UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

ESCUELA DE INGIENERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GENERALES DE INGIENERÍA

TEMA:

"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE EL USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS Y MEZCLAS CON CAL, EN LA URBANIZACIÓN TANYA MARLENE UBICADA EN LA CIUDAD DE MILAGRO, PROVINCIA DEL GUAYAS"

AUTORES:

MARÍA ESPERANZA SANTANDER ZAMBRANO
JORGE CRISTÓBAL YÁVAR RODRÍGUEZ

TUTOR:

ING. JUDITH CHALÉN MEDINA

2018

GUAYAQUIL-ECUADOR

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

ESCUELA DE INGIENERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GENERALES DE INGIENERÍA

TEMA:

"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE EL USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS Y MEZCLAS CON CAL, EN LA URBANIZACIÓN TANYA MARLENE UBICADA EN LA CIUDAD DE MILAGRO, PROVINCIA DEL GUAYAS"

AUTORES:

MARÍA ESPERANZA SANTANDER ZAMBRANO
JORGE CRISTÓBAL YÁVAR RODRÍGUEZ

TUTOR:

ING. JUDITH CHALÉN MEDINA

2018

GUAYAQUIL-ECUADOR

DEDICATORIA

A DIOS.

Por habernos dado salud, fortaleza, y alegrías en nuestras vidas y dejarnos avanzar hasta esta etapa de nuestra carrera universitaria, estamos muy agradecidos por sus bendiciones y por las personas que ha ido poniendo en cada paso de nuestro camino.

A NESTROS PADRES.

Por brindarnos siempre su apoyo incondicional e inculcarnos valores y enseñanzas que nos han formado como personas, gracias a ustedes somos lo que somos hoy en día.

A NUESTROS HERMANOS Y FAMILIARES.

Por ser partes de nuestras vidas, Digna, Anthony, Victoria, José, Salomé que más que nuestros hermanos han sido apoyo fundamental para llegar nuestra meta, y a todos nuestros familiares que nos han apoyado directa o indirectamente en nuestra etapa estudiantil. Esto es para ustedes.

AGRADECIMIENTO

Le agrademos a Dios y nuestros padres por habernos guiado hasta esta etapa de nuestras vidas.

A la universidad de Guayaquil por abrirnos las puertas, a la facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Escuela de Ingeniería Civil, tanto a sus docentes que aportaron con sus conocimientos para la elaboración de este trabajo quienes a lo largo de la carrera nos brindaron su conocimiento y amistad. gracias a todos ustedes.

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Habiendo sido nombrada Ing. Judith Chalén Medina, tutora del trabajo de titulación certifico que el presente proyecto ha sido elaborado por: MARIA ESPERANZA SANTANDER ZAMBRANO CON CC: 0803459957 Y JORGE CRISTÓBAL YÁVAR RODRÍGUEZ CON CC: 0927998781, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO CIVIL.

Tema: **"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE EL USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS Y MEZCLAS CON CAL, EN LA URBANIZACIÓN TANYA MARLENE UBICADA EN LA CIUDAD DE MILAGRO, PROVINCIA DEL GUAYAS"**

Certifico que he revisado y aprobado en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.

_____

Ing. Judith Chalén Medina.

RENUNCIA DE DERECHOS DE AUTOR

Por medio de la presente certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación son de absoluta propiedad, y responsabilidad de: MARIA ESPERANZA SANTANDER ZAMBRANO CON CC: 0803459957 Y JORGE CRISTÓBAL YÁVAR RODRÍGUEZ CON CC: 0927998781.

Cuyo título es "ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE EL USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS Y MEZCLAS CON CAL, EN LA URBANIZACIÓN TANYA MARLENE UBICADA EN LA CIUDAD DE MILAGRO, PROVINCIA DEL GUAYAS."

Derechos que renunciamos a favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso como a bien tenga.

_____ _____

María Santander Zambrano
CC: 0803459957

Jorge Yávar Rodríguez
CC: 0927998781

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como principal objeto puntualizar los procesos de estabilización de suelo mediante el uso de dos agentes estabilizadores: enzimas orgánicas, con el producto Permazyme 11x y la adición de cal, aplicado a un suelo arcilloso a nivel de subrasante. El suelo arcilloso empleado para realizar estos métodos de estabilización se obtuvo en la ciudad de Milagro, Provincia del Guayas, en la Ciudadela Tanya Marlene ubicada en el km 4 vía al 26. Se realizaron dos extracciones tomando muestras a distintas profundidades (0,50 y 1,00 m). Se generaron los ensayos respectivos para caracterización de suelos de subrasante como: ensayos de granulometría y límites de Atterberg, que sirvieron para la clasificación por medio de los métodos SUCS y AASHTO. Además, se realizó el ensayo Proctor Modificado Tipo C, el cual describe la densidad máxima y la humedad óptima del suelo, parámetros requeridos para encontrar la capacidad portante C.B.R. (Relación de Soporte California). Se utilizó diferentes porcentajes de enzimas orgánicas y de cal, para obtener una dosis óptima, con finalidad de mejorar las propiedades del suelo arcilloso, de la misma manera se comparó las muestras estabilizadas con estos agentes y de este modo seleccionar la mejor alternativa, basados en el costo y beneficio, esto mediante un ejemplo de diseño de pavimento flexible aplicando los porcentajes óptimos obtenidos.

Palabras Claves: Estabilización subrasante enzimas orgánicas Cal.

ABSTRACT

The main objective of this research project is to characterize soil stabilization processes using two stabilizing agents: organic enzymes, with the product Permazyme 11x and the addition of lime, applied to clay soil at the subgrade level. The clay soil used to carry out these stabilization methods was obtained in the city of Milagro, Province of Guayas, in the Tanya Marlene Citadel, located at km 4, Route 26. Two extractions were made taking samples at different depths (0.50 and 1.00 m). The respective tests were developed for the characterization of subgrade soils, such as: granulometry tests and Atterberg limits, which were used for classification using the SUCS and AASHTO methods. In addition, the Modified Proctor Type C test was performed, which describes the maximum density and the optimum soil moisture, parameters required to find the carrying capacity C.B.R. (California Bearing Ratio). Different percentages of organic enzymes and lime were used to obtain an optimum dose, in order to optimize the clay soil properties, in the same way the stabilized samples were compared with these agents and thus select the best alternative, based on the cost and benefit, through an example of flexible pavement design applying the optimum percentages obtained.

Keywords: Stabilization stabilizing organic enzymes Cal.

INDICE

DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTO iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR iv
RENUNCIA DE DERECHOS DE AUTOR v
RESUMEN vi
ABSTRACT vii
CAPITULO I 1
GENERALIDADES 1
1.1. Introducción 1
1.2. Ubicación del proyecto 2
1.3. Planteamiento del problema 3
1.4. Delimitación del tema 3
1.5. Objetivos Generales y Específicos 4
1.5.1. Objetivo General. 4
1.5.2. Objetivos Específicos. 4
1.6. Justificación 5
CAPITULO II 6
MARCO TEÓRICO 6
2.1. Estabilización de Suelos 6
2.1.1. Propiedades de suelos estabilizados. 6
2.2. Tipos de Estabilización 7
2.2.1. Estabilización mecánica. 7
2.2.1.1. Estabilización granulométrica. 7
2.2.2. Estabilización mediante tratamientos químicos. 7
2.3. Estabilización con Enzimas Orgánicas 8
2.3.1. Definición de enzimas 8
2.3.2. Acción de la enzima como agente estabilizador del suelo. 9
2.3.3. Usos de la enzima en la construcción de vías. 9
2.3.4. Beneficios del uso de las enzimas orgánicas. 9
2.4. Estabilización con Cal 10

2.4.1. Definición de Cal: 10
2.4.2. Antecedentes de la estabilización con Cal. 11
2.4.3. Acción de la Cal como agente estabilizador del suelo. 11
2.4.4. Parámetros para evaluar en la estabilización Cal. 11
2.4.5. Beneficios de la estabilización con mezclas de Cal. 12
2.5. Ensayos utilizados 13
2.5.1. Granulometría 13
2.5.2. Límites de Atterberg 13
2.5.3. Proctor Modificado 14
2.5.4. California Bearing Ratio (CBR) 15
CAPITULO III 16
DESARROLLO DEL TEMA 16
3.1. Propiedades del Suelo en Estado Natural 16
3.1.1. Toma de muestra. 16
3.1.2. Granulometría (ASTM D-854; AASHTO T 93-86). 17
3.1.3. Límites de Atterberg (ASTM D 4318; AASHTO T 89-90 Y T 90-87). 18
3.1.3.1. Límite Líquido 18
3.1.3.2. Límite plástico 19
3.1.3.3. Índice plástico. 20
3.1.4. Proctor modificado Tipo C (ASTM D-1883, AASHTO T-193). 20
3.1.5. C.B.R. (ASTM D-1883, AASHTO T-193). 21
3.2. Propiedades de la Subrasante Modificada con enzimas Permazyme 11x. 23
3.2.1. Dosificación de enzimas orgánicas para estabilización de subrasante. 23
3.2.2. Granulometría (ASTM D-854; AASHTO T 93-86). 25
3.2.3. Límites de Atterberg (ASTM D 4318; AASHTO T 89-90 Y T 90-87). 27
3.2.4. Proctor Modificado Tipo C (ASTM D-1883, AASHTO T-193). 27
3.2.5. California Bearing Ratio (C.B.R.) (ASTM D-1883, AASHTO T-193). 28
3.2.6. Porcentaje óptimo alcanzado con Permazyme 11x. 29
3.3. Propiedades de la Subrasante Modificada con Cal 30
3.3.1. Dosificación de cal para estabilización de subrasante. 30
3.3.2. Granulometría (ASTM D-854; AASHTO T 93-86). 31
3.3.3. Límites de Atterberg (ASTM D 4318; AASHTO T 89-90 Y T 90-87). 31
3.3.4. Proctor Modificado Tipo C (ASTM D-1883, AASHTO T-193). 32

