

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL



TRABAJO DE DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**ESTUDIO COMPARATIVO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA  
RELACION DE SOPORTE (CBR) EN LA VIA APAHUA ANGAMARCA  
ETAPA II DE LA PARROQUIA PILALO, CANTON PUJILI MEDIANTE LA  
ADICION DE CEMENTO Y ADITIVO ESTABILIZANTE “TECOFIX”.**

AUTOR:

CHANGO HERRERA JERRY DAVID

DIRECTOR:

Ing. Eddy Sánchez

QUITO, Agosto 2022

## **DEDICATORIA**

A mis padres por su apoyo incondicional, por su cariño y paciencia, por darme la confianza al iniciar este reto. A mis hermanos, por su apoyo y sus consejos para poder culminar mi carrera universitaria.

A mis familiares que brindaron su apoyo cuando inicie mis estudios, en especial a mi abuela que fue mi segunda madre durante un tiempo.

A mis amigos y compañeros por brindarme su amistad y apoyo cuando lo necesite.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme la fortaleza para poder culminar esta etapa de mi vida.

Al ingeniero Eddy Sánchez, director del trabajo de titulación, por su guía y paciencia en la corrección de este trabajo de titulación. Muchas gracias.

A mis lectores Ing. Jorge Bucheli, Ing. Juan Carlos Montero por el tiempo que dedicaron a la revisión del presente trabajo de titulación.

A laboratorios LDMS, en especial al Sr. Darwin Cadena por sus comentarios acertados y su experiencia de gran valor en la realización de esta investigación.

A todos los profesores de la facultad de Ingeniería de la PUCE, en especial al Arq. Diego Aguinaga, por su confianza cuando estaba iniciando la carrera.

A mi familia y amigos quienes acompañaron durante años de arduo estudio dentro de la facultad. Muchas gracias a todos.

## INDICE DE CONTENIDO

### CONTENIDO

CAPITULO I – ALCANCE Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	1
1.1    ALCANCE .....	1
1.2    OBJETIVOS.....	1
1.2.1    OBJETIVO GENERAL.....	1
1.2.2    OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	1
CAPITULO II –FUNDAMENTACION TEORICA .....	2
2.1 ESTABILIZACION DE SUELOS .....	2
2.2 VENTAJAS DE LOS SUELOS ESTABILIZADOS .....	3
2.2.1 VENTAJAS TÉCNICAS .....	3
2.2.2 VENTAJAS ECONÓMICAS Y AMBIENTALES.....	3
2.2.3 LIMITACIONES .....	3
2.3 TIPOS DE ESTABILIZACION DE SUELOS.....	4
2.3.1 Estabilización física .....	4
2.3.2 Estabilización química .....	5
2.3.4 Estabilización Con Cemento.....	7
2.4 TECOFIX COMO ESTABILIZANTE .....	9
2.5 ANALISIS AMBIENTAL.....	10
CAPITULO 3 – ENSAYOS DE LABORATORIO .....	11
3.1 RECOLECCION DE DATOS PREVIOS Y EJECUCION DE ENSAYOS...	11
3.1.1 Ubicación del estudio.....	12
3.2 CLASIFICACION DEL SUELO.....	13
3.2.1 Contenido de humedad.....	13
3.2.2 Granulometría .....	14
3.2.3 Limite Liquido .....	16

3.2.4 Limite Plástico .....	16
3.3 PROCTOR (MODIFICADO).....	17
3.3.1 Compactación.....	18
3.3.2 Energía de compactación .....	19
3.4 ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE .....	20
3.5 ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL INDICE CBR EN LABORATORIO.....	21
3.5.1 Corrección del CBR.....	23
CAPITULO 4 – RESULTADOS.....	24
4.1 PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	24
4.1.1 Ensayos suelo natural Calicata 1-10 .....	24
4.1.2 Criterio para diseñar las mezclas Suelo-Cemento, Suelo-Tecofix.....	24
4.1.3 Ensayos a la muestra representativa del tramo. ....	24
4.2 Volúmenes y costos de la vía a estabilizar.....	30
CAPITULO 5 – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
5.1 CONCLUSIONES .....	30
5.2 RECOMENDACIONES .....	32
BIBLIOGRAFIA.....	33
ANEXOS.....	35

## **Índice de Gráficos**

Gráfico 1:Densidad seca vs Humedad .....	18
Gráfico 2:Densidad seca máxima suelo natural, 7% cemento, 0.3% TECOFIX .....	25
Gráfico 3:Humedad optima suelo natural, 7% cemento, 0.3% TECOFIX. ....	26
Gráfico 4:Resistencia a la compresión a los 3 y 7 días para diferentes dosificaciones de suelo TECOFIX.....	28

Gráfico 5: Resistencia a la compresión a los 3 y 7 días para diferentes dosificaciones de suelo cemento. .... 28

Gráfico 6: Comparación índice CBR entre suelo natural y suelo estabilizado. .... 29

## **Índice de tablas**

Tabla 1: Rango de cemento requerido en estabilización suelo-cemento ..... 8

Tabla 2: Ubicación geográfica de las calicatas ..... 11

Tabla 3: Tamaño máximo de partículas. Fuente: Manual de Laboratorio Mecánica de suelos 1. (Montero & Albuja, 2018) ..... 13

Tabla 4: Tipos de suelo. Fuente: Manual de Laboratorio Mecánica de suelos 1. (Montero & Albuja, 2018) ..... 14

Tabla 5: Tamaño de partícula para Granulometría. Fuente: Manual de Laboratorio Mecánica de suelos 1. (Montero & Albuja, 2018) ..... 14

Tabla 6: Tipo de suelo según número de golpes. Fuente: Manual de Laboratorio Mecánica de Suelos 1. (Montero & Albuja, 2018). .... 19

Tabla 7: Resultados suelo natural Calicata 1-10 ..... 24

Tabla 8: Densidad seca máxima y humedad óptima suelo natural + % estabilizantes 25

Tabla 9: Resultados compresión simple suelo natural + adiciones ..... 27

Tabla 10: Resistencia última a la compresión según el número de días. .... 27

Tabla 11: Resultados índice CBR para suelo natural y % óptimos estabilizantes ..... 29

Tabla 12: Cantidades y costos de estabilización ..... 30

## **Lista de imágenes**

Imagen 1: Aditivo TECOFIX ..... 9

Imagen 2: Contaminación degradación de paisaje por extracción de materiales pétreos en el bosque Cerro Blanco ..... 10

Imagen 3: Recolección de muestras alteradas. .... 12

Imagen 4: Excavación para obtención de suelo natural ..... 12

Imagen 6: Ubicación de la vía en estudio. .... 12

Imagen 5: Ubicación geográfica de las 10 calicatas realizadas. .... 13

Imagen 7: Tamices para granulometría. .... 15

Imagen 8: Tamizado manual del suelo natural ..... 15

Imagen 9: Copa de casa Grande ..... 17

Imagen 10: Realización de ensayo Limite liquido .....	17
Imagen 11:Realización de ensayo Proctor .....	20
Imagen 12:Maquina compresión simple. ....	20
Imagen 13: Realización de ensayo de compresión simple a las muestras estabilizadas. .....	21
Imagen 15: Molde CBR. ....	23
Imagen 14:Realización de ensayo CBR.....	23

## **Anexos**

Anexo 1:Ensayos de Clasificación de suelo Calicata 1-10.....	35
Anexo 2: Ensayos Proctor (Modificado) Calicatas 1-10.....	48
Anexo 3: Ensayos CBR Calicata 1-10 .....	62
Anexo 4: Ensayos a la muestra representativa del tramo + adiciones de 7% cemento y +0.3% Tecofix.....	83
Anexo 5: Fotografías trabajo de campo y ensayos de laboratorio de la vía en estudio .....	94
Anexo 6: Ensayos de toxicidad al aditivo TECOFIX .....	101

## **CAPITULO I – ALCANCE Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **1.1 ALCANCE**

Esta investigación tiene como finalidad mejorar positivamente la capacidad de soporte del suelo y las características físico mecánicas del mismo mediante la relación de soporte de california (CBR) que presente el suelo de la Vía Apahua Angamarca Etapa II De La Parroquia Pilaló, Cantón Pujilí, una vez se haya estabilizado con diferentes dosificaciones de cemento Tipo MH (HOLCIM Base Vial) y aditivo TECOFIX, donde se realizarán ensayos de laboratorio a fin de determinar los parámetros de densidad seca máxima, contenido de humedad óptimo, porcentaje de mezcla suelo-cemento, suelo-TECOFIX, resistencia a la compresión de las diferentes dosificaciones, obteniendo así un porcentaje óptimo de estabilización para cada método en estudio, reduciendo así el uso de materiales pétreos adicionales en la estructura del pavimento.

### **1.2 OBJETIVOS**

#### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Comparar las características físicas y mecánicas del mejoramiento de la relación de soporte (CBR) de la sub-rasante mediante la adición de cemento y aditivo TECOFIX.

#### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar la caracterización del material de excavación proveniente de la Vía Apahua Angamarca Etapa II De La Parroquia Pilaló, Cantón Pujilí mediante los ensayos de clasificación de suelos: SUCS Y AASHTO.
- Determinar la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo de las diferentes mezclas mediante los ensayos de compactación (Próctor modificado).
- Determinar la resistencia a la compresión simple en probetas suelo-cemento, suelo-TECOFIX para cada una de las dosificaciones a realizar.
- Estudiar y evaluar el aumento de la capacidad de soporte del suelo mediante el ensayo CBR en laboratorio para cada dosificación a realizar.

## **CAPITULO II –FUNDAMENTACION TEORICA**

### **2.1 ESTABILIZACION DE SUELOS**

Es una técnica de construcción que consiste en el mejoramiento de las propiedades del suelo o materiales disponibles de terreno y tiene por objetivo mejorar las propiedades mecánicas, trabajabilidad, estabilidad y resistencia al corte. Por otra parte, un suelo es estable cuando en condiciones de saturación y cambios bruscos de clima y temperatura, los suelos presentan capacidad para soportar cargas dinámicas o estáticas sin sufrir deformaciones considerables (Angulo y Zabaleta, 2020).

Sin embargo, cuando un suelo a ser utilizado no reúne las características antes mencionadas y que son fundamentales para garantizar la estabilidad de una obra civil se puede mejorar este suelo con cualquiera de las siguientes opciones:

- Sustitución del suelo.
- Combinación de suelos.
- Estabilización (modificación de sus propiedades).

Por lo general la estabilización de suelos se realizan en suelos de subrasante inadecuado o pobre mediante la utilización de estabilizantes como el cemento, cal, asfalto y diferentes aditivos que existen en el mercado, dotándoles así de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas de aplicación de estos métodos de estabilización son variadas y van desde la adición de otro suelo hasta la aplicación de uno o más agentes estabilizadores, cualquier mecanismo de estabilización es seguido de un proceso de compactación para garantizar la resistencia deseada (Angulo y Zabaleta, 2020).

La estabilización de suelos para proyectos de vialidad tiene ventajas técnicas, medioambientales, económicas y sociales frente a la construcción convencional. Desde el punto de vista ambiental, la utilización del mismo suelo existente del proyecto reduce el consumo de áridos provenientes de la explotación de canteras o cauces de ríos. Por último, la estabilización trae consigo beneficios sociales a las comunidades y poblaciones dado que es una técnica constructiva de rápida ejecución que implica menores tiempos de intervención en la construcción de caminos, menor presencia de

maquinaria pesada en el entorno y una percepción positiva en el ambiente (Angulo y Zabaleta, 2020).

## **2.2 VENTAJAS DE LOS SUELOS ESTABILIZADOS**

### **2.2.1 VENTAJAS TÉCNICAS**

Un suelo estabilizado logra mejorar las características físicas y mecánicas del suelo, logra una mayor capacidad portante respecto al suelo natural sin tratar, asegura su estabilidad a lo largo del tiempo impidiendo cambios volumétricos por hinchamiento o retracción, disminuye las tracciones en la capa de rodadura, aumentando así la vida útil de la vía y por último permite una mejor serviciabilidad en obra (Becerra & Herrera, 2019).

### **2.2.2 VENTAJAS ECONÓMICAS Y AMBIENTALES**

- Permite la utilización de suelos de la misma zona de estudio evitando así la explotación y utilización de material pétreo proveniente de canteras o ríos.
- Reduce las intervenciones por mantenimiento.
- Plazos de ejecución relativamente cortos, ya que la aplicación del agente estabilizante se lo realiza con equipos de alto rendimiento.
- Mayor rigidez y menor distribución de las cargas aplicadas al pavimento, logrando así la construcción de estructuras de pavimento con espesor bajo o menores números de capas (Federación Interamericana del Cemento, 2007).

### **2.2.3 LIMITACIONES**

Tecofix es un novedoso y completo sistema de estabilización de suelos de 3ra generación que compacta los caminos de tierra y les otorga una resistencia similar a la del cemento. Es respetuoso con el entorno ecológico, sus tiempos de aplicación son rápidos y costos más razonables. Tecofix es un derivado de los polímeros capaz de aproximarse a los resultados obtenidos en estabilizaciones con cal y/o cemento, pero sin los problemas de fisuración o incompatibilidad con el suelo natural (yesos o materia orgánica). Es una emulsión iónica copolímero, ecológica y no contaminante. Se puede colocar sobre cualquier tipo de suelo: arena, tierra, greda u otros. Compacta los caminos y les otorga una dureza similar o incluso superior a la del cemento

logrando así una estructura de pavimento que resista las sollicitaciones de tráfico durante su vida útil (Adoblock Ecuador).

Por otro lado, el suelo cemento es un material en el cual se producen grietas de retracción, las cuales pueden reflejar en las capas bituminosas superiores, para ello es necesario hacer uso del cemento adecuado y/o técnicas de pre-fisuración. Se debe hacer uso de un cemento adecuado antes de construir con suelos de mediana a alta plasticidad ya que el mezclado sería difícil y el tiempo para el mezclado suelo-cemento está limitado por el fraguado del cemento (Becerra & Herrera, 2019).

## **2.3 TIPOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS**

### **2.3.1 Estabilización física**

Este tipo de estabilización se utiliza para mejorar el suelo produciendo cambios físicos dentro del mismo, dentro de los cuales se identifica:

- **Combinación o mezcla de suelos:** es un método muy utilizado, pero, por sí solo no logra producir los efectos deseados, necesitándose siempre la compactación como complemento. Este tipo de estabilización considera la combinación o mezcla de materiales del suelo existente con materiales de préstamo (cantera). Por ejemplo, suelos como gravas o arenas limpias tienen una alta fricción interna que les permite soportar altos esfuerzos, sin embargo, esta cualidad no significa que sea estable como para ser considerado material de pavimento en una carretera, dado que al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y con el paso del tráfico se pueden separar e incluso desprenderse del pavimento. Por el contrario, las arcillas tienen una gran cohesión, pero muy poca fricción lo que provoca que pierda estabilidad cuando existe saturación. La mezcla adecuada de estos dos tipos de suelo puede lograr como resultado un material estable en el que se puede aprovechar la fricción interna de uno y la cohesión del otro para que las partículas se mantengan unidas, luego del mezclado se conformara y compactara cumpliendo las exigencias de densidad y espesores especificados en el proyecto (Angulo y Zabaleta, 2020).

- **Sustitución de suelos:** Este método es frecuentemente usado para la capa de subrasante donde por factores de baja capacidad de soporte, materiales inadecuados o contaminados y con muy poco aporte para el pavimento, se realiza una remoción del suelo existente y se adiciona un material de mejores características de acuerdo con la exigencia del pavimento, la cargas a aplicarse y que este contemplado dentro de las especificaciones técnicas del proyecto (Angulo y Zabaleta, 2020).
- **Geosintéticos:** A diferencia de los suelos, los geosintéticos proveen resistencia a la tracción y una mejora significativa en el rendimiento y construcción de pavimentos. La experiencia de los geosintéticos frente a los agentes agresivos y respecto a su resistencia mecánica ha permitido la diversificación funcional, por ejemplo, la función drenante y anticontaminante es la función específica de los geotextiles, la función de armado, refuerzo de terreno o de los pavimentos está a cargo de las geomallas, y la función de impermeabilización o protección pertenece al campo de las geomembranas (Angulo y Zabaleta, 2020).

### **2.3.2 Estabilización química**

Este tipo de estabilización puede ser de naturaleza orgánica e inorgánica y se subdivide en estabilizaciones de tipo ácido, neutral y alcalino. La estabilización de tipo ácido y alcalino actúan atacando químicamente el suelo, teniendo mayor efecto en arcillas produciendo una reacción que modifica los componentes de naturaleza cementante (Guamán, I. 2016).

- **Estabilización con cemento**

Es uno de los métodos más utilizados debido a sus ventajas económicas como ingenieriles, mejorando su resistencia y durabilidad de manera notable. La adición de pequeñas cantidades de cemento como 2 o 3 % puede modificar las propiedades del suelo mientras que si se adiciona del 5 al 6% cambia considerablemente sus propiedades logrando una mayor capacidad portante en la estructura del pavimento (Guamán, I. 2016).

- **Estabilización con cal**

Se usa generalmente en suelos con presencia de arcillas con el objetivo de incrementar su resistencia y disminuir su cambio volumétrico debido a cambios en el contenido de humedad. Tiene una reacción con el suelo arcilloso formando un nuevo compuesto de silicato de calcio el cual es resistente e insoluble al agua (Guamán, I. 2016).

- **Estabilización con sales**

Conocidos también como deliquescentes, son materiales que tienen la capacidad de absorber humedad y licuarse lentamente con la presencia de agua como el cloruro de sodio (NaCl), cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>), cloruro de magnesio (MgCl), cloruro de potasio (KCl). Se utiliza principalmente en suelos arcillosos, teniendo menor efecto para arenas y limos. Son impermeabilizantes y disminuyen los polvos en suelos finos. Por su ventaja económica los más utilizados son el cloruro de sodio (sal común) y el cloruro de calcio (Guamán, I. 2016).

- **Estabilización con resinas y polímeros**

El objetivo de este tipo de estabilización es realizar una estructura impermeable al agua. Las resinas sintéticas como las del sistema anilina y furfural de origen orgánico aumentan la resistencia de los suelos. La anilina es un derivado líquido del alquitrán del hule y el furfural es producido en refinerías del derivado del maíz, mezclados los dos en dos partes a una, reaccionando forman una resina viscosa que se endurece lentamente hasta alcanzar su forma sólida. La cantidad para utilizar es del 1 al 2 % en peso como valor óptimo el cual tiene mayor efecto en suelos de naturaleza ácida. Los polímeros pueden ser de tres tipos: catiónicos, aniónicos y no-iónicos (Guamán, I. 2016).

Los de tipo catiónico tales como armeen y arquad tienen carga positiva que tienen ligaduras muy fuertes con las cargas negativas de las partículas de las arcillas y arenas finas lo cual mejora la resistencia al corte del suelo. Los aniónicos como los sulfonatos y lignosulfonatos son utilizados más como agentes que logran una mejor compactación del suelo. Los no-iónicos tales como el alcohol polivinílico y la celulosa carbometilica

tienen una carga negativa OH- que se unen a la carga positiva de las partículas arcillosas del suelo (Guamán, I. 2016).

### **2.3.3 Estabilización mecánica**

Este tipo de estabilización es en el cual se aplica una compactación y densificación del suelo sin que se produzca una adhesión de compuestos químicos, este tipo de mejoramiento se lo consigue con maquinaria pesada y se logra un mejoramiento considerable debido a las cargas aplicadas al suelo (Burgos & Benalcazar. 2020). Dentro de los métodos más utilizados para un mejoramiento mecánico se puede considerar:

- Método de rodillo vibrante
- Compactación dinámica

### **2.3.4 Estabilización Con Cemento**

Consiste en la construcción de una o más capas de suelo de estabilizados con cemento portland, de acuerdo con las especificaciones técnicas, así como las dimensiones, alineamientos y secciones transversales indicados en un proyecto. los suelos de estabilizado con cemento portland pueden ser material de afirmado o provenir de la escarificación de la capa superficial existente o ser un suelo natural procedente de excavaciones o zonas de préstamo, agregados locales o mezclas de ellos (Becerra & Herrera. 2019).

#### **Suelo modificado con cemento.**

Se utiliza en subrasantes y explanadas y consiste en la mezcla de suelo y una cantidad pequeña de cemento inferior al 2% en peso con el objetivo de mejorar algunas propiedades del suelo, como por ejemplo reducir los cambios volumétricos, incrementar ligeramente la relación de soporte CBR o disminuir el índice de plasticidad. Este tipo de mejoramiento se utiliza generalmente en suelos de grano fino, plástico y a veces con humedades naturales excesivas que presentan problemas de expansividad, compactación y baja capacidad portante (Becerra & Herrera. 2019).

Debido a su restringida resistencia se recomienda su uso en subrasantes de pavimentos de tráfico ligero y medio. Para el caso de tráfico pesado y de alto volumen, sobre el

suelo modificado con cemento, es recomendable colocar una subrasante de mayor capacidad portante (Federación Interamericana del Cemento, 2007)

La adición de cemento debe optimizar las propiedades mecánicas del suelo, sin llegar a contextos de rigidez similares a los morteros hidráulicos. El profesional responsable debe cerciorarse que los finos pasantes al tamiz N° 200 en el suelo, se encuentre entre el 5% y 35% antes de ser mezclados con cemento. Se puede utilizar todas las tipologías de cementos, pero, por lo general se recomienda los de fraguado y endurecimiento normales y en caso de que se requiera neutralizar los efectos de la materia orgánica, se emplearan cementos de alta resistencia (Becerra & Herrera. 2019).

Las propiedades suelo cemento dependen:

- Tipo y cantidad de suelo, cemento y agua.
- Ejecución.
- Edad de mezcla compactada y tipo de curado.

Los suelos granulares de tipo A-1, A-2 Y A-3, con finos de plasticidad baja a media ( $LL < 40$ ,  $IP < 18$ ) son los más apropiados para estabilizar con cemento. La resistencia suelo cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. Al incorporar cemento a un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su IP disminuye y su LL varía ligeramente, la dosificación suelo cemento puede establecer aproximadamente en función al tipo de suelo según lo siguiente:

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A - 1 - a	3 - 5
A - 1 - b	5 - 8
A - 2	5 - 9
A - 3	7 - 11
A - 4	7 - 12
A - 5	8 - 13
A - 6	9 - 15
A - 7	10 - 16

Tabla 1: Rango de cemento requerido en estabilización suelo-cemento

**Fuente:** Federal Highway Administration (FHWA)

## **Composición del cemento**

El cemento tipo MH para mejoramiento vial no se considera peligroso, sin embargo, en caso de derrame en grandes cantidades en el agua se puede producir una ligera subida en el valor del Ph por lo que en ciertas circunstancias podría representar un riesgo para la vida acuática (UNACEM, 2019).

### **2.4 TECOFIX COMO ESTABILIZANTE**

El aditivo Tecofix es una emulsión y iónica copolímera, ecológica, no contaminante que es empleado en la estabilización de bases y subbases. Este es un producto de tercera generación aplicado los suelos que van a ser utilizados para carreteras, este producto otorga una dureza similar a la del cemento. Este químico es un derivado de polímeros, resultados obtenidos son similares a estabilizantes convencionales como la cal y el cemento, Pero sin los problemas de fisuración o incompatibilidad con el suelo natural (materia orgánica o yesos). es un compuesto líquido de color blanquecino, el cual forma una capa plástica alrededor de las partículas del suelo y especialmente en las partículas de arcilla (LandFix, 2013).

Tecofix tiene una propiedad que permite a las partículas del suelo neutralizar las cargas eléctricas permitiendo así un mayor grado de compactación, como resultado se tiene un aumento en la fricción entre las partículas lo que ocasiona que el suelo que se está aplicando este aditivo logre una mayor capacidad portante y resista las cargas a las cuales va a estar aplicado.



*Imagen 1: Aditivo TECOFIX*

**Fuente:** Geocompact

## **2.5 ANALISIS AMBIENTAL**

Es claro que la extracción de materiales pétreos para mejoramiento de suelos afecta la imagen de la zona donde se encuentra la cantera, por ello la estabilización de suelos busca evitar la contaminación por el uso de materiales de préstamo y el desalojo de material existente. Con ello se reutiliza el mismo material in-situ añadiéndole un porcentaje óptimo de estabilizante que incrementara la capacidad portante del mismo.

No todos los tipos de estabilizaciones garantizan que no se contamine el suelo, por ejemplo, la estabilización con cemento es cierto que mejora notablemente la capacidad portante del suelo, pero causa un cambio en el color natural del mismo. De igual manera con los estabilizantes bituminosos como los asfaltos cambian las propiedades químicas del suelo contaminándolo y haciendo que reduzca su Ph. A continuación, se muestra un ejemplo de contaminación por materiales de préstamo:



*Imagen 2: Contaminación degradación de paisaje por extracción de materiales pétreos en el bosque Cerro Blanco*

**Fuente:** Alcaldía de Guayaquil

## CAPITULO 3 – ENSAYOS DE LABORATORIO

### 3.1 RECOLECCION DE DATOS PREVIOS Y EJECUCION DE ENSAYOS

Para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las muestras de suelo, es necesario realizar ensayos correspondientes de identificación del suelo, contenidos óptimos de humedad, resistencia del suelo natural, relación de soporte CBR, entre otros, que permitirán conocer el comportamiento de las muestras del suelo antes y después de haber sido combinadas con cemento y Tecofix respectivamente. Por lo tanto, se realizaron los ensayos de caracterización correspondientes en 10 calicatas a una profundidad de 0,50 metros cada 500 metros como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2: Ubicación geográfica de las calicatas

Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Altura (msnm)	Ubicación (m)
1	729267	9886812	4031	0+000
2	729461	9886478	4036	0+500
3	729480	9886127	4032	1+000
4	729484	9885657	4023	1+500
5	729732	9885263	4013	2+000
6	729809	9884779	3974	2+500
7	730114	9884893	3931	3+000
8	730745	9884874	3902	3+500
9	731137	9884679	3886	4+000
10	730678	9884337	3854	4+500

**Fuente:** El autor.



Imagen 4: Excavación para obtención de suelo natural



Imagen 3:Recoleccion de muestras alteradas.

### 3.1.1 Ubicación del estudio

La vía en estudio se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi sector Apahua Angamarca parroquia Pilaló cantón Pujilí y constituye una arteria importante para desarrollar el buen vivir de la zona ya que permite mejorar la productividad y por ende el desarrollo económico. A continuación, se muestra la ubicación mediante las coordenadas presentadas en el cuadro anterior:

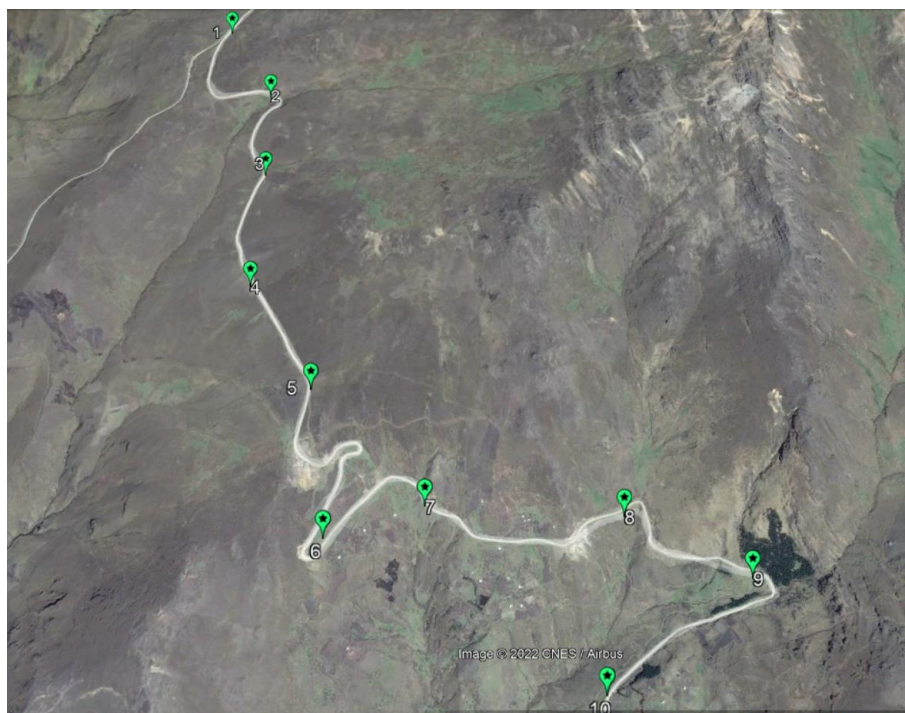


Imagen 5: Ubicación de la vía en estudio.

