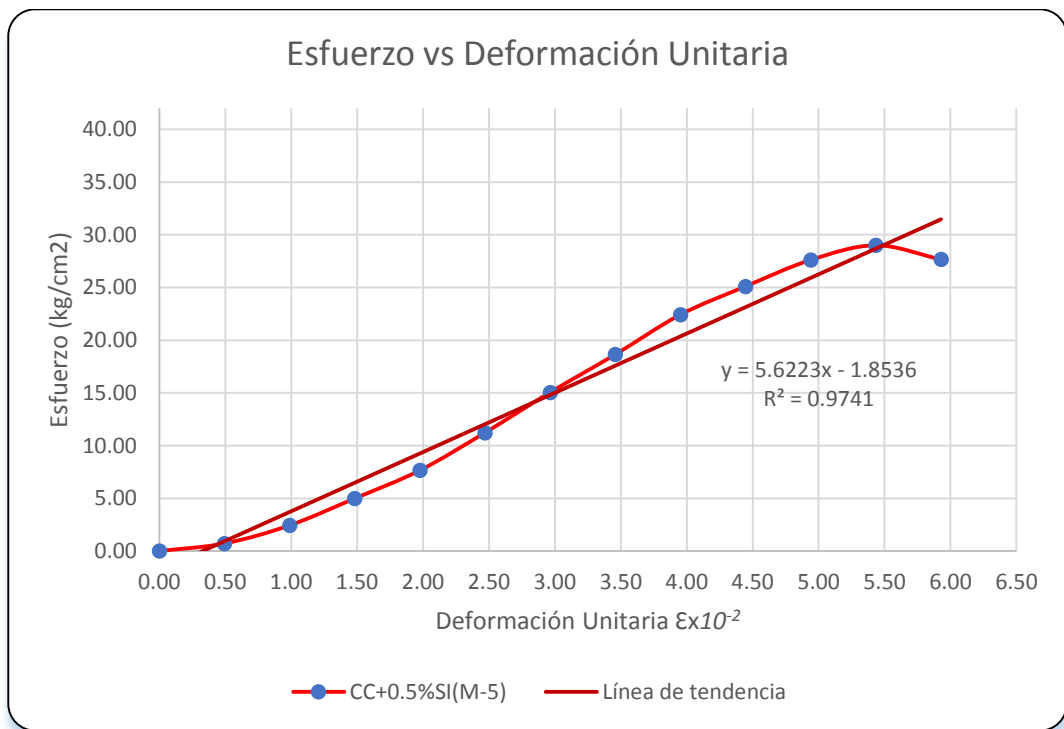


**Figura A. 45:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-4 del tratamiento (CC+0.5%SI)



**Tabla A. 38:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-5 del tratamiento (CC+0.5%SI)

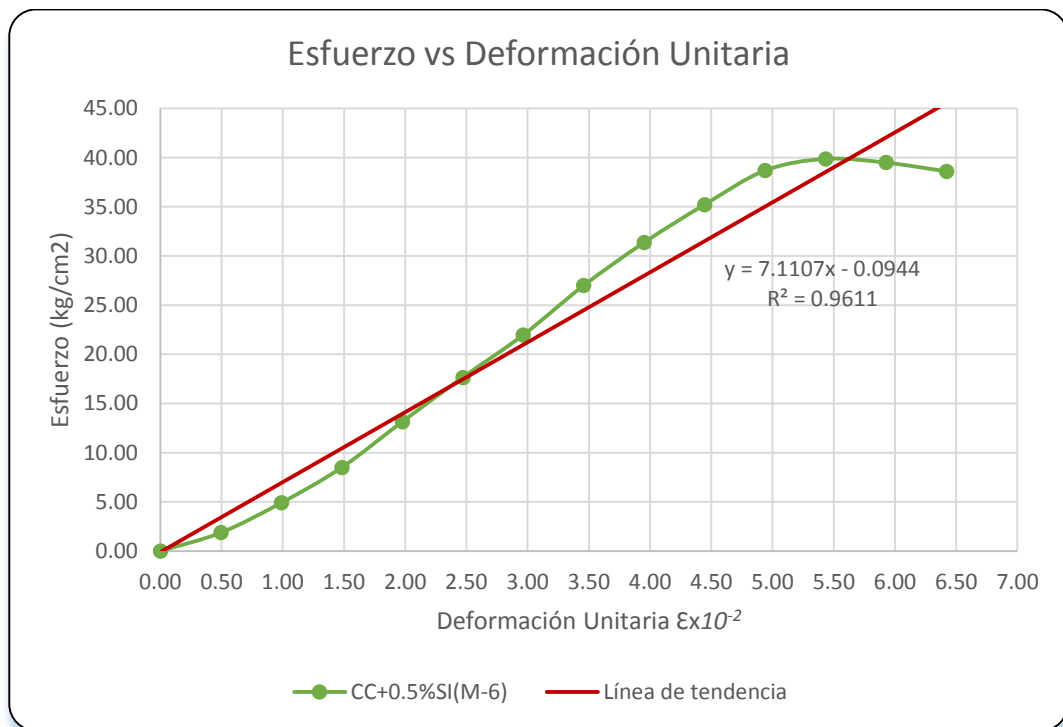
TRATAMIENTO			CC+0.5%SI		Muestra	M - 5	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	68	0.004940	0.995060	94.849	0.72
0.038	0.097	9.673	232	0.009879	0.990121	95.322	2.44
0.057	0.145	9.625	478	0.014819	0.985181	95.800	4.99
0.076	0.193	9.577	737	0.019758	0.980242	96.283	7.65
0.095	0.241	9.529	1086	0.024698	0.975302	96.771	11.23
0.114	0.290	9.480	1464	0.029638	0.970362	97.263	15.05
0.133	0.338	9.432	1823	0.034577	0.965423	97.761	18.65
0.152	0.386	9.384	2203	0.039517	0.960483	98.264	22.42
0.171	0.434	9.336	2480	0.044456	0.955544	98.772	25.11
0.190	0.483	9.287	2741	0.049396	0.950604	99.285	27.61
0.209	0.531	9.239	2895	0.054336	0.945664	99.803	29.00
0.228	0.579	9.191	2776	0.059275	0.940725	100.328	27.66



**Figura A. 46:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-5 del tratamiento (CC+0.5%SI)

**Tabla A. 39:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-6 del tratamiento (CC+0.5%SI)

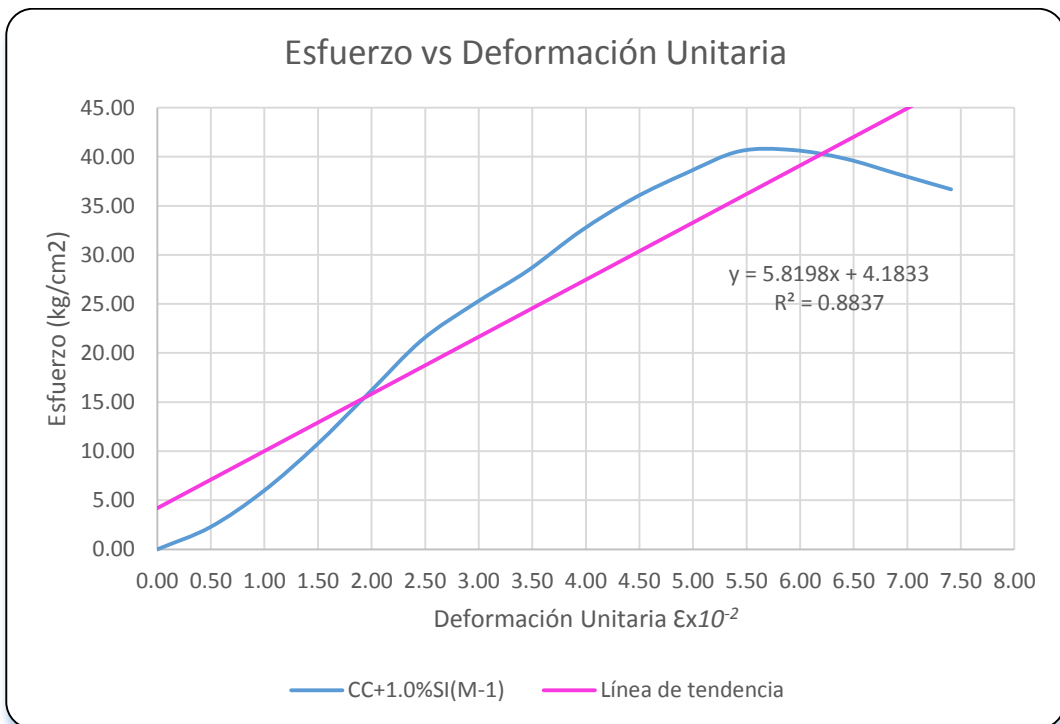
TRATAMIENTO			CC+0.5%SI		Muestra	M - 6	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	178	0.004940	0.995060	94.849	1.87
0.038	0.097	9.673	468	0.009879	0.990121	95.322	4.91
0.057	0.145	9.625	815	0.014819	0.985181	95.800	8.50
0.076	0.193	9.577	1266	0.019758	0.980242	96.283	13.15
0.095	0.241	9.529	1708	0.024698	0.975302	96.771	17.65
0.114	0.290	9.480	2137	0.029638	0.970362	97.263	21.97
0.133	0.338	9.432	2639	0.034577	0.965423	97.761	27.00
0.152	0.386	9.384	3083	0.039517	0.960483	98.264	31.37
0.171	0.434	9.336	3479	0.044456	0.955544	98.772	35.23
0.190	0.483	9.287	3841	0.049396	0.950604	99.285	38.69
0.209	0.531	9.239	3979	0.054336	0.945664	99.803	39.87
0.228	0.579	9.191	3962	0.059275	0.940725	100.328	39.49
0.247	0.627	9.143	3893	0.064215	0.935785	100.857	38.60



**Figura A. 47:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-6 del tratamiento (CC+0.5%SI)

**Tabla A. 40:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-1 del tratamiento (CC+1.0%SI)

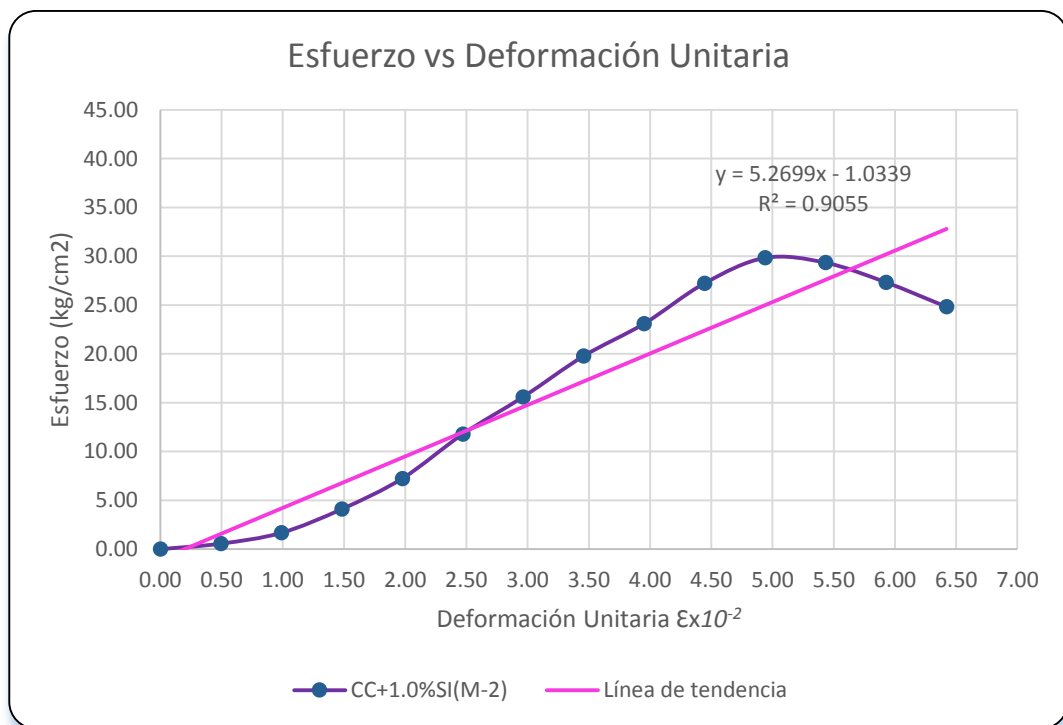
TRATAMIENTO			CC+1.0%SI		Muestra	M - 1	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	214	0.004940	0.995060	94.849	2.26
0.038	0.097	9.673	563	0.009879	0.990121	95.322	5.90
0.057	0.145	9.625	1014	0.014819	0.985181	95.800	10.59
0.076	0.193	9.577	1535	0.019758	0.980242	96.283	15.94
0.095	0.241	9.529	2063	0.024698	0.975302	96.771	21.32
0.114	0.290	9.480	2437	0.029638	0.970362	97.263	25.05
0.133	0.338	9.432	2776	0.034577	0.965423	97.761	28.39
0.152	0.386	9.384	3186	0.039517	0.960483	98.264	32.43
0.171	0.434	9.336	3531	0.044456	0.955544	98.772	35.75
0.190	0.483	9.287	3807	0.049396	0.950604	99.285	38.34
0.209	0.531	9.239	4048	0.054336	0.945664	99.803	40.56
0.228	0.579	9.191	4082	0.059275	0.940725	100.328	40.68
0.247	0.627	9.143	4014	0.064215	0.935785	100.857	39.79
0.266	0.676	9.094	3876	0.069155	0.930845	101.392	38.23
0.285	0.724	9.046	3738	0.074094	0.925906	101.933	36.67