3.3.5. California Bearing Ratio (C.B.R.) (ASTM D-1883, AASHTO T-193).....33
3.3.6. Porcentaje Óptimo alcanzado con 4,5% de Cal. 34
CAPITULO IV.....35
4.1. Resultados del Suelo en Estado Natural.....35
4.1.1. Granulometría (ASTM D-854; AASHTO T 93-86). 35
4.1.2. Límites de Atterberg (ASTM D 4318; AASHTO T 89-90 Y T 90-87). 35
4.1.3. Clasificación del Material. 36
4.1.4. Proctor Modificado Tipo C. (ASTM D-1883, AASHTO T-193). 37
4.1.5. California Bearing Ratio (C.B.R.) (ASTM D-1883, AASHTO T-193).....37
CAPITULO V.....39
DISEÑO DE PAVIMENTO.....39
5.1. Ejemplo de Diseño de Pavimento Flexible. 39
5.2. Coeficientes de drenaje (m) 40
5.3. Valores de C.B.R. 41
5.4. Determinar el Módulo de Resiliencia 42
5.5. Diseño de Pavimento en Estado Natural.....45
5.5.1. Número Estructural. 45
5.5.2. Espesores del Pavimento.....47
5.5.2.1. Carpeta asfáltica. 48
5.5.2.2. Base. 48
5.5.2.3. Sub-Base. 49
5.5.2.4. Mejoramiento. 49
5.6. Diseño de Pavimento con Enzimas Orgánicas Permazyme 11x. 52
5.6.1. Número Estructural. 52
5.6.2. Espesores del pavimento.....53
5.6.2.1. Carpeta asfáltica. 53
5.6.2.2. Base. 53
5.6.2.3. Sub-Base. 53
5.6.2.4. Mejoramiento. 54
5.7. Diseño de Pavimento con Cal 56
5.7.1. Número Estructural. 56
5.7.2. Espesores del Pavimento.....57
5.7.2.1. Carpeta asfáltica. 57
5.7.2.2. Base. 57

5.8. Resumen de Resultados 59
5.9. Parámetros para considerar en el Presupuesto 60
5.9.1. Características del diseño. 60
5.9.2. Costos Directos. 60
5.9.3. Costos Indirectos. 61
5.10. Análisis de costos para el Diseño del Pavimento Sin Estabilizar Subrasante 63
5.10.1. Cantidades de Obra. 63
5.10.2. Análisis de Precios Unitarios para Estructura de Pavimento Sin Estabilizar Subrasante. 64
5.10.3. Costo del paquete estructural sin estabilizar subrasante. 73
5.11. Análisis de costos para el diseño del pavimento con subrasante mejorada con enzima P ermazyme 11x. 73
5.11.1. Cantidades de Obra. 73
5.11.2. Análisis de precios unitarios del paquete estructural con subrasante estabilizada con enzimas orgánicas Permazyme 11x. 75
5.11.3. Costo del paquete estructural con subrasante estabilizada con enzimas 84
5.12. Análisis de costos para el Diseño del Pavimento mejorado con 4,5 % Cal. 84
5.12.1. Cantidades de Obra. 84
5.12.2. Análisis de precios unitarios del paquete estructural estabilizando subrasante con 4,5% de Cal. 86
5.12.3. Costo del paquete estructural con subrasante estabilizada con 4,5% Cal. 91
5.13. Análisis Comparativo de Costos 91
CAPITULO VI 92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 92
6.1. Conclusiones. 92
6.2. Recomendaciones. 93
REFERENCIAS 94
ANEXOS 95
FICHA DE REGISTRO DE TESIS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1:Ubicación del Proyecto 2
Ilustración 2: Efectos de la estabilización con cal. 12
Ilustración 3: Aparato de Límite Líquido. 14
Ilustración 4: Extracción de la muestra. 16
Ilustración 5: Representación gráfica de la curva granulométrica. 18
Ilustración 6: Elaboración de Límite Líquido. 19
Ilustración 7. Curva Proctor 21
Ilustración 8 : Muestras embebidas en piscina, durante 96 horas. 22
Ilustración 9: Muestras luego se de ser sometidas a penetración. 23
Ilustración 10: Riego de permazyme en 30 kg de material. 25
Ilustración 11: Representación gráfica de los límites de Atterberg 27
Ilustración 12: Representacion grafica de los valores de densidades secas, ... 27
Ilustración 13: Gráfica de los valores de contenido de humedad óptimo 28
Ilustración 14: Resultados del ensayo CBR 28
Ilustración 15: Resultados del ensayo CBR aplicando dosificaciones de enzima. 29
Ilustración 16: Aplicación y homogenización de cal al momento de realizar ensayo de laboratorio. .. 31
Ilustración 17: Representación gráfica de los límites de Atterberg 31
Ilustración 18: Gráfica de los valores de Proctor aplicando dosificaciones de cal. 32
Ilustración 19: Gráfica de los valores de contenido de humedad óptimo 32
Ilustración 20: Resultados del ensayo CBR aplicando dosificaciones de Cal. 33
Ilustración 21: Resultados de hinchamiento aplicando dosificaciones de Cal. 33
Ilustración 22: Comparación de Resultados de Límites de Atterberg. 36
Ilustración 23: Comparación de Resultados de Ensayo Proctor 37
Ilustración 24: Comparación de Resultados óptimos de CBR. 39
Ilustración 25: Comparación de resultados de Hinchamientos óptimos. 39
Ilustración 26: Ábaco para estimar el número estructural de la capa base “a_2 ” 43
Ilustración 27: Ábaco para estimar el número estructural de la capa sub-base “a_3 ” 44
Ilustración 28: Cálculo del número estructural SN del paquete structural. 45
Ilustración 29: Cálculo del número estructural de la capa de mejoramiento. 46
Ilustración 30: Cálculo del número estructural de la capa de la sub - base 46
Ilustración 31: Cálculo del número estructural de la capa de la base. 47
Ilustración 32: ejemplarización de los espesores de capas sin estabilizar subrasante. 51
Ilustración 33: Cálculo del número estructural con la subrasante estabilizada con enzimas.. 52
Ilustración 34: ejemplarización de los espesores de capas para subrasante estabilizada con enzimas . 55
Ilustración 35: Cálculo del número estructural con la subrasante estabilizada con cal. 56
Ilustración 36: ejemplarización de los espesores de capas para subrasante estabilizada con Cal 59
Ilustración 37: Comparación de costos empleando los diferentes tipos de estabilización. 91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades mejoradas de suelos estabilizados. 6
Tabla 2: Variantes para realizar Proctor Modificado. 14
Tabla 3: Usos de los diferentes tipos de suelos en base a su CBR. 15
Tabla 4: Tamices con su respectivo porcentaje que pasa. 17
Tabla 5: Resultados del ensayo de límites de Atterberg. 20
Tabla 6: Resultados del ensayo CBR en terreno natural. 23
Tabla 7: Resultado considerado óptimo, utilizando Permazyme 11x. 29
Tabla 8: Resultado considerado óptimo, utilizando 4,5% de Cal. 34
Tabla 9: Clasificación del suelo mediante sistema AASHTO y SUCS. 37
Tabla 10: Coeficientes de drenaje 41
Tabla 11: Especificación técnica requerida para estructuras de pavimentos 41
Tabla 12 : Resumen de resultados de espesores de capas sin estabilizar subrasante. 50
Tabla 13 : Espesores de capas rediseñadas sin estabilizar subrasante. 51
Tabla 14 : Resumen de resultados de espesores de capa para subrasante estabilizada con enzimas. 55
Tabla 15 : Espesores de capa rediseñadas para subrasante estabilizada con enzimas. 55
Tabla 16 : Resumen de resultados de espesores de capa para subrasante estabilizada con 4,5% cal. 58
Tabla 17 : Espesores de capa rediseñadas para subrasante estabilizada con 4,5% cal. 58
Tabla 18: Resumen de resultados de espesores para los diferentes tipos de estabilización. 59
Tabla 19: Cantidades de Obra para diseño de Pavimento, sin estabilizar subrasante. 63
Tabla 20: Presupuesto del paquete estructural para subrasante sin estabilizar. 73
Tabla 21: Cantidades de Obra para diseño de Pavimento, subrasante estabilizada con enzimas. 74
Tabla 22: Presupuesto del paquete estructural para subrasante estabilizada con enzimas. 84
Tabla 23: Cantidades de Obra para diseño de Pavimento, subrasante estabilizada con cal. 85
Tabla 24: Presupuesto del paquete estructural para subrasante estabilizada con cal. 91

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Introducción

El presente trabajo se realizó con el propósito de evaluar y analizar el comportamiento de un suelo de baja resistencia, al ser estabilizado con dos tipos de agentes, ubicado en la Cdla. Tanya Marlene, perteneciente a la ciudad de Milagro provincia del Guayas, partiendo de la rama de Tecnología de Materiales, se determinará sus características mecánicas iniciales, tales como lo son su Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor, Permeabilidad y California Bearing Ratio (CBR).

La estabilización mediante el uso de enzimas orgánicas se realizó con el producto "Permazyme 11X" y otro agente como lo es la Cal, estos estabilizadores de suelos serán incorporados y ensayados mediante una dosificación controlada para determinar una cantidad óptima de los estabilizantes a usar, cada uno de estos métodos serán comparados para así elegir la mejor alternativa de estabilización.

Los conocimientos en la actualidad sobre este campo se basan principalmente en estudios sistemáticos con fundamento científico corroborado mediante la experimentación. La optimización de recursos tanto de materiales como económico, estarán directamente relacionado con los resultados obtenidos en este trabajo, a través de un ejemplo de diseño de pavimento flexible bajo la normativa AASHTO, comparando la reducción de espesores de las capas de pavimento luego del mejoramiento.

1.2. Ubicación del proyecto

El proyecto de Urbanización se encuentra ubicado en la ciudadela Tanya Marlene km 4 vía al 26, perteneciente a la ciudad de Milagro Provincia del Guayas, cuenta con una extensión de 3 hectáreas y una vía de acceso de 500 m de longitud.