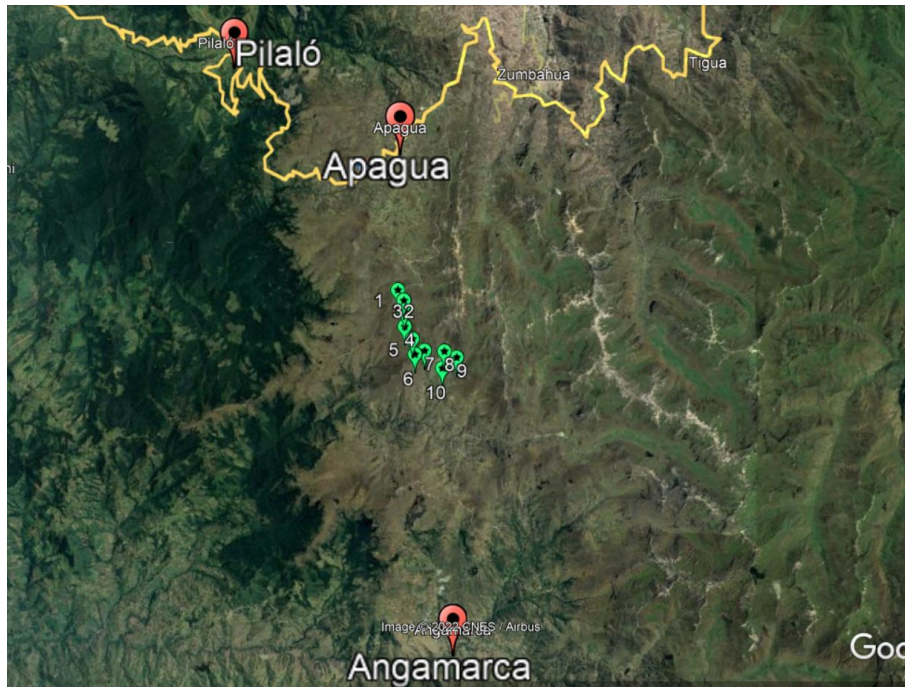


Imagen 6: Ubicación geográfica de las 10 calicatas realizadas.

**Fuente:** Google Earth.

### 3.2 CLASIFICACION DEL SUELO

#### 3.2.1 Contenido de humedad

##### Preparación para el ensayo

Con el objetivo de obtener una muestra representativa del material a analizarse, se deberá determinar el tamaño máximo de las partículas que la constituyan.

TAMAÑO MÁXIMO DE LA PARTICULA		MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA	MASA MÁXIMA DE LA MUESTRA
INEN (mm)	ASTM	(gr)	(gr)
≤ 2.00mm	No 10	20	20
≤ 4.75mm	No 4	100	20
≤ 9.50mm	3/8"	500	50
≤ 19.00mm	1/4"	2500	250
≤ 37.50mm	1 1/2"	10000	1000
≤ 75.00mm	3"	50000	5000

Tabla 3: Tamaño máximo de partículas. Fuente: Manual de Laboratorio Mecánica de suelos 1. (Montero & Albuja, 2018)

##### Procedimiento del ensayo

1. Seleccionar un recipiente adecuado identificado que soporte altas temperaturas y medir su masa  $M(t)$  "Recipiente".

2. Colocar la muestra obtenido en un recipiente adecuado y determinar su masa  $M(m+t)$  “muestra natural + recipiente”.
3. Introducir el recipiente con la muestra en el horno a temperatura constante de  $110\pm 5C$  (la temperatura puede variar dependiendo del material. ASTM D2974) hasta que la masa  $M(m+t)$  sea constante (ASTM INTERNATIONAL, 2006)
4. Extraer el recipiente del horno y medir su masa  $M(ms+t)$  “Muestra seca + recipiente”.
5. Calcular la masa de la muestra seca.
6. Este procedimiento deberá realizarse con, al menos, dos muestras cuyos valores no deberán exceder del 7.8% de variación, caso contrario se deberá repetir el ensayo (ASTM INTERNATIONAL, 2006).

### 3.2.2 Granulometría

#### Preparación para el ensayo

1. Establecer el contenido de humedad del material.
2. La masa de material a humedad natural a analizarse para este ensayo corresponderá a:

TIPO DE SUELO	TAMIZ No 10	MASA SECA MÍNIMA
ARCILLOSOS O LIMOSOS	Retiene	400gr
ARCILLOSOS O LIMOSOS	Pasa	115gr
ARENOSOS	Pasa	65gr

Tabla 4: Tipos de suelo. Fuente: Manual de Laboratorio Mecánica de suelos 1. (Montero & Albuja,2018)

TAMAÑO MÁXIMO DE LA PARTICULA		MASA SECA MÍNIMA DE MUESTRA	SENSIBILIDAD DE LA BALANZA ( $\pm 0.1\%$ )
INEN (mm)	ASTM	(kg)	(gr)
$\leq 9.50\text{mm}$	3/8"	0.5	0.5
$\leq 19.00\text{mm}$	3/4"	1	1
$\leq 26.50\text{mm}$	1"	2	2
$\leq 37.50\text{mm}$	1 1/2"	3	3
$\leq 53.00\text{mm}$	2"	4	4
$\leq 75.00\text{mm}$	3"	5	5

Tabla 5: Tamaño de partícula para Granulometría. Fuente: Manual de Laboratorio Mecánica de suelos 1. (Montero & Albuja,2018)

#### Procedimiento del ensayo

- **Vía húmeda**

1. Se colocan los tamices No 40 sobre el tamiz No 200 y la muestra de suelo a analizarse se coloca sobre el tamiz No 40 (ASTM INTERNATIONAL, 2006).
2. Se añade agua a un caudal apropiado para no dañar el tamiz y se aplica una leve presión sobre el material con el fin de disolver los grumos.
3. Se debe realizar el segundo paso hasta que el agua residual que pase por los tamices sea clara sin denotar material fino acarreado.
4. Se recoge el suelo retenido por cada uno de los tamices y se coloca a secar (ASTM INTERNATIONAL, 2006).

- **Vía seca**

1. Colocar los tamices 3", 2", 1 ½", 1", 3/8", ¾" y No 4 y la muestra en la parte superior y tamizar. Se recomienda tamizadora automática. Una vez terminado el tamizaje se saca el material retenido en cada tamiz para pesarlo.



*Imagen 7: Tamices para granulometría.*



*Imagen 8: Tamizado manual del suelo natural*

**Fuente:** El autor

### **3.2.3 Limite Liquido**

#### **Procedimiento del ensayo.**

1. Primero, se deberá colocar el equivalente en masa natural de 145 gr de material seco que pase el tamiz No 40 en el horno y secarlo.
2. Luego, se añade a la muestra obtenida una pequeña cantidad de agua mezclándose hasta que se uniformice.
3. Se coloca la muestra de suelo en la copa de Casagrande, colmándose el tercio inferior de la copa y enrazando el exceso.
4. Realizar una ranura en la pasta mediante un solo movimiento cuidando que todo el material se encuentre separado por la ranura. (INEN ECUADOR, 1982).
5. Activar el equipo hasta que ambas porciones vuelvan a juntarse y visualizar el número de golpes necesarios para ello.
6. Retirar el tercio de la muestra donde ambas porciones se unieron.
7. Finalmente, pesar e identificar un recipiente resistente a altas temperaturas, colocar la masa obtenida en el ensayo dentro del mismo y secarlo en el horno con el fin de establecer su contenido de humedad.
8. Este ensayo deberá ser ejecutado al menos tres veces, obteniendo un ensayo de 15 a 20 golpes, uno de 20 a 25 golpes y uno de 25 a 30 golpes (ASTM INTERNATIONAL, 2006).

### **3.2.4 Limite Plástico**

#### **Procedimiento del ensayo**

1. Para realizar este ensayo se usarán 15 gr del material secado en el ensayo de limite líquido.
2. Se deberá dividir la muestra en porciones aproximadas de 2 gr.
3. A cada una de esas porciones deberá agregársele el agua suficiente para lograr formar pequeños cilindros de 3.2mm de diámetro que no presenten fisuras en su superficie.
4. Colocar en grupos de 3 porciones de material en recipientes previamente identificados y pesados y colocarlos en el horno para determinar su contenido

de humedad (American Association of State Highway Transportation Officials, 1997).



*Imagen 9: Copa de casa Grande.*



*Imagen 10: Realización de ensayo Limite liquido*

**Fuente:** El autor.

### **3.3 PROCTOR (MODIFICADO).**

El ensayo Proctor modificado consiste en determinar la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo de una muestra mediante un proceso normalizado de compactación. Para una mayor comprensión a continuación se describe brevemente el

concepto de compactación (American Association of State Highway Transportation Officials, 1999).

### 3.3.1 Compactación

Proceso que tiene por objetivo incrementar la resistencia y la relación esfuerzo-deformación de un material mediante el acomodo de sus partículas y la reducción de su volumen de vacíos. Esto se logra por la aplicación de energía de compactación con maquinaria especializada en un intervalo de tiempo determinado. La utilización de agua en cantidades adecuadas es fundamental para el proceso de compactación debido a que contribuye disgregando los cúmulos de material cohesivo que puedan presentarse en el material, orientando la energía mayormente a la compactación apropiada del suelo.

Una forma efectiva de evaluar el grado de compactación de una muestra en laboratorio es realizando la medición de la densidad seca de la muestra. Por otro lado, se ha demostrado experimentalmente que un exceso de agua en el proceso de compactación resulta desventajoso ya que el agua pasa a desplazar partículas sólidas reduciendo su densidad seca (Bustamante, 2002).

**Fuente:** Universidad Nacional de Ingeniería. (2006)

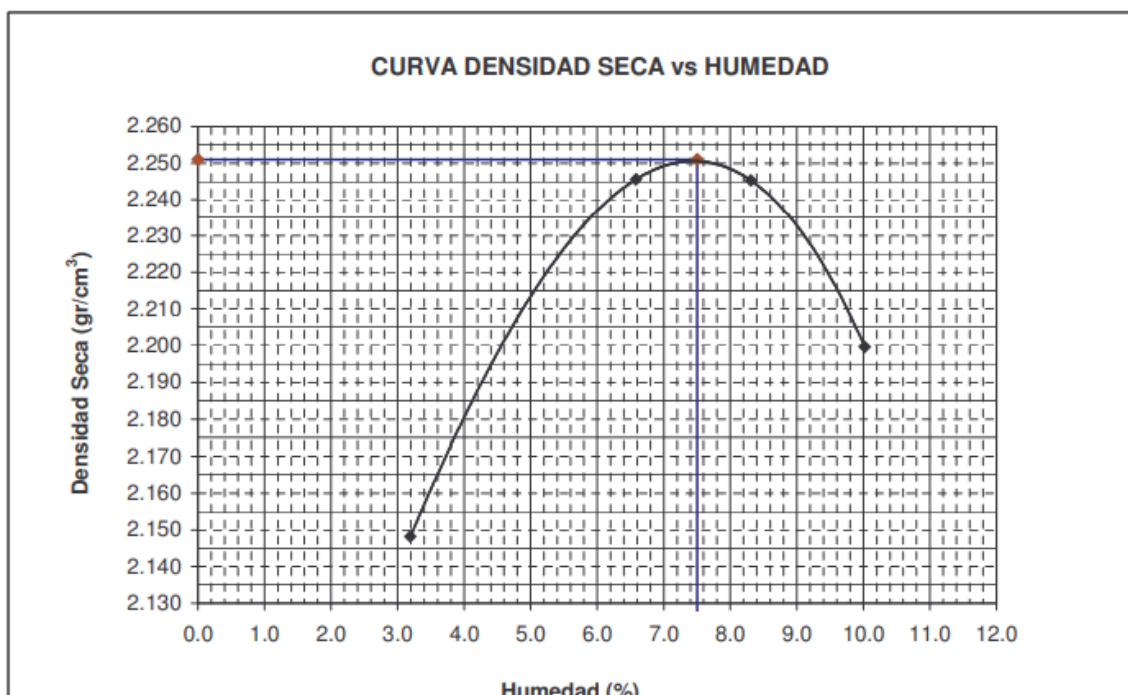


Gráfico 1: Densidad seca vs Humedad

### 3.3.2 Energía de compactación

Tendrá un impacto importante en la cantidad de humedad necesaria por un material para alcanzar su densidad seca máxima o grado de compactación óptimo. Esta relación puede ser descrita como inversamente proporcional ya que mientras mayor sea la energía de compactación aplicada al suelo, menor será la humedad necesaria para alcanzar su densidad seca máxima.

#### Preparación del ensayo

1. Se determina el tipo de suelo que se va a analizar.

#### Procedimiento de ensayo:

1. La masa requerida definida por el tipo de suelo se distribuye en 4 porciones que a continuación se variara su contenido de humedad.
2. Identificar el molde y definir su masa excluyendo el collarín superior.

TIPO	MOLDE	PASA POR	No CAPAS	No GOLPES	VOL. MOLDE	MASA REQUERIDA	
						SECA	HÚMEDA
A	4 plg	No 4	3	25	944 cm <sup>3</sup>	16kg	23kg
B	4 plg	3/8"	3	25	944 cm <sup>3</sup>	16kg	23kg
C	6 plg	3/4"	3	56	2124 cm <sup>3</sup>	29kg	45kg

Tabla 6: Tipo de suelo según número de golpes. Fuente: Manual de Laboratorio Mecánica de Suelos 1. (Montero & Albuja, 2018).

3. Colocar el collarín y disponer el material de una de las porciones tal como se expresa en la tabla anterior, respetando tanto el número de capas como de golpes por cada capa.
4. Retirar el collarín del molde y enrasar la muestra.
5. Precisar la masa molde + muestra.
6. Extraer una fracción de material representativa dependiendo del tamaño de su partícula y secarla en el horno con el fin de determinar su contenido de humedad.
7. Graficar los resultados de contenido de humedad y peso específico seco.
8. Determinar en el gráfico el peso específico seco máximo y la humedad óptima.



*Imagen 11: Realización de ensayo Proctor*

**Fuente:** El autor.

### **3.4 ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE**

Este ensayo es un tipo especial de prueba triaxial no consolidada y no drenada, y que tiene por objetivo determinar la resistencia a la compresión no confinada ( $q_u$ ) de un cilindro de suelo cohesivo o semi-cohesivo. En este método de ensayo, se le aplica a la probeta una carga axial y a medida que la muestra se deforma crecientemente, se obtienen cargas correspondientes. Se registran las cargas de falla y deformación para obtener la resistencia a la compresión inconfiada (Montero & Albuja, 2018).

#### **Equipos**

- Máquina de compresión inconfiada.
- Deformímetro de caratula (precisión 0.01 mm/división)



*Imagen 12: Máquina compresión simple.*

**Fuente:** El autor.

### **Procedimiento**

1. Se toma la muestra de limo arcilloso, se determina su contenido de humedad mediante un horno a temperatura constante.
2. A dos cilindros del mismo material se les pesa, se toman 3 medidas de su altura y diámetro para posteriormente promediarlas.
3. Se ingresa la muestra en la máquina de compresión simple en el medio del aparato de carga de modo que se encuentre centrada con el fondo del plato.
4. Se verifica que indicador marque cero para registrar la lectura inicial del aparato.
5. Se aplica carga a la muestra tomando lecturas de carga y deformación correspondientes cada 15 segundos, se continúa cargando la muestra hasta que el 15% de deformación sea alcanzado y se produzca la rotura.



*Imagen 13: Realización de ensayo de compresión simple a las muestras estabilizadas.*

**Fuente:** El autor.

### **3.5 ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL INDICE CBR EN LABORATORIO.**

La prueba de CBR consiste en determinar la carga que hay que aplicar a un pistón circular de 19,35 cm<sup>2</sup> para introducirlo en una muestra de suelo a una velocidad de 1,27 mm/min y hasta obtener una penetración de 2,54mm. A través de este

procedimiento se determina el índice CBR que es la relación entre la carga determinada requerida para penetrar 0,1” (0,25 cm) y 0,2” (0,5 cm) y la carga unitaria requerida para penetrar la misma cantidad en una piedra picada bien gradada estándar, esta relación se expresa en porcentaje.

### **Preparación del ensayo**

1. Determinar la humedad óptima y densidad máxima de las muestras mediante el ensayo Proctor modificado.
2. El material que va a ensayarse debe presentar un contenido de humedad dentro de  $\pm 0.5\%$  al contenido de humedad óptimo.
3. Obtener los pesos de 3 moldes con collarines y placas de base. Colocar el disco espaciador en sobre la base del molde.
4. Compactar la muestra en tres moldes CBR estandarizados de 15,24 cm de diámetro y 17,78 cm de altura. La muestra se compacta en 3 capas por molde siendo la energía de compactación de cada molde de 56, 25 o 11 golpes por capa mediante una maza de 2,5 kg que se deja caer libremente desde una altura de 305 mm.
5. Posteriormente se enraza el molde, se desmonta y se vuelve a montar invertido.
6. Se satura la muestra colocando una sobrecarga equivalente de 5lbs sobre la placa perforada por cada 3” de material que se proyecte colocar sobre el nivel de subrasante.
7. Se determina la dilatación de la muestra a lo largo del periodo de saturación (mínimo 4 días) hasta que su variación de volumen sea nula.
8. Finalmente se elimina el exceso de humedad, retirando simultáneamente las pesas, placa perforada y papel filtro (Montero & Albuja, 2004)

### **Procedimiento de ensayo**

1. Se colocan nuevamente las pesas sobre la muestra a ensayarse.
2. Se ubica cuidadosamente la muestra sobre la máquina, elevándola hasta que exista contacto con la prensa.
3. Con la ayuda de un cronómetro se controla la velocidad de penetración a 0.05” /min.

4. Para finalizar, se toma una muestra de la capa superior para determinar su contenido de humedad.

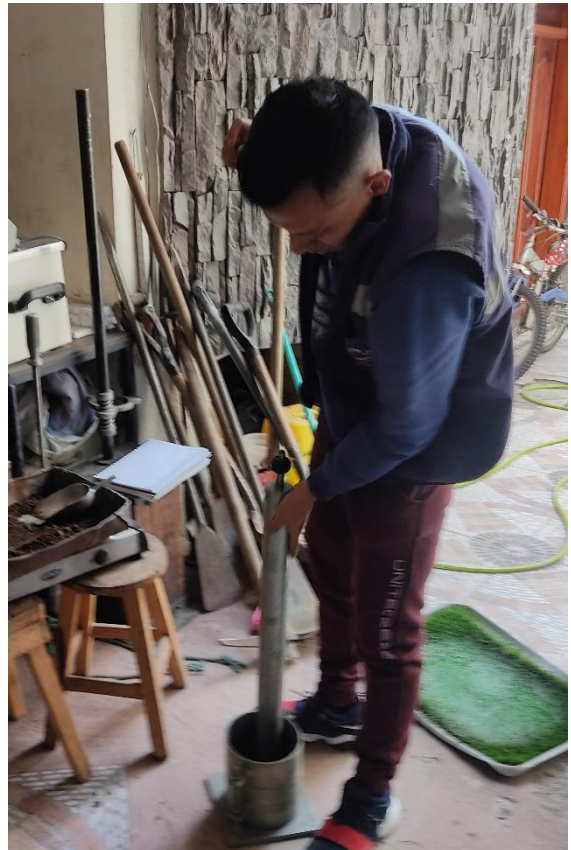
### 3.5.1 Corrección del CBR

Una vez ensayados los 3 moldes, se realizará una gráfica “densidad seca vs CBR” con los resultados de los ensayos. Posteriormente se corta la gráfica con el valor de 95% de densidad seca máxima obtenido del ensayo Proctor modificado.



*Imagen 14: Molde CBR.*

**Fuente:** El autor.



*Imagen 15: Realización de ensayo CBR.*

## CAPITULO 4 – RESULTADOS

### 4.1 PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

#### 4.1.1 Ensayos suelo natural Calicata 1-10

PTO	Coordenadas		ALTURA (msnm)	UBICACIÓN	SUCS	AASHTO	Yd max (kg/cm3)	W opt %	CBR %
	X	Y							
1	729267	9886812	4031	0+000	CL	A-6	1.568	14.1	9.4
2	729461	9886478	4036	0+500	CL	A-6	1.543	14.86	8.1
3	729480	9886127	4032	1+000	SC	A-2-6	1.625	12.71	11.2
4	729484	9885657	4023	1+500	SC	A-2-6	1.626	14.96	10.5
5	729732	9885263	4013	2+000	OL	A-4	1.496	13.85	7.7
6	729809	9884779	3974	2+500	OL	A-4	1.486	15.33	6.7
7	730114	9884893	3931	3+000	CL	A-6	1.595	15.23	8.85
8	730745	9884874	3902	3+500	OL	A-4	1.497	16.88	7.4
9	731137	9884679	3886	4+000	OL	A-4	1.478	15.13	6.85
10	730678	9884337	3854	4+500	OL	A-4	1.476	15.8	6.9

Tabla 7: Resultados suelo natural Calicata 1-10

En el estudio, mediante muestreo de campo se encontró suelos arenosos, arcillosos con presencia de material orgánico que predomina en más de la mitad del tramo con clasificación CL según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Las muestras fueron extraídas a una profundidad de 0,50 metros encontrándose predominantemente con suelos limosos.

#### 4.1.2 Criterio para diseñar las mezclas Suelo-Cemento, Suelo-Tecofix

*Carvajal de la Rosa & Pozo (2019)* señala que para obtener el diseño tanto para la estabilización con cemento como Tecofix, se mezclan las muestras de todas las calicatas extraídas para obtener una muestra representativa homogénea de todo el tramo en estudio para así poder obtener los nuevos parámetros de densidad seca máxima y humedad óptima que nos ayude a diseñar las muestras a ensayar y así conocer el porcentaje óptimo estabilizante.

#### 4.1.3 Ensayos a la muestra representativa del tramo.

Se procede a realizar los ensayos Proctor (modificado), Compresión simple y CBR a la muestra representativa natural y a las diferentes dosificaciones de cada método estabilizante.

### Resultados compactación Proctor Modificado.

Proctor	Suelo Natural	Suelo + cemento (7%)	Suelo + Tecofix (0.3%)
Densidad seca máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.621	1.689	1.719
Humedad Optima (%)	13.57	12.58	9.73

Tabla 8: Densidad seca máxima y humedad optima suelo natural + % estabilizantes

**Fuente:** El autor.

Al analizar la tabla 8, la densidad seca máxima vs contenido de cemento y Tecofix, se observa que la densidad con el 7% de cemento y 0.3% de Tecofix es mayor a la del suelo natural, lo que evidencia un claro mejoramiento en las características de compactación.

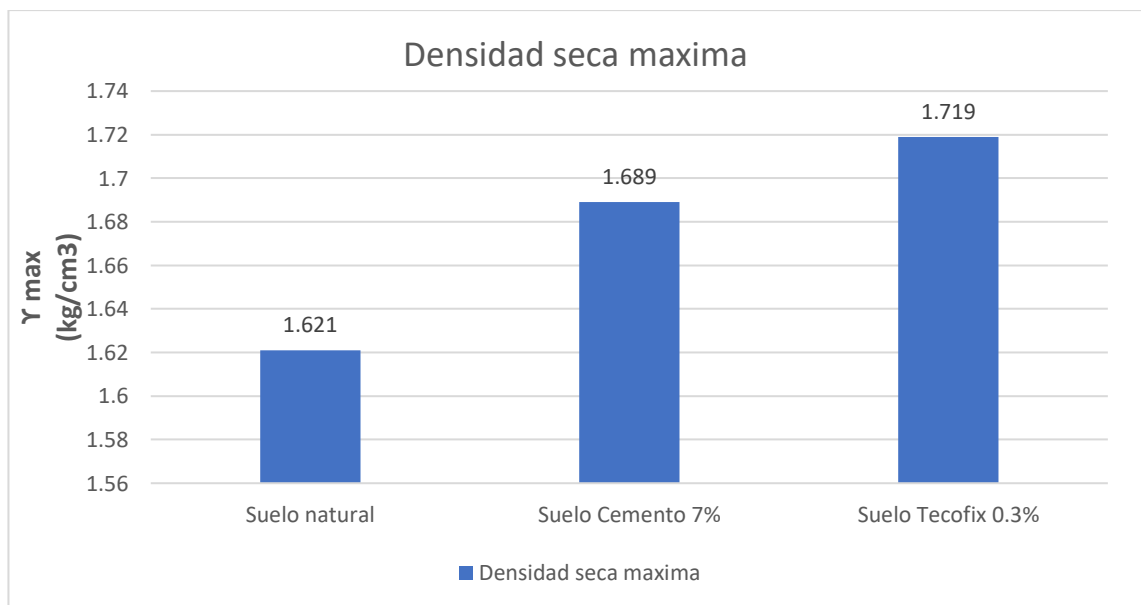


Gráfico 2: Densidad seca máxima suelo natural, 7% cemento, 0.3% TECOFIX

**Fuente:** El autor.

Se observa que las densidades son más altas y los contenidos de humedad más bajos, la relación entre la densidad y el contenido de humedad de la muestra indica que

mientras más se utilice Cemento y Tecofix en la estabilización aumenta su densidad y requiere menor agua para su compactación.

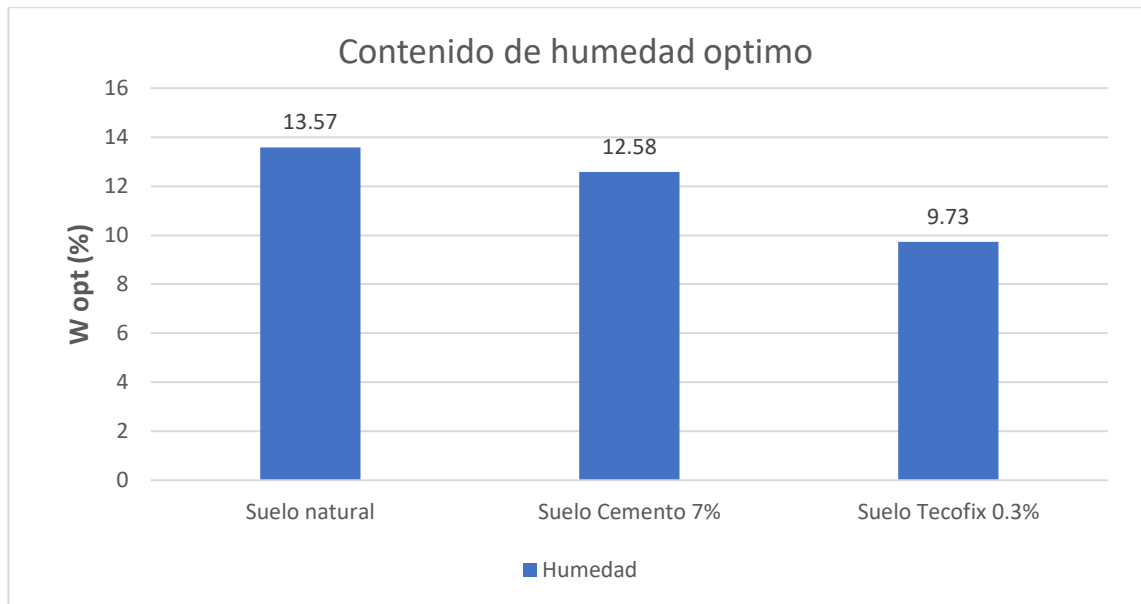


Gráfico 3: Humedad optima suelo natural, 7% cemento, 0.3% TECOFIX.