**Figura A. 48:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-1 del tratamiento (CC+1.0%SI)

**Tabla A. 41:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-2 del tratamiento (CC+1.0%SI)

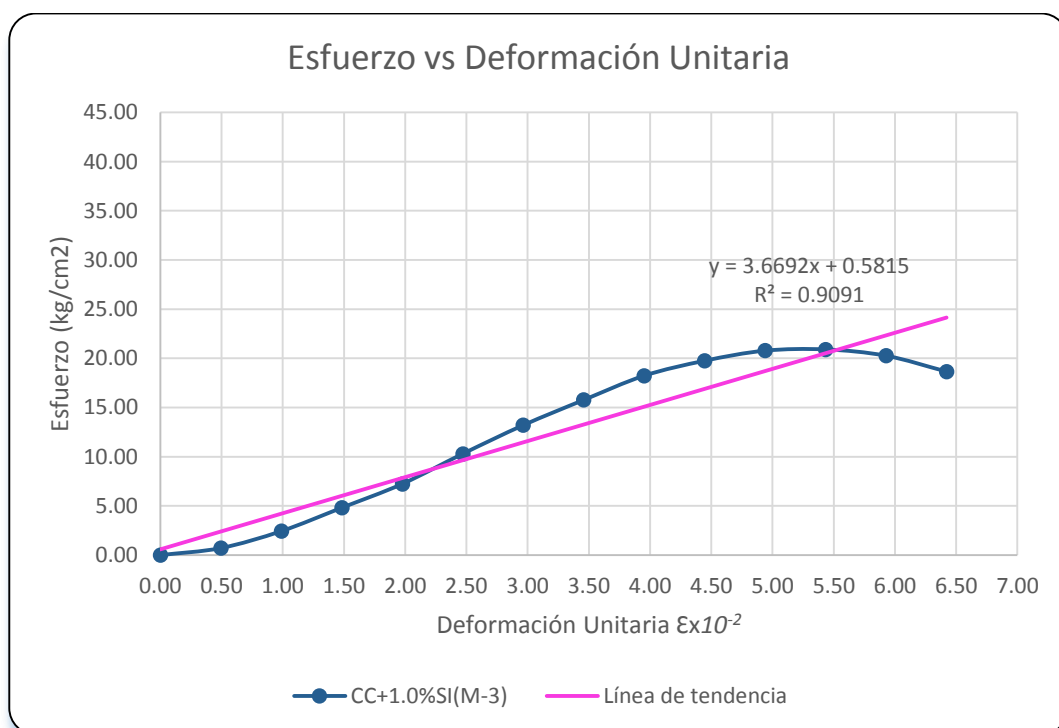
TRATAMIENTO			CC+1.0%SI		Muestra	M - 2	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	54	0.004940	0.995060	94.849	0.56
0.038	0.097	9.673	159	0.009879	0.990121	95.322	1.67
0.057	0.145	9.625	393	0.014819	0.985181	95.800	4.10
0.076	0.193	9.577	697	0.019758	0.980242	96.283	7.24
0.095	0.241	9.529	1140	0.024698	0.975302	96.771	11.78
0.114	0.290	9.480	1517	0.029638	0.970362	97.263	15.60
0.133	0.338	9.432	1934	0.034577	0.965423	97.761	19.78
0.152	0.386	9.384	2270	0.039517	0.960483	98.264	23.10
0.171	0.434	9.336	2690	0.044456	0.955544	98.772	27.24
0.190	0.483	9.287	2963	0.049396	0.950604	99.285	29.84
0.209	0.531	9.239	2929	0.054336	0.945664	99.803	29.34
0.228	0.579	9.191	2741	0.059275	0.940725	100.328	27.33
0.247	0.627	9.143	2503	0.064215	0.935785	100.857	24.82



**Figura A. 49:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-2 del tratamiento (CC+1.0%SI)

**Tabla A. 42:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-3 del tratamiento (CC+1.0%SI)

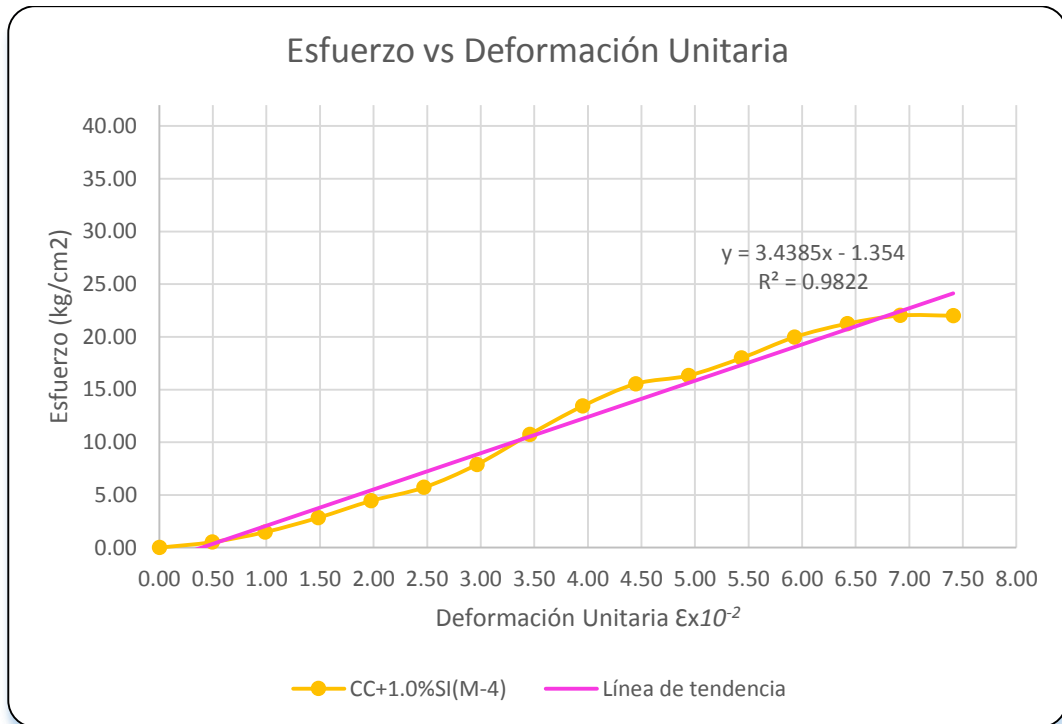
TRATAMIENTO			CC+1.0%SI		Muestra	M - 3	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	68	0.004940	0.995060	94.849	0.72
0.038	0.097	9.673	232	0.009879	0.990121	95.322	2.44
0.057	0.145	9.625	461	0.014819	0.985181	95.800	4.81
0.076	0.193	9.577	697	0.019758	0.980242	96.283	7.24
0.095	0.241	9.529	996	0.024698	0.975302	96.771	10.30
0.114	0.290	9.480	1284	0.029638	0.970362	97.263	13.20
0.133	0.338	9.432	1542	0.034577	0.965423	97.761	15.77
0.152	0.386	9.384	1792	0.039517	0.960483	98.264	18.23
0.171	0.434	9.336	1951	0.044456	0.955544	98.772	19.76
0.190	0.483	9.287	2063	0.049396	0.950604	99.285	20.78
0.209	0.531	9.239	2087	0.054336	0.945664	99.803	20.91
0.228	0.579	9.191	2033	0.059275	0.940725	100.328	20.27
0.247	0.627	9.143	1882	0.064215	0.935785	100.857	18.66



**Figura A. 50:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-3 del tratamiento (CC+1.0%SI)

**Tabla A. 43:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-4 del tratamiento (CC+1.0%SI)

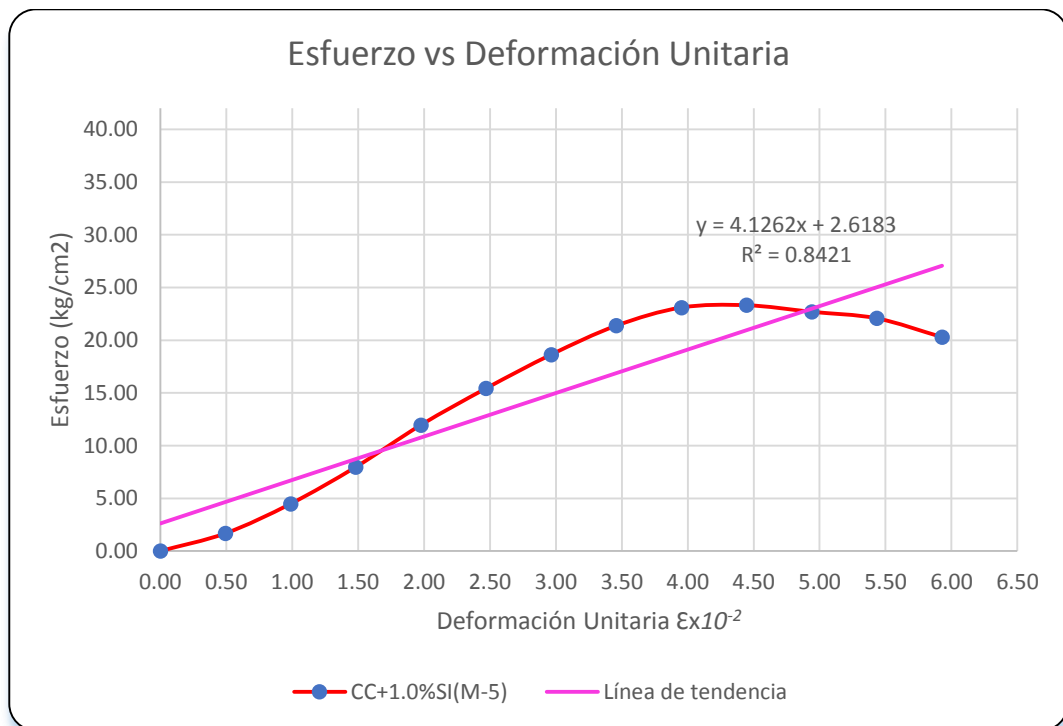
TRATAMIENTO			CC+1.0%SI		Muestra	M - 4	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	50	0.004940	0.995060	94.849	0.53
0.038	0.097	9.673	141	0.009879	0.990121	95.322	1.48
0.057	0.145	9.625	271	0.014819	0.985181	95.800	2.83
0.076	0.193	9.577	427	0.019758	0.980242	96.283	4.44
0.095	0.241	9.529	553	0.024698	0.975302	96.771	5.71
0.114	0.290	9.480	767	0.029638	0.970362	97.263	7.88
0.133	0.338	9.432	1050	0.034577	0.965423	97.761	10.74
0.152	0.386	9.384	1320	0.039517	0.960483	98.264	13.43
0.171	0.434	9.336	1535	0.044456	0.955544	98.772	15.54
0.190	0.483	9.287	1622	0.049396	0.950604	99.285	16.33
0.209	0.531	9.239	1795	0.054336	0.945664	99.803	17.99
0.228	0.579	9.191	2003	0.059275	0.940725	100.328	19.97
0.247	0.627	9.143	2143	0.064215	0.935785	100.857	21.25
0.266	0.676	9.094	2233	0.069155	0.930845	101.392	22.03
0.285	0.724	9.046	2243	0.074094	0.925906	101.933	22.01



**Figura A. 51:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-4 del tratamiento (CC+1.0%SI)

**Tabla A. 44:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-5 del tratamiento (CC+1.0%SI)

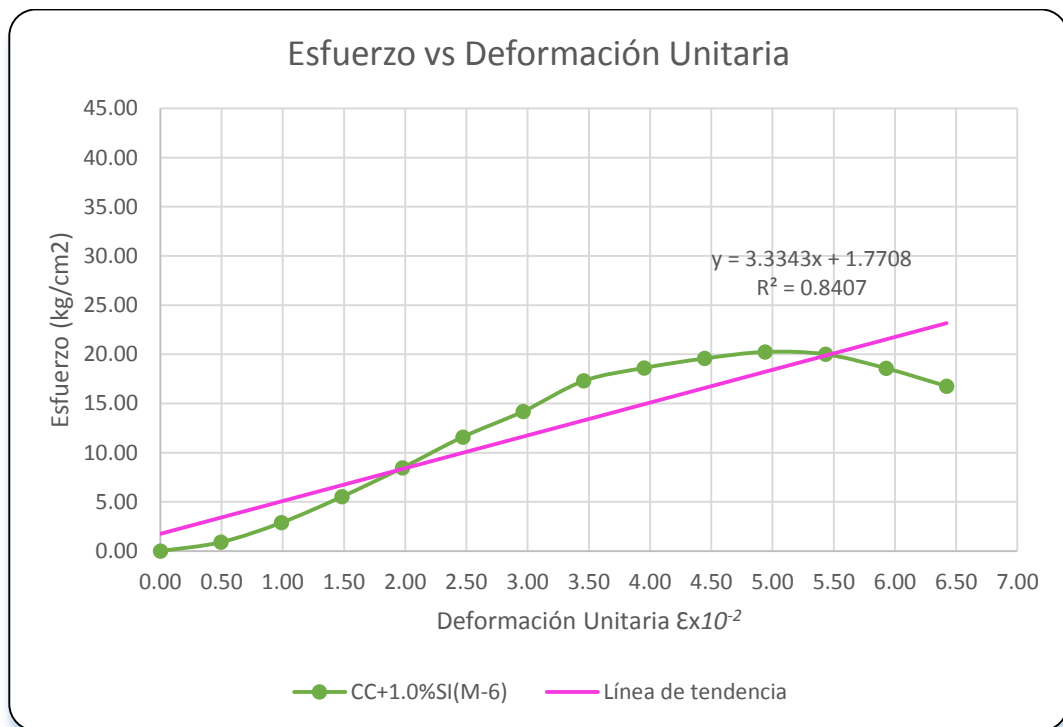
TRATAMIENTO			CC+1.0%SI		Muestra	M - 5	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	159	0.004940	0.995060	94.849	1.68
0.038	0.097	9.673	427	0.009879	0.990121	95.322	4.48
0.057	0.145	9.625	763	0.014819	0.985181	95.800	7.97
0.076	0.193	9.577	1151	0.019758	0.980242	96.283	11.96
0.095	0.241	9.529	1493	0.024698	0.975302	96.771	15.43
0.114	0.290	9.480	1813	0.029638	0.970362	97.263	18.63
0.133	0.338	9.432	2090	0.034577	0.965423	97.761	21.38
0.152	0.386	9.384	2270	0.039517	0.960483	98.264	23.10
0.171	0.434	9.336	2303	0.044456	0.955544	98.772	23.32
0.190	0.483	9.287	2253	0.049396	0.950604	99.285	22.70
0.209	0.531	9.239	2203	0.054336	0.945664	99.803	22.08
0.228	0.579	9.191	2037	0.059275	0.940725	100.328	20.30



**Figura A. 52:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-5 del tratamiento (CC+1.0%SI)

**Tabla A. 45:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-6 del tratamiento (CC+1.0%SI)

TRATAMIENTO			CC+1.0%SI		Muestra	M - 6	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	86	0.004940	0.995060	94.849	0.90
0.038	0.097	9.673	275	0.009879	0.990121	95.322	2.88
0.057	0.145	9.625	529	0.014819	0.985181	95.800	5.52
0.076	0.193	9.577	815	0.019758	0.980242	96.283	8.46
0.095	0.241	9.529	1122	0.024698	0.975302	96.771	11.60
0.114	0.290	9.480	1381	0.029638	0.970362	97.263	14.20
0.133	0.338	9.432	1691	0.034577	0.965423	97.761	17.30
0.152	0.386	9.384	1830	0.039517	0.960483	98.264	18.62
0.171	0.434	9.336	1934	0.044456	0.955544	98.772	19.58
0.190	0.483	9.287	2010	0.049396	0.950604	99.285	20.24
0.209	0.531	9.239	1997	0.054336	0.945664	99.803	20.01
0.228	0.579	9.191	1865	0.059275	0.940725	100.328	18.58
0.247	0.627	9.143	1691	0.064215	0.935785	100.857	16.77