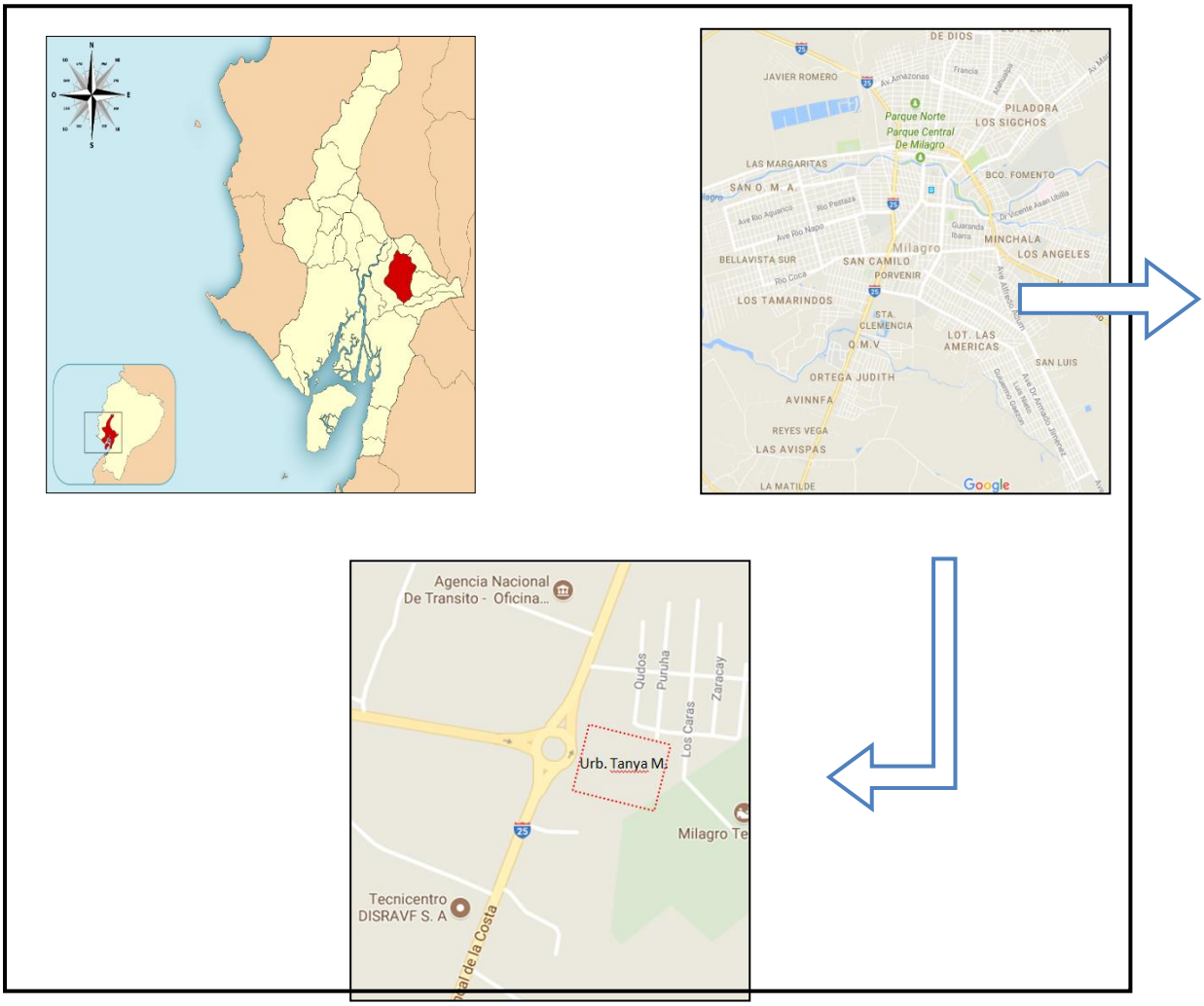


Ilustración 1: Ubicación del Proyecto
Fuente: Google maps, 2017.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

COORDENADAS UTM-WGS 84	
ESTE	**SUR**
654877.27	9766386.13
654813.36	9760352.73
654896.84	9760354.70

654884.62	9760307.84

1.3. Planteamiento del problema

Desde que existe la necesidad de crear nuevas vías de comunicación para unir ciudades, el Ingeniero Civil en la mayoría de los casos se encuentra con terrenos que no prestan las características necesarias para la construcción de vías por lo que se ven en la necesidad de estabilizar el terreno; la ciudad de Milagro presenta suelos arcillosos expansivos por lo que es necesario reducir expansión y mejorar las propiedades físicas-mecánicas.

1.4. Delimitación del tema

La presente investigación se la realizará en la ciudadela Tanya Marlene km 4 vía al 26, perteneciente a la ciudad de Milagro Provincia del Guayas, las variables a considerar serán las características mecánicas del suelo y su comportamiento con el estabilizador enzimático y Cal para un mismo material, los ensayos se realizaron en: “Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli” ubicado en la Ciudadela Universitaria “Salvador Allende”, Malecón del Salado (entre Av. Fortunato Safadi y Av. Kennedy).

1.5. Objetivos Generales y Específicos

1.5.1. Objetivo General.

Determinar el método de estabilización más adecuado para subrasante mediante el uso de enzimas orgánicas "Permazyme 11x" y mezclas de cal, en la Ciudadela Tanya Marlene ubicada en la ciudad de Milagro provincia del Guayas, para lo que será el proyecto de Urbanización Tanya Marlene.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Realizar ensayos de laboratorio determinando las propiedades físicas y mecánicas del suelo en estado natural, mediante ensayo de CBR, para determinar las condiciones iniciales del material.
- ✓ Realizar ensayos de laboratorio determinando las propiedades mecánicas del suelo dosificando el uso de enzimas orgánicas, mediante ensayo de CBR, para determinar la dosis óptima.
- ✓ Realizar ensayos de laboratorio determinando las propiedades mecánicas del suelo dosificando cal, mediante ensayo de CBR, para determinar la dosis óptima.
- ✓ Comparar el uso de las enzimas orgánicas como agente estabilizador del suelo, frente a la estabilización con cal, mediante gráficas de resultados de los porcentajes óptimos de las mezclas.
- ✓ Analizar la relación costo – beneficio de la estabilización de suelos con los aditivos ya indicados, se realizará un ejemplo de cálculo de número estructural para pavimento flexible.

1.6. Justificación

Las carreteras son factores importantes en el desarrollo económico y social de un país, y su expansión poblacional hace que el uso de las vías evolucione creando nuevos caminos con mayor capacidad, comodidad y seguridad. En consecuencia, se vuelve tarea prioritaria mantener costos de construcción lo más bajo posible para incrementar la productividad y competitividad de un país.

La presente investigación es de gran importancia debido a los suelos con alto contenido de arcillas, ubicados en ciertas partes de la ciudad de Milagro, provincia del Guayas, siendo necesario mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, si no se opta por estabilizar la subrasante los costos de la estructura del pavimento tanto en espesores de capas como tiempos de operación de maquinaria serán mucho más altos, encareciendo la obra y sin optimizar recursos.

Para el mejoramiento de las propiedades de la estructura del pavimento se tomará dos variables como alternativa de estabilización de la subrasante, el uso de Permazyme 11x que es una enzima orgánica empleada en muchos países a nivel mundial, y óxido de calcio más conocido como Cal viva que debido a su composición química reacciona satisfactoriamente con el suelo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Estabilización de Suelos.

La estabilización de suelos es un proceso mediante el cual se somete al suelo en estado natural a tratamientos ya sean estos físicos o químicos para lograr modificar sus características, que pueden ser: aumento de valor portante, reducir la permeabilidad y absorción, disminuir la plasticidad y por ende la escasa durabilidad de tal manera que mediante la incorporación de un elemento estabilizador el suelo sea el apropiado para cualquier obra civil.

2.1.1. Propiedades de suelos estabilizados.

PROPIEDADES	DESCRIPCION
Estabilidad Volumétrica	La expansión y contracción de la mayoría de suelos se ven afectados por el cambio en la humedad.
Resistencia	La resistencia al corte es la propiedad de un terreno que le permite resistir el deslizamiento entre las partículas del mismo, al ser sometido a una fuerza externa. La resistencia de los suelos en muchos suelos se ve reducida por el contenido de humedad.
Permeabilidad	La permeabilidad es la capacidad de un suelo para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.
Comprensibilidad	La compresibilidad es el grado en que una masa de suelo disminuye su volumen bajo el efecto de una carga.
Durabilidad	Durabilidad es la resistencia de un material a alterarse, esto es la capacidad de mantener sus características iniciales en el tiempo.

Tabla 1: Propiedades mejoradas de suelos estabilizados.
Fuente: Ingeniería de pavimentos, Fonseca Montejo A. (2006).
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

2.2. Tipos de Estabilización

2.2.1. Estabilización mecánica.

Su principio de basa en la mezcla de materiales con diferentes características, con la finalidad de crear un nuevo material de mejores características de las que se tenían inicialmente, las propiedades físicas que se logran mejorar con este tipo de estabilización son la plasticidad la misma que aminora la capacidad drenante del suelo y la granulometría, que incide directamente sobre la resistencia, trabajabilidad y compacidad final del mismo. (Fonseca Montejo, 2006)

2.2.1.1. Estabilización granulométrica.

La masa de materiales granulares para capas de sub-base y base deberá tener una conveniente estabilidad por trabazón mecánica, de tal manera que soporte apropiadamente los esfuerzos impuestos por las cargas de construcción y de tránsito. La estabilidad de un material granular dependerá de la distribución de los tamaños de los agregados, de su densidad relativa, fricción interna y cohesión. (Fonseca Montejo, 2006)

2.2.2. Estabilización mediante tratamientos químicos.

La estabilización con elementos químicos es otra alternativa de estabilización, la misma que su función es alterar las propiedades químicas del suelo mediante agentes estabilizadores, los cuales pueden ser:

- ✓ **Suelo-cemento:** Aumenta resistencia utilizado principalmente en arenas y gravas finas,
- ✓ **Suelo-cal:** Permite reducir la plasticidad de suelos arcillosos.
- ✓ **Suelo-asfalto:** Emulsión para material triturado sin cohesión.
- ✓ **Cloruro de sodio:** Impermeabiliza, reduce el polvo, utilizado en arcillas y limos.
- ✓ **Enzimas orgánicas:** Aumento de propiedades físicas del suelo, utilizado en arcillas.

Además, estos métodos podrían además modificar la estructura por la inclusión de agentes como cemento, cal, aglomerantes etc.

2.3. Estabilización con Enzimas Orgánicas

2.3.1. Definición de enzimas

Es un catalizador orgánico el cual acelera la reacción química en el suelo, permitiendo aumentar la capacidad de humectación y la reducción de la relación de vacíos en la densidad del suelo ahorrando tiempo y evitando la contaminación del medio ambiente.

Las enzimas están compuestas principalmente por moléculas grandes de proteínas obtenidas de microorganismos de plantas y animales como es la termita y la hormiga, las cuales a través de su saliva logran construir estructuras en el suelo resistentes a pesar de los cambios climáticos (SECSA, 2008).

Cada enzima tiene una acción en especial, es decir; que esta puede convertir o condensar un compuesto en específico (Quiran Alfaro, 2015, pág. 55).

2.3.2. Acción de la enzima como agente estabilizador del suelo.

Las enzimas tienen como función aumentar el proceso de humectación del suelo provocando un efecto aglutinante en los suelos finos como son las arcillas y limos (es decir materiales plásticos), permitiendo una mejor compactación debido al abatimiento superficial que produce la enzima sobre el agua, reduciendo la porosidad del suelo. El efecto de la cohesión que ocasiona el producto le permite actuar a este como un cementante (Quiran Alfaro, 2015, pág. 55).