### Resultados Compresión simple.

Compresión Simple	% Estabilizante	Edad (días)	Área Probeta (cm <sup>2</sup> )	Carga	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
Suelo natural	0	7	80.12	423	0
Suelo cemento	4	3	80.12	423	5.28
		7	80.12	660	8.24
	5	3	80.12	592	7.39
		7	80.12	783	9.77
	6	3	80.12	607	7.58
		7	80.12	792	9.89
	7	3	80.12	988	12.33
		7	80.12	2024	25.26
	8	3	78.54	1377	17.53
		7	78.54	2175	27.69

Suelo Tecofix	0.1	3	80.12	507	6.33
		7	80.12	823	10.27
	0.2	3	80.12	763	9.52
		7	80.12	996	12.43
	0.3	3	80.12	1245	15.54
		7	80.12	2123	26.50
	0.4	3	80.12	1362	17.00
		7	80.12	2189	27.32
	0.5	3	78.54	1411	17.97
		7	78.54	2204	28.06

Tabla 9: Resultados compresión simple suelo natural + adiciones

**Fuente:** El autor.

Como se observa en la tabla anterior no se obtuvo resistencia del suelo natural al tratarse de muestras alteradas, además se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio añadiendo al suelo natural proporciones del 4 a 8% de cemento y 0.1 al 0.5% de aditivo Tecofix. Basándonos en la MOP-001-F 2002 capítulo 400 sección 404-2.04 *Ensayos y Tolerancias* nos dice que las resistencias recomendadas en función de los días son las siguientes:

Días	Especificación MOP (kg/cm <sup>2</sup> )
1	4
3	10
7	25

Tabla 10: Resistencia última a la compresión según el número de días.

**Fuente:** MOP – 001-F-2022. 404-2.04. *Ensayos y tolerancias*.

Cumpliendo con la especificación antes descrita, se selecciona el porcentaje óptimo estabilizante de 7% para suelo-cemento y 0.3% para suelo Tecofix ya que las resistencias recomendadas a los 3 y 7 días son superiores a las demás dosificaciones.

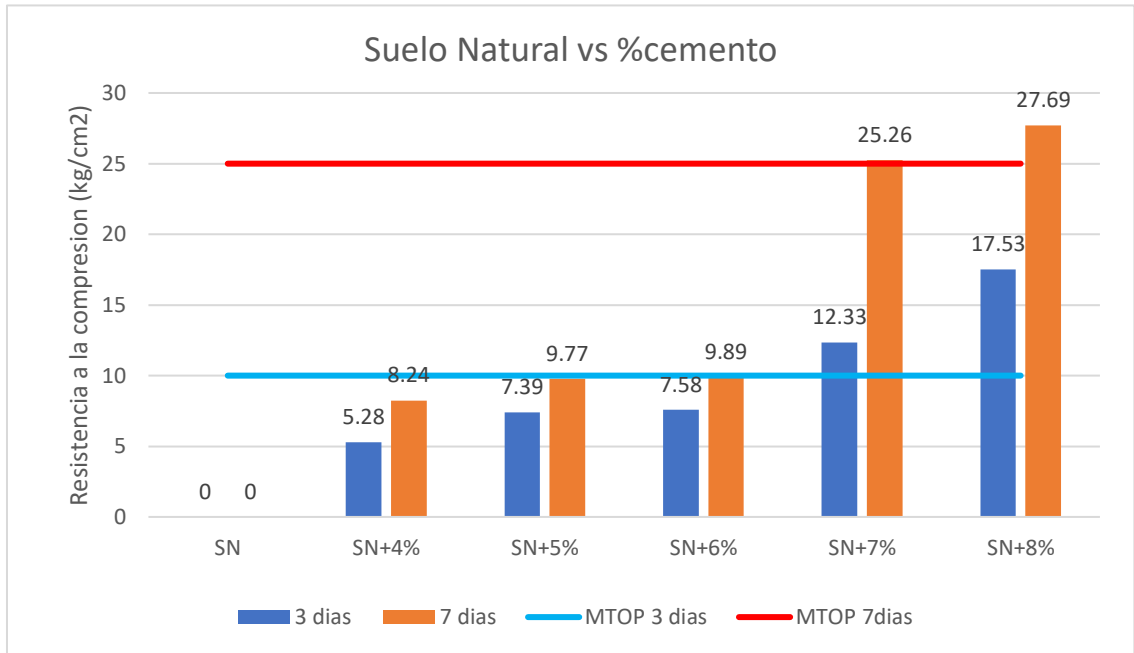


Gráfico 5: Resistencia a la compresión a los 3 y 7 días para diferentes dosificaciones de suelo cemento.

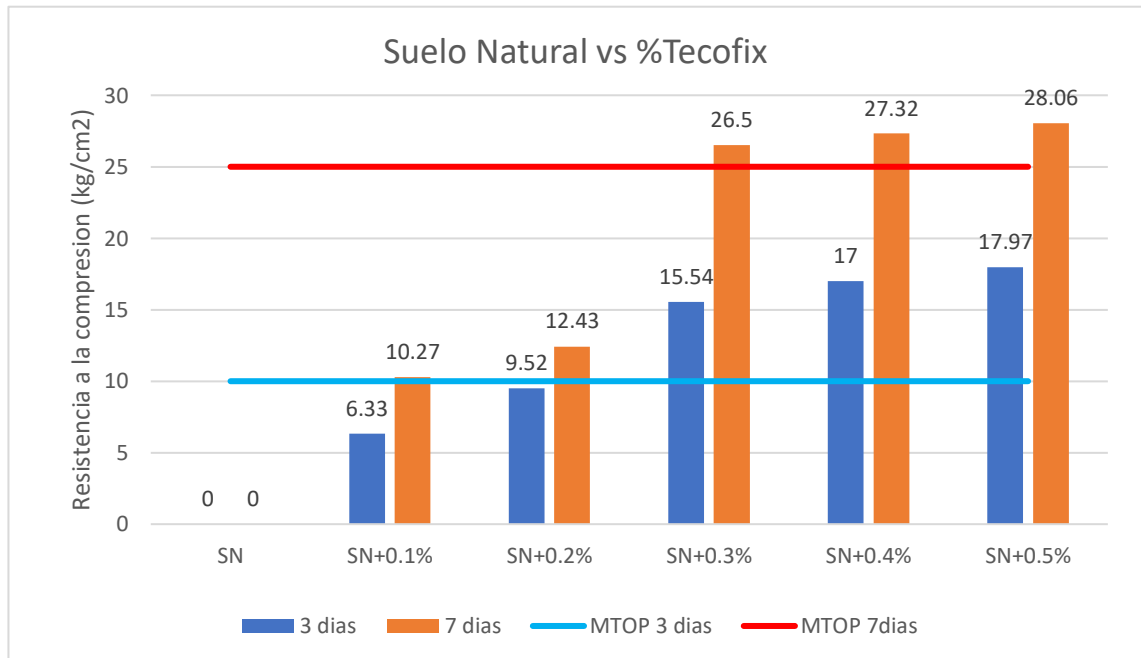


Gráfico 4: Resistencia a la compresión a los 3 y 7 días para diferentes dosificaciones de suelo TECOFIX.

**Fuente:** El autor.

## Resultados CBR laboratorio.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en ensayos de laboratorio:

	% Estabilizador	#Golpes	Y max (kg/cm <sup>3</sup> )	W% absorbida	95%Y max (kg/cm <sup>3</sup> )	CBR %
<b>Suelo natural</b>	0	56	1.638	13.80	1.54	8.60
		25	1.301	13.72		
		11	1.136	13.52		
<b>Suelo Cemento</b>	7	56	1.693	12.53	1.60	15.90
		25	1.378	12.32		
		11	1.147	12.36		
<b>Suelo Tecofix</b>	0.3	56	1.72	8.91	1.63	19.10
		25	1.35	8.89		
		11	1.15	8.82		

Tabla 11: Resultados índice CBR para suelo natural y % óptimos estabilizantes

**Fuente:** El autor.

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos con los diferentes porcentajes estabilizantes, observando que el suelo natural tiene un CBR de 8.60 % por lo que se considera una sub-rasante regular cuyo empleo solo es posible si se estabiliza.

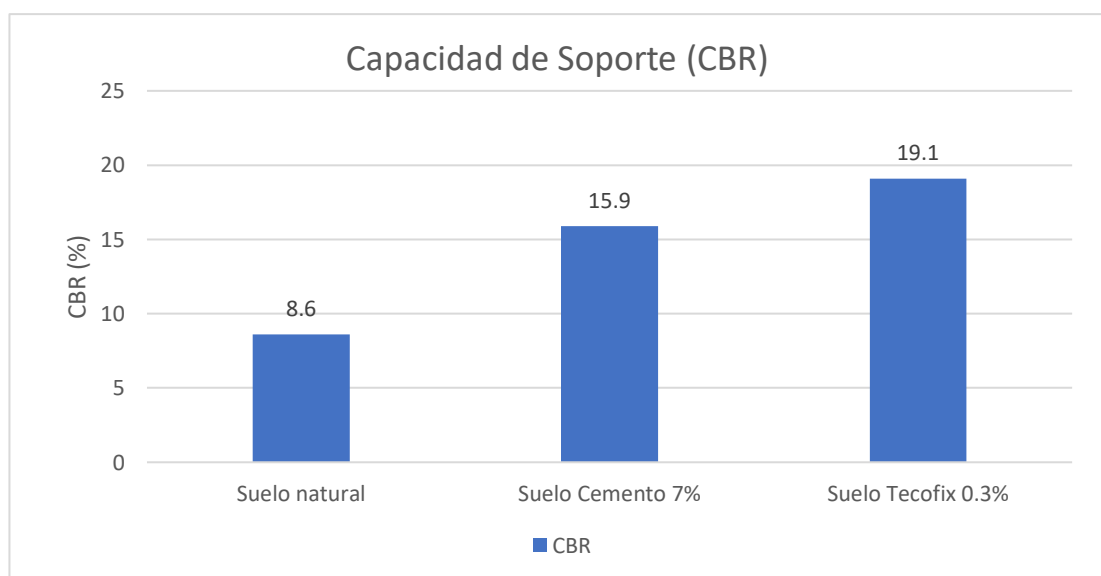


Gráfico 6: Comparación índice CBR entre suelo natural y suelo estabilizado.

La adición de cemento y Tecofix al suelo natural le otorga importantes incrementos en la capacidad portante del suelo en estudio por lo que se puede considerar ambos métodos como adecuados para la estabilización de suelos, pero hay que tomar en cuenta también cual será el mejor método en cuanto al costo-beneficio.

#### 4.2 Volúmenes y costos de la vía a estabilizar

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>Longitud vía (m)</b>	<b>SUELO (m3)</b>	<b>0.3%TECOFIX (m3)</b>	<b>7% Cemento (Tn)</b>
Vía 7 metros * 0,20 espesor a estabilizar	4500	6300	18,9	441
		<b>PRECIO UNITARIO</b>	4,50\$ USD/L	7,20 USD/Q
		<b>TOTAL</b>	85050\$	63504 \$

Tabla 12: Cantidades y costos de estabilización

Como se puede observar, la estabilización con TECOFIX es más costosa respecto a la estabilización con cemento, cabe recalcar que estos precios y cantidades son aproximados para la vía en estudio y dependen del espesor de la capa a estabilizar, del tipo de vía y de los métodos de aplicación in situ.

## CAPITULO 5 – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el estudio de las características físico-mecánicas del suelo de la vía en estudio, el estudio de la máxima densidad seca y posteriormente la comparación mediante ensayos CBR y compresión simple, llegamos a las siguientes conclusiones:

1. Para el estudio, se ha tomado el terreno natural de un tramo de la vía Apahua – Angamarca, el objetivo es evaluar si dicho material cumple los requerimientos mínimos de resistencia que debe tener una sub-rasante, parámetros que son establecidos por la AASHTO y la MOP – 001 – F – 2022.

- Al analizar las muestras extraídas de las 10 exploraciones a lo largo de la vía, se determinó que los suelos que predominan son CL (A-6) y OL (A-4) de acuerdo con la clasificación SUCS Y AASHTO. Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja compresibilidad de plasticidad ligera a media, características particulares de un suelo que tiene baja capacidad de soporte.
2. Las pruebas realizadas a la mezcla suelo-cemento y suelo-TECOFIX con la finalidad de comprobar su mejoramiento indican que: al utilizar estos dos tipos de estabilizantes, existe la tendencia al aumento de la resistencia del suelo, lo cual garantizará una adecuada durabilidad de la subrasante para que posteriormente sea utilizada como fundación de la estructura de pavimento.
    - Se comprobó el mejoramiento de la resistencia de la sub-rasante de la vía Apahua-Angamarca, al incorporar cemento y TECOFIX al suelo natural CL (Arcilla inorgánica de plasticidad baja con arena y poca grava) y OL (Arcilla orgánica arenosa), por medio del ensayo CBR, teniendo así un CBR para el suelo natural de 8,60% y al incorporarle 7% de cemento y 3% de aditivo TECOFIX este aumento su CBR al 15,90% y 19,1% respectivamente, cumpliéndose así los requisitos de resistencia para ser utilizada como capa de subrasante.
    - Se comprobó mediante las Especificaciones MOP-001-F-2002, la cual nos recomienda que la resistencia a la compresión a los 3 y 7 días sea de 10 (kg/cm<sup>2</sup>) y 25 (kg/cm<sup>2</sup>) respectivamente, el porcentaje óptimo tanto de cemento como TECOFIX que otorgue las resistencias antes mencionadas dándonos como resultado, con el 7% de cemento resistencias de 12,33 y 25,26 (kg/cm<sup>2</sup>) a los 3 y 7 días respectivamente y con el 3% de TECOFIX resistencias de 15,54 y 26,5 (kg/cm<sup>2</sup>) a los 3 y 7 días respectivamente.
  3. En base al **Anexo 6** podemos certificar con certeza que TECOFIX es un producto benevolente con el medio ambiente consiguiendo la estabilidad del suelo para largo plazo. Este producto cumple con la normativa europea OECD 208 y OECD 207 como certificación ambiental en referencia a no toxicidad y

ecotoxicidad probado en plantas, dafnias, lombrices y peces donde se concluye que **NO ES TÓXICO** es decir **NO CONTAMINANTE**.

4. Finalmente, la hipótesis planteada en este estudio ha sido demostrada ya que la capacidad de soporte del suelo mejorado con TECOFIX aumento en un 122% en comparación al suelo natural y es por mucho superior al mejoramiento con cemento, lo que demuestra que el fabricante está en lo correcto al especificar que el aditivo TECOFIX otorga resistencias similares o superiores a la estabilización con cemento.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda conocer primero las propiedades físico-mecánicas de un suelo antes de optar por algún tipo de estabilización para así realizar un diseño óptimo y dar una solución certera.
- La AASHTO recomienda que los suelos clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6, A-7 solo podrán ser utilizados según lo que indique el estudio de laboratorio y generalmente se les debe hacer un mejoramiento. Y en caso de encontrarse con suelos del grupo A-8, estos deberán ser removidos totalmente ya que se tratan de suelos orgánicos.
- Una vez culminado el proceso de estabilización del suelo con TECOFIX, se deberán realizar pruebas de CBR in situ para comprobar la estabilidad del suelo como supervisión técnica recomendada cada dos años y de esta manera realizar oportunamente los mejoramientos necesarios a partir del tercer año.
- TECOFIX deberá permanecer en la vía estabilizada al menos 12 horas, luego de este tiempo se podrá renovar el tránsito en la misma.
- Se recomienda que la estabilización se realice en verano (sin presencia de lluvia).
- Algunos los tipos de estabilización que existen son tóxicos o causan contaminación, por lo tanto, se recomienda el uso del aditivo TECOFIX para estabilizaciones de vías ya que no genera contaminación alguna.

## **BIBLIOGRAFIA**

- AASHTO, 2022. T-180. Standard Method of Test For Moisture-Density Relations Of Soils.
- Angulo Roldan, M., & Zavaleta Papa, C. N. (2021). estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico–mecánicas como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan–Maynas–Iquitos, 2019.
- ASTM INTERNATIONAL, 2006. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes.
- Becerra Santillán, A. C. F., & Herrera Gonzáles, A. E. (2019). Estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleando los Cementos Pacasmayo Víaforte, Mochica y Qhuna; Lambayeque. 2018.
- Benalcázar Vaca, G. R., & Burgos Campuzano, A. A. (2020). Análisis de costos de la estructura del pavimento flexible de la vía Nanegal-Palmitopamba, provincia de Pichincha, considerando tres alternativas: membrana sintética, mejoramiento de la subrasante y sin mejoramiento (Bachelor's thesis, PUCE-Quito).
- Cabana Valverde, M. A. (2017). Mejoramiento de la relación de soporte (CBR) al adicionar el estabilizante químico CAL a la subrasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito Paria-Wilcahuain, Huaraz, 2017.
- Carvajal De La Rosa, E. F., & Pozo Tomalá, D. Á. (2019). Estudio de suelo, estabilización del material granular existente con cemento MH y diseño de pavimento flexible en las calles del sector La Milina, parroquia José Luís Tamayo, cantón Salinas, provincia de Santa Elena (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2019.).
- FHWA, 2006. Soils and foundations. US department of transportation.
- Gavilanes Bayas, E. G. (2015). Estabilización y mejoramiento de sub-rasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur (Bachelor's thesis, Quito/UIDE/2015).
- Guamán Iler, II (2016). Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio) (Tesis de

licenciatura, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil).

- Jurado, C., & Clavijo, D. (2016). Estabilización de suelos con cemento tipo MH para mejorar las características físicas y mecánicas del material de subsuelo de la zona de talleres y cocheras de la PLMQ, sector Quitumbe. Estabilización de Suelos con Cemento Tipo MH para Mejorar las Características Físicas y Mecánicas del Material de Subsuelo de la Zona de Talleres y Cocheras de la PLMQ, Sector Quitumbe.
- Montero & Albuja, 2018. Guía de laboratorio Mecánica de suelos 2. Laboratorio de mecánica de suelos PUCE.
- Sánchez Albán, M. A. (2014). Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Cacical del cantón Tosagua provincia de Manabí (Bachelor's thesis).

## ANEXOS

### Anexo 1: Ensayos de Clasificación de suelo Calicata 1-10

#### Calicata 1

MECANICA DE SUELOS						
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
PROYECTO:	Tesis vía estabilizada Angamarca			TUTOR:		
UBICACIÓN:				ESTUDIANTE:	Jerry Chango	
ABSCISADO:	00+000			LABORATORIO:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.	
FECHA :	2022-05-20			PERFORACIÓN:	P-1	
NORMAS	ASTM D -2487 y D- 3282			PROFUND:	0,00 a 0,50 m.	
	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
CONTENIDO DE AGUA	-----	79.62	63.69	18.71	15.93	35.42%
	-----	82.36	65.48	17.34	16.88	35.06%
					PROMEDIO	35.24%
LIMITE LIQUIDO	37.00	20.33	19.77	11.27	0.56	6.91%
	16.00	20.24	17.54	12.67	2.7	52.53%
	7.00	24.43	17.78	11.49	6.65	90.63%
						30.50%
LIMITE PLASTICO	-----	8.31	8.13	7.11	0.18	17.65%
	-----	8.21	8.02	6.92	0.19	17.27%
	-----	9.65	9.46	8.34	0.19	16.96%
					PROMEDIO	17.29%
<b>INDICE PLASTICO</b>						<b>13.21%</b>
GRANULOMETRIA				CLASIFICACION		
		MASA SECA	562.50	GRAVA (%)	0	
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA	ARENA (%)	20	
				FINOS (%)	80	
1"	0	0	100	LL =	30.50%	
3/4"	0	0	100	LP =	17.29%	
1/2"	0	0	100	IP =	13.21%	
3/8"	0	0	100			
No. 4	0	0	100	<b>CLASIFICACION:</b>		
No. 10	32	6	94	SUCS :	CL	
No. 40	85	15	85	AASHTO:	A-6	
No. 200	115	20	80	IG:	9	
grafico granulométrico				LIMITE LIQUIDO		

**MECANICA DE SUELOS**  
**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN**

<b>PROYECTO:</b>	Tesis vía estabilizada Angamarca	<b>TUTOR:</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>		<b>ESTUDIANTE:</b>	Jerry Chango
<b>ABSCISADO:</b>	00+500	<b>LABORATORIO:</b>	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
<b>FECHA :</b>	2022-05-20	<b>PERFORACIÓN:</b>	P-2
<b>NORMAS</b>	ASTM D -2487 y D- 3282	<b>PROFUND:</b>	0,00 a 0,50 m.

	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
CONTENIDO DE AGUA	-----	90.45	70.59	18.65	19.86	38.24%
	-----	92.61	72.00	18.43	20.61	38.47%
					PROMEDIO	38.35%

LIMITE LIQUIDO	47.00	22.43	21.89	13.33	0.54	6.81%
	18.00	23.67	19.97	13.17	3.7	52.29%
	7.00	23.09	17.69	12.55	5.4	90.06%

LIMITE PLASTICO	-----	7.89	7.70	6.58	0.19	16.96%
	-----	7.97	7.81	6.84	0.16	16.49%
	-----	7.33	7.17	6.18	0.16	16.16%
					PROMEDIO	16.54%

<b>INDICE PLASTICO</b>	<b>21.96%</b>
------------------------	---------------

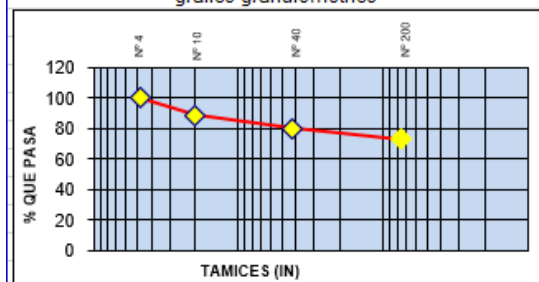
GRANULOMETRIA			
		MASA SECA	463.60
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
No. 4	0	0	100
No. 10	52	11	89
No. 40	91	20	80
No. 200	123	27	73

CLASIFICACION	
GRAVA (%)	0
ARENA (%)	27
FINOS (%)	73

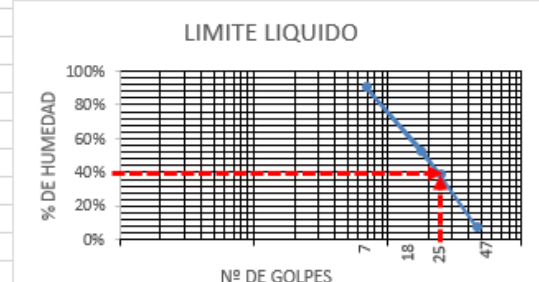
LL =	38.50%
LP =	16.54%
IP =	21.96%

CLASIFICACION:	
SUCS :	CL
AASHTO:	A-6
IG:	8

grafico granulométrico



LIMITE LIQUIDO



**Calicata 2**

### **Calicata 3**

MECANICA DE SUELOS						
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
PROYECTO:	Tesis vía estabilizada Angamarca			TUTOR:		
UBICACIÓN:				ESTUDIANTE:	Jerry Chango	
ABSCISADO:	01+000			LABORATORIO:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.	
FECHA :	2022-05-20			PERFORACIÓN:	P-3	
NORMAS	ASTM D -2487 y D- 3282			PROFUND:	0,00 a 0,50 m.	
	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
CONTENIDO DE AGUA	-----	68.23	53.97	16.35	14.26	37.91%
	-----	77.43	61.00	17.17	16.43	37.49%
				PROMEDIO		37.70%
LIMITE LIQUIDO	35.00	20.24	18.88	11.76	1.36	19.89%
	16.00	21.29	17.92	11.45	3.37	49.35%
	6.00	23.13	17.24	12.09	5.89	96.23%
LIMITE PLASTICO	-----	7.67	7.50	6.54	0.17	17.71%
	-----	8.08	7.89	6.80	0.19	17.43%
	-----	7.15	6.98	6.01	0.17	17.53%
				PROMEDIO		17.56%
				INDICE PLASTICO		11.94%
GRANULOMETRIA				CLASIFICACION		
		MASA SECA	715.80	GRAVA (%)	10	
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA	ARENA (%)	55	
				FINOS (%)	34	
1"	0	0	100	LL =	29.50%	
3/4"	0	0	100	LP =	17.56%	
1/2"	0	0	100	IP =	11.94%	
3/8"	14	2	98			
No. 4	75	10	90	CLASIFICACION:		
No. 10	156	22	78	SUCS :	SC	
No. 40	214	30	70	AASHTO:	A-2-6	
No. 200	472	66	34	IG:	0	
grafico granulometrico				LIMITE LIQUIDO		

## Calicata 4

### MECANICA DE SUELOS

#### ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO:	Tesis vía estabilizada Angamarca	TUTOR:	
UBICACIÓN:		ESTUDIANTE:	Jerry Chango
ABSCISADO:	01+500	LABORATORIO:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
FECHA :	2022-05-20	PERFORACIÓN:	P-4
NORMAS	ASTM D -2487 y D- 3282	PROFUND:	0,00 a 0,50 m.

	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
CONTENIDO DE AGUA	-----	92.12	74.71	22.28	17.41	33.21%
	-----	97.71	78.69	22.66	19.02	33.95%
				PROMEDIO		33.58%

LIMITE LIQUIDO	37.00	18.08	17.54	10.74	0.54	8.33%
	19.00	20.42	17.42	11.32	3	47.57%
	8.00	21.98	17.26	12.81	4.72	92.41%

LIMITE PLASTICO	-----	7.29	7.03	5.78	0.26	20.80%
	-----	8.45	8.28	7.43	0.17	20.00%
	-----	9.15	8.94	7.92	0.21	20.59%
				PROMEDIO		20.46%

INDICE PLASTICO 12.94%

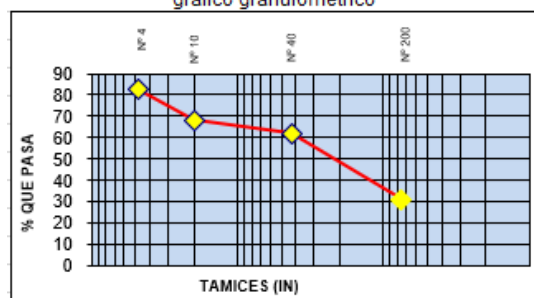
GRANULOMETRIA			
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA
			MASA SECA 563.60
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
No. 4	98	17	83
No. 10	179	32	68
No. 40	215	38	62
No. 200	389	69	31

CLASIFICACION	
GRAVA (%)	17
ARENA (%)	52
FINOS (%)	31

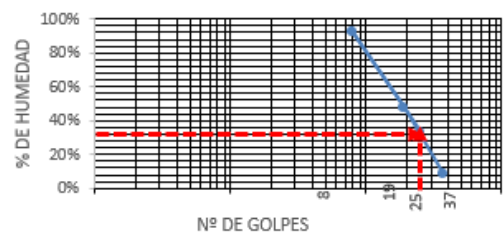
LL =	33.40%
LP =	20.46%
IP =	12.94%

CLASIFICACION:	
SUCS :	SC
AASHTO:	A-2-6
IG:	0

grafico granulométrico



LIMITE LIQUIDO



## **Calicata 5**

**MECANICA DE SUELOS**

**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN**

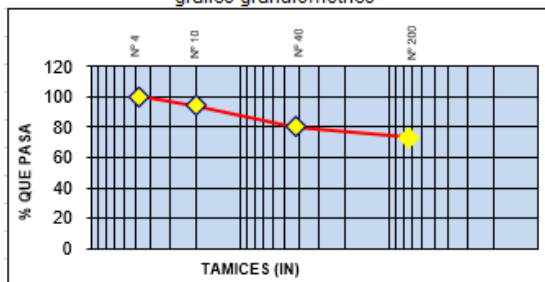
<b>PROYECTO:</b>	Tesis vía estabilizada Angamarca	<b>TUTOR:</b>	
<b>UBICACION:</b>		<b>ESTUDIANTE:</b>	Jerry Chango
<b>ABSCISADO:</b>	02+000	<b>LABORATORIO:</b>	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
<b>FECHA :</b>	2022-05-20	<b>PERFORACIÓN:</b>	P-5
<b>NORMAS</b>	ASTM D -2487 y D- 3282	<b>PROFUND:</b>	0,00 a 0,50 m.