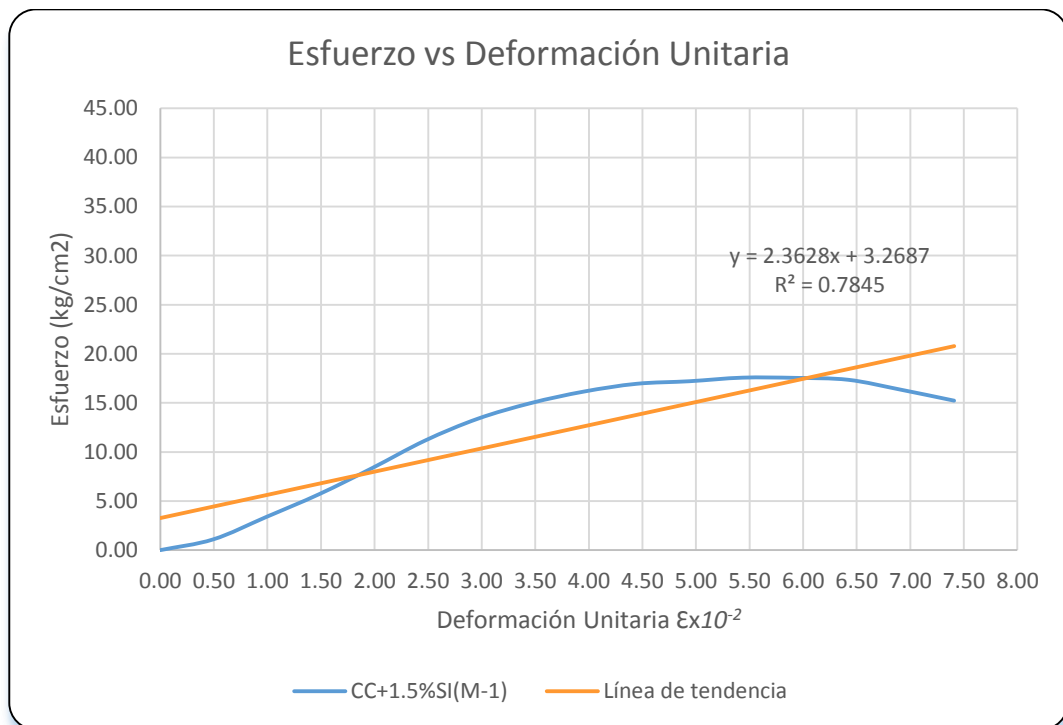


**Figura A. 53:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-6 del tratamiento (CC+1.0%SI)



**Tabla A. 46:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-1 del tratamiento (CC+1.5%SI)

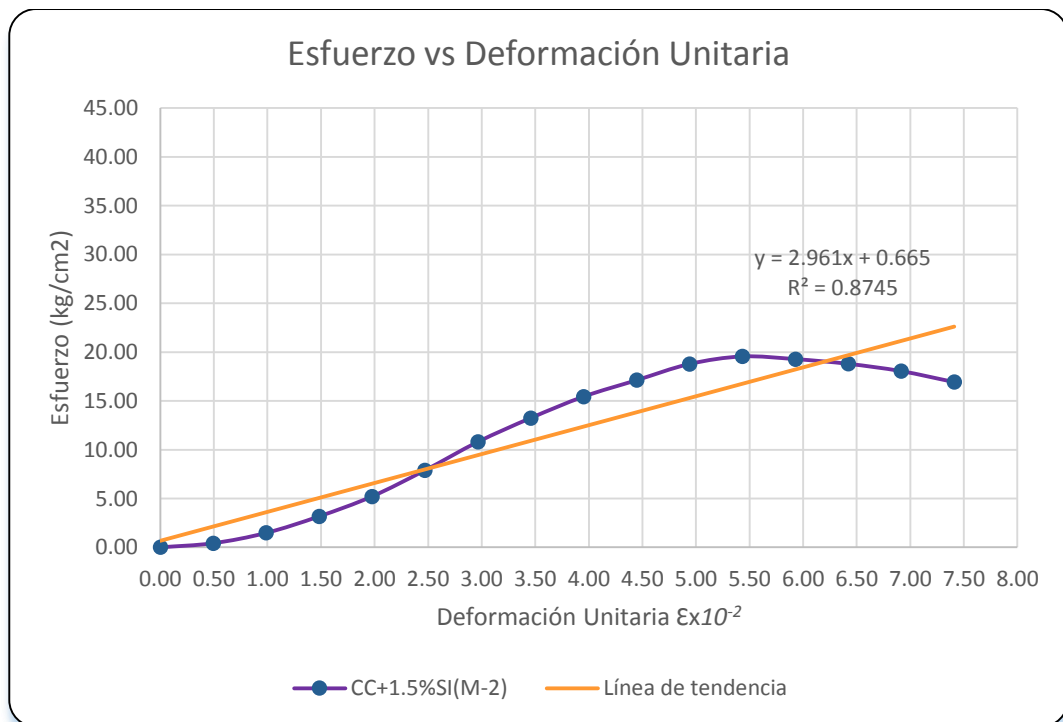
TRATAMIENTO			CC+1.5%SI		Muestra	M - 1	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	104	0.004940	0.995060	94.849	1.09
0.038	0.097	9.673	321	0.009879	0.990121	95.322	3.37
0.057	0.145	9.625	546	0.014819	0.985181	95.800	5.70
0.076	0.193	9.577	804	0.019758	0.980242	96.283	8.35
0.095	0.241	9.529	1079	0.024698	0.975302	96.771	11.15
0.114	0.290	9.480	1302	0.029638	0.970362	97.263	13.39
0.133	0.338	9.432	1464	0.034577	0.965423	97.761	14.98
0.152	0.386	9.384	1587	0.039517	0.960483	98.264	16.15
0.171	0.434	9.336	1674	0.044456	0.955544	98.772	16.94
0.190	0.483	9.287	1708	0.049396	0.950604	99.285	17.21
0.209	0.531	9.239	1753	0.054336	0.945664	99.803	17.57
0.228	0.579	9.191	1760	0.059275	0.940725	100.328	17.55
0.247	0.627	9.143	1750	0.064215	0.935785	100.857	17.35
0.266	0.676	9.094	1656	0.069155	0.930845	101.392	16.34
0.285	0.724	9.046	1552	0.074094	0.925906	101.933	15.23



**Figura A. 54:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-1 del tratamiento (CC+1.5%SI)

**Tabla A. 47:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-2 del tratamiento (CC+1.5%SI)

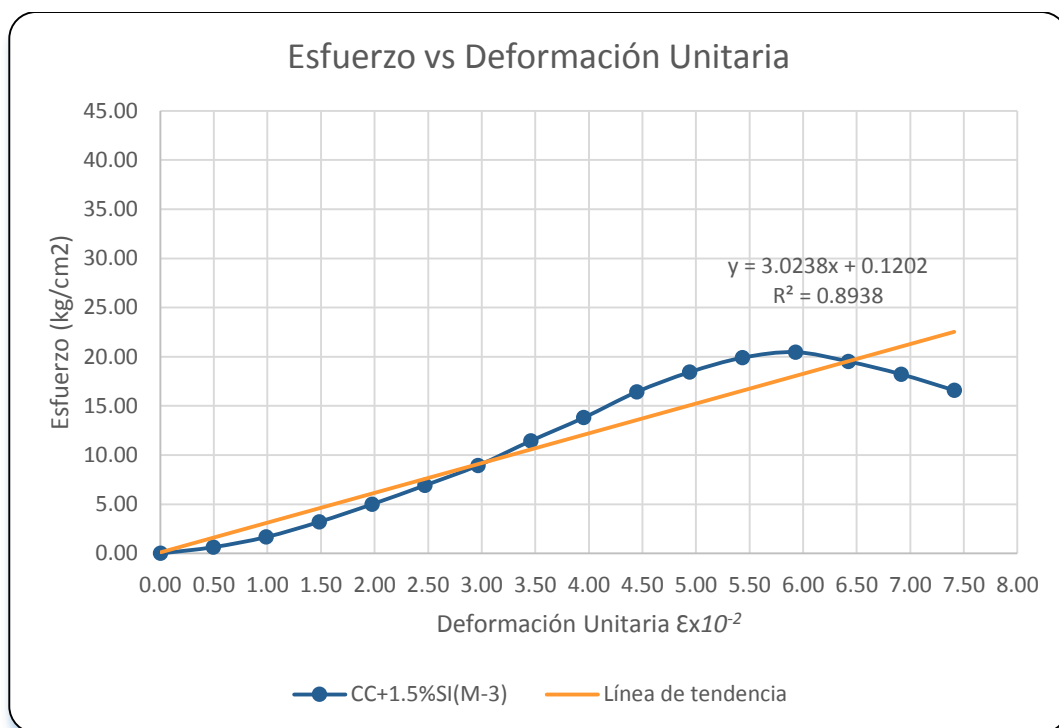
TRATAMIENTO			CC+1.5%SI		Muestra	M - 2	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	40	0.004940	0.995060	94.849	0.42
0.038	0.097	9.673	141	0.009879	0.990121	95.322	1.48
0.057	0.145	9.625	304	0.014819	0.985181	95.800	3.17
0.076	0.193	9.577	502	0.019758	0.980242	96.283	5.21
0.095	0.241	9.529	763	0.024698	0.975302	96.771	7.89
0.114	0.290	9.480	1050	0.029638	0.970362	97.263	10.80
0.133	0.338	9.432	1295	0.034577	0.965423	97.761	13.25
0.152	0.386	9.384	1517	0.039517	0.960483	98.264	15.44
0.171	0.434	9.336	1691	0.044456	0.955544	98.772	17.12
0.190	0.483	9.287	1865	0.049396	0.950604	99.285	18.78
0.209	0.531	9.239	1951	0.054336	0.945664	99.803	19.55
0.228	0.579	9.191	1934	0.059275	0.940725	100.328	19.28
0.247	0.627	9.143	1896	0.064215	0.935785	100.857	18.80
0.266	0.676	9.094	1830	0.069155	0.930845	101.392	18.05
0.285	0.724	9.046	1726	0.074094	0.925906	101.933	16.93



**Figura A. 55:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-2 del tratamiento (CC+1.5%SI)

**Tabla A. 48:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-3 del tratamiento (CC+1.5%SI)

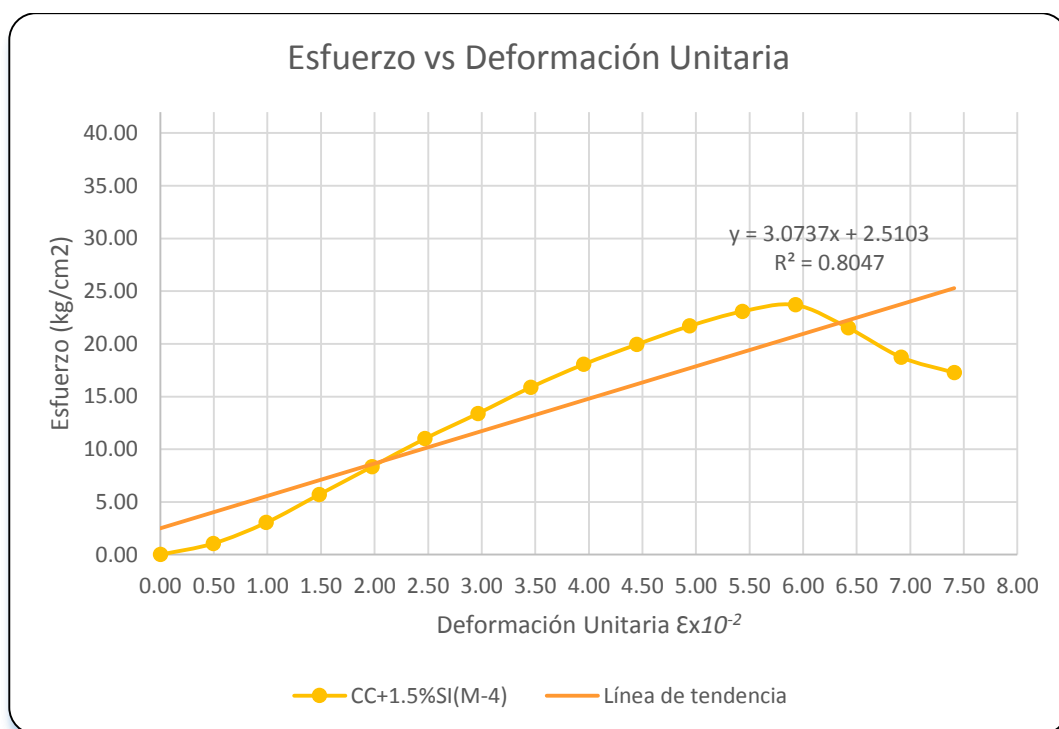
TRATAMIENTO			CC+1.5%SI		Muestra	M - 3	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	61	0.004940	0.995060	94.849	0.64
0.038	0.097	9.673	159	0.009879	0.990121	95.322	1.67
0.057	0.145	9.625	307	0.014819	0.985181	95.800	3.21
0.076	0.193	9.577	481	0.019758	0.980242	96.283	5.00
0.095	0.241	9.529	670	0.024698	0.975302	96.771	6.92
0.114	0.290	9.480	869	0.029638	0.970362	97.263	8.94
0.133	0.338	9.432	1119	0.034577	0.965423	97.761	11.44
0.152	0.386	9.384	1356	0.039517	0.960483	98.264	13.80
0.171	0.434	9.336	1622	0.044456	0.955544	98.772	16.42
0.190	0.483	9.287	1830	0.049396	0.950604	99.285	18.43
0.209	0.531	9.239	1986	0.054336	0.945664	99.803	19.90
0.228	0.579	9.191	2053	0.059275	0.940725	100.328	20.47
0.247	0.627	9.143	1969	0.064215	0.935785	100.857	19.52
0.266	0.676	9.094	1847	0.069155	0.930845	101.392	18.22
0.285	0.724	9.046	1691	0.074094	0.925906	101.933	16.59