2.3.3. Usos de la enzima en la construcción de vías.

En la actualidad en nuestro país el uso de enzimas como agente estabilizador, no está normado o sujeto a alguna especificación técnica, sus fundamentos se basan en datos empíricos y en obras en las que se ha implementado el agente enzimático, corroborando su eficacia. Como se la conoce comercialmente Permazyme 11x ha sido empleado en muchas obras a nivel mundial; en Sudamérica países como: Argentina, Perú, Colombia, Chile y Brasil lo utilizaron por sus beneficios a largo plazo.

2.3.4. Beneficios del uso de las enzimas orgánicas.

Beneficios físicos – mecánicos del suelo: Las enzimas permiten mejorar las propiedades fiscas y mecánicas de las distintas capas en la estructura del pavimento como son la base,

sub-base y subrasante, a continuación, se detallarán los beneficios que esta produce (Ravines Merino, 2010, pág. 20):

- ✓ Aumento de las densidades de compactación del suelo.
- ✓ Mejora de la capacidad portante del suelo, aproximadamente de un 10% – 40%, dependiendo de la enzima que se utilice.
- ✓ Ahorro económico en los mantenimientos, ya que alarga los tiempos de este.
- ✓ Disminución de costos en la construcción.

Beneficios ambientales: Las enzimas son productos ecológicos 100% biodegradable, es decir, ayudan al ambiente, a continuación, se presentan algunos de los beneficios que presenta el producto (SECSA, 2008):

- ✓ Se minimiza el polvo hasta un 80%.
- ✓ No contamina al medio ambiente.
- ✓ Menor utilización de tiempos de maquinaria.

2.4. Estabilización con Cal

2.4.1. Definición de Cal:

La cal proviene de la combustión de la piedra caliza, la más común es el óxido de calcio, conocida como cal viva. En la mayor parte este material es manipulado de manera habitual en el ámbito de la construcción (Beltrán Parra & Copado Beltrán , 2011, pág. 22).

2.4.2. Antecedentes de la estabilización con Cal.

En Ecuador, la cal ha sido empleada en muchas obras viales como estabilizante de subrasante, en sectores de Manabí como: Tosagua - Rocafuerte, Paján. etc. presentan suelos arcillosos, que alteran el volumen del mismo debido a las variaciones de temperatura y humedad que es ocasionado por el clima, esto hace inestables a los suelos para poder realizar la construcción de carreteras, para abarato de costos se emplea la cal como agente estabilizador, la cual evita el deterioro de la estructura del pavimento.

2.4.3. Acción de la Cal como agente estabilizador del suelo.

La estabilización con Cal produce una disminución del índice plástico, lo cual ayuda a aumentar la estabilidad volumétrica en materiales finos, la resistencia a la compresión simple y capacidad de soporte del suelo (Altamirano Navarro & Díaz Sandino, 2015, pág. 42).

2.4.4. Parámetros para evaluar en la estabilización Cal.

Los parámetros para evaluar si un material puede ser estabilizador con cal son los siguientes (Beltrán Parra & Copado Beltrán , 2011, pág. 33):

- ✓ Plasticidad mayor o igual a diez; IP ≥ 10.
- ✓ Contenido de arcillas mínimo del 7%.

2.4.5. Beneficios de la estabilización con mezclas de Cal.

En la Ilustración 2 que se presentara a continuación se muestra los efectos que produce la cal sobre el suelo a tratar (Beltrán Parra & Copado Beltrán , 2011) :

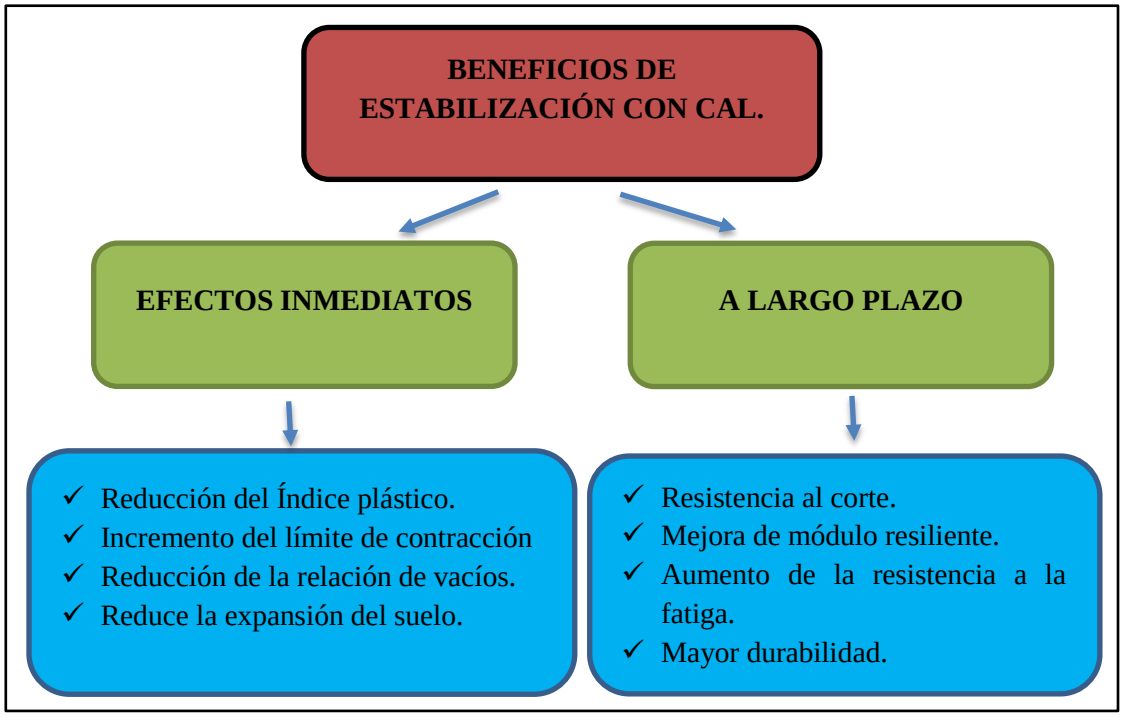


Ilustración 2: Efectos de la estabilización con cal.
Fuente: Beltrán Parra & Copado Beltrán, 2011
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

2.5. Ensayos utilizados

2.5.1. Granulometría

El análisis granulométrico permite determinar las proporciones de los diferentes tamaños de las partículas que se encuentren en la masa de suelo. El ensayo es de gran importancia, debido a que la mayoría de los criterios de aprobación de suelos para ser utilizados en bases o sub-bases de vías, presas de tierra, drenajes, etc., depende de este análisis ya que necesitan cumplir con lo establecido. Para conseguir la distribución adecuada de los tamaños de dichas partículas, se emplean tamices normalizados y numerados (Botía, 2015).

2.5.2. Límites de Atterberg

Cada suelo ya sea este granular o cohesivo, constan de propiedades intrínsecas tal como lo son su límite líquido y su límite plástico, experimentando el comportamiento del material con su reacción con el agua la misma que provoca cambios de estados. Estas cualidades permiten la identificación y clasificación de suelos. A esta interacción agua- suelo se denomina Limites de Atterberg. Que se define como (Bowles, 1980):

- ✓ Límite líquido (LL): Contenido de Humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel el contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.
- ✓ Límite plástico (LP): Contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico.

Ilustración 3: Aparato de Límite Líquido.
Fuente: Google imágenes.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

2.5.3. Proctor Modificado

Llamado así por la variación en su ejecución en comparación con el ensayo de Proctor Estándar, en el Proctor modificado se aplica mayor energía de compactación por unidad de volumen, obteniéndose densidades secas máximas más elevadas y humedades óptimas menores con respecto al ensayo de Proctor Estándar. Existen varios métodos para realizar el ensayo Proctor Modificado utilizando un martillo 10 libras - altura de caída: 18 plg.

MÈTODO	A	B	C	D
Material	Pasa tamiz no. 4		Pasa tamiz no. 3/4"	
Molde usado	4"	6"	4"	6"
Nº de capas	5	5	5	5
Nº de golpes por capa	25	56	25	56
Energía de compactación (lb/pie^3)	56.250	55.986	56.250	55.986

Tabla 2: Variantes para realizar Proctor Modificado.
Fuente: Mecánica de suelos, Ing. Carmen Terreros, Ing. Víctor Moreno Lituma, 1995.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

Para obtener la curva densidad seca máxima- humedad óptima, es necesario realizar cuatro o cinco puntos con el mismo material, aumentando la cantidad de agua progresivamente en cada punto, esto con la finalidad de obtener una parábola. En la que determina en su punto más alto, la densidad seca máxima y humedad óptima correspondiente.

2.5.4. California Bearing Ratio (CBR)

La finalidad de este ensayo es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados, ya sean estos en campo o laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para subrasante, mejoramiento, sub-base y base de pavimentos. El ensayo evalúa la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un porcentaje de la relación de soporte. El porcentaje de CBR, está determinado como la fuerza solicitada para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada.

CLASIFICACIÒN		CALIDAD	CBR %	USOS
SUCS	AASHTO			
OH, CH, MH, CL	A5, A6, A7	Muy pobre	0 - 3	Sub-rasante
OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7	Pobre a Regular	3 - 7	Sub-rasante
OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7	Regular	7 - 20	Sub- base
GM, GC, SW, SM, SP, GP	A-1b, A2-5, A3, A2-6	Bueno	20 - 50	Sub- base
GW, GM	A-1a, A2-4, A3	Excelente	> 50	Base

Tabla 3: Usos de los diferentes tipos de suelos en base a su CBR.
Fuente: Mecánica de suelos, Ing. Carmen Terreros, Ing. Víctor Moreno Lituma, 1995.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Propiedades del Suelo en Estado Natural.

3.1.1. Toma de muestra.

El material de la subrasante se obtuvo en la ciudad de Milagro, Provincia del Guayas, en lo que será el proyecto de urbanización “Tanya Marlene”, a 1,50 m de profundidad y con ayuda de una retroexcavadora, se logró extraer material suficiente para la ejecución de ensayos de laboratorio.

Ilustración 4: Extracción de la muestra.
Fuente: Propio
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar

Las muestras extraídas del sitio de estudio ya antes mencionadas se someterán a los siguientes ensayos con sus respectivas Normas:

- Análisis Granulométrico (ASTM D-854; AASHTO T 93-86).
- Límites de Atterberg (ASTM D 4318; AASHTO T 89-90 Y T 90-87).
- Proctor Modificado tipo C (ASTM D 698-1).
- California Bearing Ratio (ASTM D-1883, AASHTO T-193).