	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
<b>CONTENIDO DE AGUA</b>	-----	140.09	108.00	24.12	32.09	38.26%
	-----	133.23	102.69	22.29	30.54	37.99%
					PROMEDIO	38.12%
<b>LIMITE LIQUIDO</b>	51.00	22.45	21.12	14.23	1.33	21.04%
	19.00	21.33	17.62	11.09	3.71	54.96%
	8.00	20.87	15.89	11.31	4.98	94.73%
<b>LIMITE PLASTICO</b>	-----	6.33	6.00	5.12	0.33	37.50%
	-----	6.91	6.60	5.75	0.31	36.47%
	-----	7.89	7.56	6.69	0.33	37.93%
					PROMEDIO	37.30%
<b>INDICE PLASTICO</b>						<b>8.30%</b>

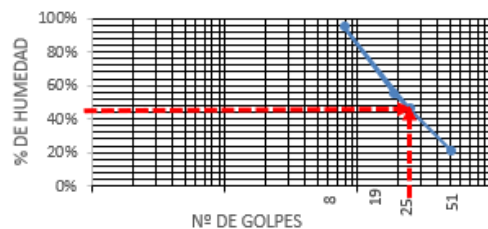
GRANULOMETRIA			
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA
			MASA SECA 388.80
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
No. 4	0	0	100
No. 10	23	6	94
No. 40	78	20	80
No. 200	104	27	73

CLASIFICACION	
GRAVA (%)	0
ARENA (%)	Chart Area
FINOS (%)	73
LL =	45.60%
LP =	37.30%
IP =	8.30%
<b>CLASIFICACION:</b>	
SUCS :	OL
AASHTO:	A-4
IG:	8

grafico granulométrico



LIMITE LIQUIDO



**Calicata 6**

MECANICA DE SUELOS						
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
PROYECTO:	Tesis vía estabilizada Angamarca			TUTOR:		
UBICACIÓN:				ESTUDIANTE:	Jerry Chango	
ABSCISADO:	02+500			LABORATORIO:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.	
FECHA :	2022-05-20			PERFORACIÓN:	P-6	
NORMAS	ASTM D -2487 y D- 3282			PROFUND:	0,00 a 0,50 m.	
	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
CONTENIDO DE AGUA	-----	60.34	47.58	12.98	12.76	36.88%
	-----	62.11	48.68	11.62	13.43	36.24%
				PROMEDIO		36.56%
LIMITE LIQUIDO	63.00	20.24	19.21	11.24	1.03	14.45%
	17.00	21.51	17.78	11.67	3.73	58.26%
	6.00	22.32	16.79	11.39	5.53	86.17%
LIMITE PLASTICO	-----	6.33	5.98	4.22	0.35	19.89%
	-----	7.14	6.84	5.31	0.30	19.61%
	-----	7.69	7.36	5.67	0.33	19.53%
				PROMEDIO		19.67%
				INDICE PLASTICO		27.83%
GRANULOMETRIA				CLASIFICACION		
		MASA SECA	463.10	GRAVA (%)	3	
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA	ARENA (%)	35	
				FINOS (%)	62	
1"	0	0	100	LL =	47.50%	
3/4"	0	0	100	LP =	19.67%	
1/2"	0	0	100	IP =	27.83%	
3/8"	0	0	100	CLASIFICACION:		
No. 4	15	3	97	SUCS :	OL	
No. 10	68	15	85	AASHTO:	A-4	
No. 40	105	23	77	IG:	5	
No. 200	176	38	62			
grafico granulometrico				LIMITE LIQUIDO		



**MECANICA DE SUELOS  
MECANICA DE SUELOS**

**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN**

<b>PROYECTO:</b>	Tesis vía estabilizada Angamarca	<b>TUTOR:</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>		<b>ESTUDIANTE:</b>	Jerry Chango
<b>ABSCISADO:</b>	03+500	<b>LABORATORIO:</b>	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
<b>FECHA :</b>	2022-05-20	<b>PERFORACIÓN:</b>	P-8
<b>NORMAS</b>	ASTM D -2487 y D- 3282	<b>PROFUND:</b>	0,00 a 0,50 m.

	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
CONTENIDO DE AGUA	-----	150.08	114.52	27.61	35.56	40.92%
	-----	137.71	105.25	24.59	32.46	40.24%
					PROMEDIO	40.58%

LIMITE LIQUIDO	65.00	25.67	24.11	14.22	1.56	17.71%
	15.00	26.91	22.39	15.61	4.52	62.67%
	6.00	27.46	21.02	15.33	6.44	95.23%

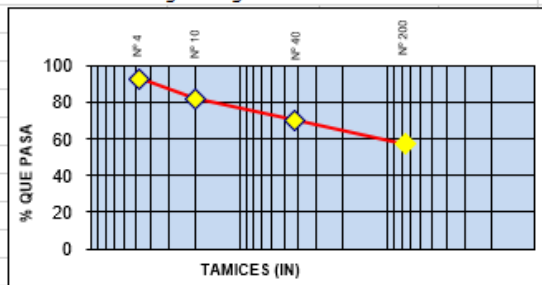
LIMITE PLASTICO	-----	6.88	6.58	5.54	0.30	28.85%
	-----	7.56	7.30	6.40	0.26	28.89%
	-----	6.93	6.67	5.77	0.26	28.89%
					PROMEDIO	28.87%

**INDICE PLASTICO 19.23%**

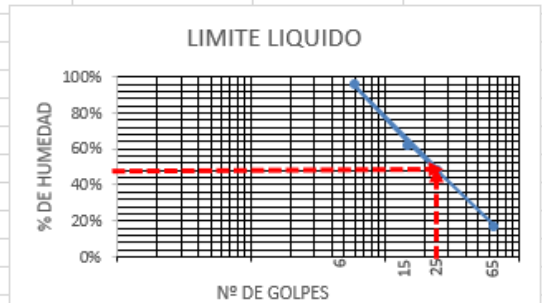
GRANULOMETRIA			
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA
			MASA SECA 366.30
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
No. 4	25	7	93
No. 10	65	18	82
No. 40	109	30	70
No. 200	156	43	57

CLASIFICACION	
GRAVA (%)	7
ARENA (%)	36
FINOS (%)	57
LL =	48.10%
LP =	28.87%
IP =	19.23%
<b>CLASIFICACION:</b>	
SUCS :	OL
AASHTO:	A-4
IG:	4

grafico granulométrico



LIMITE LIQUIDO



**Calicata 8**



## Calicata 9

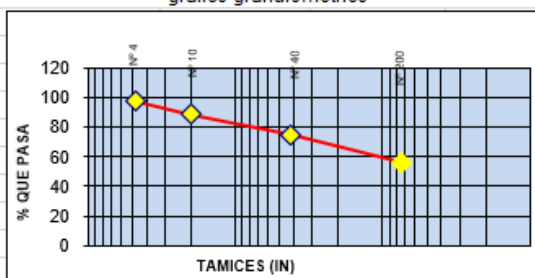
MECANICA DE SUELOS						
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
PROYECTO:	Tesis vía estabilizada Angamarca			TUTOR:		
UBICACIÓN:				ESTUDIANTE:	Jerry Chango	
ABSCISADO:	04+000			LABORATORIO:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.	
FECHA :	2022-05-20			PERFORACIÓN:	P-9	
NORMAS	ASTM D -2487 y D- 3282			PROFUND:	0,00 a 0,50 m.	
	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
CONTENIDO DE AGUA	-----	85.61	63.98	14.49	21.63	43.71%
	-----	82.34	62.69	16.32	19.654	42.39%
					PROMEDIO	43.05%
LIMITE LIQUIDO	47.00	20.38	19.12	11.03	1.26	16.81%
	19.00	20.74	17.12	11.42	3.62	61.43%
	8.00	21.92	16.44	11.62	5.48	99.05%
LIMITE PLASTICO	-----	7.23	6.96	6.11	0.27	31.76%
	-----	7.51	7.24	6.38	0.27	31.40%
	-----	7.66	7.36	6.42	0.30	31.91%
					PROMEDIO	31.69%
					INDICE PLASTICO	14.81%

GRANULOMETRIA			
		MASA SECA	490.40
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
No. 4	12	2	98
No. 10	56	11	89
No. 40	124	25	75
No. 200	216	44	56

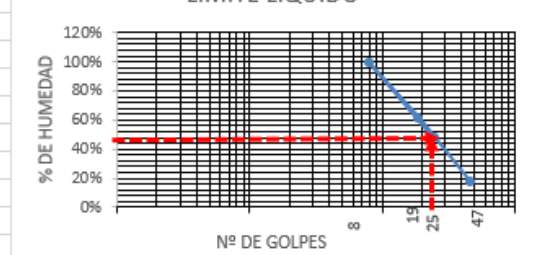
CLASIFICACION	
GRAVA (%)	2
ARENA (%)	42
FINOS (%)	56
LL =	46.50%
LP =	31.69%
IP =	14.81%

CLASIFICACION:	
SUCS :	OL
AASHTO:	A-4
IG:	4

grafico granulométrico



LIMITE LIQUIDO



## Calicata 10

**MECANICA DE SUELOS**

**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN**

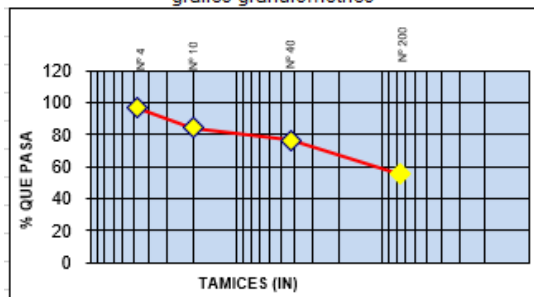
<b>PROYECTO:</b>	Tesis vía estabilizada Angamarca	<b>TUTOR:</b>	
<b>UBICACION:</b>		<b>ESTUDIANTE:</b>	Jerry Chango
<b>ABSCISADO:</b>	04+500	<b>LABORATORIO:</b>	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
<b>FECHA :</b>	2022-05-20	<b>PERFORACIÓN:</b>	P-10
<b>NORMAS</b>	ASTM D -2487 y D- 3282	<b>PROFUND:</b>	0,00 a 0,50 m.

	GOLPES	MASA HUM.	MASA SECA	MASA CAPS	CONTENIDO AGUA	% HUM.
<b>CONTENIDO DE AGUA</b>	-----	94.78	75.88	19.41	18.9	33.47%
	-----	91.23	73.62	19.92	17.61	32.79%
				PROMEDIO		33.13%
<b>LIMITE LIQUIDO</b>	63.00	20.02	19.12	10.11	0.9	11.17%
	17.00	20.65	16.88	10.95	3.77	60.68%
	7.00	22.23	17.23	12.43	5	89.30%
						<b>49.70%</b>
<b>LIMITE PLASTICO</b>	-----	8.44	8.15	7.37	0.29	37.18%
	-----	7.65	7.35	6.56	0.30	37.97%
	-----	6.99	6.69	5.88	0.30	37.04%
				PROMEDIO		37.40%
<b>INDICE PLASTICO</b>						<b>12.30%</b>

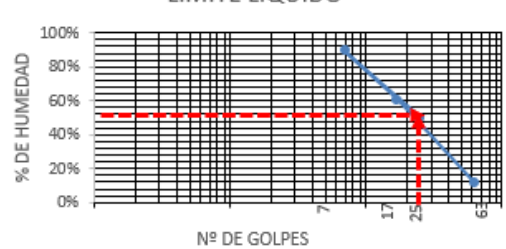
GRANULOMETRIA			
TAMIZ	W RET.	% RET	% PASA
			MASA SECA 623.60
1"	0	0	100
3/4"	0	0	100
1/2"	0	0	100
3/8"	0	0	100
No. 4	22	4	96
No. 10	97	16	84
No. 40	145	23	77
No. 200	278	45	55

CLASIFICACION	
GRAVA (%)	4
ARENA (%)	41
FINOS (%)	55
LL =	49.70%
LP =	37.40%
IP =	12.30%
CLASIFICACION:	
SUCS :	OL
AASHTO:	A-4
IG:	4

grafico granulométrico



LIMITE LIQUIDO



Anexo 2: Ensayos Proctor (Modificado) Calicatas 1-10



LABORATORIO DE MATERIALES, ESTUDIOS, CONTROL DE CALIDAD, DISEÑOS EN HORMIGÓN, ASFALTO Y MECÁNICA DE SUELOS

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: Tesis vía estabilizada Angamarca		FECHA: 22-may.-22	
UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi		CONSULTOR:	
PROCEDENCIA: CALICATA 1		USO: Sub-rasante	
ANEXO:		LAB: Tec. Lab. Darwin Cadena B	
ENSAYO PROCTOR	Standard	AASHO: T-99 -74	
	Modificado	xxx AASHO: T-180 -74	
<b>RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>			
No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída
5	56	10lb	18"
		PESO INICIAL DE LA MUESTRA	
		6000 g	
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>			
Molde No.		1	2
		A	A
Agua aumentada	cc	0	360
	%	0	6
Peso suelo húmedo + molde	A	9,215	10,059
Peso del molde	B	6,457	6,457
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,758	3,602
Volumen del molde	D	2,133	2,133
Densidad húmeda	E=C/D	1,293	1,689
Tarro No.		SA	R88
		D38	SI
Tarro + suelo húmedo	F	47.73	45.77
		44.03	50.75
Tarro + suelo seco	G	46.21	44.33
		41.02	46.98
Peso de agua	H=F-G	1.52	1.44
		3.01	3.77
Peso del tarro	I	11.78	11.70
		12.03	12.16
Peso del suelo seco	J=G-I	34.43	32.63
		28.99	34.82
Contenido de agua	K=H/J	4.41%	4.41%
		10.38%	10.83%
		16.58%	16.92%
		21.96%	22.52%
Contenido de agua promedio	L	4.41%	
		10.61%	
		16.75%	
		22.24%	
Densidad seca	M	1,238	1,527
		1,541	1,336

Densidad Máxima:	1,568 kg/cm³	Humedad óptima:	14.10%
------------------	--------------	-----------------	--------

Calicata 1



**LABORATORIO DE MATERIALES, ESTUDIOS, CONTROL DE CALIDAD, DISEÑOS EN HORMIGÓN, ASFALTO Y MECÁNICA DE SUELOS**

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

PROYECTO: Tesis vía estabilizada Angamarca		FECHA: 22-may.-22							
UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi		CONSULTOR:							
PROCEDENCIA: CALICATA 2		USO: Sub-rasante							
ANEXO:		LAB: Tec. Lab. Darwin Cadena B							
ENSAYO PROCTOR	Standard	AASHO: T-99 -74							
	Modificado	xxx AASHO: T-180 - 74							
<b>RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>									
No. de Capas 5	Golpes por capa 56	Peso Martillo 10lb	Altura caída 18"	PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	240	480	720				
	%	0	4	8	12				
Peso suelo húmedo + molde	A	8,893	10,012	10,233	9,454				
Peso del molde	B	6,457	6,457	6,457	6,457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,436	3,555	3,776	2,997				
Volumen del molde	D	2,133	2,133	2,133	2,133				
Densidad húmeda	E=C/D	1,142	1,667	1,770	1,405				
Tarro No.		2A	YE	VT	D	55	A	4M	VAS
Tarro + suelo húmedo	F	96.68	93.47	96.30	97.56	90.71	106.41	123.74	142.52
Tarro + suelo seco	G	91.67	88.56	88.98	90.32	82.43	96.09	107.98	123.78
Peso de agua	H=F-G	5.01	4.91	7.32	7.24	8.28	10.32	15.76	18.74
Peso del tarro	I	31.25	31.29	31.58	31.80	31.32	31.53	31.42	32.02
Peso del suelo seco	J=G-I	60.42	57.27	57.40	58.52	51.11	64.56	76.56	91.76
Contenido de agua	K=H/J	8.29%	8.57%	12.75%	12.37%	16.20%	15.99%	20.59%	20.42%
Contenido de agua promedio	L	8.43%		12.56%		16.09%		20.50%	
Densidad seca	M	1,053		1,481		1,525		1,166	

Densidad Máxima:	1,543 kg/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	14.86%
------------------	--------------------------	-----------------	--------

Calicata 2



### Calicata 3



## LABORATORIO DE MATERIALES, ESTUDIOS, CONTROL DE CALIDAD, DISEÑOS EN HORMIGÓN, ASFALTO Y MECÁNICA DE SUELOS

### LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: Tesis vía estabilizada Angamarca		FECHA: 22-may.-22							
UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi		CONSULTOR:							
PROCEDENCIA: CALICATA 3		USO: Sub-rasante							
ANEXO:		LAB: Tec. Lab. Darwin Cadena B							
<b>ENSAYO PROCTOR</b>	Standard	<input type="text" value=""/>	AASHTO: T-99 -74						
	Modificado	<input type="text" value="xxx"/>	AASHTO: T-180 -74						
<b>RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>									
No. de Capas 5	Golpes por capa 56	Peso Martillo 10lb	Altura caída 18"	PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	180	360	540				
	%	0	3	6	9				
Peso suelo húmedo + molde	A	9,571	10,274	10,311	9,872				
Peso del molde	B	6,457	6,457	6,457	6,457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	3,114	3,817	3,854	3,415				
Volumen del molde	D	2,133	2,133	2,133	2,133				
Densidad húmeda	E=C/D	1,460	1,789	1,807	1,601				
Tarro No.		T41	5	ML-27	SI	AB	176	RX	B-4
Tarro + suelo húmedo	F	55.51	51.22	47.86	53.88	57.51	54.91	51.17	61.58
Tarro + suelo seco	G	52.21	48.31	44.52	49.63	51.74	49.33	45.29	54.32
Peso de agua	H=F-G	3.30	2.91	3.34	4.25	5.77	5.58	5.88	7.26
Peso del tarro	I	11.44	11.91	16.06	12.11	12.20	12.01	11.12	12.26
Peso del suelo seco	J=G-I	40.77	36.40	28.46	37.52	39.54	37.32	34.17	42.06
Contenido de agua	K=H/J	8.09%	7.99%	11.74%	11.33%	14.59%	14.95%	17.21%	17.26%
Contenido de agua promedio	L	8.04%		11.53%		14.77%		17.23%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1,351	1,604		1,574		1,366	

$y = -125908x^2 + 32008x - 409.65$

Densidad Máxima:	1,625 kg/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	12.71%
------------------	--------------------------	-----------------	--------



**LABORATORIO DE MATERIALES, ESTUDIOS, CONTROL DE CALIDAD, DISEÑOS EN HORMIGÓN, ASFALTO Y MECÁNICA DE SUELOS**

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

PROYECTO: Tesis vía estabilizada Angamarca		FECHA: 22-may.-22	
UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi		CONSULTOR: USO: Sub-rasante	
PROCEDENCIA: CALICATA 4		LAB: Tec. Lab. Darwin Cadena B	
ANEXO:			
ENSAYO PROCTOR	Standard	AAASHO: T-99 -74	
	Modificado	xxx AAASHO: T-180 -74	
<b>RELACIÓN DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>			
No. de Capas 5	Golpes por capa 56	Peso Martillo 10lb	Altura caída 18"
		PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 g	
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>			
Molde No.		1	2
Agua aumentada	cc	0	300
	%	0	5
Peso suelo húmedo + molde	A	9,022	10,141
Peso del molde	B	6,457	6,457
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,565	3,684
Volumen del molde	D	2,133	2,133
Densidad húmeda	E=C/D	1,203	1,727
Tarro No.		51	10
Tarro + suelo húmedo	F	56.78	60.12
Tarro + suelo seco	G	54.12	57.09
Peso de agua	H=F-G	2.66	3.03
Peso del tarro	I	12.01	12.11
Peso del suelo seco	J=G-I	42.11	44.98
Contenido de agua	K=H/J	6.32%	6.74%
Contenido de agua promedio	L	6.53%	11.58%
Densidad seca	M	1,129	1,548

	CS	Y	R88	RX
Tarro + suelo húmedo	60.43	72.11	78.77	74.59
Tarro + suelo seco	55.45	63.59	69.56	63.49
Peso de agua	4.98	8.52	9.21	11.10
Peso del tarro	11.96	12.15	12.16	11.79
Peso del suelo seco	43.49	51.44	57.40	51.70
Contenido de agua	11.45%	16.56%	16.05%	21.47%
Contenido de agua promedio	11.58%	16.30%	21.60%	
Densidad seca	1,548	1,612	1,318	

$y = -69855x^2 + 20899x + 62.868$

Densidad Máxima:	1,626 kg/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	14.96%
------------------	--------------------------	-----------------	--------

**Calicata 4**

## **Calicata 5**



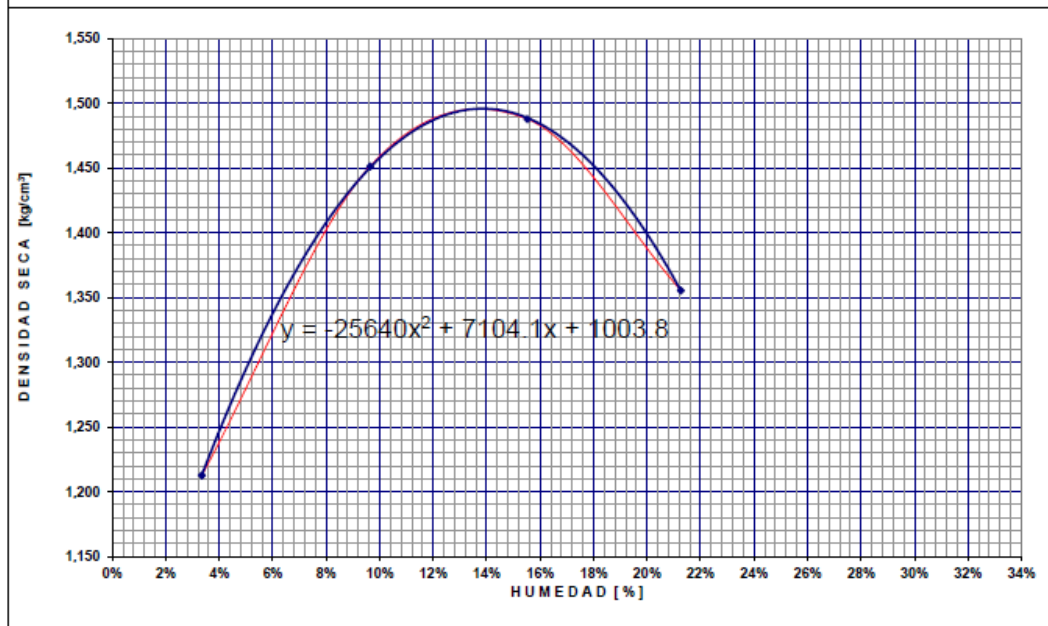
**LABORATORIO DE MATERIALES, ESTUDIOS, CONTROL DE CALIDAD, DISEÑOS EN HORMIGÓN, ASFALTO Y MECÁNICA DE SUELOS**

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

PROYECTO:	Tesis vía estabilizada Angamarca	FECHA:	22-may.-22
UBICACIÓN:	Provincia de Cotopaxi	CONSULTOR:	
PROCEDENCIA:	CALICATA 5	USO:	Sub-rasante
ANEXO:		LAB:	Tec. Lab. Darwin Cadena B
ENSAYO PROCTOR	Standard		AASHTO: T-99 -74
	Modificado	xxx	AASHTO: T-180 - 74

**RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD**

No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA					
5	56	10lb	18"	6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	360	720	1,080				
	%	0	6	12	18				
Peso suelo húmedo + molde	A	9,130	9,851	10,123	9,963				
Peso del molde	B	6,457	6,457	6,457	6,457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,673	3,394	3,666	3,506				
Volumen del molde	D	2,133	2,133	2,133	2,133				
Densidad húmeda	E=C/D	1,253	1,591	1,719	1,644				
Tarro No.		307	D345	18	AG	Y	0	RT	1
Tarro + suelo húmedo	F	66.42	59.32	72.14	77.89	67.25	72.33	69.11	82.14
Tarro + suelo seco	G	64.59	57.89	67.24	72.56	60.51	64.16	59.42	69.74
Peso de agua	H=F-G	1.83	1.43	4.90	5.33	6.74	8.17	9.69	12.40
Peso del tarro	I	12.13	13.29	16.93	16.69	16.70	12.00	13.39	11.99
Peso del suelo seco	J=G-I	52.46	44.60	50.31	55.87	43.81	52.16	46.03	57.75
Contenido de agua	K=H/J	3.49%	3.21%	9.74%	9.54%	15.38%	15.66%	21.05%	21.47%
Contenido de agua promedio	L	3.35%		9.64%		15.52%		21.26%	
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1,213	1,451	1,488	1,355			



Densidad Máxima: 1,496 kg/cm<sup>3</sup>

Humedad óptima: 13.85%



**LABORATORIO DE MATERIALES, ESTUDIOS, CONTROL DE CALIDAD, DISEÑOS EN HORMIGÓN, ASFALTO Y MECÁNICA DE SUELOS**

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

PROYECTO: Tesis via estabilizada Angamarca		FECHA: 22-may.-22	
UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi		CONSULTOR:	
PROCEDENCIA: CALICATA 6		USO: Sub-rasante	
ANEXO:		LAB: Tec. Lab. Darwin Cadena B	
ENSAYO PROCTOR	Standard	AASHO: T-99 -74	
	Modificado	xxx AASHO: T-180 - 74	
<b>RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>			
No. de Capas 5	Golpes por capa 56	Peso Martillo 10lb	Altura caída 18"
		PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 g	
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>			
Molde No.		1	2
		A	A
Agua aumentada	cc	0	360
	%	0	6
Peso suelo húmedo + molde	A	8,875	9,866
Peso del molde	B	6,457	6,457
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,418	3,409
Volumen del molde	D	2,133	2,133
Densidad húmeda	E=C/D	1,134	1,598
Tarro No.		5	HA
		5A	3
Tarro + suelo húmedo	F	60.34	49.82
		54.72	48.65
Tarro + suelo seco	G	57.88	47.88
		50.24	44.78
Peso de agua	H=F-G	2.46	1.94
		4.48	3.87
Peso del tarro	I	11.96	12.11
		11.78	11.29
Peso del suelo seco	J=G-I	45.92	35.77
		38.46	33.49
Contenido de agua	K=H/J	5.38%	5.42%
		11.65%	11.56%
Contenido de agua promedio	L	5.39%	11.60%
		17.58%	23.31%
Densidad seca	M	1,076	1,432
		1,462	1,224