**Figura A. 56:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-3 del tratamiento (CC+1.5%SI)

**Tabla A. 49:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-4 del tratamiento (CC+1.5%SI)

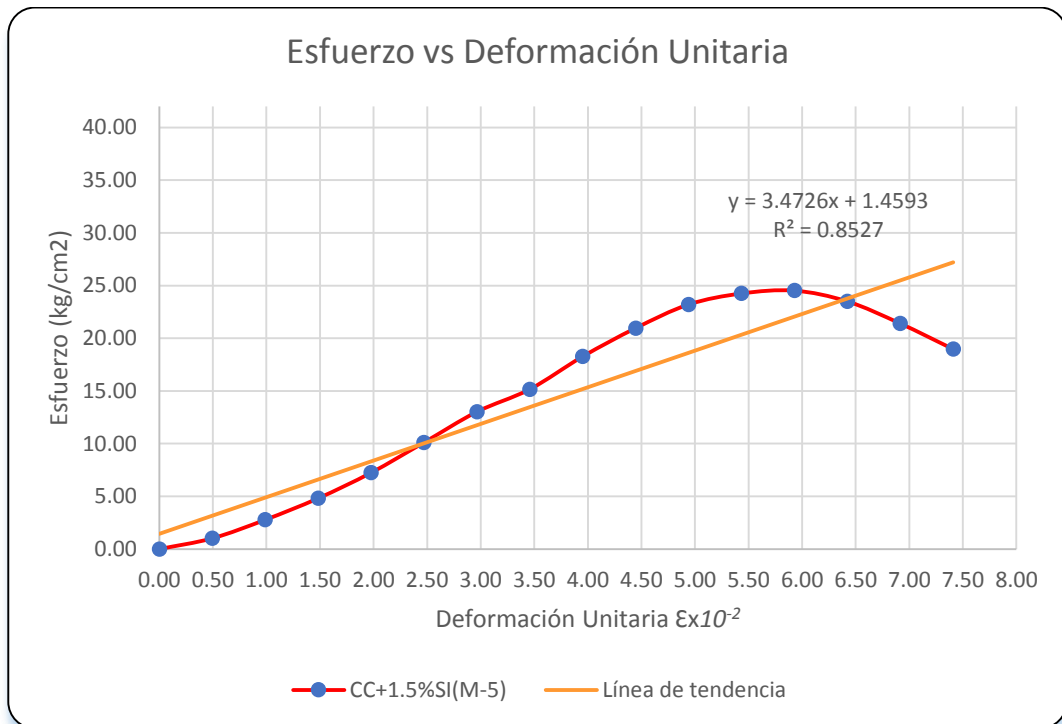
TRATAMIENTO			CC+1.5%SI		Muestra	M - 4	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	100	0.004940	0.995060	94.849	1.05
0.038	0.097	9.673	289	0.009879	0.990121	95.322	3.03
0.057	0.145	9.625	546	0.014819	0.985181	95.800	5.70
0.076	0.193	9.577	804	0.019758	0.980242	96.283	8.35
0.095	0.241	9.529	1065	0.024698	0.975302	96.771	11.00
0.114	0.290	9.480	1302	0.029638	0.970362	97.263	13.39
0.133	0.338	9.432	1552	0.034577	0.965423	97.761	15.88
0.152	0.386	9.384	1774	0.039517	0.960483	98.264	18.06
0.171	0.434	9.336	1969	0.044456	0.955544	98.772	19.93
0.190	0.483	9.287	2153	0.049396	0.950604	99.285	21.69
0.209	0.531	9.239	2303	0.054336	0.945664	99.803	23.08
0.228	0.579	9.191	2377	0.059275	0.940725	100.328	23.69
0.247	0.627	9.143	2170	0.064215	0.935785	100.857	21.52
0.266	0.676	9.094	1899	0.069155	0.930845	101.392	18.73
0.285	0.724	9.046	1760	0.074094	0.925906	101.933	17.27



**Figura A. 57:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-4 del tratamiento (CC+1.5%SI)

**Tabla A. 50:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-5 del tratamiento (CC+1.5%SI)

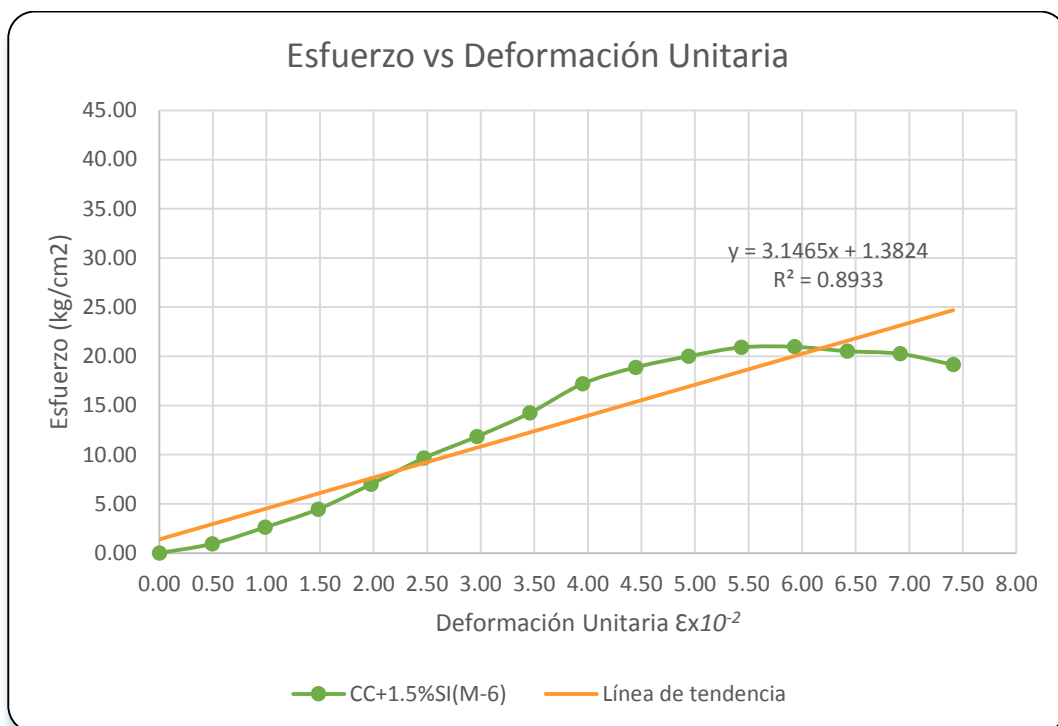
TRATAMIENTO			CC+1.5%SI		Muestra	M - 5	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	96	0.004940	0.995060	94.849	1.02
0.038	0.097	9.673	264	0.009879	0.990121	95.322	2.77
0.057	0.145	9.625	461	0.014819	0.985181	95.800	4.81
0.076	0.193	9.577	697	0.019758	0.980242	96.283	7.24
0.095	0.241	9.529	978	0.024698	0.975302	96.771	10.11
0.114	0.290	9.480	1266	0.029638	0.970362	97.263	13.02
0.133	0.338	9.432	1482	0.034577	0.965423	97.761	15.16
0.152	0.386	9.384	1795	0.039517	0.960483	98.264	18.27
0.171	0.434	9.336	2070	0.044456	0.955544	98.772	20.96
0.190	0.483	9.287	2303	0.049396	0.950604	99.285	23.20
0.209	0.531	9.239	2420	0.054336	0.945664	99.803	24.25
0.228	0.579	9.191	2460	0.059275	0.940725	100.328	24.52
0.247	0.627	9.143	2370	0.064215	0.935785	100.857	23.50
0.266	0.676	9.094	2170	0.069155	0.930845	101.392	21.40
0.285	0.724	9.046	1934	0.074094	0.925906	101.933	18.97



**Figura A. 58:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-5 del tratamiento (CC+1.5%SI)

**Tabla A. 51:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-6 del tratamiento (CC+1.5%SI)

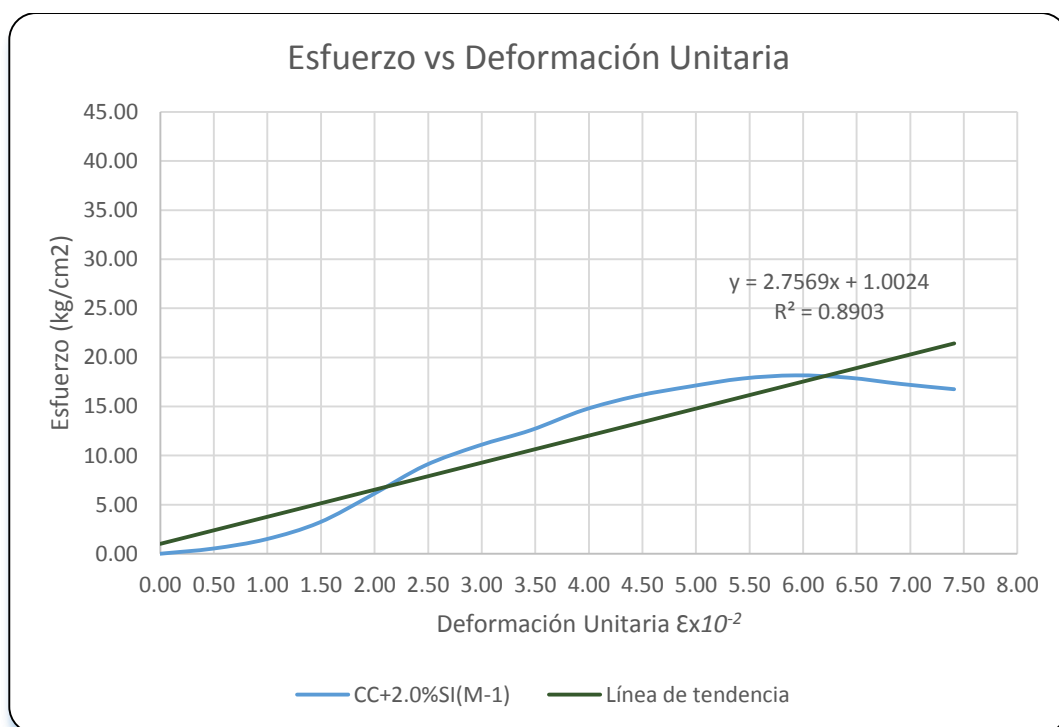
TRATAMIENTO			CC+1.5%SI		Muestra	M - 6	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	89	0.004940	0.995060	94.849	0.94
0.038	0.097	9.673	250	0.009879	0.990121	95.322	2.62
0.057	0.145	9.625	427	0.014819	0.985181	95.800	4.46
0.076	0.193	9.577	673	0.019758	0.980242	96.283	6.99
0.095	0.241	9.529	935	0.024698	0.975302	96.771	9.66
0.114	0.290	9.480	1151	0.029638	0.970362	97.263	11.83
0.133	0.338	9.432	1392	0.034577	0.965423	97.761	14.24
0.152	0.386	9.384	1691	0.039517	0.960483	98.264	17.21
0.171	0.434	9.336	1865	0.044456	0.955544	98.772	18.88
0.190	0.483	9.287	1986	0.049396	0.950604	99.285	20.00
0.209	0.531	9.239	2087	0.054336	0.945664	99.803	20.91
0.228	0.579	9.191	2103	0.059275	0.940725	100.328	20.96
0.247	0.627	9.143	2070	0.064215	0.935785	100.857	20.52
0.266	0.676	9.094	2053	0.069155	0.930845	101.392	20.25
0.285	0.724	9.046	1951	0.074094	0.925906	101.933	19.14



**Figura A. 59:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-6 del tratamiento (CC+1.5%SI)

**Tabla A. 52:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-1 del tratamiento (CC+2.0%SI)

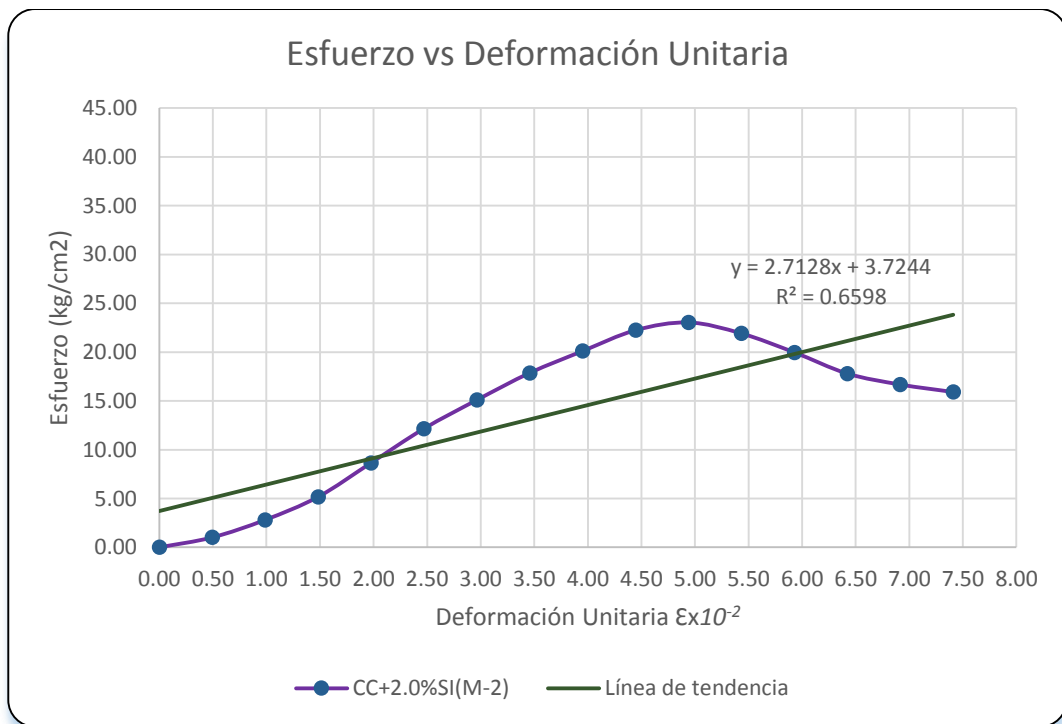
TRATAMIENTO			CC+2.0%SI		Muestra	M - 1	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	50	0.004940	0.995060	94.849	0.53
0.038	0.097	9.673	141	0.009879	0.990121	95.322	1.48
0.057	0.145	9.625	304	0.014819	0.985181	95.800	3.17
0.076	0.193	9.577	576	0.019758	0.980242	96.283	5.99
0.095	0.241	9.529	869	0.024698	0.975302	96.771	8.98
0.114	0.290	9.480	1068	0.029638	0.970362	97.263	10.98
0.133	0.338	9.432	1230	0.034577	0.965423	97.761	12.58
0.152	0.386	9.384	1439	0.039517	0.960483	98.264	14.64
0.171	0.434	9.336	1587	0.044456	0.955544	98.772	16.07
0.190	0.483	9.287	1691	0.049396	0.950604	99.285	17.03
0.209	0.531	9.239	1781	0.054336	0.945664	99.803	17.85
0.228	0.579	9.191	1823	0.059275	0.940725	100.328	18.17
0.247	0.627	9.143	1809	0.064215	0.935785	100.857	17.94
0.266	0.676	9.094	1753	0.069155	0.930845	101.392	17.29
0.285	0.724	9.046	1708	0.074094	0.925906	101.933	16.76