3.1.2. Granulometría (ASTM D-854; AASHTO T 93-86).

Se realizó la granulometría vía húmeda, puesto que el material tenía alto contenido de finos, se tomaron 500 gr de material debidamente pesados, lavando el material por medio del tamiz #200, posteriormente se procede con el secado al horno de la muestra durante un periodo de 24 horas, se utilizaron tamices de fracción fina descritos en la siguiente tabla con su resultado respectivo:

TAMIZ	PESO PARCIAL	%RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
No. 40	1,20	0,24	0,24	99,76
No. 50	0,40	0,08	0,32	99,68
No. 100	0,40	0,08	0,40	99,60
No. 200	2,10	0,42	0,82	99,18
Fondo	495,90	99,18	100,00	0,00
TOTAL	500,00	100,00		

Tabla 4: Tamices con su respectivo porcentaje que pasa.
Fuente: Terzaghi k. y Peck R., 1980.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

Una vez obtenido los porcentajes del pasante del material, procederemos a realizar la curva granulométrica, para identificar de mejor manera el comportamiento del material.

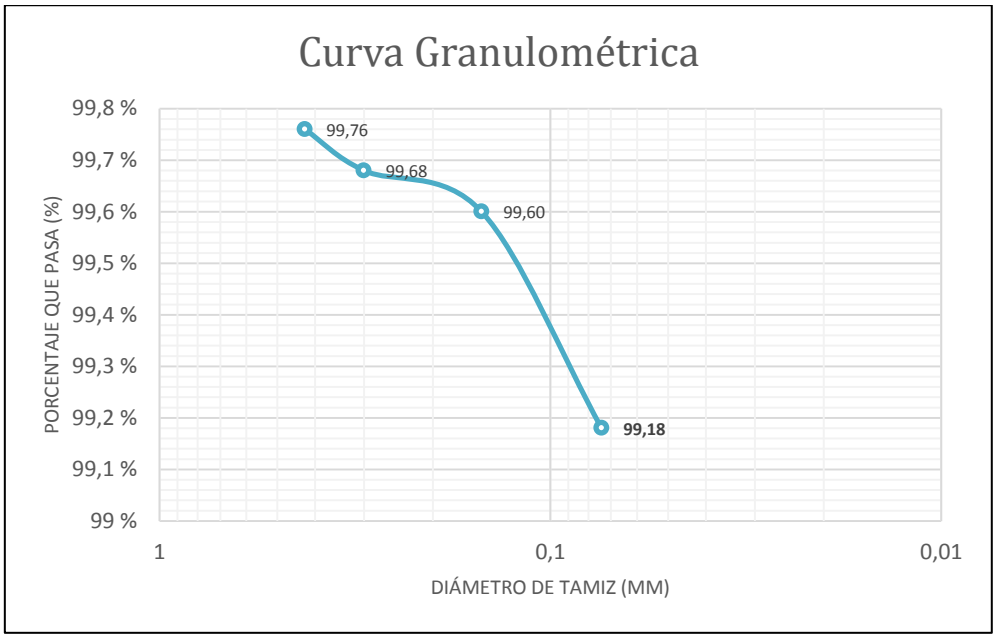


Ilustración 5: Representación gráfica de la curva granulométrica.
Fuente: Propio.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

3.1.3. Límites de Atterberg (ASTM D 4318; AASHTO T 89-90 Y T 90-87).

3.1.3.1. Límite Líquido

Se procede a tamizar el material por la malla 40, utilizando el pasante, se humedece la muestra mezclándola de manera homogénea, una vez mezclado el material se lo coloca en el aparato de Casagrande, alisando la superficie con una espátula, luego se verifica la que la altura de la cuchara este correcta.

Luego se procede a dividir la muestra alisada en dos partes, se gira la manivela del aparato contando el número de golpes necesarios para que la ranura se cierre, finalmente procedemos a dividir la muestra en cuadrantes tomando la muestra del medio para tomar el peso húmedo de la muestra, y así llevarla al horno durante un periodo de 24 horas para poder determinar la humedad de la muestra a analizar.

Ilustración 6: Elaboración de Límite Líquido.
Fuente: Propio.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

3.1.3.2. Límite plástico.

Se toma el pasante del tamiz 40, agregando agua al material hasta formar una masa de suelo plástica, tomando una porción de la muestra se procede a amasar entre las palmas de las manos un cilindro cuyo diámetro aproximado es de 3mm, con una longitud aproximada de 2 cm. Inmediatamente se coloca en un recipiente las fracciones de material que se han realizado para tomar su peso y así poder meterlas al horno para al cabo de 24 horas determinar la humedad del material.

3.1.3.3. Índice plástico.

El índice plástico se obtiene a partir de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. A continuación, se mostrará en la tabla 5 los valores obtenidos del ensayo de los límites de Atterberg.

MUESTRA	WL	WP	IP
SUBRASANTE	58,90	32,37	26,53

Tabla 5: Resultados del ensayo de límites de Atterberg.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

3.1.4. Proctor modificado Tipo C (ASTM D-1883, AASHTO T-193).

Se optó por realizar el ensayo Proctor modificado tipo C, porque este consta de mayor energía de compactación, primero se procede a pesar el cilindro únicamente y tomar toma de su volumen, se tamiza el material por el tamiz 3/8” para poder compactar 5 puntos cada punto tendrá 2500gr. de material, el cual deberá ser compactado en 5 capas, cada capa con 25 golpes.

Los puntos por realizarse es uno en estado natural, luego agregando agua respectivamente en nuestro caso 150, 300, 450, 600gr. a cada punto se deberá realizar el ensayo de contenido de humedad, una vez compactado se deberá pesar el cilindro con el material por cada punto, para agregar esos valores en la tabla y así poder determinar la

densidad seca. A continuación, se mostrará la curva de compactación obtenida a través del ensayo:

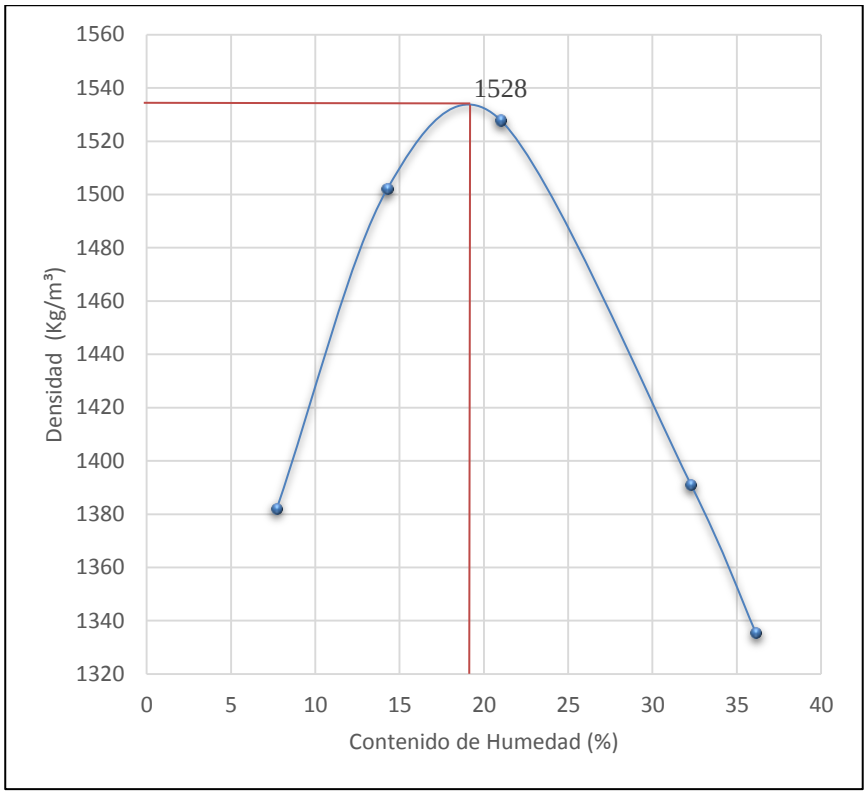


Ilustración 7. Curva Proctor
Fuente: Propio.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

3.1.5. C.B.R. (ASTM D-1883, AASHTO T-193).

Este ensayo consiste en medir la resistencia de un suelo al esfuerzo cortante expresado en porcentaje, consta de realizar 3 probetas, con 5 o 6 kg de material cada probeta, de acuerdo al tipo de CBR a realizarse, se debe dividir el material en 5 capas para cada probeta y deberán ser compactadas a 12, 25 y 56 golpes respectivamente, luego sumergirlas en agua por 96 horas, se entiende que ese lapso de tiempo el material soportará su máxima fatiga, además en este tiempo de embebido se toman lecturas diarias con el fin de controlar el hinchamiento del material cuando este interactúa con el agua, se procede a realizar la inmersión porque en

obra, este sería el caso más desfavorable frente a condiciones extremas, como son las inundaciones.

Ilustración 8 : Muestras embebidas en piscina, durante 96 horas.
Fuente: Propio.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

Una vez concluidas las 96 horas se deja escurrir el exceso de agua y se procede a penetrar ya sea esta penetración con pistón (recomendable para suelos duros) o con anillo (para suelos blandos) en este segundo caso con anillo, las lecturas marcadas en el dial deberán ser corregidas con la fórmula del K del anillo dado por el fabricante de este.

Ilustración 9: Muestras luego se de ser sometidas a penetración.
Fuente: Propio.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

Dado que se realizaron las respectivas penetraciones se procede a convertir la carga a esfuerzo de penetración, lo cual se consigue dividiendo el valor de la carga para el área de contacto entre el pistón y la muestra. Se bosquejan los resultados en la gráfica (Carga unitaria vs Penetración) y se calcula el CBR. Para 0,1 y 0,2 pulgadas de penetración. Los datos obtenidos fueron los siguientes:

PENETRACIÓN	**0,10 plg**		**0,20 plg**	
N° de Golpes	Densidad	%CBR	Densidad	%CBR
12	1386,82	2,62	1386,82	2,43
25	1487,50	3,13	1487,45	3,10
56	1565,00	4,65	1565,00	4,29

Tabla 6: Resultados del ensayo CBR en terreno natural.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

3.2. Propiedades de la Subrasante Modificada con enzimas Permazyme 11x.

3.2.1. Dosificación de enzimas orgánicas para estabilización de subrasante.

De acuerdo con lo recomendado por la especificación técnica proporcionada por el distribuidor de la enzima orgánica Permazyme 11x, pone como referencia por cada 30 kg de material a ensayar en laboratorio se deberán agregar 1 ml de enzimas en 400 ml de agua esparciéndolo de manera uniforme, dejándolo reposar por 72 horas. Por esta razón se procedió a plantear dosificaciones para poder determinar un patrón óptimo para la aplicación de la enzima orgánica.