$y = -41473x^2 + 12714x + 511.89$

Densidad Máxima:	1,486 kg/cm³	Humedad óptima:	15.33%
------------------	--------------	-----------------	--------

**Calicata 6**

## **Calicata 7**



**LABORATORIO DE MATERIALES, ESTUDIOS, CONTROL DE CALIDAD, DISEÑOS EN HORMIGÓN, ASFALTO Y MECÁNICA DE SUELOS**

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

PROYECTO: Tesis vía estabilizada Angamarca		FECHA: 22-may-22								
UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi		CONSULTOR: _____								
PROCEDENCIA: CALICATA 7		USO: Sub-rasante								
ANEXO: _____		LAB: Tec. Lab. Darwin Cadena B								
<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">ENSAYO PROCTOR</td> <td>Standard</td> <td>_____</td> <td>AASHO: T-99 -74</td> </tr> <tr> <td>Modificado</td> <td>xxx</td> <td>AASHO: T-180 -74</td> </tr> </table>		ENSAYO PROCTOR	Standard	_____	AASHO: T-99 -74	Modificado	xxx	AASHO: T-180 -74		
ENSAYO PROCTOR	Standard		_____	AASHO: T-99 -74						
	Modificado	xxx	AASHO: T-180 -74							
<b>RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>										
No. de Capas <b>5</b>	Golpes por capa <b>56</b>	Peso Martillo <b>10lb</b>	Altura caída <b>18"</b>	PESO INICIAL DE LA MUESTRA <b>6000 g</b>						
<b>MUESTRA &gt;&gt;&gt;</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>					
Molde No.		A	A	A	A					
Agua aumentada	cc	0	300	600	900					
	%	0	5	10	15					
Peso suelo húmedo + molde	A	9,465	10,231	10,398	9,995					
Peso del molde	B	6,457	6,457	6,457	6,457					
Peso suelo húmedo	C=A-B	3,008	3,774	3,941	3,538					
Volumen del molde	D	2,133	2,133	2,133	2,133					
Densidad húmeda	E=C/D	1,410	1,769	1,848	1,659					
Tarro No.		RX	T41	176	DC	D38	A9	307	Y	
Tarro + suelo húmedo	F	41.08	43.00	37.91	44.58	48.93	45.37	64.59	54.73	
Tarro + suelo seco	G	39.11	40.76	34.98	40.88	43.43	40.45	54.98	46.87	
Peso de agua	H=F-G	1.97	2.24	2.93	3.70	5.50	4.92	9.61	7.86	
Peso del tarro	I	11.12	11.44	12.01	12.03	12.03	12.00	12.16	12.13	
Peso del suelo seco	J=G-I	27.99	29.32	22.97	28.85	31.40	28.45	42.82	34.74	
Contenido de agua	K=H/J	7.04%	7.64%	12.76%	12.82%	17.52%	17.29%	22.44%	22.63%	
Contenido de agua promedio	L	7.34%		12.79%		17.40%		22.53%		
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1,314	1,569	1,574	1,574	1,574	1,354	1,354	

$y = -45265x^2 + 13784x + 548.06$

Densidad Máxima:	1,595 kg/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	15.23%
------------------	--------------------------	-----------------	--------



**LABORATORIO DE MATERIALES, ESTUDIOS, CONTROL DE CALIDAD, DISEÑOS EN HORMIGÓN, ASFALTO Y MECÁNICA DE SUELOS**

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

PROYECTO: Tesis via estabilizada Angamarca		FECHA: 22-may-22	
UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi		CONSULTOR:	
PROCEDENCIA: CALICATA 8		USO: Sub-rasante	
ANEXO:		LAB: Tec. Lab. Darwin Cadena B	
ENSAYO PROCTOR	Standard	AASHO: T-99 - 74	
	Modificado	xxx AASHO: T-180 - 74	
<b>RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>			
No. de Capas <b>5</b>	Golpes por capa <b>56</b>	Peso Martillo <b>10lb</b>	Altura caída <b>18"</b>
PESO INICIAL DE LA MUESTRA <b>6000 g</b>			
MUESTRA >>>		1	2
		3	4
Molde No.		A	A
Agua aumentada	cc	0	360
	%	0	6
Peso suelo húmedo + molde	A	9,194	9,930
Peso del molde	B	6,457	6,457
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,737	3,473
Volumen del molde	D	2,133	2,133
Densidad húmeda	E=C/D	1,283	1,628
Tarro No.		AB	C-20
Tarro + suelo húmedo	F	47.95	50.60
Tarro + suelo seco	G	45.76	48.48
Peso de agua	H=F-G	2.19	2.12
Peso del tarro	I	12.20	16.70
Peso del suelo seco	J=G-I	33.56	31.78
Contenido de agua	K=H/J	6.53%	6.67%
Contenido de agua promedio	L	6.60%	12.66%
Densidad seca	M	1,204	1,445

		T41	C-15	ML-43	C27	10
Tarro + suelo húmedo		51.44	54.52	92.90	72.22	80.76
Tarro + suelo seco		46.97	49.72	80.98	64.00	67.43
Peso de agua		4.47	4.80	11.92	8.22	13.33
Peso del tarro		12.01	11.41	18.15	20.14	12.00
Peso del suelo seco		34.96	38.31	62.83	43.86	55.43
Contenido de agua		12.79%	12.53%	18.97%	18.74%	24.05%
Contenido de agua promedio		12.66%	18.86%	24.21%		
Densidad seca		1,445	1,489	1,346		

$y = -27846x^2 + 9398.5x + 704.08$

Densidad Máxima:	1,497 kg/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	16.88%
------------------	--------------------------	-----------------	--------

**Calicata 8**



**LABORATORIO DE MATERIALES, ESTUDIOS, CONTROL DE CALIDAD, DISEÑOS EN HORMIGÓN, ASFALTO Y MECÁNICA DE SUELOS**

**LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

PROYECTO: Tesis vía estabilizada Angamarca		FECHA: 22-may.-22							
UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi		CONSULTOR:							
PROCEDENCIA: CALICATA 9		USO: Sub-rasante							
ANEXO:		LAB: Tec. Lab. Darwin Cadena B							
ENSAYO PROCTOR	Standard	AASHO: T-99 -74							
	Modificado	AASHO: T-180 - 74							
<b>RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>									
No. de Capas 5	Golpes por capa 56	Peso Martillo 10lb	Altura caída 18"	PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	300	600	900				
	%	0	5	10	15				
Peso suelo húmedo + molde	A	8,891	9,876	10,054	9,234				
Peso del molde	B	6,457	6,457	6,457	6,457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,434	3,419	3,597	2,777				
Volumen del molde	D	2,133	2,133	2,133	2,133				
Densidad húmeda	E=C/D	1,141	1,603	1,686	1,302				
Tarro No.		SA	3	18	RX	176	T41	10	HA
Tarro + suelo húmedo	F	61.82	52.29	57.36	61.01	60.93	61.43	61.61	58.64
Tarro + suelo seco	G	58.34	49.41	52.49	55.34	53.55	54.00	52.45	50.00
Peso de agua	H=F-G	3.48	2.88	4.87	5.67	7.38	7.43	9.16	8.64
Peso del tarro	I	11.78	11.29	11.98	11.12	12.01	11.44	12.11	12.11
Peso del suelo seco	J=G-I	46.56	38.12	40.51	44.22	41.54	42.56	40.34	37.89
Contenido de agua	K=H/J	7.47%	7.56%	12.02%	12.82%	17.77%	17.46%	22.71%	22.80%
Contenido de agua promedio	L	7.51%		12.42%		17.61%		22.75%	
Densidad seca	M	1,061		1,426		1,434		1,061	

Densidad Máxima:	1,478 kg/cm³	Humedad óptima:	15.13%
------------------	--------------	-----------------	--------

**Calicata 9**



# Calicata 10



## LABORATORIO DE MATERIALES, ESTUDIOS, CONTROL DE CALIDAD, DISEÑOS EN HORMIGÓN, ASFALTO Y MECÁNICA DE SUELOS

### LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: Tesis via estabilizada Angamarca		FECHA: 22-may-22									
UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi		CONSULTOR:									
PROCEDENCIA: CALICATA 10		USO: Sub-rasante									
ANEXO:		LAB: Tec. Lab. Darwin Cadena B									
<table border="1"> <tr> <td>ENSAYO PROCTOR</td> <td>Standard</td> <td></td> <td>AASHO: T-99 -74</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Modificado</td> <td>xxx</td> <td>AASHO: T-180 - 74</td> </tr> </table>		ENSAYO PROCTOR	Standard		AASHO: T-99 -74		Modificado	xxx	AASHO: T-180 - 74		
ENSAYO PROCTOR	Standard		AASHO: T-99 -74								
	Modificado	xxx	AASHO: T-180 - 74								
<b>RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>											
No. de Capas	Golpes por capa	Peso Martillo	Altura caída	PESO INICIAL DE LA MUESTRA							
5	56	10lb	18"	6000 g							
MUESTRA >>>		1	2	3	4						
Molde No.		A	A	A	A						
Agua aumentada	cc	0	360	720	1,080						
	%	0	6	12	18						
Peso suelo húmedo + molde	A	9,222	9,989	10,087	9,476						
Peso del molde	B	6,457	6,457	6,457	6,457						
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,765	3,532	3,630	3,019						
Volumen del molde	D	2,133	2,133	2,133	2,133						
Densidad húmeda	E=C/D	1,296	1,656	1,702	1,415						
Tarro No.		74	2,500	SI	T41	SY	10	KG	RV		
Tarro + suelo húmedo	F	42.06	46.14	45.81	46.07	46.12	45.78	51.55	51.87		
Tarro + suelo seco	G	40.03	43.65	41.75	41.98	40.68	40.34	43.54	43.88		
Peso de agua	H=F-G	2.03	2.49	4.06	4.09	5.44	5.44	8.01	7.99		
Peso del tarro	I	11.98	12.11	12.10	11.44	12.16	12.11	11.76	11.95		
Peso del suelo seco	J=G-I	28.05	31.54	29.65	30.54	28.52	28.23	31.78	31.93		
Contenido de agua	K=H/J	7.24%	7.89%	13.69%	13.39%	19.07%	19.27%	25.20%	25.02%		
Contenido de agua promedio	L	7.57%		13.54%		19.17%		25.11%			
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	M	1,205	1,458	1,428	1,428	1,428	1,428	1,428		

$y = -39834x^2 + 12587x + 481.65$

Densidad Máxima:	1,476 kg/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	15.80%
------------------	--------------------------	-----------------	--------

*Anexo 3: Ensayos CBR Calicata 1-10*

Muestra:	Calicata 1	Estudiante:	Jerry Chango
Remoldeada:		Apoyo de laboratorio:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	martes, 24 de mayo de 2022

Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:		CALICATA: P-1	
NORMAS UTILIZADAS	Método:	MODIFICADO	
ASTM	D1883	Densidad Máxima:	1568
AASHTO	T-180	Humedad Óptima:	14.10%
			Kg/m. <sup>3</sup>

Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo

Molde Nº	M 11			CM 24			B 16		
Nº de Capas	5			5			5		
Nº de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de Remojar		Antes de Remojar	Después de Remojar		Antes de Remojar	Después de Remojar	
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	12523	12733		10423	10645		9745	10012	
Peso del molde (Kgs)	8299	8299		7111	7111		6895	6895	
Peso de muestra húmeda (Kgs)	4224	4434		3312	3534		2850	3117	
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2353	2353		2288	2288		2317	2317	
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	1.795	1.884		1.448	1.545		1.230	1.345	
Cant. De humedad	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba
Tarro Nº	D-16	D-23	M6	S	BA-11	D-23	M6	45	S
Peso de muestra humedad + tarro (g)	52.40	59.39	71.21	95.83	56.40	65.80	57.31	89.02	102.05
Peso de muestra seca + tarro (g)	47.55	53.65	62.26	86.50	50.88	56.73	51.74	80.39	86.52
Peso del agua (g)	4.85	5.74	8.95	9.33	5.52	9.07	5.57	8.63	15.53
Peso del tarro (g)	13.29	13.30	12.18	20.30	12.04	13.30	12.18	19.80	20.30
Peso de la muestra seca (g)	34.26	40.35	50.08	66.20	38.84	43.43	39.56	60.59	66.22
Contenido de humedad %	14.16%	14.23%	17.87%	14.09%	14.21%	20.88%	14.06%	14.24%	23.45%
Contenido de humedad promedio, %	14.19%			17.87%			14.15%		
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.572			1.599			1.268		
	1.572			1.278			1.077		
	1.090								

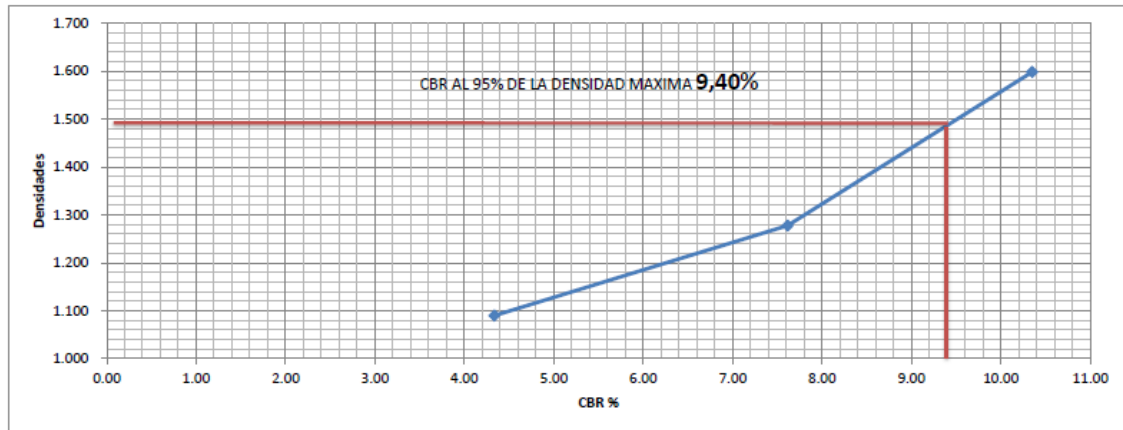
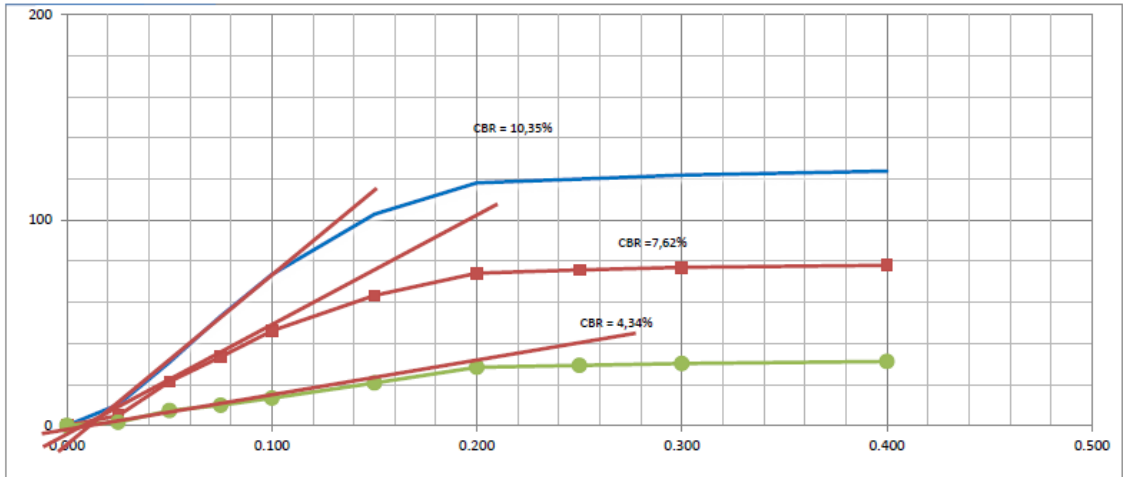
Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº M 11			Molde Nº CM 24			Molde Nº B 16		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2022-05-25	14h00	1	1	0.001	0.021993	3	0.003	0.065978	5	0.005	0.109963
2022-05-26	14h00	2	6	0.006	0.131955	5	0.005	0.109963	9	0.009	0.197933
2022-05-27	14h00	3	9	0.009	0.197933	14	0.014	0.307895	17	0.017	0.373873
2022-05-28	14h00	4	11	0.011	0.241918	19	0.019	0.417858	23	0.023	0.505828
2022-05-29	14h00	5	11	0.011	0.241918	20	0.02	0.439850	23	0.023	0.505828

Datos del CBR

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde Nº M 11		Molde Nº CM 24		Molde Nº B 16	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0.000		0	0	0	0	0	0
0.025		32	10	15	5	5	2
0.050		97	31	67	21	23	7
0.075		167	53	105	33	31	10
0.100	1000	231	74	145	46	42	13
0.150		323	103	199	63	65	21
0.200		371	118	9.87	233	74	6.94
0.250		377	120	238	76	92	29
0.300		383	122	242	77	95	30
0.400		389	124	245	78	98	31
0.500		392	125	253	81	101	32
0.600		397	126	257	82	103	33

**Calicata 1**



VALOR PROCTOR AL 95% 1490

**CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"**

Proyecto:	Tesis via estabilizada Angamarca	Tutor:	
Muestra:	Calicata 2	Estudiante:	Jerry Chango
Remoldeada:		Apoyo de laboratorio:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	martes, 24 de mayo de 2022

Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:		CALICATA: P-2	
NORMAS UTILIZADAS	Método:	MODIFICADO	
ASTM	D1883	Densidad Máxima:	1543
AASHTO	T-180	Humedad Óptima:	14.86%
			Kg/m. <sup>3</sup>

**Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo**

Molde N°	MK-1			ML-24			ML-3		
	N° de Capas			N° de Capas			N° de Capas		
N° de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Despues de Remojar		Antes de Remojar	de Remojar		Antes de Remojar	Despues de Remojar	
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	11074	11498		10732	11239		10359	11043	
Peso del molde (Kgs)	6987	6987		7120	7120		6998	6998	
Peso de muestra húmeda (Kgs)	4087	4511		3612	4119		3361	4045	
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2286	2286		2288	2288		2286	2286	
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	1.788	1.973		1.579	1.800		1.470	1.769	
Cant. De humedad	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba
Tarro N°	B-17	B-14	ML-30	ML-27	BA-14	B-17	B-18	ML-30	ML-27
Peso de muestra humedad + tarro (g)	63.22	60.98	57.12	72.34	60.22	89.64	80.31	77.76	92.12
Peso de muestra seca + tarro (g)	57.43	55.23	50.00	65.43	54.23	73.11	72.45	70.60	72.15
Peso del agua (g)	5.79	5.75	7.12	6.91	5.99	16.53	7.86	7.16	19.97
Peso del tarro (g)	16.48	14.90	20.40	16.06	12.18	16.48	16.66	20.40	16.06
Peso de la muestra seca (g)	40.95	40.33	29.60	49.37	42.05	56.63	55.79	50.20	56.09
Contenido de humedad %	14.14%	14.26%	24.05%	14.00%	14.24%	29.19%	14.09%	14.26%	35.60%
Contenido de humedad promedio, %	14.20%		24.05%	14.12%		29.19%	14.18%		35.60%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.566		1.591	1.383		1.394	1.288		1.305

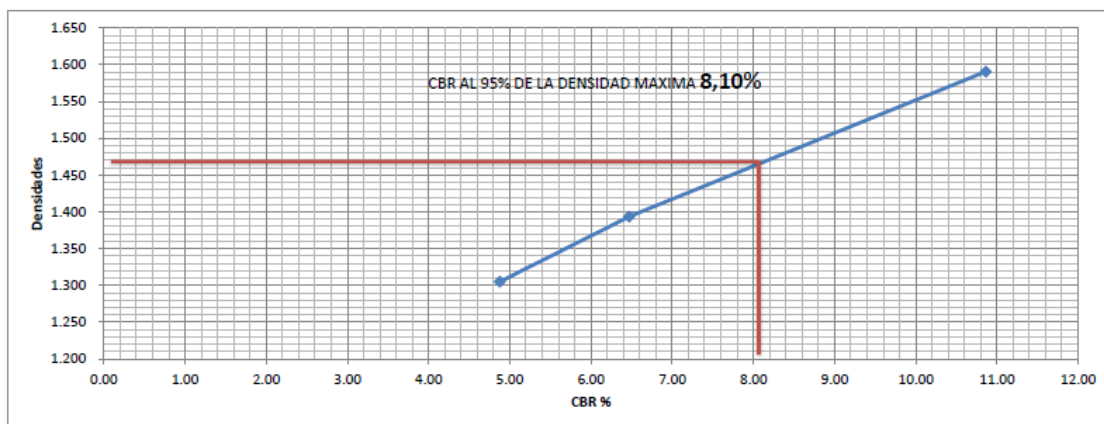
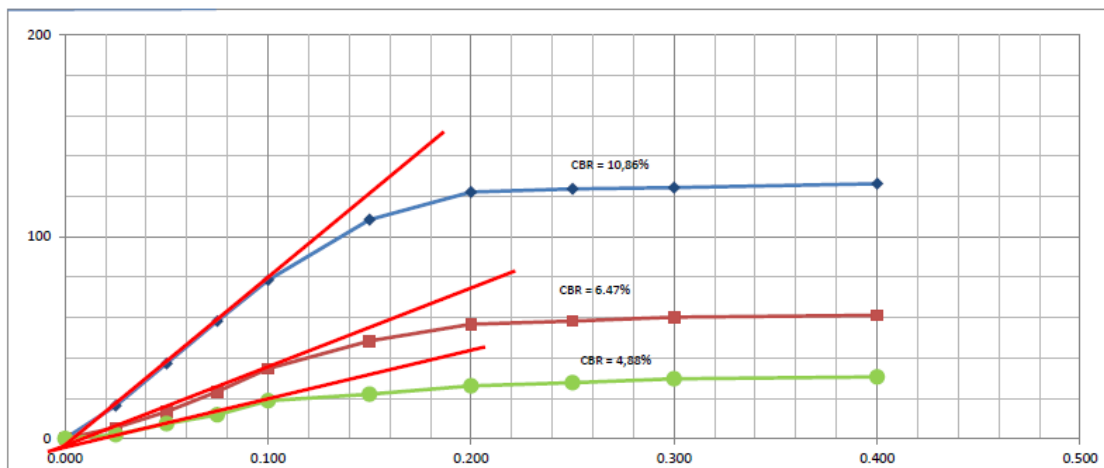
**Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)**

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° MK-1			Molde N° ML-24			Molde N° ML3		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2022-05-25	14h00	1	2	0.002	0.043985	4	0.004	0.087970	8	0.008	0.175940
2022-05-26	14h00	2	3	0.003	0.065978	7	0.007	0.153948	11	0.011	0.241918
2022-05-27	14h00	3	3	0.003	0.065978	9	0.009	0.197933	16	0.016	0.351880
2022-05-28	14h00	4	5	0.005	0.109963	9	0.009	0.197933	16	0.016	0.351880
2022-05-29	14h00	5	5	0.005	0.109963	9	0.009	0.197933	16	0.016	0.351880

**Datos del CBR**

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° MK-1		Molde N° ML-24		Molde N° ML3	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0.000		0	0	0	0	0	0
0.025		51	16	17	5	6	2
0.050		117	37	42	13	23	7
0.075		183	58	73	23	37	12
0.100	1000	247	79	109	35	59	19
0.150		341	109	152	48	69	22
0.200		384	122	178	57	82	26
0.250		389	124	183	58	87	28
0.300		391	124	189	60	93	30
0.400		397	126	192	61	96	31
0.500		401	128	195	62	101	32
0.600		405	129	199	63	107	34

**Calicata 2**



VALOR PROCTOR AL 95% 1466



## Calicata 3

### CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"

Proyecto:	Tesis vía estabilizada Angamarca	Tutor:	
Muestra:		Estudiante:	Jerry Chango
Remoldeada:		Apoyo de laboratorio:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	martes, 24 de mayo de 2022

Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:		CALICATA: P-3		
NORMAS UTILIZADAS		Método:	MODIFICADO	
ASTM	D1883	Densidad Máxima:	1625	Kg/m. <sup>3</sup>
AASHTO	T-180	Humedad Óptima:	12.71%	

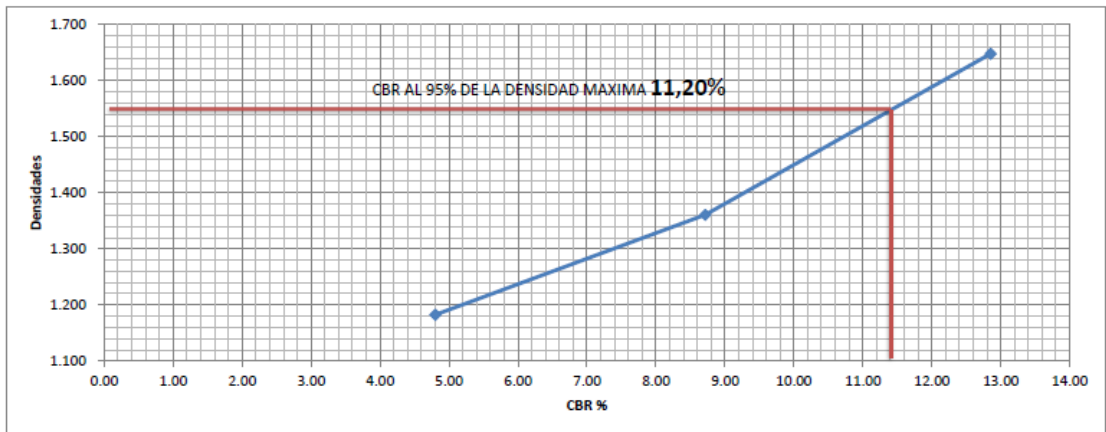
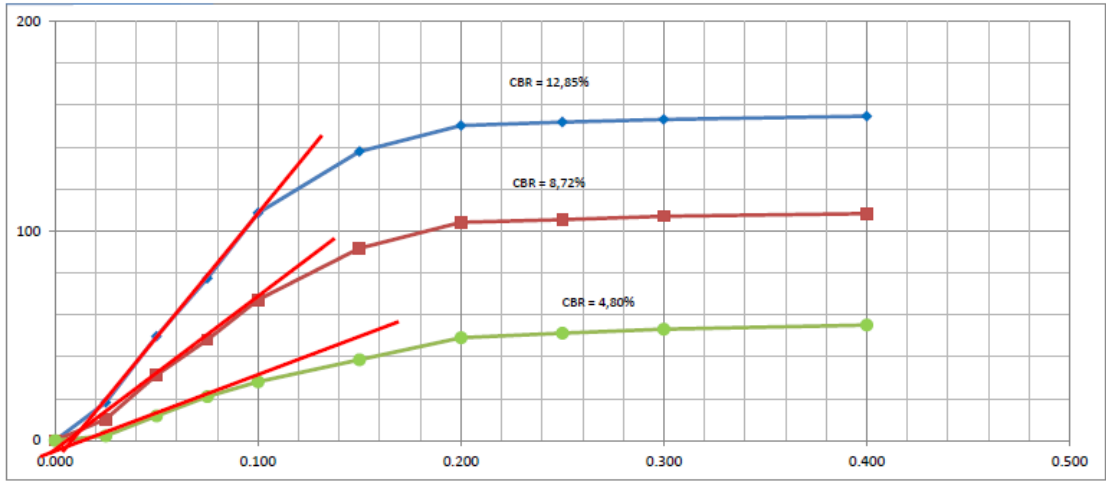
Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo									
Molde N°	M 12			SL-12			D 61		
N° de Capas	5			5			5		
N° de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		de Remojar	Antes de Remojar		de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	12075	12355		10566	10982		10412	10856	
Peso del molde (Kgs)	7676	7676		7110	7110		7400	7400	
Peso de muestra húmeda (Kgs)	4399	4679		3456	3872		3012	3456	
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2384	2384		2270	2270		2291	2291	
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	1.845	1.963		1.522	1.706		1.315	1.509	
Cant. De humedad	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba
Tarro N°	ML-16	O-21	OR-7	WE	QY-12	ML-16	10	OR-7	QY-12
Peso de muestra humedad + tarro (g)	56.41	61.24	80.20	48.82	52.34	75.46	73.80	52.80	55.57
Peso de muestra seca + tarro (g)	52.36	55.99	70.56	45.62	48.69	64.33	68.06	48.96	47.87
Peso del agua (g)	4.05	5.25	9.64	3.20	3.65	11.13	5.74	3.84	7.70
Peso del tarro (g)	20.40	14.90	20.09	20.08	19.94	20.40	21.32	20.09	19.94
Peso de la muestra seca (g)	31.96	41.09	50.47	25.54	28.75	43.93	46.74	28.87	27.93
Contenido de humedad %	12.67%	12.78%	19.10%	12.53%	12.70%	25.34%	12.28%	13.30%	27.57%
Contenido de humedad promedio, %	12.72%		19.10%	12.61%		25.34%	12.79%		27.57%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.637	1.648		1.352	1.361		1.166	1.183	

#### Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° M 12				Molde N° SL 12				Molde N° D 61			
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento				
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%			
2022-05-25	14h00	1	1	0.001	0.021993	3	0.003	0.065978	4	0.004	0.087970			
2022-05-26	14h00	2	1	0.001	0.021993	5	0.005	0.109963	7	0.007	0.153948			
2022-05-27	14h00	3	3	0.003	0.065978	5	0.005	0.109963	9	0.009	0.197933			
2022-05-28	14h00	4	3	0.003	0.065978	5	0.005	0.109963	9	0.009	0.197933			
2022-05-29	14h00	5	3	0.003	0.065978	5	0.005	0.109963	9	0.009	0.197933			

#### Datos del CBR

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° M 12		Molde N° SL 12		Molde N° D 61	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0.000		0	0	0	0	0	0
0.025		57	18	32	10	7	2
0.050		156	50	98	31	37	12
0.075		243	77	151	48	66	21
0.100	1000	341	109	12.85	211	67	8.72
0.150		433	138	288	92	121	39
0.200		472	150	11.35	327	104	8.27
0.250		477	152	331	105	161	51
0.300		481	153	336	107	167	53
0.400		486	155	340	108	173	55
0.500		491	156	344	109	177	56
0.600		495	158	349	111	180	57



VALOR PROCTOR AL 95% 1544

**CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"**

Proyecto:	Tesis vía estabilizada Angamarca	Tutor:	
Muestra:	Calicata 4	Estudiante:	Jerry Chango
Remoldeada:		Apoyo de laboratorio:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	martes, 24 de mayo de 2022

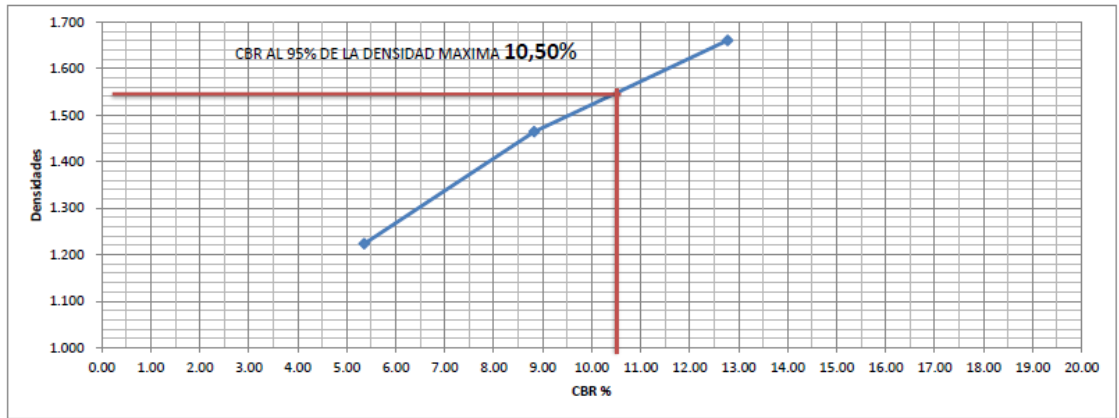
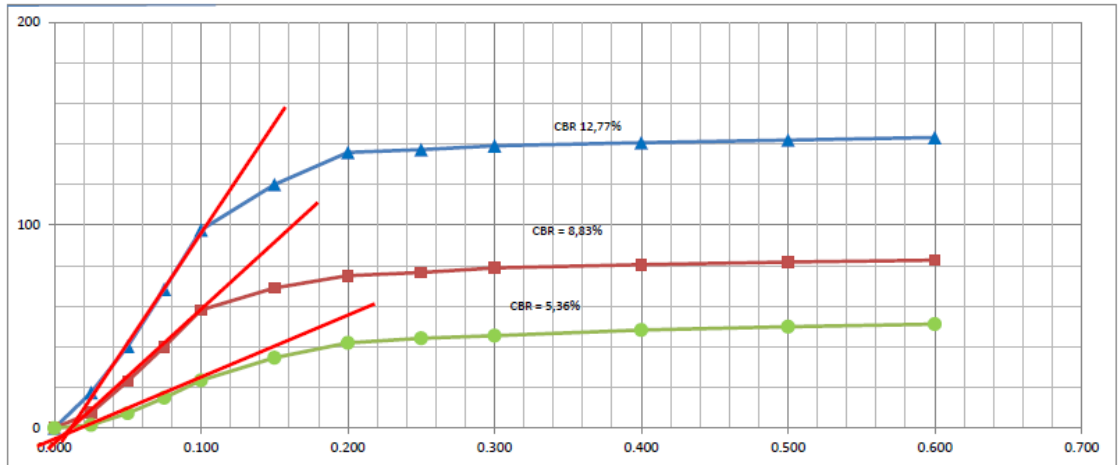
<b>Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:</b>		CALICATA: P-4	
NORMAS UTILIZADAS		Método:	MODIFICADO
ASTM	D1883	Densidad Máxima:	1626 Kg/m. <sup>3</sup>
AASTHO	T-180	Humedad Óptima:	14.96%

Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo									
Molde N°	B 55			G 20			L 12		
N° de Capas	5			5			5		
N° de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	11756		12234	10661		11122	10454		10912
Peso del molde (Kgs)	7340		7340	6905		6905	7136		7136
Peso de muestra húmeda (Kgs)	4416		4894	3756		4217	3318		3776
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2386		2386	2223		2223	2317		2317
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	1.851		2.051	1.690		1.897	1.432		1.630
Cant. De humedad	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba
Tarro N°	D-20	D-36	JL-2	B-9	M-2	B-31	B-31	JL-2	D-20
Peso de muestra humedad + tarro (g)	62.44	65.71	88.32	79.11	83.11	75.09	67.79	90.23	88.08
Peso de muestra seca + tarro (g)	56.35	59.19	75.23	71.37	74.24	61.69	61.43	81.45	69.44
Peso del agua (g)	6.09	6.52	13.09	7.74	8.87	13.40	6.36	8.78	18.64
Peso del tarro (g)	13.30	13.29	19.56	16.93	12.00	16.35	16.35	19.56	13.30
Peso de la muestra seca (g)	43.05	45.90	55.67	54.44	62.24	45.34	45.08	61.89	56.14
Contenido de humedad %	14.15%	14.20%	23.51%	14.22%	14.25%	29.55%	14.11%	14.19%	33.20%
Contenido de humedad promedio, %	14.18%		23.51%	14.23%		29.55%	14.15%		33.20%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.621		1.661	1.479		1.464	1.255		1.223

Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Lectura del Indicador	Molde N° B 55		Molde N° G 20			Molde N° L 12		
				Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2022-05-25	14h00	1	2	0.002	0.043985	5	0.005000	0.110	6	0.006	0.131955
2022-05-26	14h00	2	4	0.004	0.087970	9	0.009000	0.198	12	0.012	0.263910
2022-05-27	14h00	3	4	0.004	0.087970	13	0.013000	0.286	15	0.015	0.329888
2022-05-28	14h00	4	4	0.004	0.087970	13	0.013000	0.286	15	0.015	0.329888
2022-05-29	14h00	5	4	0.004	0.087970	13	0.013000	0.286	15	0.015	0.329888

Datos del CBR										
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° B 55		Molde N° G 20			Molde N° L 12			
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	Carga del Ensayo		CBR Corr.	
0.000		0	0	0	0	0	0	0	0	
0.025		55	18	24	8	5	2	5	2	
0.050		127	40	73	23	23	7	23	7	
0.075		215	68	126	40	47	15	47	15	
0.100	1000	307	98	12.77	183	58	8.83	74	24	5.36
0.150		377	120	217	69	109	35	109	35	
0.200		427	136	11.06	236	75	7.01	132	42	4.80
0.250		431	137	241	77	139	44	139	44	
0.300		437	139	248	79	143	46	143	46	
0.400		442	141	253	81	152	48	152	48	
0.500		446	142	257	82	157	50	157	50	
0.600		450	143	260	83	161	51	161	51	

**Calicata 4**



VALOR PROCTOR AL 95% 1544.7

**CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"**

Proyecto:	Tesis vía estabilizada Angamarca	Tutor:	
Muestra:	Calicata 5	Estudiante:	Jerry Chango
Remoldeada:		Apoyo de laboratorio:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	martes, 24 de mayo de 2022

Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:		CALICATA: P-5	
NORMAS UTILIZADAS	Método:	MODIFICADO	
ASTM	D1883	Densidad Máxima:	1496
AASTHO	T-180	Humedad Optima:	13.85%
			Kg/m. <sup>3</sup>

**Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo**

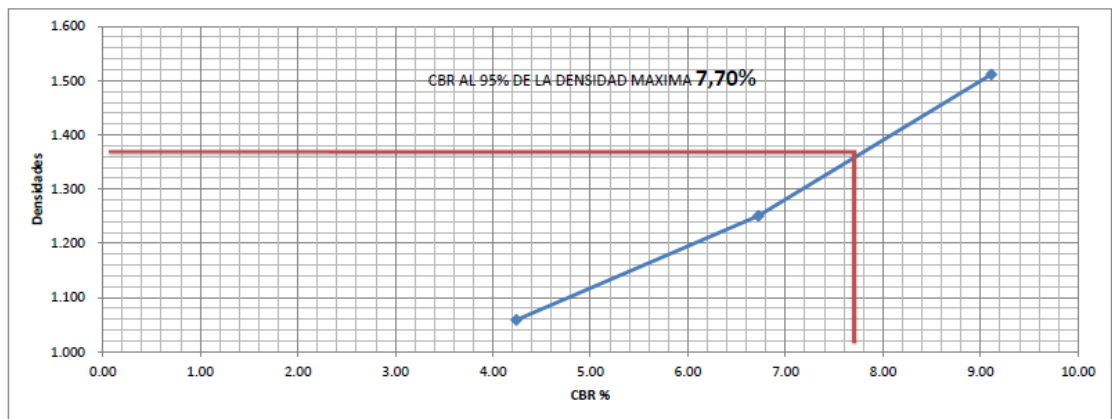
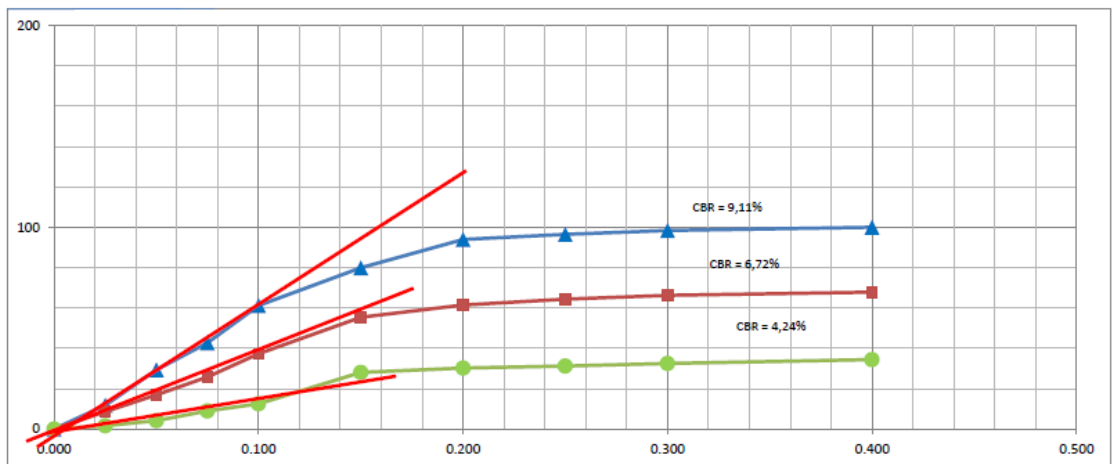
Molde Nº	1			2			3		
Nº de Capas	5			5			5		
Nº de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	9,667	10,044	10,044	8,974	9,452	9,452	8,457	9,087	9,087
Peso del molde (Kgs)	6,045	6,045	6,045	6,004	6,004	6,004	6,049	6,049	6,049
Peso de muestra húmeda (Kgs)	3,622	3,999	3,999	2,970	3,448	3,448	2,408	3,038	3,038
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2,116	2,116	2,116	2,123	2,123	2,123	2,110	2,110	2,110
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	1,712	1,890	1,890	1,399	1,624	1,624	1,141	1,440	1,440
Cant. De humedad	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba	Fondo	Arriba	1" de Arriba
Tarro Nº	X1	Z		86.0	T		13.0	TIN	13.0
Peso de muestra humedad + tarro (g)	77.1	83.4	98.5	80.3	65.9	93.4	109.8	99.7	112.4
Peso de muestra seca + tarro (g)	71.3	76.6	84.4	74.0	61.3	78.4	99.9	91.0	90.0
Peso del agua (g)	5.9	6.8	14.1	6.3	4.6	15.1	9.9	8.7	22.4
Peso del tarro (g)	28.7	27.9	28.3	28.1	28.3	27.8	27.7	27.9	27.7
Peso de la muestra seca (g)	42.6	48.7	56.1	45.9	33.0	50.6	72.2	63.1	62.3
Contenido de humedad %	13.77%	13.91%	25.04%	13.79%	13.84%	29.85%	13.66%	13.71%	35.99%
Contenido de humedad promedio, %	13.84%			13.82%			29.85%		
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.504			1.511			1.229		

**Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)**

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Lectura del Indicador	Molde Nº 1		Molde Nº 2		Molde Nº 3			
				Esponjamiento		Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		
				Pulg.	%	Pulg.	%		Pulg.	%	
2022-05-25	14h00	1	1	0.001	0.0220	4	0.004	0.0880	6	0.006	0.132
2022-05-26	14h00	2	7	0.007	0.1539	16	0.016	0.3519	27	0.027	0.594
2022-05-27	14h00	3	11	0.011	0.2419	24	0.024	0.5278	41	0.041	0.902
2022-05-28	14h00	4	19	0.019	0.4179	33	0.033	0.7258	54	0.054	1.188
2022-05-29	14h00	5	19	0.019	0.4179	34	0.034	0.7477	55	0.055	1.210

**Datos del CBR**

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde Nº 1		Molde Nº 2		Molde Nº 3	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0.000		0	0	0	0	0	0
0.025		37	12	27	9	5	2
0.050		92	29	53	17	13	4
0.075		134	43	81	26	28	9
0.100	1000	192	61	117	37	39	12
0.150		251	80	174	55	88	28
0.200		295	94	193	61	95	30
0.250		303	96	202	64	98	31
0.300		309	98	208	66	102	32
0.400		314	100	213	68	108	34
0.500		318	101	217	69	113	36
0.600		321	102	221	70	115	37



VALOR PROCTOR AL 95% 1421

## Calicata 6

### CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"

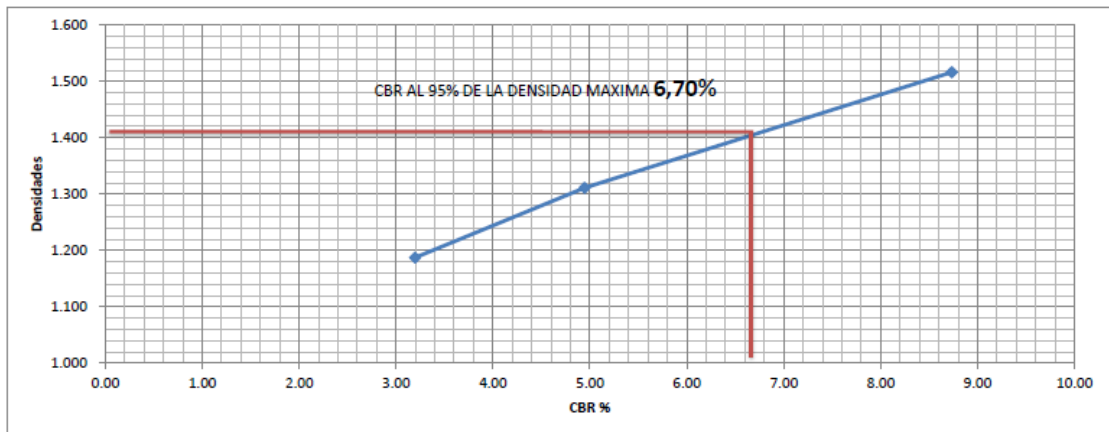
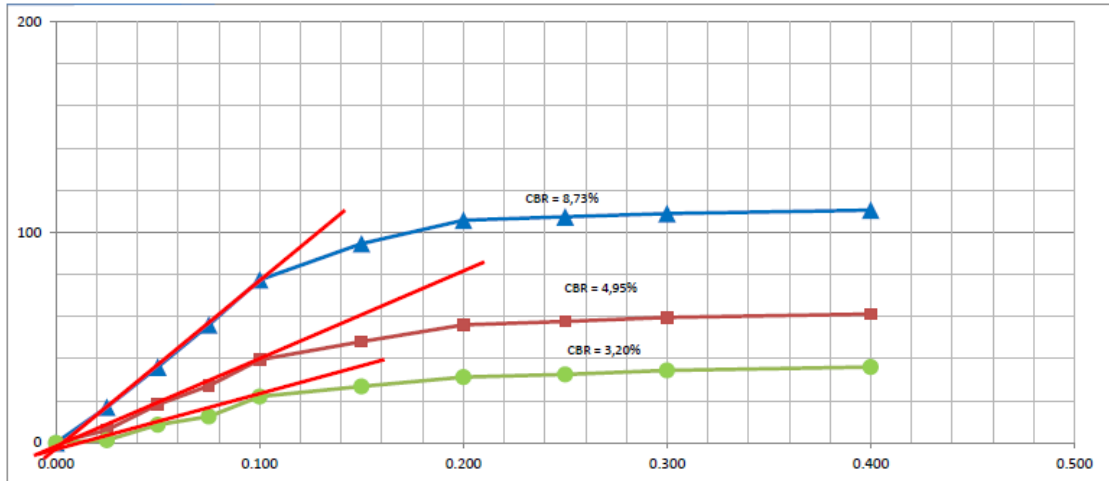
Proyecto:	Tesis vía estabilizada Angamarca	Tutor:	
Muestra:	Calicata 6	Estudiante:	Jerry Chango
Remoldeada:		Apoyo de laboratorio:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	martes, 24 de mayo de 2022

Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:		CALICATA: P-6	
NORMAS UTILIZADAS		Método:	MODIFICADO
ASTM	D1883	Densidad Máxima:	1486 Kg/m. <sup>3</sup>
AASHTO	T-180	Humedad Óptima:	15.33%

Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo									
Molde N°	VA-12			BG			GH		
N° de Capas	5			5			5		
N° de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar	de Remojar	de Remojar	Antes de Remojar	de Remojar	de Remojar	Antes de Remojar	Después de Remojar	Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	11233	11689	11689	10509	11012	11012	10134	10788	10788
Peso del molde (Kgs)	7234	7234	7234	7098	7098	7098	7112	7112	7112
Peso de muestra húmeda (Kgs)	3999	4455	4455	3411	3914	3914	3022	3676	3676
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2311	2311	2311	2295	2295	2295	2234	2234	2234
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	1.730	1.928	1.928	1.486	1.705	1.705	1.353	1.645	1.645
Cant. De humedad	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba
Tarro N°	C-17	23	8	P-11	8	23	ML-2	W-5	P-11
Peso de muestra humedad + tarro (g)	92.11	88.54	96.31	92.39	77.62	58.98	61.94	90.09	88.84
Peso de muestra seca + tarro (g)	82.43	79.28	80.03	82.76	69.76	50.00	56.38	80.69	69.97
Peso del agua (g)	9.68	9.26	16.28	9.63	7.86	8.98	5.56	9.40	18.87
Peso del tarro (g)	20.16	20.12	20.00	21.08	20.00	20.12	20.40	20.14	21.08
Peso de la muestra seca (g)	62.27	59.16	60.03	61.68	49.76	29.88	35.98	60.55	48.89
Contenido de humedad %	15.55%	15.65%	27.12%	15.61%	15.80%	30.05%	15.45%	15.52%	38.60%
Contenido de humedad promedio, %	15.60%			15.70%			15.49%		
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.497			1.285			1.171		

Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)											
Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° VA-12			Molde N° BG			Molde N° GH		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
			Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%	
2022-05-26	14h00	1	1	0.001	0.0219925	6	0.006	0.1320	11	0.011	0.242
2022-05-26	14h00	2	11	0.011	0.2419177	18	0.018	0.3959	27	0.027	0.594
2022-05-27	14h00	3	19	0.019	0.4178579	26	0.026	0.5718	39	0.039	0.858
2022-05-28	14h00	4	27	0.027	0.5937981	38	0.038	0.8357	55	0.055	1.210
2022-05-29	14h00	5	31	0.031	0.6817682	44	0.044	0.9677	62	0.062	1.364

Datos del CBR										
Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° VA-12			Molde N° BG			Molde N° GH		
		Carga del Ensayo	CBR Corr.		Carga del Ensayo	CBR Corr.		Carga del Ensayo	CBR Corr.	
		0	0		0	0		0	0	
0.000		0	0		0	0		0	0	
0.025		53	17		19	6		4	1	
0.050		113	36		57	18		27	9	
0.075		176	56		85	27		39	12	
0.100	1000	243	77	8.73	124	39	4.95	69	22	3.20
0.150		297	95		151	48		84	27	
0.200		332	106	7.71	176	56	4.40	98	31	2.75
0.250		337	107		181	58		102	32	
0.300		342	109		187	60		108	34	
0.400		347	110		192	61		113	36	
0.500		353	112		199	63		117	37	
0.600		358	114		203	65		121	39	



VALOR PROCTOR AL 95% 1412

## Calicata 7

### CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"

Proyecto:	Tesis vía estabilizada Angamarca	Tutor:	
Muestra:	Calicata 7	Estudiante:	Jerry Chango
Remoldeada:		Apoyo de laboratorio:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	martes, 24 de mayo de 2022

Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:		CALICATA: P-7	
NORMAS UTILIZADAS	Método:	MODIFICADO	
ASTM	D1883	Densidad Máxima:	1595
AASHTO	T-180	Humedad Óptima:	15.23%
			Kg/m. <sup>3</sup>

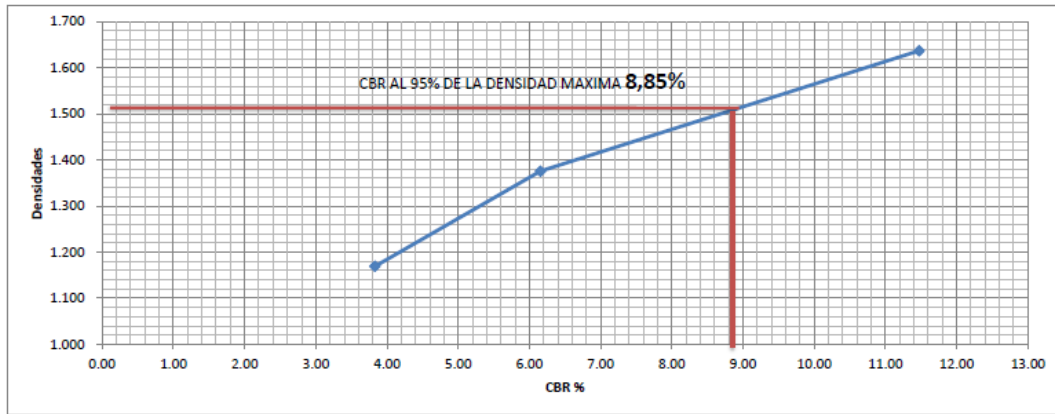
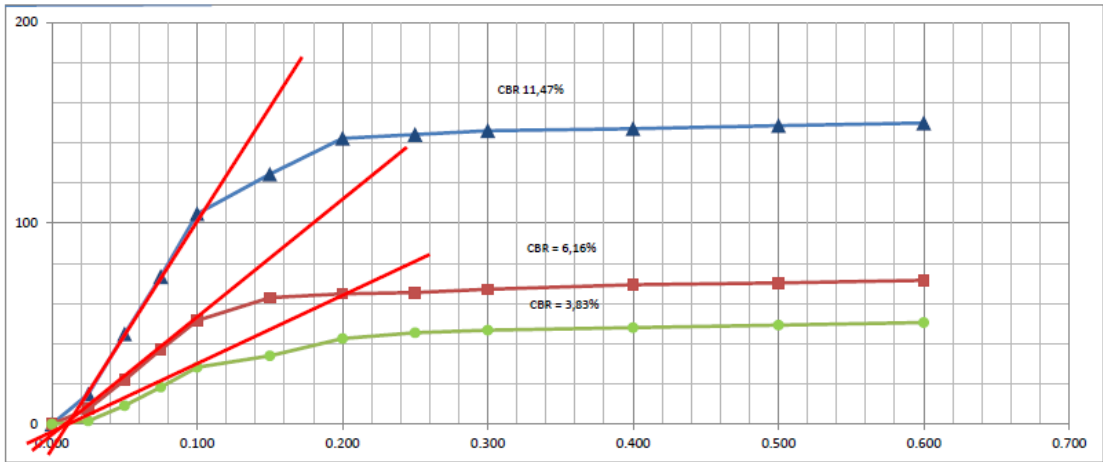
Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo									
Molde Nº	GM-1			D12			G6		
Nº de Capas	5			5			5		
Nº de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar	Después de Remojar		Antes de Remojar	Después de Remojar		Antes de Remojar	Después de Remojar	
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	11087	11433		10187	10654		9789	10277	
Peso del molde (Kgs)	6990	6990		6518	6518		6896	6896	
Peso de muestra húmeda (Kgs)	4097	4443		3669	4136		2893	3381	
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2212	2212		2366	2366		2205	2205	
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	1.852	2.009		1.551	1.748		1.312	1.533	
Cant. De humedad	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba
Tarro Nº	JL-5	JL-2	AS-5	AS-5	TP-23	JL-5	JL-25	MS-3	JL-2
Peso de muestra humedad + tarro (g)	77.42	82.39	66.54	58.98	77.24	73.45	66.62	83.08	85.69
Peso de muestra seca + tarro (g)	69.78	73.98	58.00	53.86	69.60	62.09	60.44	74.45	69.98
Peso del agua (g)	7.64	8.41	8.54	5.12	7.64	11.36	6.18	8.63	15.71
Peso del tarro (g)	20.14	19.56	20.40	20.40	20.12	20.14	20.09	19.05	19.56
Peso de la muestra seca (g)	49.64	54.42	37.60	33.46	49.48	41.95	40.35	55.40	50.42
Contenido de humedad %	15.39%	15.45%	22.71%	15.30%	15.44%	27.08%	15.32%	15.58%	31.16%
Contenido de humedad promedio, %	15.42%		22.71%	15.37%		27.08%	15.45%		31.16%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.605		1.637	1.344		1.376	1.136		1.169

#### Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº GM-1			Molde Nº D12			Molde Nº G6		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2022-05-25	14h00	1	4	0.004	0.0880	19	0.019	0.4179	26	0.026	0.5718
2022-05-26	14h00	2	18	0.018	0.3959	31	0.031	0.6818	39	0.039	0.8577
2022-05-27	14h00	3	27	0.027	0.5938	49	0.049	1.0776	52	0.052	1.1436
2022-05-28	14h00	4	43	0.043	0.9457	57	0.057	1.2536	69	0.069	1.5175
2022-05-29	14h00	5	48	0.048	1.0556	62	0.062	1.3635	72	0.072	1.5835

#### Datos del CBR

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg. <sup>2</sup>	Molde Nº GM-1		Molde Nº D12		Molde Nº G6	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0.000		0	0	0	0	0	0
0.025		47	15	24	8	5	2
0.050		141	45	69	22	29	9
0.075		231	74	117	37	58	18
0.100	1000	329	105	11.47	162	52	6.16
0.150		391	124	198	63	107	34
0.200		447	142	10.15	204	65	5.00
0.250		453	144	206	66	143	46
0.300		459	146	211	67	147	47
0.400		462	147	218	69	151	48
0.500		467	149	221	70	155	49
0.600		471	150	225	72	159	51



VALOR PROCTOR AL 95%

1515

## Calicata 8

### CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"

Proyecto:	Tesis via estabilizada Angamarca	Tutor:	
Muestra:	Calicata 8	Estudiante:	Jerry Chango
Remoldeada:		Apoyo de laboratorio:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	martes, 24 de mayo de 2022

Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:		CALICATA: P-8	
NORMAS UTILIZADAS		Método:	MODIFICADO
ASTM	D1883	Densidad Máxima:	1497
AASHTO	T-180	Humedad Óptima:	16.88%
			Kg/m. <sup>3</sup>

#### Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo

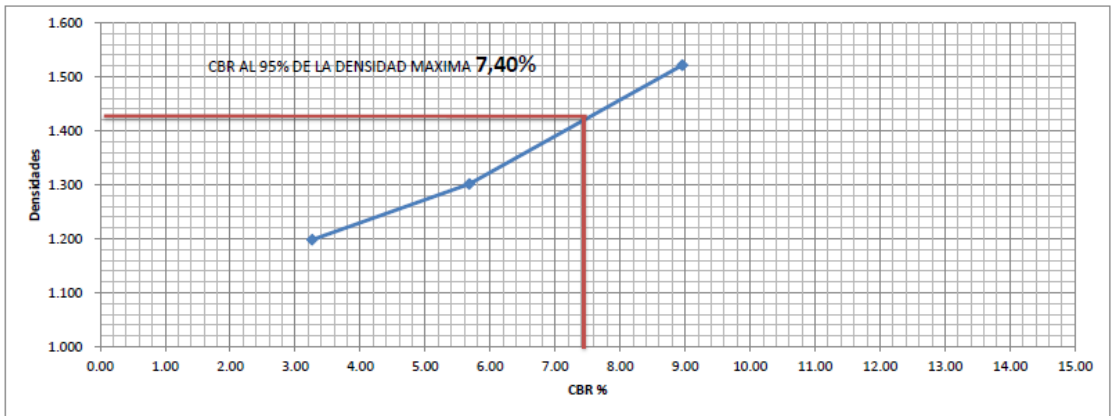
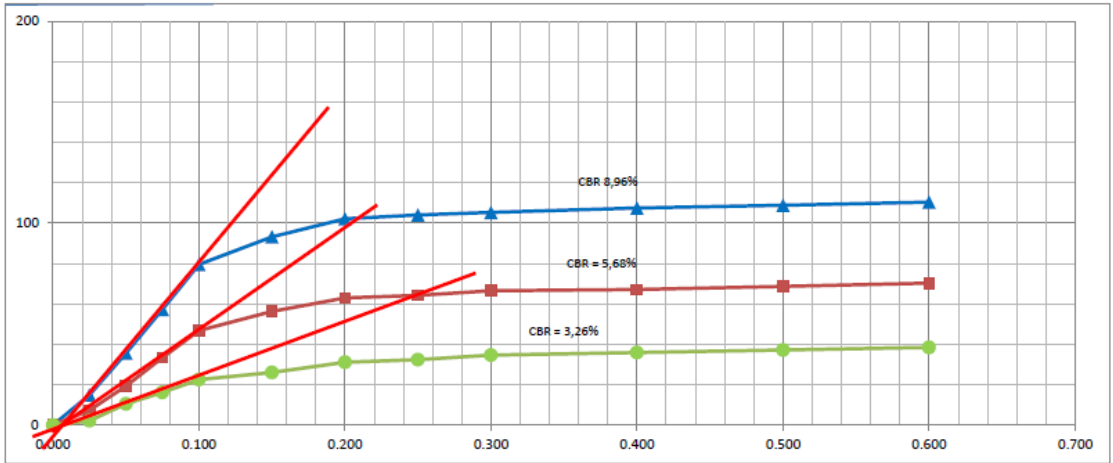
Molde N°	N 3			G 8			MJ		
	N° de Capas			N° de Capas			N° de Capas		
N° de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	11222		11505	10433		10832	9654		10154
Peso del molde (Kgs)	6814		6814	7028		7028	6800		6800
Peso de muestra húmeda (Kgs)	4408		4691	3405		3804	2854		3354
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2490		2490	2286		2286	2109		2109
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	1.770		1.884	1.490		1.664	1.353		1.590
Cant. De humedad	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba
Tarro N°	D-36	D-17	BA-37	ML-29	C-20	D-17	D-22	BA-37	C-20
Peso de muestra humedad + tarro (g)	59.76	63.64	70.11	62.71	58.95	66.59	70.43	75.41	77.87
Peso de muestra seca + tarro (g)	53.11	56.42	58.95	56.59	53.00	55.00	62.34	66.43	62.78
Peso del agua (g)	6.65	7.22	11.16	6.12	5.95	11.59	8.09	8.98	15.09
Peso del tarro (g)	13.29	13.41	12.13	19.10	16.70	13.41	13.29	12.13	16.70
Peso de la muestra seca (g)	39.82	43.01	46.82	37.49	36.30	41.59	49.05	54.30	46.08
Contenido de humedad %	16.70%	16.79%	23.84%	16.32%	16.39%	27.87%	16.49%	16.54%	32.75%
Contenido de humedad promedio, %	16.74%		23.84%	16.36%		27.87%	16.52%		32.75%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.516		1.521	1.280		1.301	1.161		1.198

#### Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° N 3			Molde N° G 8			Molde N° NJ		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2022-05-25	14h00	1	2	0.002	0.043985	5	0.005	0.109963	7	0.007	0.153948
2022-05-26	14h00	2	3	0.003	0.065978	8	0.008	0.175940	9	0.009	0.197933
2022-05-27	14h00	3	3	0.003	0.065978	11	0.011	0.241918	14	0.014	0.307895
2022-05-28	14h00	4	3	0.003	0.065978	11	0.011	0.241918	14	0.014	0.307895
2022-05-29	14h00	5	3	0.003	0.065978	11	0.011	0.241918	14	0.014	0.307895

#### Datos del CBR

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° N 3		Molde N° G 8		Molde N° NJ	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0.000	0	0		0		0	
0.025	47	15		23	7	7	2
0.050	112	36		61	19	33	11
0.075	180	57		105	33	51	16
0.100	1000	250	8.96	147	47	71	23
0.150		293		177	56	82	26
0.200		321	7.48	198	63	98	31
0.250		327		202	64	102	32
0.300		331		209	67	109	35
0.400		338		211	67	113	36
0.500		342		216	69	117	37
0.600		347		221	70	121	39



VALOR PROCTOR AL 95% 1422

## Calicata 9

### CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"

Proyecto:	Tesis via estabilizada Angamarca	Tutor:	
Muestra:	Calicata 9	Estudiante:	Jerry Chango
Remoldeada:		Apoyo de laboratorio:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	martes, 24 de mayo de 2022

Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:		CALICATA: P-9	
NORMAS UTILIZADAS		Método:	MODIFICADO
ASTM	D1883	Densidad Máxima:	1478
AASTHO	T-180	Humedad Óptima:	15.13%
			Kg/m. <sup>3</sup>

#### Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo

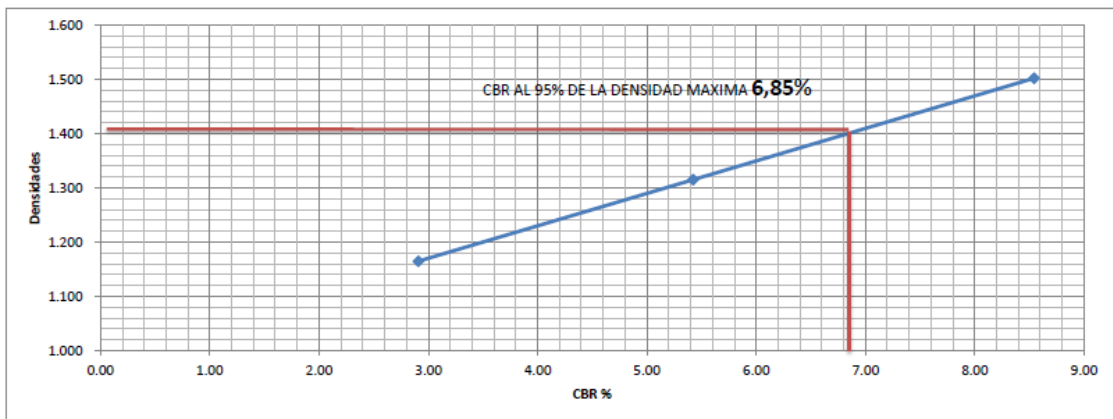
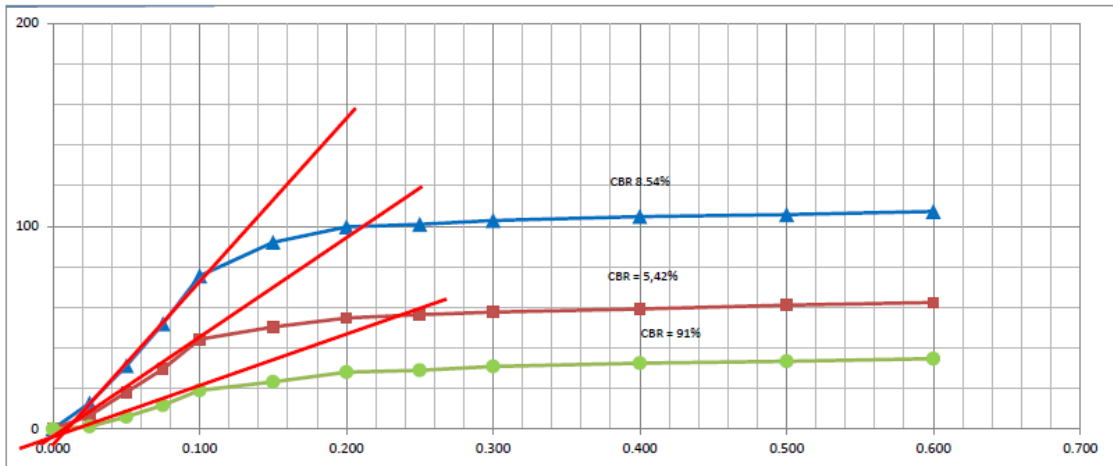
Molde N°	D 2			CM14			CM3		
	N° de Capas			N° de Capas			N° de Capas		
N° de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	11123		11345	10233		10545	9894		10412
Peso del molde (Kgs)	7136		7136	7177		7177	6911		6911
Peso de muestra húmeda (Kgs)	3987		4209	3056		3368	2983		3501
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2317		2317	2040		2040	2274		2274
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	1.721		1.817	1.498		1.651	1.312		1.540
Cant. De humedad	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba
Tarro N°	B-9	M-20	AS	DS-7	B-26	M-20	M-17	AS	B-26
Peso de muestra humedad + tarro (g)	67.90	56.01	89.91	98.60	83.99	62.74	57.90	97.82	101.48
Peso de muestra seca + tarro (g)	61.12	50.11	77.89	88.43	75.06	52.43	51.83	87.41	80.98
Peso del agua (g)	6.78	5.90	12.02	10.17	8.93	10.31	6.07	10.41	20.50
Peso del tarro (g)	16.93	12.07	20.50	21.80	17.26	12.07	12.18	20.50	17.26
Peso de la muestra seca (g)	44.19	38.04	57.39	66.63	57.80	40.36	39.65	66.91	63.72
Contenido de humedad %	15.34%	15.51%	20.94%	15.26%	15.45%	25.55%	15.31%	15.56%	32.17%
Contenido de humedad promedio, %	15.43%		20.94%	15.36%		25.55%	15.43%		32.17%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.491		1.502	1.299		1.315	1.136		1.165

#### Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° DP 2				Molde N° R 3				Molde N° CM 12			
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento				
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%			
2022-05-25	14h00	1	2	0.002	0.043985	4	0.004	0.087970	6	0.006	0.131955			
2022-05-26	14h00	2	2	0.002	0.043985	7	0.007	0.153948	9	0.009	0.197933			
2022-05-27	14h00	3	3	0.003	0.065978	7	0.007	0.153948	15	0.015	0.329888			
2022-05-28	14h00	4	3	0.003	0.065978	7	0.007	0.153948	15	0.015	0.329888			
2022-05-29	14h00	5	3	0.003	0.065978	7	0.007	0.153948	15	0.015	0.329888			

#### Datos del CBR

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° DP 2		Molde N° R 3		Molde N° CM 12				
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.			
0.000	0	0		0		0				
0.025	40	13		21	7	4	1			
0.050	98	31		57	18	19	6			
0.075	163	52		93	30	37	12			
0.100	1000	237	75	8.54	139	44	5.42	60	19	2.91
0.150		289	92		158	50		73	23	
0.200		313	100	7.31	172	55	4.32	88	28	2.53
0.250		317	101		177	56		91	29	
0.300		323	103		181	58		97	31	
0.400		329	105		186	59		102	32	
0.500		332	106		192	61		105	33	
0.600		337	107		196	62		109	35	



VALOR PROCTOR AL 95% 1404.1

## Calicata 10

### CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"

Proyecto:	Tesis vía estabilizada Angamarca	Tutor:	
Muestra:	Calicata 10	Estudiante:	Jerry Chango
Remoldeada:		Apoyo de laboratorio:	Tec. Lab. Darwin Cadena B.
Inalterada:		Fecha de la Muestra:	martes, 24 de mayo de 2022

Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:		CALICATA:	P-10
NORMAS UTILIZADAS		Método:	MODIFICADO
ASTM	D1883	Densidad Máxima:	1476 Kg/m. <sup>3</sup>
AASHTO	T-180	Humedad Optima:	15.80%

#### Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo

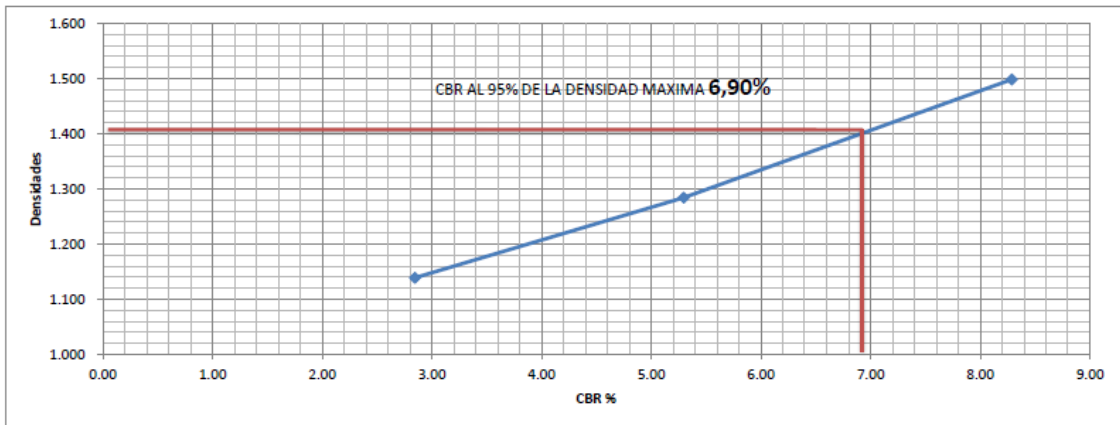
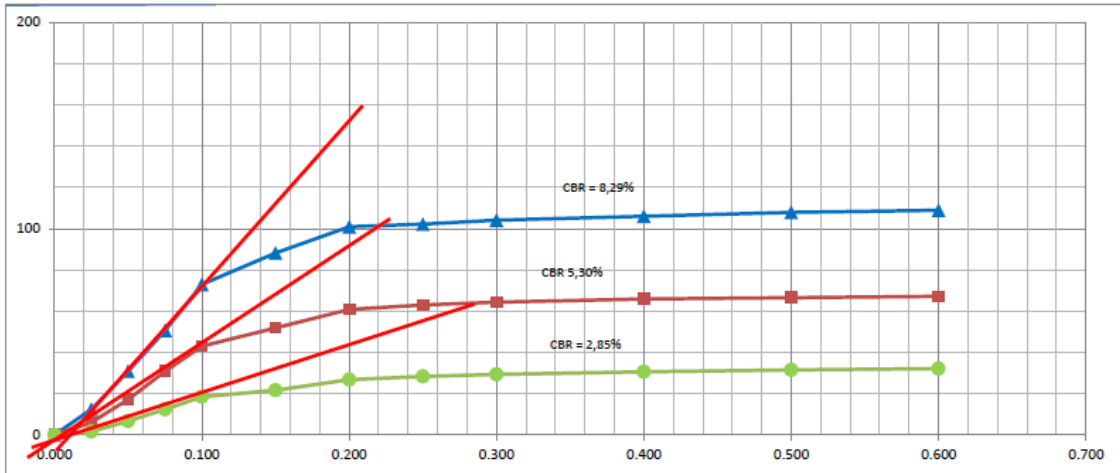
Molde N°	L 61			R 32			SL 22		
	N° de Capas			N° de Capas			N° de Capas		
N° de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	11345		11839	9445		10098	10056		11021
Peso del molde (Kgs)	7400		7400	6376		6376	7114		7114
Peso de muestra húmeda (Kgs)	3945		4439	3069		3722	2942		3907
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2291		2291	2099		2099	2267		2267
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	1.722		1.938	1.462		1.773	1.298		1.723
Cant. De humedad	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba
Tarro N°	OP-7	ML-13	JL	QT-9	JL	MJ-16	JL-33	MJ-16	OP-7
Peso de muestra humedad + tarro (g)	82.58	87.41	103.70	76.09	102.52	102.69	96.93	108.58	111.56
Peso de muestra seca + tarro (g)	74.16	78.33	85.55	68.45	91.89	80.00	86.51	96.67	80.54
Peso del agua (g)	8.42	9.08	18.15	7.64	10.63	22.69	10.42	11.91	31.02
Peso del tarro (g)	20.09	20.60	23.61	18.76	23.61	20.42	18.95	20.42	20.09
Peso de la muestra seca (g)	54.07	57.73	61.94	49.69	68.28	59.58	67.56	76.25	60.45
Contenido de humedad %	15.57%	15.73%	29.30%	15.38%	15.57%	38.08%	15.42%	15.62%	51.32%
Contenido de humedad promedio, %	15.65%		29.30%	15.47%		38.08%	15.52%		51.32%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.489		1.498	1.266		1.284	1.123		1.139

#### Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde N° L 61				Molde N° R 32				Molde N°SL 22			
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento				
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%			
2022-05-25	14h00	1	1	0.001	0.021993	2	0.002	0.04399	4	0.004	0.087970			
2022-05-26	14h00	2	1	0.001	0.021993	3	0.003	0.06598	6	0.006	0.131955			
2022-05-27	14h00	3	2	0.002	0.043985	3	0.003	0.06598	6	0.006	0.131955			
2022-05-28	14h00	4	2	0.002	0.043985	3	0.003	0.06598	6	0.006	0.131955			
2022-05-29	14h00	5	2	0.002	0.043985	3	0.003	0.06598	6	0.006	0.131955			

#### Datos del CBR

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde N° L 61		Molde N° R 32		Molde N°SL 22	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0.000		0	0	0	0	0	0
0.025		39	12	19	6	5	2
0.050		97	31	54	17	21	7
0.075		159	51	97	31	39	12
0.100	1000	229	73	8.29	135	43	5.30
0.150		277	88		163	52	
0.200		317	101	7.39	191	61	4.72
0.250		321	102		198	63	
0.300		327	104		202	64	
0.400		333	106		207	66	
0.500		339	108		209	67	
0.600		342	109		211	67	



VALOR PROCTOR AL 95%

1402

Anexo 4: Ensayos a la muestra representativa del tramo + adiciones de 7% cemento y +0.3% Tecofix

**Proctor suelo natural**

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: Tesis via estabilizada Angamarca		FECHA: 10-jun.-22							
UBICACION: Provincia de Cotopaxi		DIRECTOR TESIS: Ing. Eddy Sanchez							
ABSCISA: Muestra representativa de todo el tramo		ESTUDIANTE: Jerry Chango							
ENSAYO N°:		Standard <input type="text"/> AASHO: T-99 -74				APOYO: LDMS Cia. Ltda.			
ENSAYO PROCTOR		Modificado <input checked="" type="text"/> AASHO: T-180 - 74				TIPO MATERIAL: Subrasante natural			
		<b>RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>							
No. de Capas: <b>5</b>	Golpes por capa: <b>56</b>	Peso Martillo <b>10 lb</b>		Altura caída <b>18"</b>		PESO INICIAL DE LA MUESTRA <b>6000 g</b>			
MUESTRA >>>		1		2		3		4	
Molde No.		A		A		A		A	
Agua aumentada	cc	0		360		720		1,080	
	%	0		6		12		18	
Peso suelo húmedo + molde	A	8,865		9,573		9,767		9,378	
Peso del molde	B	5,980		5,980		5,980		5,980	
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,885		3,593		3,787		3,398	
Volumen del molde	D	2,041		2,041		2,041		2,041	
Densidad húmeda	E=C/D	1,414		1,760		1,855		1,665	
Tarro No.		ML-3	ML-7	ML-23	ML-9	ML-16	ML-14	23	12
Tarro + suelo húmedo	F	95.47	82.07	78.86	99.54	105.66	112.54	108.33	112.43
Tarro + suelo seco	G	92.43	79.05	72.68	91.84	93.42	99.59	92.05	95.88
Peso de agua	H=F-G	3.04	3.02	6.18	7.70	12.24	12.95	16.28	16.55
Peso del tarro	I	19.80	18.80	13.80	20.20	20.40	19.40	20.12	21.13
Peso del suelo seco	J=G-I	72.63	60.25	58.88	71.64	73.02	80.19	71.93	74.75
Contenido de agua	K=H/J	4.19%	5.01%	10.50%	10.75%	16.76%	16.15%	22.63%	22.14%
Contenido de agua promedio	L	4.60%		10.62%		16.46%		22.39%	
Densidad seca	gr/cm <sup>3</sup> M	1,351		1,591		1,593		1,360	

$y = -33495x^2 + 9090.6x + 1004$

Densidad Máxima:	1,621 gr/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	13.57%
------------------	--------------------------	-----------------	--------

LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: Tesis via estabilizada Angamarca		FECHA: 15-jun.-22			
UBICACION: Provincia de Cotopaxi		DIRECTOR TESIS Ing. Eddy Sanchez			
ABSCISA:		ESTUDIANTE Jerry Chango			
ENSAYO N°:		APOYO: LDMS Cia. Ltda.			
ENSAYO PROCTOR	Standard	AASHO: T-99 -74		TIPO MATERIAL: Subrasante natural +7% de cemento	
	Modificado	xxx AASHO: T-180 - 74			
<b>RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>					
No. de Capas 5	Golpes por capa 56	Peso Martillo 10 lb		Altura caída 18"	
		PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 g			
MUESTRA >>>>		1		2	
3		4			
Molde No.		A		A	
Agua aumentada	cc	0		240	
	%	0		4	
Peso suelo húmedo + molde	A	9,404		10,216	
Peso del molde	B	6,457		6,457	
Peso suelo húmedo	C=A-B	2,947		3,759	
Volumen del molde	D	2,133		2,133	
Densidad húmeda	E=C/D	1,382		1,762	
Tarro No.		ML-19	B-10	ML-35	ML-38
Tarro + suelo húmedo	F	91.78	67.54	63.23	67.54
Tarro + suelo seco	G	88.00	64.76	58.63	62.76
Peso de agua	H=F-G	3.78	2.78	4.60	4.78
Peso del tarro	I	20.10	11.74	10.50	10.70
Peso del suelo seco	J=G-I	67.90	53.02	48.13	52.06
Contenido de agua	K=H/J	5.57%	5.24%	9.56%	9.18%
Contenido de agua promedio	L	5.41%		9.37%	
Densidad seca	M	1,311		1,611	
				13.48%	
				18.34%	

Densidad Máxima:	1,689 gr/cm³	Humedad óptima:	12.58%
------------------	--------------	-----------------	--------

Proctor suelo + 7% cemento

## Proctor suelo + 3% Tecofix

### LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: Tesis via estabilizada Angamarca		FECHA: 30-jun.-22							
UBICACION: Provincia de Cotopaxi		DIRECTOR TESIS: Ing. Eddy Sanchez							
ABSCISA:		ESTUDIANTE: Jerry Chango							
ENSAYO N°:		APOYO: LDMS Cia. Ltda.							
ENSAYO PROCTOR	Standard	AASHO: T-99 -74							
	Modificado	xxx AASHO: T-180 - 74							
<b>RELACION DENSIDAD SECA - HUMEDAD</b>									
No. de Capas 5	Golpes por capa 56	Peso Martillo 10 lb	Altura caída 18"	PESO INICIAL DE LA MUESTRA 6000 g					
MUESTRA >>>		1	2	3	4				
Molde No.		A	A	A	A				
Agua aumentada	cc	0	240	480	720				
	%	0	4	8	12				
Peso suelo húmedo + molde	A	9,463	10,291	10,483	9,961				
Peso del molde	B	6,457	6,457	6,457	6,457				
Peso suelo húmedo	C=A-B	3,006	3,834	4,026	3,504				
Volumen del molde	D	2,133	2,133	2,133	2,133				
Densidad húmeda	E=C/D	1,409	1,797	1,887	1,643				
Tarro No.		345	176	HA	ID	201	18	SA	C27
Tarro + suelo húmedo	F	56.68	60.93	58.64	56.38	53.76	57.36	61.82	54.14
Tarro + suelo seco	G	55.09	59.33	55.23	53.44	49.59	52.65	55.04	48.63
Peso de agua	H=F-G	1.59	1.60	3.41	2.94	4.17	4.71	6.78	5.51
Peso del tarro	I	11.84	12.01	12.11	12.01	12.08	11.98	11.78	11.98
Peso del suelo seco	J=G-I	43.25	47.32	43.12	41.43	37.51	40.67	43.26	36.65
Contenido de agua	K=H/J	3.68%	3.38%	7.91%	7.10%	11.12%	11.58%	15.67%	15.03%
Contenido de agua promedio	L	3.53%		7.50%		11.35%		15.35%	
Densidad seca	M	1,361		1,672		1,695		1,424	