**Figura A. 60:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-1 del tratamiento (CC+2.0%SI)

**Tabla A.53:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-2 del tratamiento (CC+2.0%SI)

TRATAMIENTO			CC+2.0%SI		Muestra	M - 2	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	96	0.004940	0.995060	94.849	1.02
0.038	0.097	9.673	268	0.009879	0.990121	95.322	2.81
0.057	0.145	9.625	495	0.014819	0.985181	95.800	5.17
0.076	0.193	9.577	833	0.019758	0.980242	96.283	8.65
0.095	0.241	9.529	1176	0.024698	0.975302	96.771	12.16
0.114	0.290	9.480	1468	0.029638	0.970362	97.263	15.09
0.133	0.338	9.432	1747	0.034577	0.965423	97.761	17.87
0.152	0.386	9.384	1976	0.039517	0.960483	98.264	20.11
0.171	0.434	9.336	2197	0.044456	0.955544	98.772	22.24
0.190	0.483	9.287	2287	0.049396	0.950604	99.285	23.03
0.209	0.531	9.239	2187	0.054336	0.945664	99.803	21.91
0.228	0.579	9.191	2003	0.059275	0.940725	100.328	19.97
0.247	0.627	9.143	1795	0.064215	0.935785	100.857	17.80
0.266	0.676	9.094	1691	0.069155	0.930845	101.392	16.68
0.285	0.724	9.046	1622	0.074094	0.925906	101.933	15.91

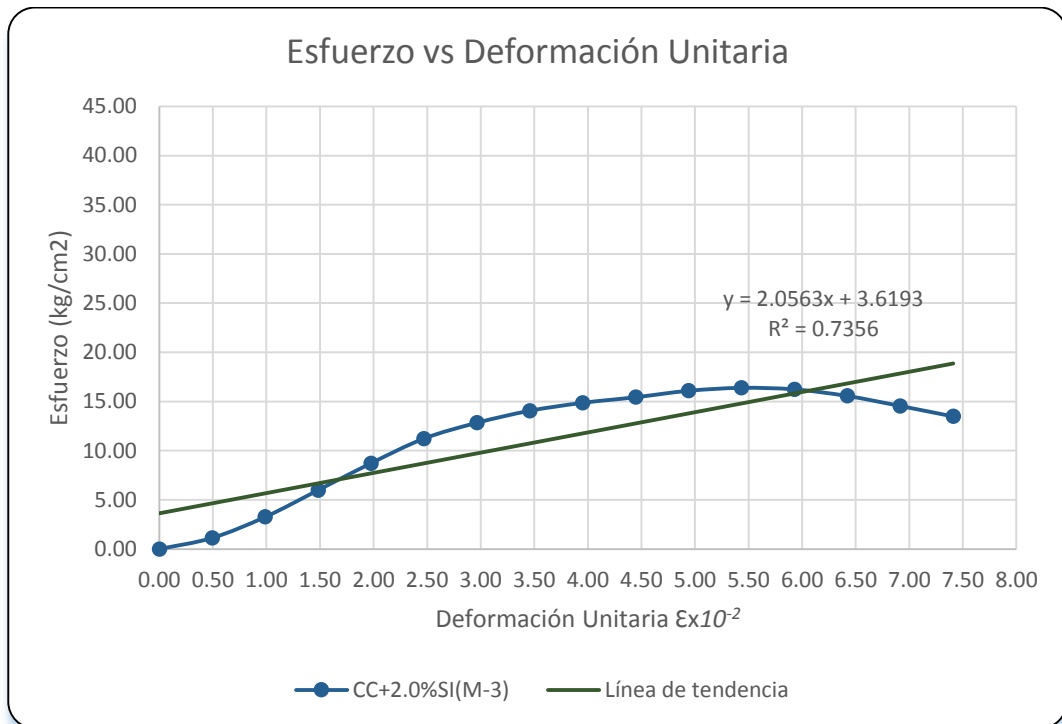


**Figura A. 61:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-2 del tratamiento (CC+2.0%SI)



**Tabla A. 54:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-3 del tratamiento (CC+2.0%SI)

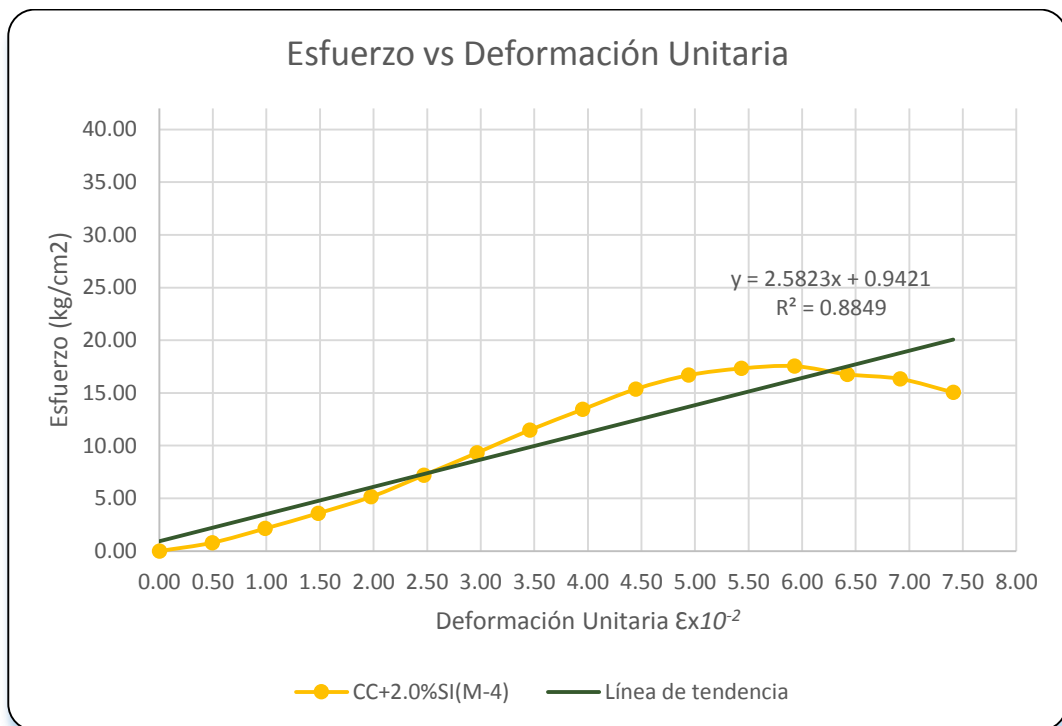
TRATAMIENTO			CC+2.0%SI		Muestra	M - 3	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	107	0.004940	0.995060	94.849	1.13
0.038	0.097	9.673	311	0.009879	0.990121	95.322	3.26
0.057	0.145	9.625	573	0.014819	0.985181	95.800	5.98
0.076	0.193	9.577	840	0.019758	0.980242	96.283	8.72
0.095	0.241	9.529	1086	0.024698	0.975302	96.771	11.23
0.114	0.290	9.480	1248	0.029638	0.970362	97.263	12.83
0.133	0.338	9.432	1374	0.034577	0.965423	97.761	14.06
0.152	0.386	9.384	1460	0.039517	0.960483	98.264	14.86
0.171	0.434	9.336	1524	0.044456	0.955544	98.772	15.43
0.190	0.483	9.287	1597	0.049396	0.950604	99.285	16.09
0.209	0.531	9.239	1635	0.054336	0.945664	99.803	16.39
0.228	0.579	9.191	1628	0.059275	0.940725	100.328	16.23
0.247	0.627	9.143	1569	0.064215	0.935785	100.857	15.56
0.266	0.676	9.094	1475	0.069155	0.930845	101.392	14.55
0.285	0.724	9.046	1374	0.074094	0.925906	101.933	13.48



**Figura A. 62:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-3 del tratamiento (CC+2.0%SI)

**Tabla A. 55:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-4 del tratamiento (CC+2.0%SI)

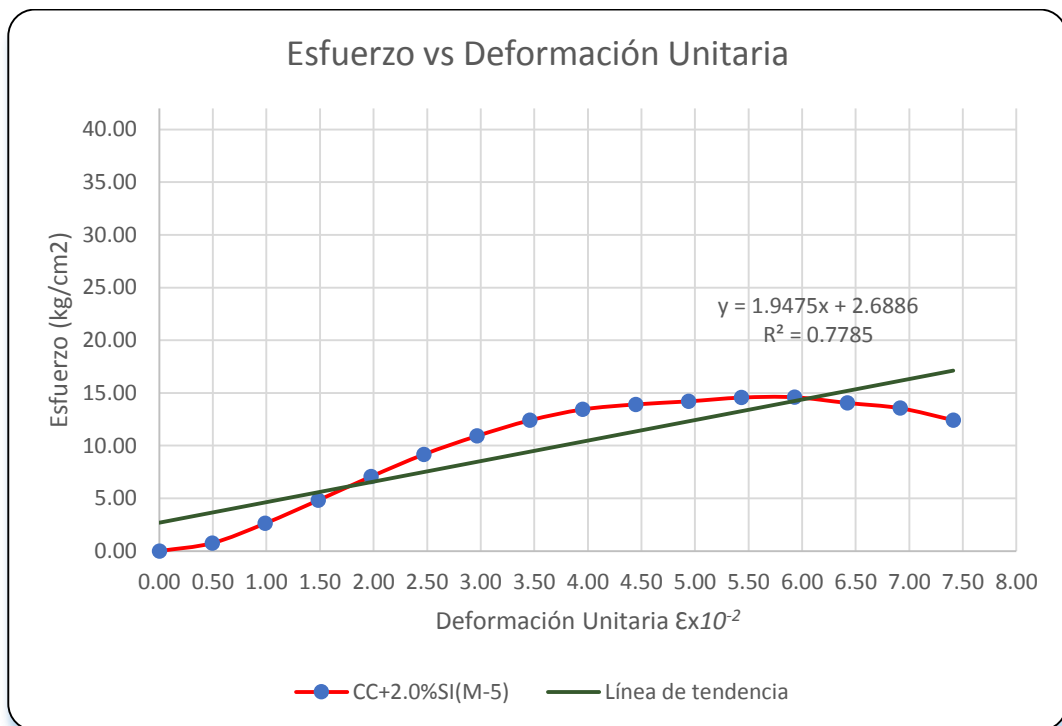
TRATAMIENTO			CC+2.0%SI		Muestra	M - 4	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	75	0.004940	0.995060	94.849	0.79
0.038	0.097	9.673	204	0.009879	0.990121	95.322	2.14
0.057	0.145	9.625	343	0.014819	0.985181	95.800	3.58
0.076	0.193	9.577	495	0.019758	0.980242	96.283	5.14
0.095	0.241	9.529	697	0.024698	0.975302	96.771	7.20
0.114	0.290	9.480	905	0.029638	0.970362	97.263	9.31
0.133	0.338	9.432	1122	0.034577	0.965423	97.761	11.48
0.152	0.386	9.384	1320	0.039517	0.960483	98.264	13.43
0.171	0.434	9.336	1517	0.044456	0.955544	98.772	15.36
0.190	0.483	9.287	1656	0.049396	0.950604	99.285	16.68
0.209	0.531	9.239	1729	0.054336	0.945664	99.803	17.33
0.228	0.579	9.191	1760	0.059275	0.940725	100.328	17.55
0.247	0.627	9.143	1691	0.064215	0.935785	100.857	16.77
0.266	0.676	9.094	1656	0.069155	0.930845	101.392	16.34
0.285	0.724	9.046	1535	0.074094	0.925906	101.933	15.06



**Figura A. 63:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-4 del tratamiento (CC+2.0%SI)

**Tabla A. 56:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-5 del tratamiento (CC+2.0%SI)

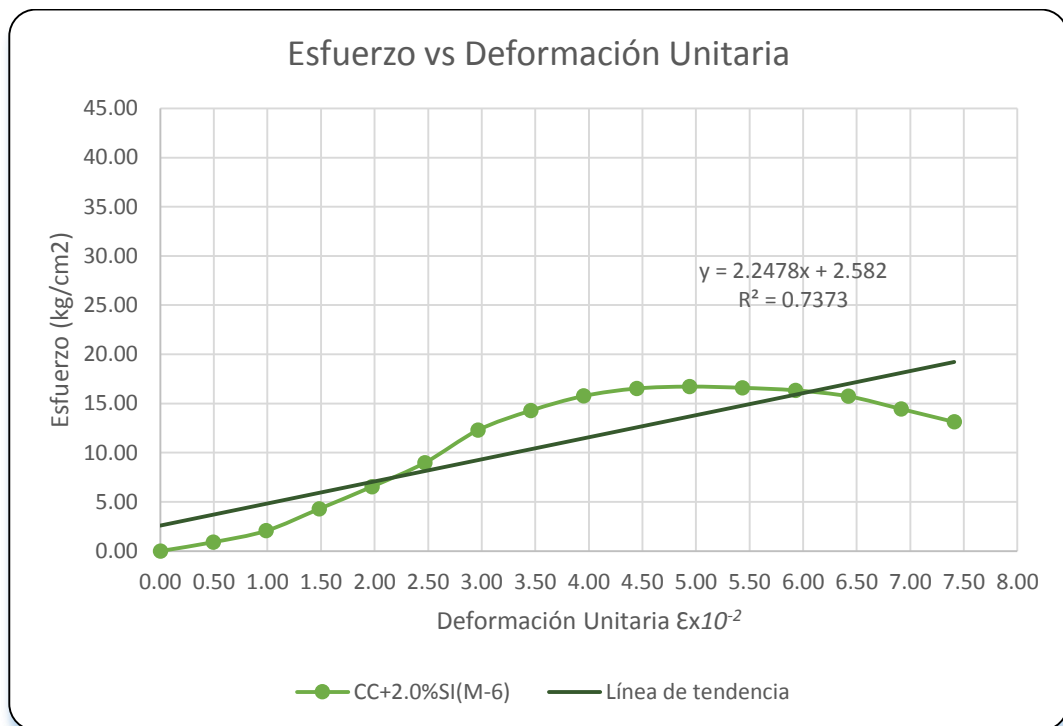
TRATAMIENTO			CC+2.0%SI		Muestra	M - 5	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	71	0.004940	0.995060	94.849	0.75
0.038	0.097	9.673	250	0.009879	0.990121	95.322	2.62
0.057	0.145	9.625	461	0.014819	0.985181	95.800	4.81
0.076	0.193	9.577	680	0.019758	0.980242	96.283	7.06
0.095	0.241	9.529	887	0.024698	0.975302	96.771	9.17
0.114	0.290	9.480	1061	0.029638	0.970362	97.263	10.91
0.133	0.338	9.432	1212	0.034577	0.965423	97.761	12.40
0.152	0.386	9.384	1320	0.039517	0.960483	98.264	13.43
0.171	0.434	9.336	1374	0.044456	0.955544	98.772	13.91
0.190	0.483	9.287	1410	0.049396	0.950604	99.285	14.20
0.209	0.531	9.239	1453	0.054336	0.945664	99.803	14.56
0.228	0.579	9.191	1464	0.059275	0.940725	100.328	14.59
0.247	0.627	9.143	1417	0.064215	0.935785	100.857	14.05
0.266	0.676	9.094	1374	0.069155	0.930845	101.392	13.55
0.285	0.724	9.046	1266	0.074094	0.925906	101.933	12.42