Por tanto, se desarrollaron 5 diseños variando el contenido de enzima los cuales se procederán a detallar de la siguiente manera:

- Diseño con la dosificación recomendada por especificación técnica del producto, que equivale al 0,003%.
- Diseño con la cuarta parte de la dosificación recomendada por especificación técnica del producto, que equivale al 0,00075%.
- Diseño con la mitad de la dosificación recomendada por especificación técnica del producto, que equivale al 0,0015%.
- Diseño con la duplicación de la dosificación recomendada por especificación técnica del producto, que equivale al 0,006%.
- Diseño con la triplicación de la dosificación recomendada por especificación técnica del producto, que equivale al 0,009%.

Se realizaron los ensayos de laboratorio de acuerdo con la dosificación dicha anteriormente, que por cada 30 kg de material se debe esparcir de manera uniforme 1 ml de

Permazyme 11x disuelta en 400 ml de agua, esto es lo recomendado por el distribuidor de la enzima que equivale a 0,003% con respecto al peso seco del mismo, cabe recalcar que 30 kg de material alcanza para realizar ensayos de: Proctor, CBR y Límites de Atterberg.

Para las demás variantes de dosificación se tuvo que ingeniar la forma de como calcular la cantidad correcta de Permazyme 11x, para esto se comprobó mediante una balanza de precisión que 1 ml de enzima equivale a 1 gr, por lo que las dosificaciones fueron medidas con una jeringa.

Ilustración 10: Riego de permazyme en 30 kg de material.
Fuente: Propio.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

3.2.2. Granulometría (ASTM D-854; AASHTO T 93-86).

La granulometría no sufre alteración puesto que el aditivo no modifica en absoluto el tamaño de las partículas del material.

3.2.3. Límites de Atterberg (ASTM D 4318; AASHTO T 89-90 Y T 90-87).

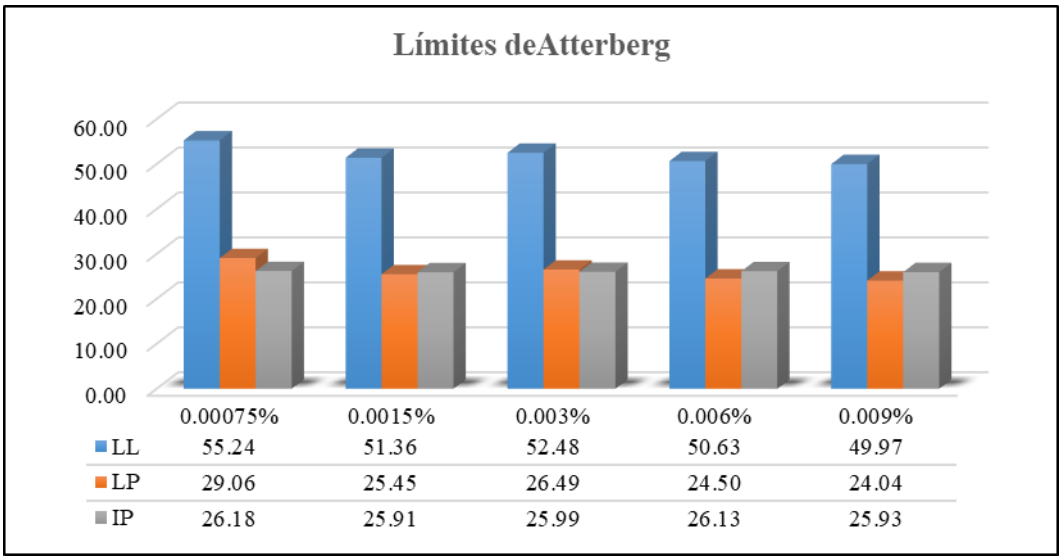


Ilustración 11: Representación gráfica de los límites de Atterberg obtenidos mediante dosificaciones de enzimas orgánicas.
Fuente: Propio.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

3.2.4. Proctor Modificado Tipo C (ASTM D-1883, AASHTO T-193).

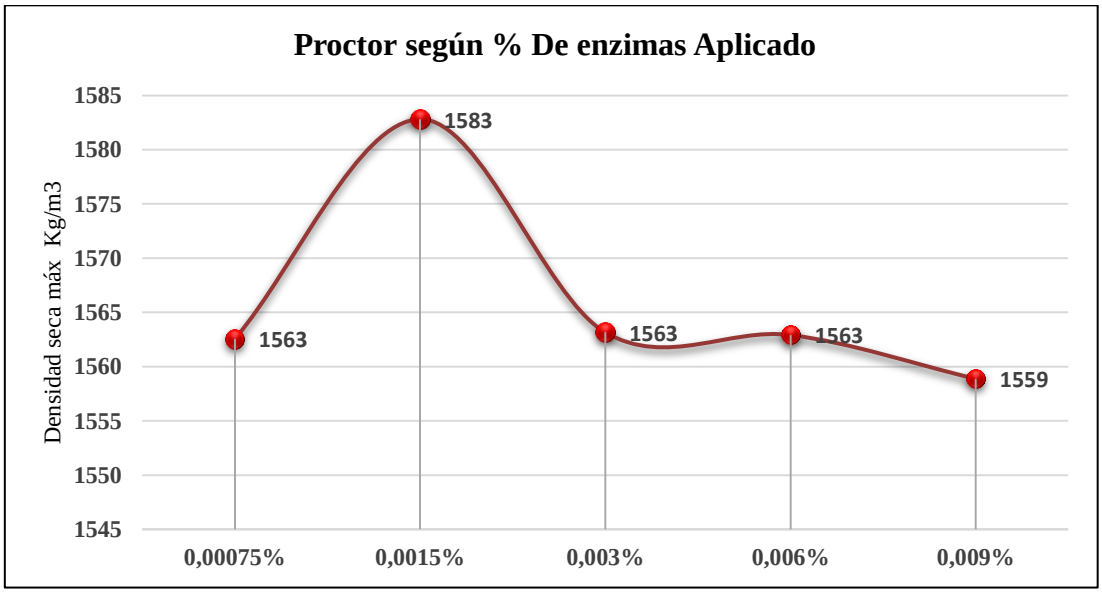


Ilustración 12: Representacion grafica de los valores de densidades secas, aplicando dosificaciones de enzima.
Fuente: Propio.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

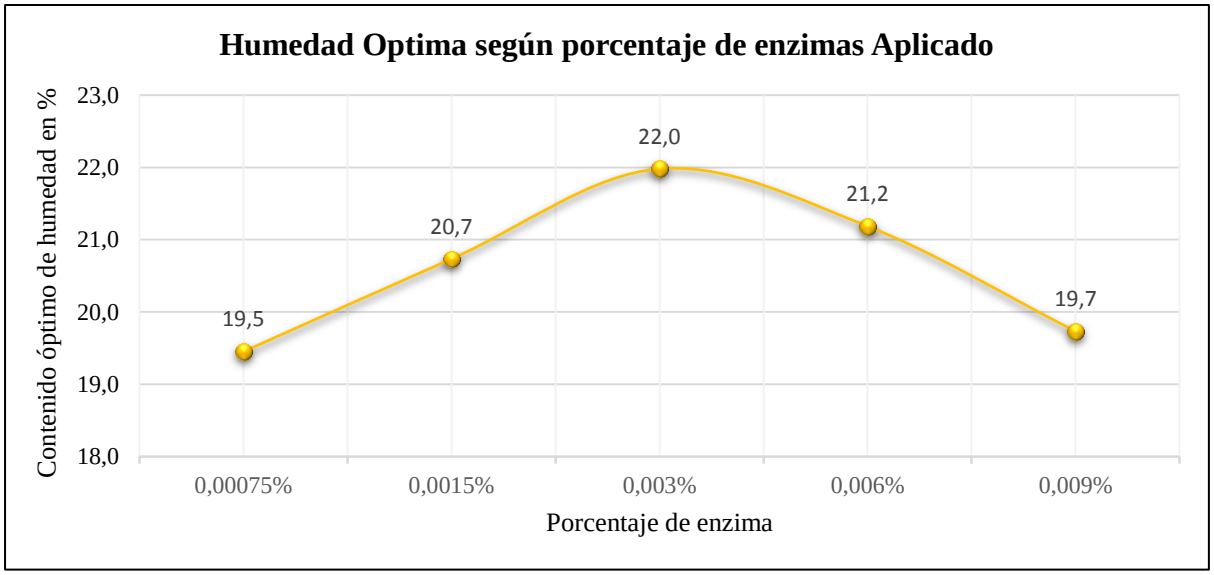


Ilustración 13: Gráfica de los valores de contenido de humedad óptimo aplicando dosificaciones de enzima.
Fuente: Propio.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

3.2.5. California Bearing Ratio (C.B.R.) (ASTM D-1883, AASHTO T-193).

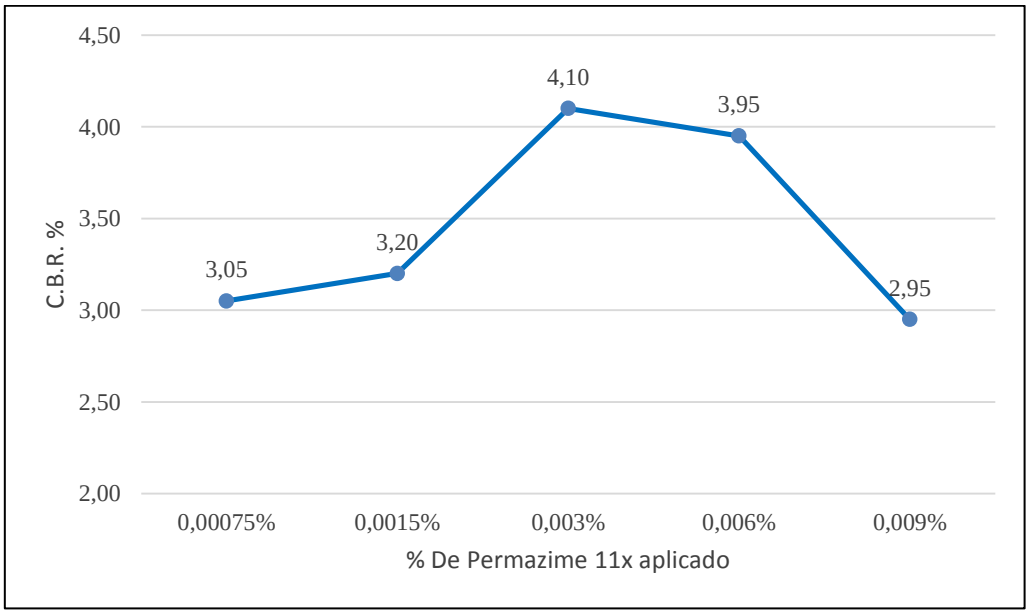


Ilustración 14: Resultados del ensayo CBR aplicando dosificaciones de enzima.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