$y = -93095x^2 + 18114x + 837.76$

Densidad Máxima:	1,719 gr/cm <sup>3</sup>	Humedad óptima:	9.73%
------------------	--------------------------	-----------------	-------

# CBR suelo natural

## CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"

Proyecto:	Tesis via estabilizada Angamarca	Director de tesis	Ing. Eddy Sanchez
Tipo de muestra:	Subrasante natural	Estudiante	Jerry Chango
Remoldeada:	SI	Apoyo	LDMS Cia. Ltda.
		Fecha de la Muestra:	miércoles, 15 de junio de 2022

Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:				Método:	1621	MODIFICADO
NORMAS UTILIZADAS				Densidad Máxima:		Kq/m. <sup>3</sup>
ASTM	D1883		Humedad Óptima:	13.57%		
AASTHO	T-180					Hoja 1 de 2

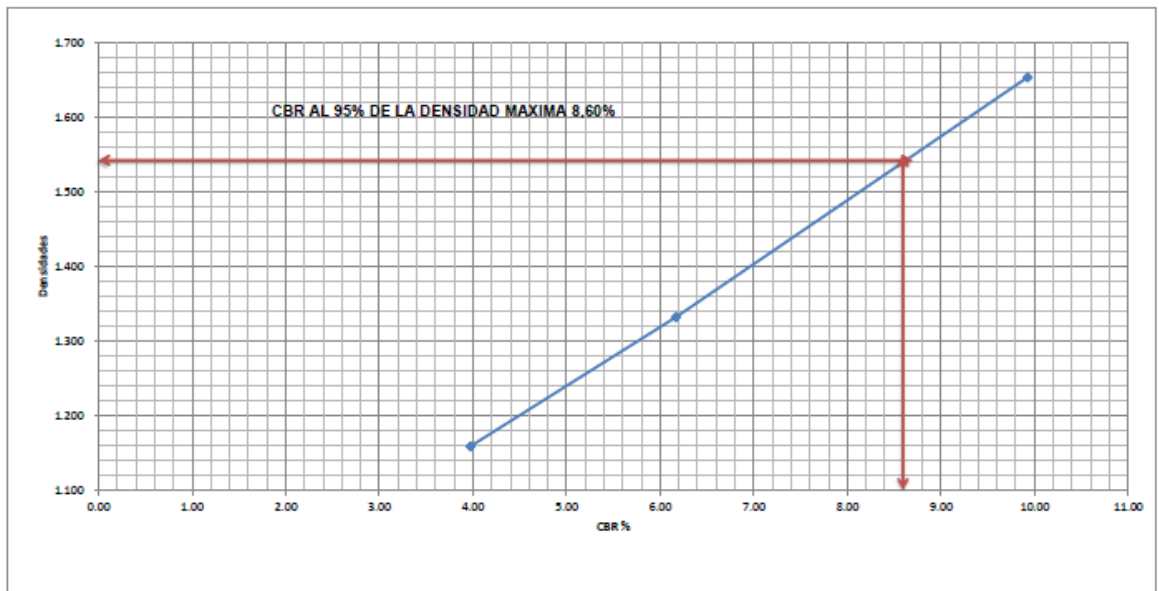
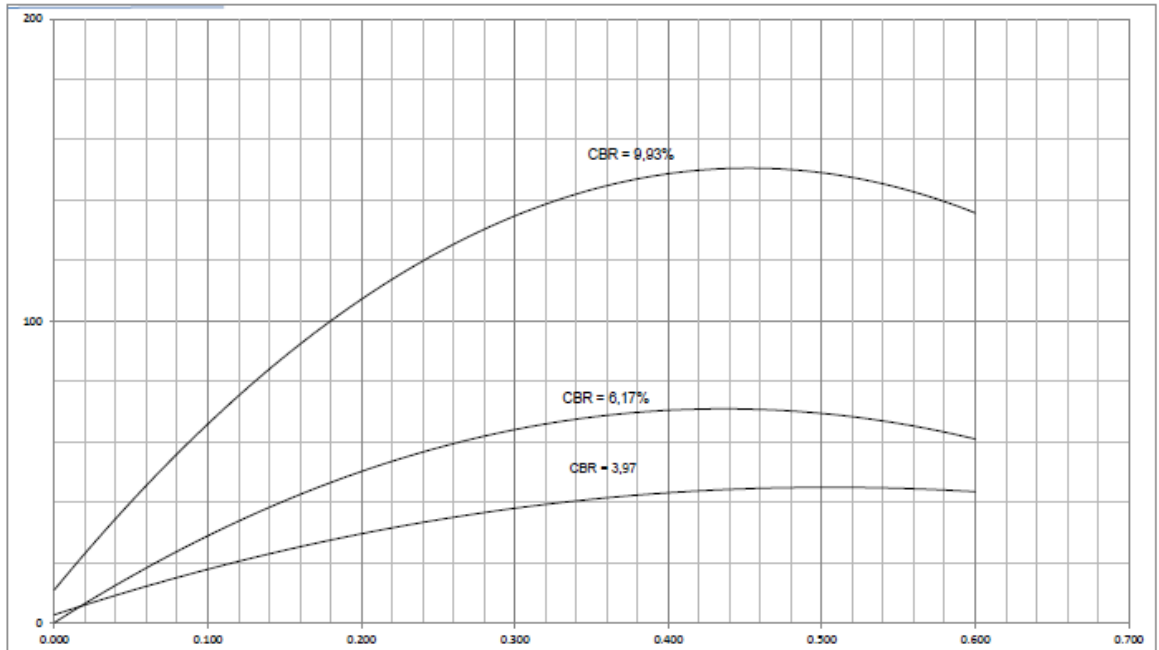
### Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo

Molde Nº	1			2			3					
Nº de Capas	5			5			5					
Nº de golpes por capa	56			25			11					
Estado de la muestra	Antes de Remojar			Después de Remojar			Antes de Remojar			Después de Remojar		
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	9,989			10,405			9,145			9,671		
Peso del molde (Kgs)	6,045			6,045			6,004			6,004		
Peso de muestra húmeda (Kgs)	3,944			4,360			3,141			3,667		
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2,116			2,116			2,123			2,123		
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	1,864			2,060			1,480			1,727		
Cant. De humedad de muestra del tarro Nº	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba
Peso de muestra humedad + tarro (g)	X1	Z	42.0	86.0	T	TIN	13.0	TIN	13.0			
	102.43	112.51	124.31	119.11	99.76	134.21	115.21	130.09	124.39			
Peso de muestra seca + tarro (g)	93.52			102.21			105.34			108.15		
Peso del agua (g)	8.91			10.30			18.97			10.96		
Peso del tarro (g)	28.70			27.90			28.30			28.10		
Peso de la muestra seca (g)	64.82			74.31			77.04			80.05		
Contenido de humedad %	13.75%			13.86%			24.62%			13.69%		
Contenido de humedad promedio, %	13.80%			24.62%			13.72%			29.64%		
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1,638			1,653			1,301			1,332		
	1,136			1,136			1,136			1,159		

### Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)

Día del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº 1			Molde Nº 2			Molde Nº 3		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2022-06-16	14h00	1	1	0.001	0.0220	4	0.004	0.0880	6	0.006	0.132
2022-06-17	14h00	2	2	0.002	0.0440	7	0.007	0.1539	8	0.008	0.176
2022-06-18	14h00	3	4	0.004	0.0880	9	0.009	0.1979	11	0.011	0.242
2022-06-19	14h00	4	4	0.004	0.0880	9	0.009	0.1979	13	0.013	0.286
2022-06-20	14h00	5	4	0.004	0.0880	9	0.009	0.1979	13	0.013	0.286

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde Nº 1		Molde Nº 2		Molde Nº 3	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0.000		0	0	0	0	0	0
0.025		78	25	36	11	9	3
0.050		102	32	59	19	25	8
0.075		191	61	87	28	71	23
0.100	1000	249	79	9.89	131	42	8.17
0.150		277	88	155	49	83	26
0.200		377	120	8.33	163	52	4.78
0.250		390	124	171	54	106	34
0.300		411	131	184	59	117	37
0.400		425	135	192	61	125	40
0.500		439	140	206	66	132	42
0.600		462	147	215	68	147	47



VALOR PROCTOR AL 95%

1.540

## CBR suelo + 7% cemento

### CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"

Proyecto:	Tesis via estabilizada Angamarca	Director de tesis	Ing. Eddy Sanchez
Tipo de muestra: Remoldeada:	Subrasante natural SI	Estudiante Apoyo Fecha de la Muestra:	Jerry Chango LDMS Cia. Ltda. Jueves, 30 de junio de 2022

Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:		Muestra representativa del tramo +7% de cemento			
NORMAS UTILIZADAS		Método:		MODIFICADO	
ASTM	D1883	Densidad Maxima:	1689	Kg/m. <sup>3</sup>	
AASHTO	T-180	Humedad Optima:	12.58%		hija 1 de 2

#### Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo

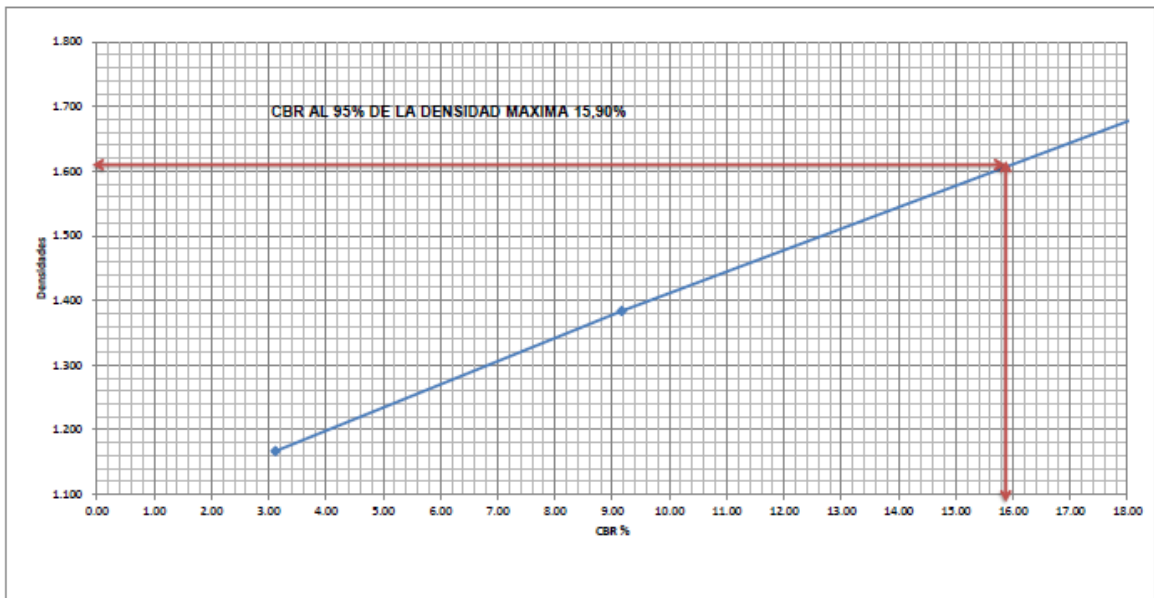
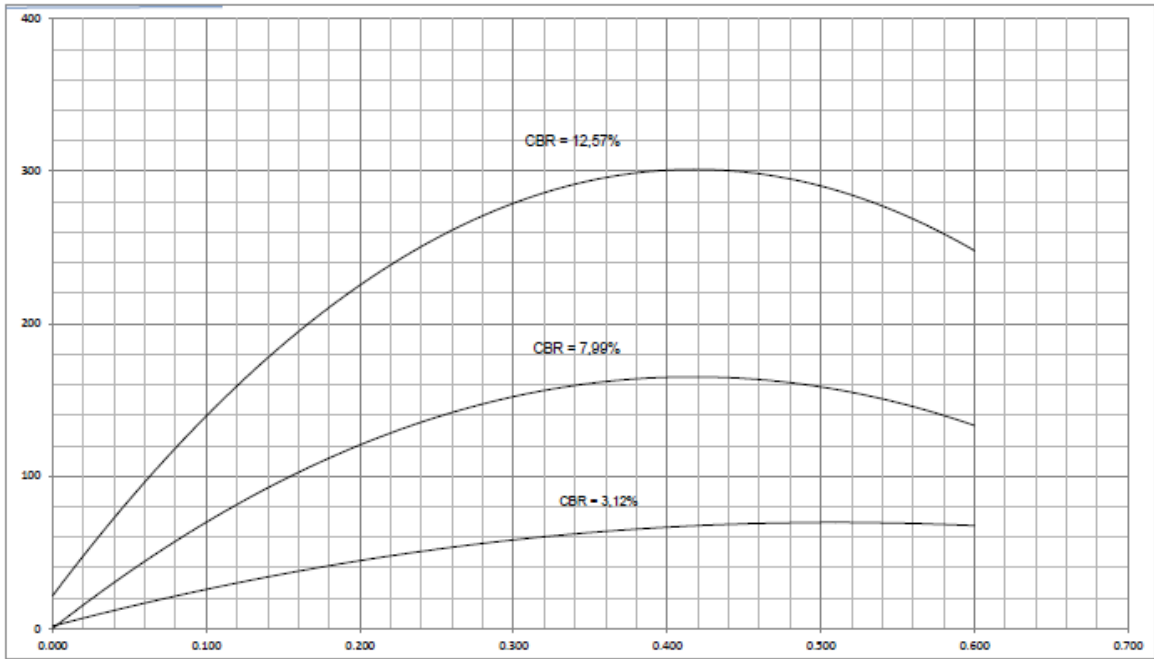
Molde Nº	G-6			C-12			SL-11					
	5			5			5					
Nº de Capas	56			25			11					
Nº de golpes por capa	56			25			11					
Estado de la muestra	Antes de Remojar			Después de Remojar			Antes de Remojar			Después de Remojar		
	Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	11,097	11,542		10,723	11,253		9,865	10,411			
Peso del molde (Kgs)	6,896	6,896		7,136	7,136		6,996	6,996				
Peso de muestra húmeda (Kgs)	4,201	4,646		3,587	4,117		2,869	3,415				
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2,205	2,205		2,317	2,317		2,226	2,226				
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	1.905	2.107		1.548	1.777		1.289	1.534				
Cant. De humedad de muestra del tarro Nº	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba	Fondo	Arriba	1° de Arriba			
	C-17	22	AS-5	12	W5	C-17	AS-5	C-14	12			
Peso de muestra humedad + tarro (g)	94.59	93.37	93.96	95.88	93.06	94.59	93.96	99.16	95.88			
Peso de muestra seca + tarro (g)	86.36	85.00	80.00	87.75	85.00	78.12	85.95	90.28	77.98			
Peso del agua (g)	8.23	8.37	13.96	8.13	8.06	16.47	8.01	8.88	17.90			
Peso del tarro (g)	20.16	18.70	20.40	21.13	20.14	20.16	20.40	19.20	21.13			
Peso de la muestra seca (g)	66.20	66.30	59.60	66.62	64.86	57.96	65.55	71.08	56.85			
Contenido de humedad %	12.43%	12.62%	23.42%	12.20%	12.43%	26.42%	12.22%	12.49%	31.49%			
Contenido de humedad promedio, %	12.53%		23.42%	12.32%		26.42%	12.36%		31.49%			
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.693		1.707	1.378		1.384	1.147		1.167			

#### Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)

Dia del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº G-6			Molde Nº C-12			Molde Nº SL-11		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2022-07-01	14h00	1	1	0.001	0.0220	2	0.002	0.0440	4	0.004	0.088
2022-07-02	14h00	2	3	0.003	0.0660	6	0.006	0.1320	11	0.011	0.242
2022-07-03	14h00	3	5	0.005	0.1100	8	0.008	0.1759	14	0.014	0.308
2022-07-04	14h00	4	5	0.005	0.1100	8	0.008	0.1759	14	0.014	0.308
2022-07-05	14h00	5	5	0.005	0.1100	8	0.008	0.1759	14	0.014	0.308

#### Datos del CBR

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde Nº G-6		Molde Nº C-12		Molde Nº SL-11	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0.000		0	0	0	0	0	0
0.025		143	46	89	28	11	4
0.050		211	67	115	37	42	13
0.075		376	120	189	60	75	24
0.100	1000	531	169	18.90	288	92	9.17
0.150		663	211	336	107	112	36
0.200		792	252	18.14	427	136	9.06
0.250		818	260	431	137	166	53
0.300		822	262	442	141	178	57
0.400		839	267	455	145	198	63
0.500		845	269	463	147	212	67
0.600		867	276	471	150	221	70



VALOR PROCTOR AL 95%

1605

## CBR suelo + 3% Tecofix

### CALCULO E INFORME DEL VALOR SOPORTANTE DE LOS SUELOS "ENSAYO CBR"

Proyecto:	Tesis via estabilizada Angamarca	Director de tesis:	Ing. Eddy Sanchez
Tipo de muestra: Remoldeada:	Subrasante natural SI	Estudiante Apoyo Fecha de la Muestra:	Jerry Chango LDMS Cia. Ltda. Lunes, 04 de Julio de 2022

Datos del ensayo modificado de compactación de suelo:		Muestra representativa del tramo +3% de tecofix	
NORMAS UTILIZADAS	Método:	1719	MODIFICADO
ASTM	Densidad Máxima:		Kg/m. <sup>3</sup>
AASTHO	T-180	9.73%	hoja 1 de 2

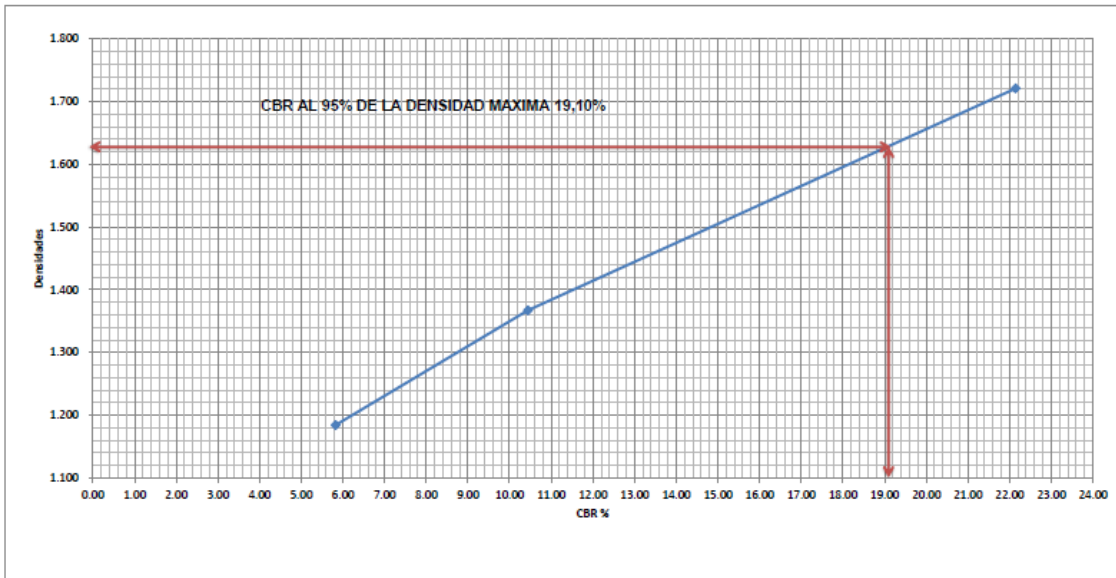
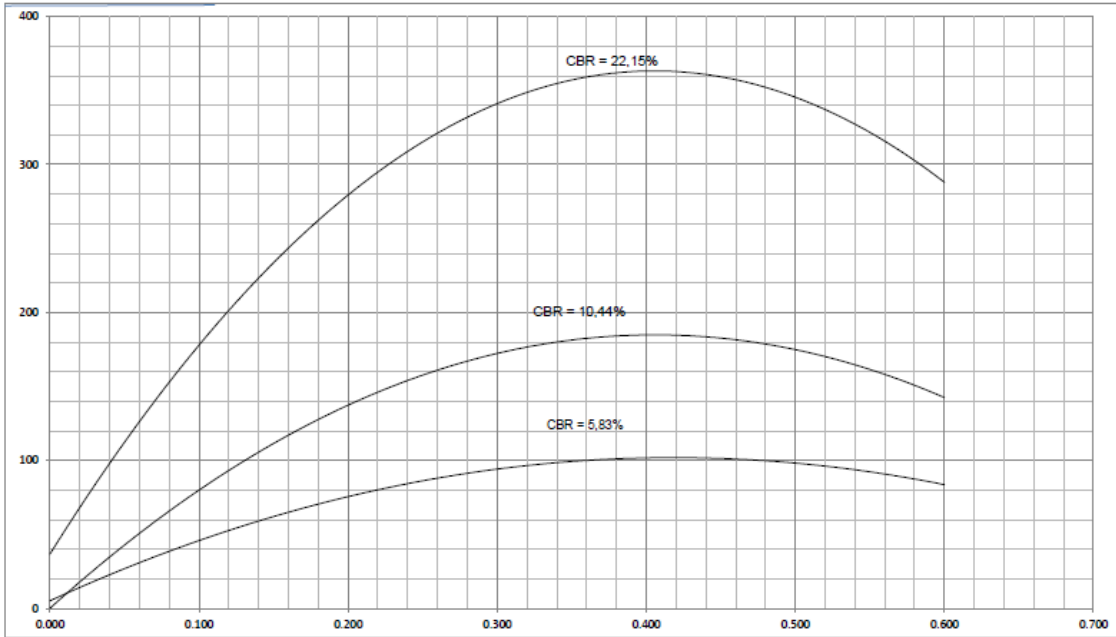
#### Contenido de Humedad y peso Unitario de la Muestra de Ensayo

Molde Nº	M 11			CM 24			B 16		
	Nº de Capas			Nº de golpes por capa			Nº de golpes por capa		
Nº de Capas	5			5			5		
Nº de golpes por capa	56			25			11		
Estado de la muestra	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar	Antes de Remojar		Después de Remojar
Peso muestra húmeda + molde (Kgs)	12708		13012	10498		10845	9812		10263
Peso del molde (Kgs)	8299		8299	7111		7111	6895		6895
Peso de muestra húmeda (Kgs)	4409		4713	3387		3734	2917		3368
Volumen muestra (m <sup>3</sup> )	2353		2353	2288		2288	2317		2317
Peso unit. Húmedo, Kgs/m <sup>3</sup>	1.874		2.003	1.480		1.632	1.259		1.454
Cant. De humedad de muestra del tarro Nº	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba	Fondo	Arriba	1º de Arriba
Peso de muestra humedad + tarro (g)	D-16	D-23	M6	S	BA-11	D-23	M6	45	S
	55.31	48.76	80.33	77.51	60.64	77.81	59.54	94.43	85.59
Peso de muestra seca + tarro (g)	51.88	45.85	70.74	72.85	56.66	67.34	55.73	88.34	73.49
Peso del agua (g)	3.43	2.91	9.59	4.66	3.98	10.47	3.81	6.09	12.10
Peso del tarro (g)	13.29	13.30	12.18	20.30	12.04	13.30	12.18	19.80	20.30
Peso de la muestra seca (g)	38.59	32.55	58.56	52.55	44.62	54.04	43.55	68.54	53.19
Contenido de humedad %	8.89%	8.94%	16.38%	8.87%	8.92%	19.37%	8.75%	8.89%	22.75%
Contenido de humedad promedio, %	8.91%		16.38%	8.89%		19.37%	8.82%		22.75%
Peso Unit. Seco Kgs/m <sup>3</sup>	1.720		1.721	1.359		1.367	1.157		1.184

#### Datos del Esponjamiento (Hinchamiento)

Dia del mes	Hora del día	Interv. De tiempo en días	Molde Nº M 11			Molde Nº CM 24			Molde Nº B 16		
			Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento		Lectura del Indicador	Esponjamiento	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
2022-07-05	14h00	1	1	0.001	0.021993	1	0.001	0.021993	2	0.002	0.043985
2022-07-06	14h00	2	1	0.001	0.021993	2	0.002	0.043985	2	0.002	0.043985
2022-07-07	14h00	3	1	0.001	0.021993	2	0.002	0.043985	2	0.002	0.043985
2022-07-08	14h00	4	1	0.001	0.021993	2	0.002	0.043985	2	0.002	0.043985
2022-07-09	14h00	5	1	0.001	0.021993	2	0.002	0.043985	2	0.002	0.043985

Penetración Pulgada	Carga Standard Lb pulg <sup>2</sup>	Molde Nº M 11		Molde Nº CM 24		Molde Nº B 16	
		Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.	Carga del Ensayo	CBR Corr.
0.000		0	0	0	0	0	0
0.025		167	53	98	31	29	9
0.050		311	99	132	42	76	24
0.075		582	185	257	82	112	36
0.100	1000	633	201	22.15	328	104	10.44
0.150		851	271	393	125	221	70
0.200		977	311	22.07	479	152	10.16
0.250		985	314	486	155	274	87
0.300		992	316	495	158	279	89
0.400		1005	320	502	160	283	90
0.500		1011	322	509	162	287	91
0.600		1016	323	513	163	292	93



VALOR PROCTOR AL 95%

1633





*Anexo 5: Fotografías trabajo de campo y ensayos de laboratorio de la vía en estudio*















**INFORME DE ESTUDIO**

**EMPRESA SOLICITANTE**

LAND-FIX, S.L.  
C/ Bruc, 21 pral.2ª  
08010 BARCELONA (Barcelona)

**MATERIAL QUE PRESENTA**

1 Muestra con referencia: Tecofix (Ref. interna: 025/14).

**FECHA DE RECEPCIÓN DEL MATERIAL**

3/03/14

**ESTUDIO QUE SOLICITA**

Determinación de la Toxicidad en Dafnias, Toxicidad en Peces, Toxicidad en plantas y Toxicidad en Lombrices.

**FECHA DE INICIO**

10/03/14

**FECHA DE FINALIZACIÓN**

22/04/14

---

Los resultados de este informe conciernen exclusivamente a las muestras, productos o materiales entregados al LABORATORIO e indicados en el apartado "material que presenta".

La reproducción de este informe solo es autorizada si se hace en su totalidad. Este documento consta de 4 páginas de las cuales 0 son anexos.

---

## Conclusiones

Los resultados obtenidos en los estudios de toxicidad aguda indican que la muestra del compuesto **Tecofix**:

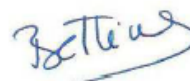
- a) Se puede considerar NO tóxica para la especie de microcrustáceo *Daphnia magna* debido a que presenta un valor de  $CE_{50}$  (48h)  $> 100$  mg/L ( $CE_{50}$  (48h) = 210 mg/L).
- b) Es NO tóxica para la especie de pez *Brachydanio rerio* a la concentración de 1000 mg/L a las 96 horas de ensayo.
- c) Es NO tóxica sobre la germinación en *Lolium perenne*, *Brassica rapa* y *Trifolium pratense* a las concentraciones ensayadas hasta 1000 mg/kg durante 21 días. En relación a la biomasa, tampoco se observa efecto adverso en ninguna de las 3 especies estudiadas, hasta 1000 mg/kg durante 21 días.
- c) Es NO tóxica para la especie de gusano terrestre *Eisenia foetida* ( $CL_{50}$  14d  $> 1000$  mg/kg suelo seco).

Terrassa 23 de Abril de 2014

Responsables del Informe



Fdo. Dra. M<sup>a</sup> Carmen Riva  
Directora del CRIT (UPC)



Fdo. Dra. Bettina Vallès  
Dirección Técnica