**Figura A. 64:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-5 del tratamiento (CC+2.0%SI)

**Tabla A.57:** Resultado del esfuerzo de compresión de la M-6 del tratamiento (CC+2.0%SI)

TRATAMIENTO			CC+2.0%SI		Muestra	M - 6	
Largo	9.69	Ancho	9.74	Area	94.381	Altura	9.770
Lectura Dial (in)	Penetración (cm)	Deformación Vertical (cm)	Lectura de Carga (kg)	Deformación Unitaria $\epsilon$	Factor de Corrección (1- $\epsilon$ )	Area Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.000	0.000	9.770	0	0.000000	1.000000	94.381	0.00
0.019	0.048	9.722	86	0.004940	0.995060	94.849	0.90
0.038	0.097	9.673	196	0.009879	0.990121	95.322	2.06
0.057	0.145	9.625	410	0.014819	0.985181	95.800	4.28
0.076	0.193	9.577	630	0.019758	0.980242	96.283	6.54
0.095	0.241	9.529	869	0.024698	0.975302	96.771	8.98
0.114	0.290	9.480	1194	0.029638	0.970362	97.263	12.28
0.133	0.338	9.432	1396	0.034577	0.965423	97.761	14.28
0.152	0.386	9.384	1549	0.039517	0.960483	98.264	15.76
0.171	0.434	9.336	1632	0.044456	0.955544	98.772	16.52
0.190	0.483	9.287	1660	0.049396	0.950604	99.285	16.72
0.209	0.531	9.239	1656	0.054336	0.945664	99.803	16.60
0.228	0.579	9.191	1639	0.059275	0.940725	100.328	16.34
0.247	0.627	9.143	1587	0.064215	0.935785	100.857	15.73
0.266	0.676	9.094	1464	0.069155	0.930845	101.392	14.44
0.285	0.724	9.046	1338	0.074094	0.925906	101.933	13.13



**Figura A. 65:** Comportamiento de la curva del esfuerzo vs deformación unitaria de la M-6 del tratamiento (CC+2.0%SI)

**Tabla A.58:** Resumen de resultados del esfuerzo máximo a la compresión de todo los tratamientos

	SC	CC	CC+0.5%SI	CC+1.0%SI	CC+1.5%SI	CC+2.0%SI
<b>Fc = kg/cm2</b>						
M -1	26.07	28.49	30.13	40.68	17.57	18.17
M - 2	37.94	37.11	40.22	29.84	19.55	23.03
M -3	40.46	33.13	28.32	20.91	20.47	16.39
M -4	38.83	40.93	26.00	22.03	23.69	17.55
M -5	39.25	36.61	29.00	23.32	24.52	14.59
M -6	43.62	30.34	39.87	20.24	20.96	16.72
PROM.	37.70	34.43	32.26	26.17	21.13	17.74
CV	15.99%	13.49%	19.16%	30.19%	12.28%	16.14%

**Tabla A. 59:** Resultados del esfuerzo de corte de todo los tratamientos

	SC	CC	CC+0.5%SI	CC+1.0%SI	CC+1.5%SI	CC+2.0%SI
<b>Fc = kg/cm2</b>						
M -1	13.04	14.25	15.06	20.34	8.78	9.08
M - 2	18.97	18.55	20.11	14.92	9.78	11.52
M -3	20.23	16.56	14.16	10.45	10.23	8.19
M -4	19.42	20.46	13.00	11.01	11.84	8.77
M -5	19.62	18.30	14.50	11.66	12.26	7.30
M -6	21.81	15.17	19.94	10.12	10.48	8.36
PROM.	18.85	17.22	16.13	13.09	10.56	8.87
CV	15.99%	13.49%	19.16%	30.19%	12.28%	16.14%

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se ha tomado el esfuerzo promedio compresión de cada uno de los tratamientos.

### Hipótesis global

Si:  $F_{\text{Calculado}} > F_{\text{Tabular}}$

Entonces  $H_0: H_1 = H_2 = H_3 = H_4 = H_5 = H_6 = 0$

$H_1$ : Al menos una de las  $H$  muestra  $\neq 0$

Con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0.05

**Tabla A. 58:** Resumen

Tratamientos	Repeticiones	Suma	Promedio	Varianza
SC	6	226.182	37.697	36.337
CC	6	206.598	34.433	21.564
CC+0.5%SI	6	193.541	32.257	38.207
CC+1.0%SI	6	157.021	26.170	62.437
CC+1.5%SI	6	126.761	21.127	6.735
CC+2.0%SI	6	106.443	17.741	8.201

**Tabla A. 59:** Análisis de Varianza del esfuerzo máximo

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios (Varianzas)	F Calculado (Fc)	F Tabular
Tratamientos	1854.260	5	370.852	12.826	2.534
Error	867.404	30	28.913		
Total	2721.664	35			

Como  $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabular}}$ , entonces se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptamos la hipótesis planteada.

Tratamientos	SC	CC	CC+0.5%SI	CC+1.0%SI	CC+2.0%SI	CC+2.0%SI
Promedio	37.697	34.433	32.257	26.170	21.127	17.741
Código	I	II	III	IV	V	VI

## MÉTODO TUKEY

Esta prueba sirve para comparar las medias de todos los tratamientos contra todos, haciendo una comparación por pares de todos contra todos, con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0.05.

1. Se construye el matriz de diferencias entre todos los posibles pares de medias.

$$d_{ii} = |\bar{Y}_i - \bar{Y}_{i'}|, \text{ siendo que } i \neq i'$$

**Tabla A. 60:** Diferencia entre cada uno de los grupos del esfuerzo máximo

Tratamiento	Tratamiento	VI	V	IV	III	II	I
	Promedio	17.741	21.127	26.170	32.257	34.433	37.697
I	37.697	19.957	16.570	11.527	5.440	3.264	0.000
II	34.433	16.692	13.306	8.263	2.176	0.000	
III	32.257	14.516	11.130	6.087	0.000		
IV	26.170	8.430	5.043	0.000			
V	21.127	3.386	0.000				
VI	17.741	0.000					

2. calculo de HSD, la diferencia mínima significativa a un cierto nivel de significancia ( $\alpha$ ) dada por la siguiente expresión.

$$HSD = q_{(t, GL_{ee}, \alpha)} \times \sqrt{\frac{CM_{ee}}{n}} \quad (\text{A. 17})$$

Siendo:

q : amplitud total estudentizada. Valor encontrado en tablas y que están en función de:

$\alpha$  : Nivel de significancia.

t : número de tratamientos.

GL<sub>ee</sub> : grados de libertad de error experimental.

CM<sub>ee</sub> : Cuadrado medio del error experimental.

n : Numero de repeticiones.

$$q_{(t, glee, \alpha)} = 4.30$$

$$HSD = 4.3x \sqrt{\frac{28.913}{6}} = 9.439$$

Entonces:

Si  $|\bar{Y}_i. - \bar{Y}_j.| \leq HSD \Rightarrow$  Aceptar  $H_0$

Si  $|\bar{Y}_i. - \bar{Y}_j.| > HSD \Rightarrow$  Rechazar  $H_0$

**Tabla A. 61:** Resultado de la prueba de Tukey a los promedios de los tratamientos estudiados del esfuerzo máximo

Relación	$\Delta$	ALS (T)	Significativo
VI - I	19.957	9.439	*
V - I	16.570	9.439	*
IV - I	11.527	9.439	*
III - I	5.440	9.439	n.s
II - I	3.264	9.439	n.s
VI - II	16.692	9.439	*
V - II	13.306	9.439	*
IV - II	8.263	9.439	n.s
III - II	2.176	9.439	n.s
VI - III	14.516	9.439	*
V - III	11.130	9.439	*
IV - III	6.087	9.439	n.s
VI - IV	8.430	9.439	n.s
V - IV	5.043	9.439	n.s
VI - V	3.386	9.439	n.s

\* : Medios considerable mente diferente (Significativo) por lo tanto se rechaza la hipótesis nula

n.s : No considerablemente diferente (No significativo) por lo tanto se acepta la hipótesis nula.



## PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNNETT

Esta prueba tiene por finalidad hacer las comparaciones con respecto al tratamiento de control (adobe patrón) con un nivel de significación ( $\alpha$ ) de 0.05

### Estadístico de prueba

$$D_{\alpha} = d_{\alpha}(a - 1, f) \sqrt{\frac{2MS_e}{n}} \quad (\text{A. 18})$$

Tamaño de la muestra

$$n = 6$$

Tratamientos:

$$a = 6$$

$$N = axn = 36$$

Grados de libertad del error

$$f = N - a = 30$$

Cuadrado medio del error

$$MS_e = 28.913$$

Constante para la prueba de Dunnett. (de las tablas de valores críticos para la prueba de dunnett)

Para nuestro caso el nivel de significancia es de 0.05, en la tabla de dunnett en el eje horizontal juega el valor de "a" que viene hacer los tratamientos de 6, y en el eje vertical juega el valor de "f" que viene hacer los grados de libertad 30 obteniéndose 2.66

$$d_{\alpha}(a - 1, f) = 2.66$$

Valor teórico del estadístico de prueba

$$D_{\alpha} = 8.258$$

### Criterio de rechazo

Estructura de la prueba de hipótesis

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_a| > D_{\alpha} \quad \bar{Y}_c = 37.697$$

Comparación de los tratamientos contra el control:

Comparación del tratamiento uno contra el control:

$$|\bar{Y}_{1.} - \bar{Y}_{c.}| > D_{\alpha} \quad \bar{Y}_1 = 34.433 \quad |\bar{Y}_{1.} - \bar{Y}_{c.}| = 3.26$$

Si el valor teórico del estadístico de prueba es mayor que el valor absoluto de la diferencia entre los promedios de los esfuerzos de compresión. Se concluye que no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula (n.s).

Si el valor teórico del estadístico de prueba es menor que el valor absoluto de la diferencia entre los promedios de los esfuerzos de compresión. Se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alterna con un nivel de confianza de 95%.

**Tabla A. 62:** Resultado de la prueba de Dunnett a los promedios de los tratamientos estudiados del esfuerzo máximo

Relación	$D \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{a.} $	$D_{\alpha}$	Significativo
I - II	3.264	8.258	n.s
I - III	5.440	8.258	n.s
I - IV	11.527	8.258	*
I - V	16.570	8.258	*
I - VI	19.957	8.258	*

## **Anexo A 10: Ensayo de absorción**

### **Objetivo**

En este ensayo es determinar la absorción de agua durante periodo corto de inmersión en agua,

### **Materiales**

- Molde de cubico hueco de 5cm de arista.
- Tamiz N° 4 (ASTM E - 11)
- Balanza electrónica de 0.01gr de sensibilidad.
- Horno o estufa para secado de muestra de capacidad 80 Lt. Temperatura máxima de 200°C.
- Probetas graduadas para saturación.

### **Procedimiento**

Para este ensayo se emplearon el periodo corto de inmersión de 30 minutos para determinar el volumen absorbido y 60 minutos y someter a un ambiente agresivo de adsorción continua de agua, de no soportar este tipo de ambiente se considera que el adobe sin estabilizar y estabilizado no es resistente al ensayo.

Se emplearon 6 unidades muestras de cubos de adobe patrón (SC), 6 unidades de muestras de cubos con solución de cactus (CC), 6 unidades de muestras de cubos con solución de cactus más 0.5% de Stipa ichu, 6 unidades de muestra de cubos de adobe con solución de cactus más 1.0% de Stipa ichu, 6 unidades de muestras de cubos de adobe con solución de cactus más 1.5% de Stipa ichu y 6 unidades de muestras de cubos adobe con solución de cactus más 2.0% de Stipa ichu, los pasos a seguir en el ensayo de absorción fueron los siguientes.

1. Se elimina la humedad natural contenida en las muestras de cubos de adobe con la finalidad de obtener la cantidad de agua adsorbida producto de la inmersión de las muestras y se pesa cada muestra.
2. Para medir la cantidad de agua adsorbida por cada unidad de muestra se colocó regla metálica graduadas en cada uno de las probetas.

3. En las 6 probetas graduadas se llena 300 ml de agua y se registra la altura del volumen de agua.
4. Se sumergen las 6 muestras de manera simultánea de los diferentes tratamientos en la probeta graduada y se registra la altura del nivel de agua sumergida con la muestra, siendo esta el volumen inicial en un tiempo de cero minutos.
5. La siguiente lectura se determina a los 5, 15 y 30 minutos con la finalidad de visualizar los cambios de nivel de agua.
6. Posteriormente transcurrido los 60 minutos de inmersión se extrajo la una fracción de la muestra para determinar su humedad saturado.



**Figura A. 66:** *J1 se aprecia la calibración de la cubera con el vernier, y J2 las muestras a punto de realizarse las pruebas.*



**Figura A. 67:** *J3 el tratamiento CC+ 0.5%SI sumergido, y en J4 todas las muestras sumergido.*

7. Se pesa el espécimen húmedo y se coloca a la estufa a una temperatura de 105 °C.



**Figura A. 68:** J5 se observa los tratamientos después de los 60 minutos sumergidos, y en J6 se aprecia las muestras secas para determinar el suelo saturado.

### Resultados

Se emplearon 6 especímenes para cada tratamiento sufriendo cada tratamiento desintegración, lo que imposibilitaron la cuantificación por lo que solo se tomó una fracción del espécimen para determinar el porcentaje de humedad a los 60 min sumergidos.