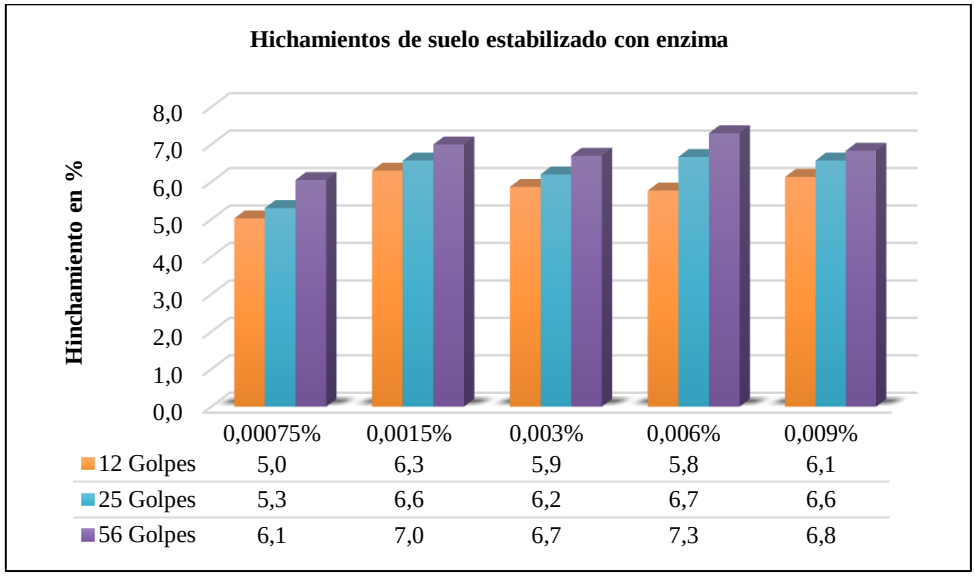


Ilustración 15: Resultados del ensayo CBR aplicando dosificaciones de enzima.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

3.2.6. Porcentaje óptimo alcanzado con Permazyme 11x.

Los resultados obtenidos con Permazyme 11x, muestran que utilizando lo recomendado por el fabricante 0,003% se obtiene un CBR de 4,12%, el cual se tomará como valor óptimo de enzimas para el diseño de pavimentos. A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos para 0,003% de enzimas Permazyme 11x.

0.003% Permazyme 11x					
LL	**LP**	**IP**	**Proctor Kg/m³**	**Humedad óptima (%)**	**CBR (%)**
52,48	26,49	25,99	1563	22	4,12

Tabla 7: Resultado considerado óptimo, utilizando Permazyme 11x.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

3.3. Propiedades de la Subrasante Modificada con Cal

3.3.1. Dosificación de cal para estabilización de subrasante.

A su vez para poder realizar el análisis comparativo entre los métodos estabilizadores de suelos, se desarrollaron 3 diseños variando el contenido de cal, que se mencionaran a continuación:

- Diseño de probetas de laboratorio aplicando el 3% de cal.
- Diseño de probetas de laboratorio aplicando el 4,5% de cal.
- Diseño de probetas de laboratorio aplicando el 6% de cal

Los diseños ya descritos se valorarán mediante ensayos de laboratorio los cuales fueron descritos anteriormente, determinando su comportamiento mecánico, permitiendo así obtener un diseño optimo entre los tres.

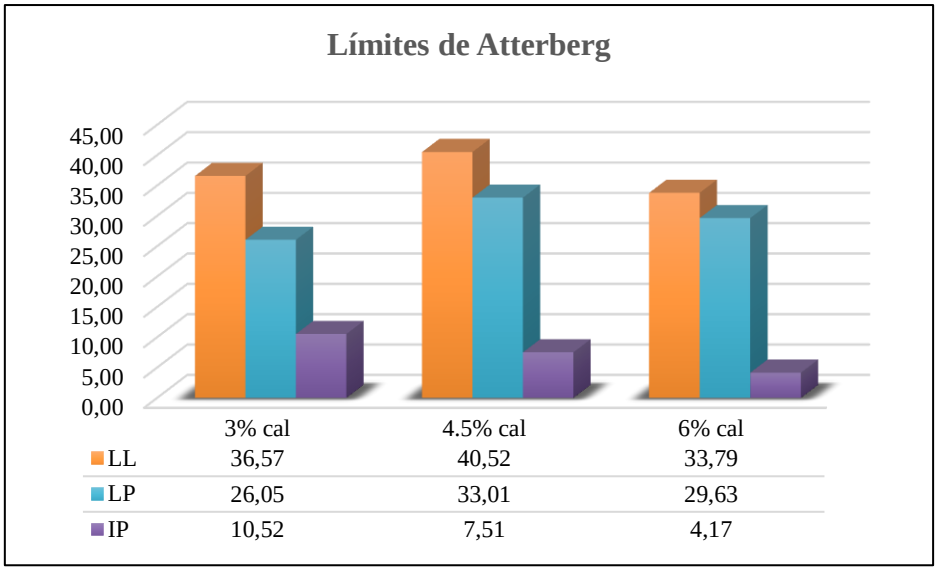
Para los ensayos de laboratorio realizados con cal primero se pesó el material secado al ambiente, y para cada ensayo a realizarse la cal se añadía al momento, es decir, si para el ensayo Proctor se requieren 12500 gr, se calcula el porcentaje de cal a utilizar, suponiendo que sea el 6% serian 750 gr de cal que se añadía al material, esto con la finalidad de que la mezcla suelo-cal quede lo más homogénea posible y no se desperdicie.

Ilustración 16: Aplicación y homogenización de cal al momento de realizar ensayo de laboratorio.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

3.3.2. Granulometría (ASTM D-854; AASHTO T 93-86).

La granulometría es la misma puesto que el aditivo no modifica en absoluto la granulometría del material.

3.3.3. Límites de Atterberg (ASTM D 4318; AASHTO T 89-90 Y T 90-87).



	3% cal	4.5% cal	6% cal
LL	36,57	40,52	33,79
LP	26,05	33,01	29,63
IP	10,52	7,51	4,17

Ilustración 17: Representación gráfica de los límites de Atterberg obtenidos mediante dosificaciones de cal.
Fuente: Propio.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

3.3.4. Proctor Modificado Tipo C (ASTM D-1883, AASHTO T-193).

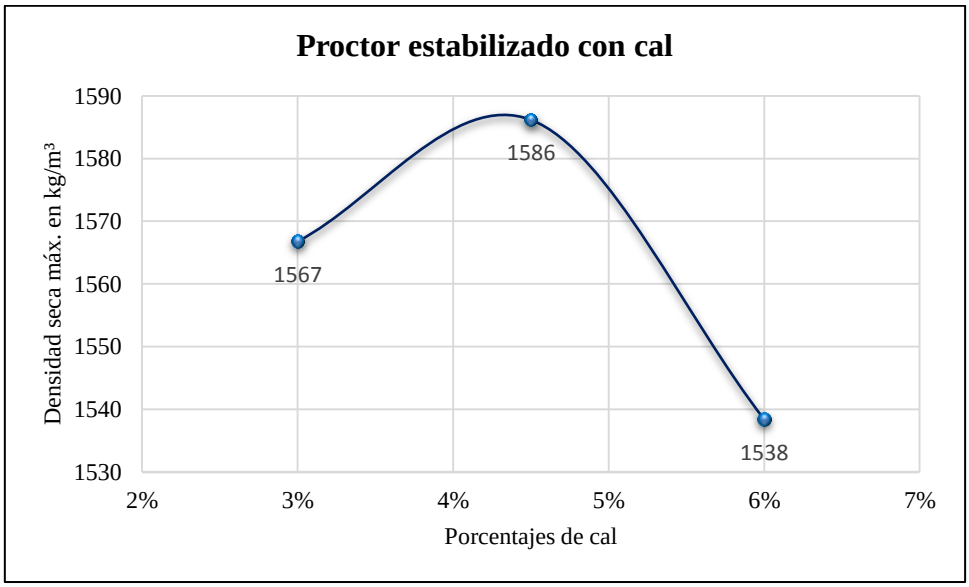


Ilustración 18: Gráfica de los valores de Proctor aplicando dosificaciones de cal.
Fuente: Propio.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

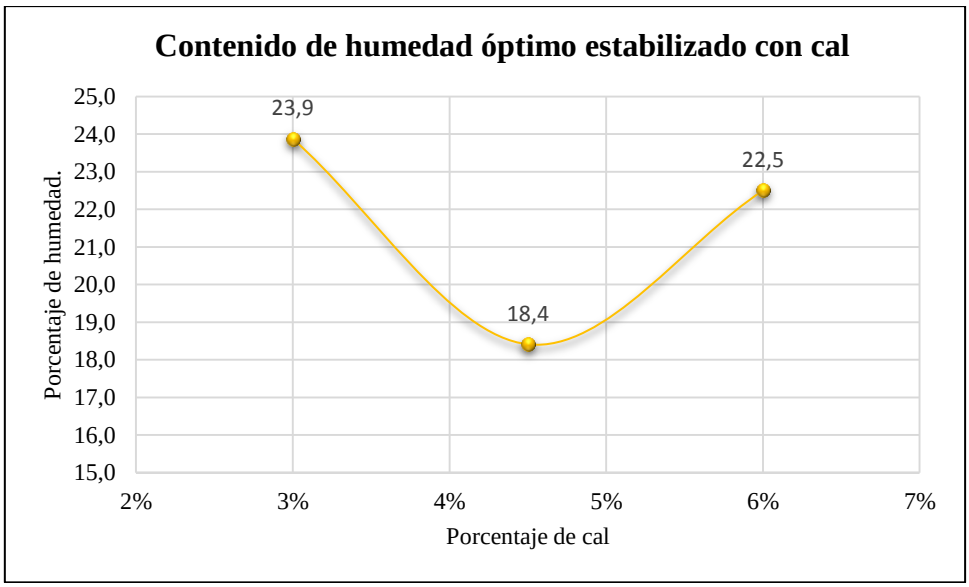


Ilustración 19: Gráfica de los valores de contenido de humedad óptimo aplicando dosificaciones de Cal.
Fuente: Propio.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