**Tabla A. 60:** Volúmenes obtenidos durante 5, 15, 30 minutos sumergidos de cada muestra del tratamiento (SC).

TIEMPO	0 (min)	5(min)	15(min)	30(min)
<b>MUESTRAS</b>	<b>0</b>	<b>VOL. 1</b>	<b>VOL. 2</b>	<b>VOL. 3</b>
M - 1	0	10.00	15.00	16.00
M - 2	0	10.00	20.00	20.00
M - 3	0	10.00	15.00	22.50
M - 4	0	5.00	15.00	17.50
M - 5	0	10.00	15.00	16.00
M - 6	0	7.50	10.50	11.00
<b>Promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>8.75</b>	<b>15.08</b>	<b>17.17</b>

**Tabla A. 61:** Contenido de humedad saturado del tratamiento (SC) a los 60 min sumergido

MUESTRA	WT	WEH+WT	WES+WT	WEH	WES	% HUMEDAD
M - 1	23.57	125.18	83.72	101.61	60.15	68.93
M - 2	41.23	122.41	103.88	81.18	62.65	29.58
M - 3	18.98	95.94	74.41	76.96	55.43	38.84
M - 4	21.99	115.65	93.69	93.66	71.70	30.63
M - 5	11.51	154.61	124.59	143.10	113.08	26.55
M - 6	12.76	94.69	69.60	81.93	56.84	44.14
<b>Promedio</b>						39.78

**Tabla A. 62:** Volúmenes obtenidos durante 5, 15, 30 minutos sumergidos de cada muestra del tratamiento (CC)

TIEMPO	0 (min)	5(min)	15(min)	30(min)
<b>MUESTRAS</b>	<b>0</b>	<b>VOL. 1</b>	<b>VOL. 2</b>	<b>VOL. 3</b>
M - 1	0	10.00	15.00	16.00
M - 2	0	7.50	17.50	22.50
M - 3	0	7.50	17.50	20.00
M - 4	0	7.50	15.00	20.00
M - 5	0	7.50	12.50	15.00
M - 6	0	10.00	15.00	20.00
<b>Promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>8.33</b>	<b>15.42</b>	<b>18.92</b>

**Tabla A. 63:** Contenido de humedad saturado del tratamiento (CC) a los 60 min sumergido

<b>MUESTRA</b>	<b>WT</b>	<b>WEH+WT</b>	<b>WES+WT</b>	<b>WEH</b>	<b>WES</b>	<b>% HUMEDAD</b>
M - 1	33.50	99.53	77.13	66.03	43.63	51.34
M - 2	32.48	129.26	99.76	96.78	67.28	43.85
M - 3	21.45	110.25	84.13	88.80	62.68	41.67
M - 4	11.60	122.12	96.14	110.52	84.54	30.73
M - 5	21.89	115.06	92.16	93.17	70.27	32.59
M - 6	18.76	105.11	78.33	86.35	59.57	44.96
<b>Promedio</b>						40.86

**Tabla A. 64:** Volúmenes obtenidos durante 5, 15, 30 minutos sumergidos de cada muestra del tratamiento (CC+0.5%SI)

<b>TIEMPO</b>	<b>0 (min)</b>	<b>5(min)</b>	<b>15(min)</b>	<b>30(min)</b>
<b>MUESTRAS</b>	<b>0</b>	<b>VOL. 1</b>	<b>VOL. 2</b>	<b>VOL. 3</b>
M - 1	0	10.00	15.00	16.00
M - 2	0	7.50	17.50	25.00
M - 3	0	10.00	15.00	22.50
M - 4	0	12.50	22.50	27.50
M - 5	0	10.00	15.00	17.50
M - 6	0	10.00	17.50	22.50
<b>Promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>17.08</b>	<b>21.83</b>

**Tabla A. 65:** Contenido de humedad saturado del tratamiento (CC+0.5%SI) a los 60 min sumergido

<b>MUESTRA</b>	<b>WT</b>	<b>WEH+WT</b>	<b>WES+WT</b>	<b>WEH</b>	<b>WES</b>	<b>% HUMEDAD</b>
M - 1	35.66	111.48	86.21	75.82	50.55	49.99
M - 2	23.48	153.09	114.46	129.61	90.98	42.46
M - 3	13.49	124.30	91.67	110.81	78.18	41.74
M - 4	12.62	158.13	114.51	145.51	101.89	42.81
M - 5	11.97	142.47	104.31	130.50	92.34	41.33
M - 6	21.63	133.34	97.82	111.71	76.19	46.62
<b>Promedio</b>						<b>44.16</b>

**Tabla A. 66:** Volúmenes obtenidos durante 5, 15, 30 minutos sumergidos de cada muestra del tratamiento (CC+1.0%SI)

<b>TIEMPO</b>	<b>0 (min)</b>	<b>5(min)</b>	<b>15(min)</b>	<b>30(min)</b>
<b>MUESTRAS</b>	<b>0</b>	<b>VOL. 1</b>	<b>VOL. 2</b>	<b>VOL. 3</b>
M - 1	0	10.00	15.00	16.00
M - 2	0	9.00	19.00	24.00
M - 3	0	10.00	15.00	20.00
M - 4	0	15.00	20.00	25.00
M - 5	0	10.00	17.50	20.00
M - 6	0	5.00	17.50	20.50
<b>Promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>9.83</b>	<b>17.33</b>	<b>20.92</b>



**Tabla A. 67:** Contenido de humedad saturado del tratamiento (CC+1.0%SI) a los 60 min sumergido

<b>MUESTRA</b>	<b>WT</b>	<b>WEH+WT</b>	<b>WES+WT</b>	<b>WEH</b>	<b>WES</b>	<b>% HUMEDAD</b>
M - 1	12.02	102.75	72.89	90.73	60.87	49.06
M - 2	11.35	108.81	79.29	97.46	67.94	43.45
M - 3	22.50	177.52	130.53	155.02	108.03	43.50
M - 4	22.22	156.65	117.16	134.43	94.94	41.59
M - 5	11.09	157.21	116.35	146.12	105.26	38.82
M - 6	19.14	116.16	86.59	97.02	67.45	43.84
<b>Promedio</b>						<b>43.38</b>

**Tabla A. 68:** Volúmenes obtenidos durante 5, 15, 30 minutos sumergidos de cada muestra del tratamiento (CC+1.5%SI)

<b>TIEMPO</b>	<b>0 (min)</b>	<b>5(min)</b>	<b>15(min)</b>	<b>30(min)</b>
<b>MUESTRAS</b>	<b>0</b>	<b>VOL. 1</b>	<b>VOL. 2</b>	<b>VOL. 3</b>
M - 1	0	9.00	15.50	16.00
M - 2	0	12.50	18.50	18.50
M - 3	0	10.00	16.50	17.50
M - 4	0	10.00	17.50	20.00
M - 5	0	12.50	16.50	20.00
M - 6	0	12.50	20.00	20.50
<b>Promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>11.08</b>	<b>17.42</b>	<b>18.75</b>

**Tabla A. 69:** Contenido de humedad saturado del tratamiento (CC+1.5%SI) a los 60 min sumergido

<b>MUESTRA</b>	<b>WT</b>	<b>WEH+WT</b>	<b>WES+WT</b>	<b>WEH</b>	<b>WES</b>	<b>% HUMEDAD</b>
M - 1	20.68	135.04	94.97	114.36	74.29	53.94
M - 2	19.91	152.46	114.32	132.55	94.41	40.40
M - 3	35.21	192.51	146.71	157.30	111.50	41.08
M - 4	22.96	210.14	153.74	187.18	130.78	43.13
M - 5	22.72	172.88	128.92	150.16	106.20	41.39
M - 6	24.27	171.97	124.79	147.70	100.52	46.94
<b>Promedio</b>						<b>44.48</b>

**Tabla A. 70:** Volúmenes obtenidos durante 5, 15, 30 minutos sumergidos de cada muestra del tratamiento (CC+2.0%SI)

<b>TIEMPO</b>	<b>0 (min)</b>	<b>5(min)</b>	<b>15(min)</b>	<b>30(min)</b>
<b>MUESTRAS</b>	<b>0</b>	<b>VOL. 1</b>	<b>VOL. 2</b>	<b>VOL. 3</b>
M - 1	0	10.00	15.50	16.00
M - 2	0	10.00	20.00	22.50
M - 3	0	15.00	20.00	25.00
M - 4	0	12.50	20.00	22.50
M - 5	0	7.50	15.50	20.00
M - 6	0	17.50	21.00	22.50
<b>Promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>12.08</b>	<b>18.67</b>	<b>21.42</b>

**Tabla A. 71:** Contenido de humedad saturado del tratamiento (CC+2.0%SI) a los 60 min sumergido

MUESTRA	WT	WEH+WT	WES+WT	WEH	WES	% HUMEDAD
M - 1	22.32	125.09	89.57	102.77	67.25	52.82
M - 2	24.68	185.87	138.92	161.19	114.24	41.10
M - 3	11.88	142.62	102.81	130.74	90.93	43.78
M - 4	24.55	202.12	150.69	177.57	126.14	40.77
M - 5	12.88	137.28	99.91	124.40	87.03	42.94
M - 6	22.22	198.99	143.05	176.77	120.83	46.30
<b>Promedio</b>						44.62

**Tabla A. 72:** Resultado de volumen absorbido a los 30 minutos sumergido

	Volumen (ml) a los 30 mint. Sumergido en agua					
	SC	CC	CC+0.5%EI	CC+1.0%EI	CC+1.5%EI	CC+2.0%EI
M-1	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
M-2	20.00	22.50	25.00	24.00	18.50	22.50
M-3	22.50	20.00	22.50	20.00	17.50	25.00
M-4	17.50	20.00	27.50	25.00	20.00	22.50
M-5	16.00	15.00	17.50	20.00	20.00	20.00
M-6	11.00	20.00	22.50	20.50	20.50	22.50
PROMEDIO	17.17	18.92	21.83	20.92	18.75	21.42
CV	22.91	14.99	20.05	15.45	9.35	14.42

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se ha tomado el volumen promedio de cada uno de los tratamientos para obtener valores positivos y evitar trabajar con porcentajes negativos.

### Hipótesis global

Si:  $F_{\text{Calculado}} > F_{\text{Tabular}}$

Entonces  $H_0: H_1 = H_2 = H_3 = H_4 = H_5 = H_6 = 0$

$H_1$ : Al menos una de las  $H$  muestra  $\neq 0$

Con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0.05

Tabla A. 73: Resumen

Tratamientos	Repeticiones	Suma	Promedio	Varianza
SC	6	103.00	17.17	15.47
CC	6	113.50	18.92	8.04
CC+0.5%SI	6	131.00	21.83	19.17
CC+1.0%SI	6	125.50	20.92	10.44
CC+1.5%SI	6	112.50	18.75	3.08
CC+2.0%SI	6	128.50	21.42	9.54

Tabla A. 74: Análisis de Varianza del promedio por absorción

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios (Varianzas)	F Calculado (Fc)	F Tabular
Tratamientos	100.83	5.00	20.17	1.87	2.53
Error	328.67	30.00	10.96		
Total	429.50	35.00			

Como  $F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabular}}$ , entonces se acepta la Hipótesis nula ( $H_0$ ).

## Anexo A 11: Ensayo de erosión

### Objetivo

En esta prueba tiene como objetivo determinar el porcentaje de desgaste que sufre la unidad de adobe por efecto de una erosión hídrica inducida durante 30 minutos sometidos a la prueba con un caudal constante.

### Materiales

- Simulador de lluvia.
- Balanza mecánica de 30 kg. precisión de 1 gr.
- Cronometro.
- Bandeja.
- Probeta graduada.

### Procedimiento

1. Se tomaron los pesos secos de cada uno de los cubos de adobe.
2. Se asilaron las 5 caras laterales que no desea ser afectado por la lluvia logrando que solo una cara sea erosionada.
3. Se colocó cada una de las muestras en una superficie plana con cierta inclinación y se le aplico agua mediante una ducha, a una presión constante de 0.21 Lt/ Seg. y se colocó 4 recipientes para determinar la intensidad de lluvia del sistema.



Figura A. 68: Prueba de erosión hídrica

- Luego de 30 min se retira la muestra cuidadosamente para no romperlas y se pesa los cubos de adobes húmedos, y se puso al horno a 105°C durante 72 horas.



**Figura A. 69: Muestras después de la prueba**

- Pluviometría media del sistema:** Se determinó la intensidad de lluvia artificial del sistema de la siguiente manera.

$$PP = \frac{Q}{A} \quad (A. 19)$$

Donde:

PP = Precipitación (mm/h)

Q = Caudal (lt/h).

A = Área (m<sup>2</sup>)

**Tabla A. 75: Resultado de la precipitación del sistema**

VOLUMEN	lt	0.3784
TIEMPO	h	0.0667
ÁREA	m <sup>2</sup>	0.0143
CAUDAL	lt/h	5.6763
PRECIPITACIÓN	mm/h	397.143

Los resultados obtenidos se expresaron en porcentaje de desgaste o pérdida de material respecto al peso del espécimen.

$$PD = \frac{W_{im} - W_{fm}}{W_{im}} \times 100 \quad (\text{A. 20})$$

Donde:

PD = Porcentaje de desgaste (%)

Wie = Peso inicial de la muestra (gr)

Wfe = Peso final de la muestra (gr)

**Tabla A. 74:** Resultado de las muestras del porcentaje de desgaste por erosión del tratamiento (SC)

MUESTRA	TIEMPO (mit)	Wie (gr)	Wfe(gr)	% DE DESGASTE POR EROSION
M - 1	30	1549	1456	6.00
M - 2	30	1573	1475	6.23

**Tabla A. 74:** Resultado de las muestras del porcentaje de desgaste por erosión del tratamiento (CC)

MUESTRA	TIEMPO (mit)	Wie (gr)	Wfe(gr)	% DE DESGASTE POR EROSION
M - 1	30	1600	1502	6.13
M - 2	30	1596	1492	6.52

**Tabla A. 74:** Resultado de las muestras del porcentaje de desgaste por erosión del tratamiento (CC+0.5%SI)

MUESTRA	TIEMPO (mit)	Wie (gr)	Wfe(gr)	% DE DESGASTE POR EROSION
M - 1	30	1574	1480	5.97
M - 2	30	1490	1400	6.04

**Tabla A. 74:** Resultado de las muestras del porcentaje de desgaste por erosión del tratamiento (CC+1.0%SI)

MUESTRA	TIEMPO (mit)	Wie (gr)	Wfe(gr)	% DE DESGASTE POR EROSION
M - 1	30	1465	1376	6.08
M - 2	30	1465	1381	5.73

**Tabla A. 74:** Resultado de las muestras del porcentaje de desgaste por erosión del tratamiento (CC+1.5%SI)

MUESTRA	TIEMPO (mit)	Wie (gr)	Wfe(gr)	% DE DESGASTE POR EROSION
M - 1	30	1560	1473	5.58
M - 2	30	1561	1480	5.19

**Tabla A. 74:** Resultado de las muestras del porcentaje de desgaste por erosión del tratamiento (CC+2.0%SI)

MUESTRA	TIEMPO (mit)	Wie (gr)	Wfe(gr)	% DE DESGASTE POR EROSION
M - 1	30	1524	1446	5.12
M - 2	30	1465	1391	5.05

**Tabla A. 74:** Resultado promedio del porcentaje de desgaste por erosión de los tratamientos

	SC	CC	CC+0.5% SI	CC+1.0% EI	CC+1.5% SI	CC+2.0% EI
M - 1	6.00	6.13	5.97	6.08	5.58	5.12
M - 2	6.23	6.52	6.04	5.73	5.19	5.05
PROMEDIO	6.12	6.32	6.01	5.90	5.38	5.08
CV	2.62	4.38	0.80	4.09	5.10	0.93



## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se ha tomado el porcentaje de desgaste del promedio de cada uno de los tratamientos para obtener valores positivos y evitar trabajar con porcentajes negativos.

### Hipótesis global

Si:  $F_{\text{Calculado}} > F_{\text{Tabular}}$

Entonces  $H_0: H_1 = H_2 = H_3 = H_4 = H_5 = H_6 = 0$

$H_1$ : Al menos una de las  $H$  muestra  $\neq 0$

Con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0.05

**Tabla A. 75: Resumen**

Tratamientos	Repeticiones	Suma	Promedio	Varianza
SC	2.00	12.23	6.12	0.03
CC	2.00	12.64	6.32	0.08
CC+0.5%SI	2.00	12.01	6.01	0.00
CC+1.0%SI	2.00	11.81	5.90	0.06
CC+1.5%SI	2.00	10.77	5.38	0.08
CC+2.0%SI	2.00	10.17	5.08	0.00

**Tabla A. 76: Análisis de Varianza del promedio por erosión**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios (Varianzas)	F Calculado (Fc)	F Tabular
Tratamientos	2.221	5	0.444	11.096	4.387
Error	0.240	6	0.040		
Total	2.461	11			

Como  $F_{\text{calculado}}$  es  $> F_{\text{tabular}}$ , entonces se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptamos la hipótesis planteada.

Tratamientos	SC	CC	CC+0.5%SI	CC+1.0%SI	CC+2.0%SI	CC+2.0%SI
Promedio	6.12	6.32	6.01	5.90	5.38	5.08
Código	I	II	III	IV	V	VI

## MÉTODO TUKEY

Esta prueba sirve para comparar las medias de todos los tratamientos contra todos, haciendo una comparación por pares de todos contra todos, con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0.05.

1. Se construye el matriz de diferencias entre todos los posibles pares de medias.

$$d_{ii} = |\bar{Y}_i - \bar{Y}_{i'}|, \text{ siendo que } i \neq i'$$

**Tabla A. 77:** Diferencia entre cada uno de los grupos del promedio por erosión

Tratamiento	Tratamiento	VI	V	IV	III	II	I
	Promedio	5.08	5.38	5.90	6.01	6.32	6.12
I	6.12	1.03	0.73	0.21	0.11	0.20	0.00
II	6.32	1.24	0.94	0.42	0.31	0.00	
III	6.01	0.92	0.62	0.10	0.00		
IV	5.90	0.82	0.52	0.00			
V	5.38	0.30	0.00				
VI	5.08	0.00					

2. calculo de HSD, la diferencia mínima significativa a un cierto nivel de significancia ( $\alpha$ ) dada por la siguiente expresión.

$$HSD = q_{(t, G_{Lee}, \alpha)} \times \sqrt{\frac{CM_{ee}}{n}} \quad (A. 21)$$

Siendo:

q : amplitud total estudentizada. Valor encontrado en tablas y que están en función de:

$\alpha$  : Nivel de significancia.

t : número de tratamientos.

G<sub>Lee</sub> : grados de libertad de error experimental.

CM<sub>ee</sub> : Cuadrado medio del error experimental.

n : Numero de repeticiones.

$$q_{(t, g_{Lee}, \alpha)} = 5.63$$

$$HSD = 6.63x \sqrt{\frac{0.04}{2}} = 29.113$$

Entonces:

Si  $|\bar{Y}_i. - \bar{Y}_j.| \leq HSD \Rightarrow$  Aceptar  $H_0$

Si  $|\bar{Y}_i. - \bar{Y}_j.| > HSD \Rightarrow$  Rechazar  $H_0$

**Tabla A. 78:** Resultado de la prueba de Tukey a los promedios de los tratamientos estudiados por erosión

Relación	$\Delta$	ALS (T)	Significativo
VI - I	1.032	0.797	*
V - I	0.734	0.797	n.s
IV - I	0.213	0.797	n.s
III - I	0.111	0.797	n.s
II - I	0.204	0.797	n.s
VI - II	1.236	0.797	*
V - II	0.938	0.797	*
IV - II	0.416	0.797	n.s
III - II	0.314	0.797	n.s
VI - III	0.922	0.797	*
V - III	0.623	0.797	n.s
IV - III	0.102	0.797	n.s
VI - IV	0.820	0.797	*
V - IV	0.521	0.797	n.s
VI - V	0.298	0.797	n.s

\* : medios considerable mente diferente por lo tanto se rechaza la hipótesis nula

n.s : no considerablemente diferente por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

## PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE DUNNETT

Esta prueba tiene por finalidad probar el comportamiento de una variable de respuesta contra un determinado valor o nivel, hacer las comparaciones con respecto al tratamiento de control (adobe patrón) con un nivel de significación ( $\alpha$ ) de 0.05

### Estadístico de prueba

$$D_{\alpha} = d_{\alpha}(a - 1, f) \sqrt{\frac{2MS_e}{n}} \quad (\text{A. 22})$$

Tamaño de la muestra

$$n = 2$$

Tratamientos:

$$a = 6$$

$$N = axn = 12$$

Grados de libertad del error

$$f = N - a = 6$$

Cuadrado medio del error

$$MS_e = 0.040$$

Constante para la prueba de Dunnett. (de las tablas de valores críticos para la prueba de dunnett)

Para nuestro caso el nivel de significancia es de 0.05, en la tabla de dunnett en el eje horizontal juega el valor de "a" que viene hacer los tratamientos de 6, y en el eje vertical juega el valor de "f" que viene hacer los grados de libertad 6. Obteniéndose.

$$d_{\alpha}(a - 1, f) = 3.39$$

Valor teórico del estadístico de prueba

$$D_{\alpha} = 0.480$$

### Criterio de rechazo

Estructura de la prueba de hipótesis

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_a| > D_{\alpha} \quad \bar{Y}_c = 6.12$$

Comparación de los tratamientos contra el control:

Comparación del tratamiento uno contra el control:

$$|\bar{Y}_{1.} - \bar{Y}_{c.}| > D_{\alpha} \quad \bar{Y}_1 = 6.32 \quad |\bar{Y}_{1.} - \bar{Y}_{c.}| = 0.20$$

Si el valor teórico del estadístico de prueba es mayor que el valor absoluto de la diferencia entre los promedios de los esfuerzos de compresión. Se concluye que no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula (n.s).

Si el valor teórico del estadístico de prueba es menor que el valor absoluto de la diferencia entre los promedios de los esfuerzos de compresión. Se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alterna con un nivel de confianza de 95%

**Tabla A. 79:** Resultado de la prueba de Dunnett a los promedios de los tratamientos estudiados por erosión.

Relación	$D \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{a.} $	$D\alpha$	Significativo
I - II	0.204	0.480	n.s
I - III	0.111	0.480	n.s
I - IV	0.213	0.480	n.s
I - V	0.734	0.480	*
I - VI	1.032	0.480	*

ns = No significativo \* = Significativo

Tabla : Cuantiles de la distribución de Tukey q(n;m)

$\alpha = 0:05$	n														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
GL															
2	6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99	14.40	14.76	15.09	15.39	15.67	
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.15	10.35	10.52	
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83	8.03	8.21	8.37	8.52	8.66	
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60	7.72	
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.03	7.14	
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30	6.43	6.55	6.66	6.76	
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48	
9	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28	
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.72	5.83	5.93	6.03	6.11	
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.98	
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39	5.51	5.61	5.71	5.80	5.88	
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71	5.79	
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.55	5.64	5.71	
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.57	5.65	
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52	5.59	
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.54	
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50	
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.31	5.39	5.46	
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43	
21	2.94	3.56	3.94	4.21	4.42	4.60	4.74	4.87	4.98	5.08	5.17	5.25	5.33	5.40	
22	2.93	3.55	3.93	4.20	4.41	4.58	4.72	4.85	4.96	5.06	5.14	5.23	5.30	5.37	
23	2.93	3.54	3.91	4.18	4.39	4.56	4.70	4.83	4.94	5.03	5.12	5.20	5.27	5.34	
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.32	
25	2.91	3.52	3.89	4.15	4.36	4.53	4.67	4.79	4.90	4.99	5.08	5.16	5.23	5.30	
26	2.91	3.51	3.88	4.14	4.35	4.51	4.65	4.77	4.88	4.98	5.06	5.14	5.21	5.28	
27	2.90	3.51	3.87	4.13	4.33	4.50	4.64	4.76	4.86	4.96	5.04	5.12	5.19	5.26	
28	2.90	3.50	3.86	4.12	4.32	4.49	4.62	4.74	4.85	4.94	5.03	5.11	5.18	5.24	
29	2.89	3.49	3.85	4.11	4.31	4.47	4.61	4.73	4.84	4.93	5.01	5.09	5.16	5.23	
30	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82	4.92	5.00	5.08	5.15	5.21	
31	2.88	3.48	3.84	4.09	4.29	4.45	4.59	4.71	4.81	4.90	4.99	5.06	5.13	5.20	
32	2.88	3.48	3.83	4.09	4.28	4.45	4.58	4.70	4.80	4.89	4.98	5.05	5.12	5.18	
33	2.88	3.47	3.83	4.08	4.28	4.44	4.57	4.69	4.79	4.88	4.97	5.04	5.11	5.17	
34	2.87	3.47	3.82	4.07	4.27	4.43	4.56	4.68	4.78	4.87	4.96	5.03	5.10	5.16	
35	2.87	3.46	3.81	4.07	4.26	4.42	4.56	4.67	4.77	4.86	4.95	5.02	5.09	5.15	
36	2.87	3.46	3.81	4.06	4.25	4.41	4.55	4.66	4.76	4.85	4.94	5.01	5.08	5.14	
37	2.87	3.45	3.80	4.05	4.25	4.41	4.54	4.66	4.76	4.85	4.93	5.00	5.07	5.13	
38	2.86	3.45	3.80	4.05	4.24	4.40	4.53	4.65	4.75	4.84	4.92	4.99	5.06	5.12	
39	2.86	3.45	3.79	4.04	4.24	4.39	4.53	4.64	4.74	4.83	4.91	4.98	5.05	5.11	
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.73	4.82	4.90	4.98	5.04	5.11	
41	2.86	3.44	3.79	4.03	4.23	4.38	4.51	4.63	4.73	4.82	4.90	4.97	5.04	5.10	
42	2.85	3.44	3.78	4.03	4.22	4.38	4.51	4.62	4.72	4.81	4.89	4.96	5.03	5.09	
43	2.85	3.43	3.78	4.03	4.22	4.37	4.50	4.62	4.72	4.80	4.88	4.96	5.02	5.08	
44	2.85	3.43	3.78	4.02	4.21	4.37	4.50	4.61	4.71	4.80	4.88	4.95	5.02	5.08	
45	2.85	3.43	3.77	4.02	4.21	4.36	4.49	4.61	4.70	4.79	4.87	4.94	5.01	5.07	
46	2.85	3.42	3.77	4.01	4.20	4.36	4.49	4.60	4.70	4.79	4.87	4.94	5.00	5.06	
47	2.85	3.42	3.77	4.01	4.20	4.36	4.48	4.60	4.69	4.78	4.86	4.93	5.00	5.06	
48	2.84	3.42	3.76	4.01	4.20	4.35	4.48	4.59	4.69	4.78	4.86	4.93	4.99	5.05	
49	2.84	3.42	3.76	4.00	4.19	4.35	4.48	4.59	4.69	4.77	4.85	4.92	4.99	5.05	
50	2.84	3.42	3.76	4.00	4.19	4.34	4.47	4.58	4.68	4.77	4.85	4.92	4.98	5.04	

### Valores críticos para prueba de Dunnett

a= 0.05. Prueba de dos colas															
V	p=	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	16	21
5		2.57	3.03	3.29	3.48	3.62	3.73	3.82	3.90	3.97	4.03	4.09	4.14	4.26	4.42
6		2.45	2.86	3.10	3.26	3.39	3.49	3.57	3.64	3.71	3.76	3.81	3.86	3.97	4.11
7		2.36	2.75	2.97	3.12	3.24	3.33	3.41	3.47	3.53	3.58	3.63	3.67	3.78	3.91
8		2.31	2.67	2.88	3.02	3.13	3.22	3.29	3.35	3.41	3.46	3.50	3.54	3.64	3.76
9		2.26	2.61	2.81	2.95	3.05	3.14	3.20	3.26	3.32	3.36	3.40	3.44	3.53	3.65
10		2.23	2.57	2.76	2.89	2.99	3.07	3.14	3.19	3.24	3.29	3.33	3.36	3.45	3.57
11		2.20	2.53	2.72	2.84	2.94	3.02	3.08	3.14	3.19	3.23	3.27	3.30	3.39	3.50
12		2.18	2.50	2.68	2.81	2.90	2.98	3.04	3.09	3.14	3.18	3.22	3.25	3.34	3.45
13		2.16	2.48	2.65	2.78	2.87	2.94	3.00	3.06	3.10	3.14	3.18	3.21	3.29	3.40
14		2.14	2.46	2.63	2.75	2.84	2.91	2.97	3.02	3.07	3.11	3.14	3.18	3.26	3.36
15		2.13	2.44	2.61	2.73	2.82	2.89	2.95	3.00	3.04	3.08	3.12	3.15	3.23	3.33
16		2.12	2.42	2.59	2.71	2.80	2.87	2.92	2.97	3.02	3.06	3.09	3.12	3.20	3.30
17		2.11	2.41	2.58	2.69	2.78	2.85	2.90	2.95	3.00	3.03	3.07	3.10	3.18	3.27
18		2.10	2.40	2.56	2.68	2.76	2.83	2.89	2.94	2.98	3.01	3.05	3.08	3.16	3.25
19		2.09	2.39	2.55	2.66	2.75	2.81	2.87	2.92	2.96	3.00	3.03	3.06	3.14	3.23
20		2.09	2.38	2.54	2.65	2.73	2.80	2.86	2.90	2.95	2.98	3.02	3.05	3.12	3.22
24		2.06	2.35	2.51	2.61	2.70	2.76	2.81	2.86	2.90	2.94	2.97	3.00	3.07	3.16
30		2.04	2.32	2.47	2.58	2.66	2.72	2.77	2.82	2.86	2.89	2.92	2.95	3.02	3.11
40		2.02	2.29	2.44	2.54	2.62	2.68	2.73	2.77	2.81	2.85	2.87	2.90	2.97	3.06
60		2.00	2.27	2.41	2.51	2.58	2.64	2.69	2.73	2.77	2.80	2.83	2.86	2.92	3.00
120		1.98	2.24	2.38	2.47	2.55	2.60	2.65	2.69	2.73	2.76	2.79	2.81	2.87	2.95
∞		1.96	2.21	2.35	2.44	2.51	2.57	2.61	2.65	2.69	2.72	2.74	2.77	2.83	2.91