3.3.5. California Bearing Ratio (C.B.R.) (ASTM D-1883, AASHTO T-193).

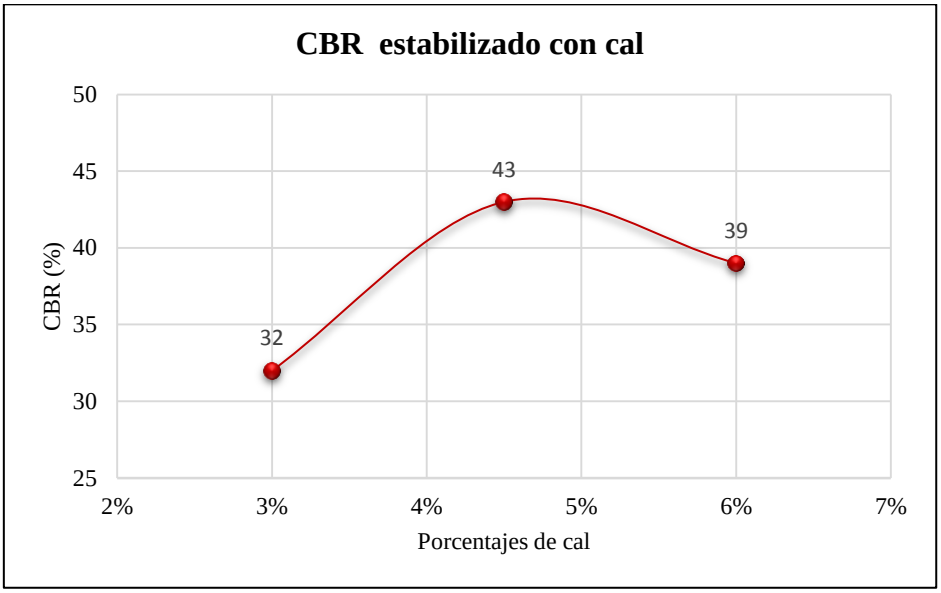


Ilustración 20: Resultados del ensayo CBR aplicando dosificaciones de Cal.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

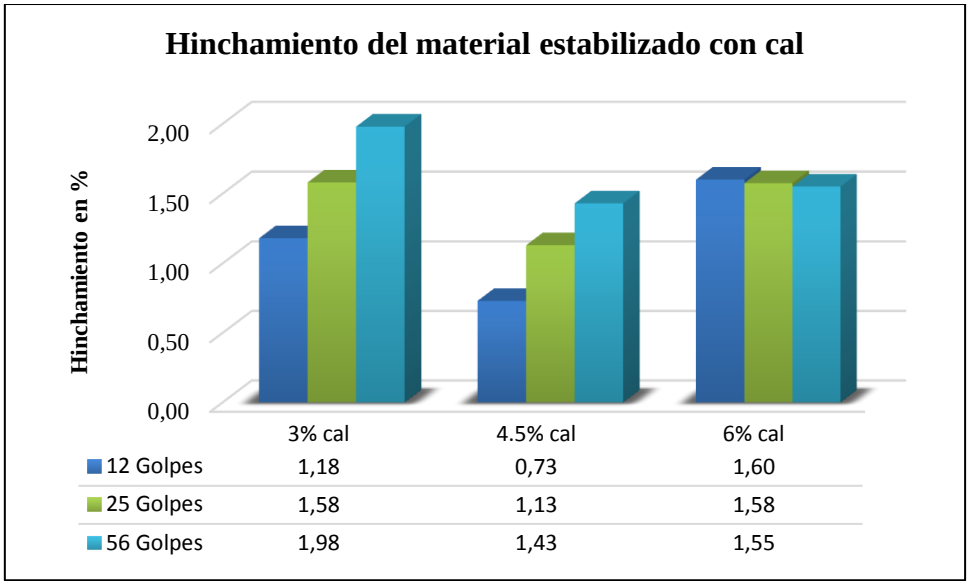


Ilustración 21: Resultados de hinchamiento aplicando dosificaciones de Cal.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

3.3.6. Porcentaje Óptimo alcanzado con 4,5% de Cal.

Los resultados obtenidos con mezclas de cal muestran que utilizando 4.5% de cal se obtiene un CBR de 43%, el cual se tomará como valor óptimo obtenido de las mezclas con cal para el diseño de pavimentos. A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos para 4.5% de cal.

4,5% de Cal					
LL	**LP**	**IP**	**Proctor Kg/m³**	**Humedad óptima (%)**	**CBR (%)**
40,52	33,01	7,51	1586	18,4	43

Tabla 8: Resultado considerado óptimo, utilizando 4,5% de Cal.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

CAPITULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados del Suelo en Estado Natural.

4.1.1. Granulometría (ASTM D-854; AASHTO T 93-86).

Tanto como Permazyme y con Cal La granulometría es la misma puesto que los agentes estabilizadores empleados, no inciden en lo absoluto en la granulometría inicial del material.

4.1.2. Límites de Atterberg (ASTM D 4318; AASHTO T 89-90 Y T 90-87).

Los Límites de Atterberg, los resultados obtenidos demuestran que:

- Para Permazyme 11x, en ensayos de laboratorio no influye de manera directa e instantánea, tanto en la dosis recomendada como en sus variables de dosificación, esto en comparación con el terreno natural. Sus límites de Atterberg son los mismos.

- Para Cal, los resultados obtenidos en comparación con los resultados en terreno natural demuestran que, la cal actúa de manera directa, reduciendo satisfactoriamente su límite líquido y su plasticidad.

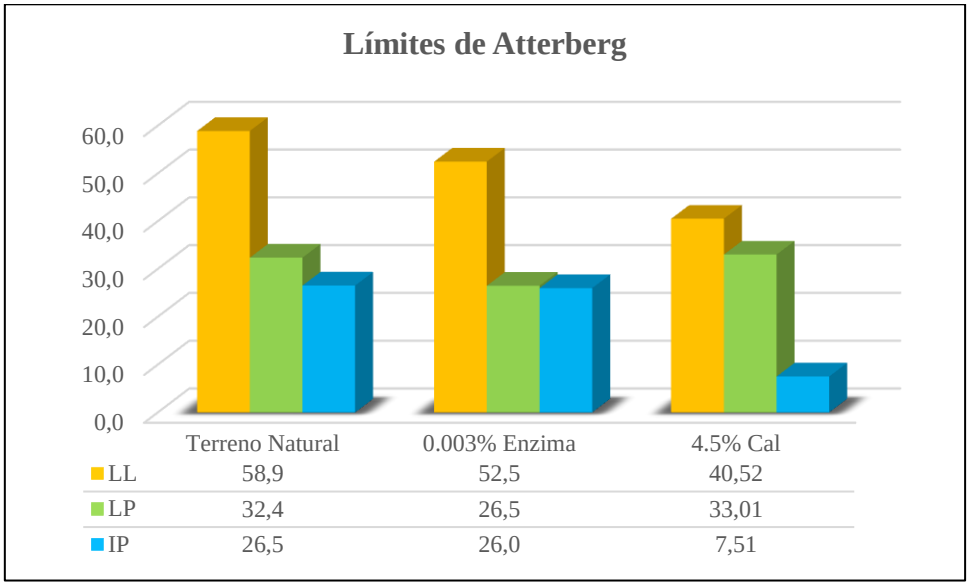


Ilustración 22: Comparación de Resultados de Límites de Atterberg.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

4.1.3. Clasificación del Material.

Luego de haber realizado la granulometría y Límites de Atterberg para los agentes estabilizadores empleados, procedemos a clasificar el material según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. (S.U.C.S.) y clasificación AASHTO.

	Variantes	Tipo	Descripción
SUCS	Terreno Natural	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
	0,003% Permazyme 11x	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos.
	4,5% Cal	OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
AASHTO	Terreno Natural	A-7-6	Suelos arcillosos.
	0,003% Permazyme 11x	A-7-5	Suelos arcillosos.
	4,5% Cal	A-4	Suelos limosos.

Tabla 9: Clasificación del suelo mediante sistema AASHTO y SUCS.
Fuente: Manual de Laboratorio de suelos en Ingeniería Civil, J. Bowles (1981).
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

4.1.4. Proctor Modificado Tipo C. (ASTM D-1883, AASHTO T-193).

Los resultados obtenidos de Proctor tanto con enzimas Permazyme 11x como con cal, presentan un aumento de densidad seca máxima, la misma que está ligada directamente al cálculo de C.B.R. y favorece la estabilización.

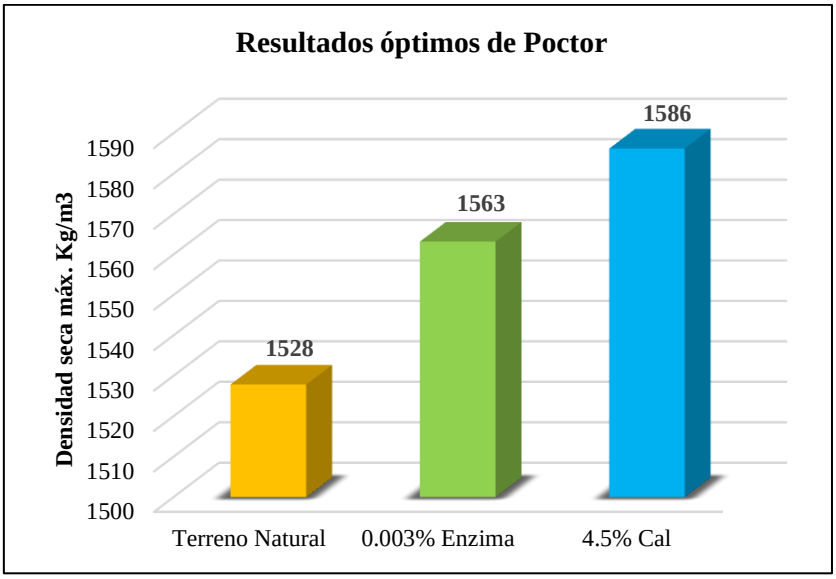


Ilustración 23: Comparación de Resultados de Ensayo Proctor
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

4.1.5. California Bearing Ratio (C.B.R.) (ASTM D-1883, AASHTO T-193).

Los resultados óptimos de CBR tanto con enzimas Permazyme 11x como con cal, presentan un aumento de Resistencia al corte, aunque con enzimas apenas logro aumentar un punto de 3 a 4% en relación con el C.B.R. en Terreno Natural, la Cal mejora considerablemente el CBR de 3 a 43%, así mismo como se aprecia en la ilustración 25, los hinchamientos que se obtuvieron, y respecto a la normativa vigente dentro de nuestro país

MTOP 2003, para el uso de materiales como capas de una estructura de pavimento no debe exceder el 2%; la cal cumplió con esta normativa, mientras que el efecto de la enzima redujo algo su hinchamiento pero con un 6% como mínimo está lejos de estar dentro de la normativa vigente.

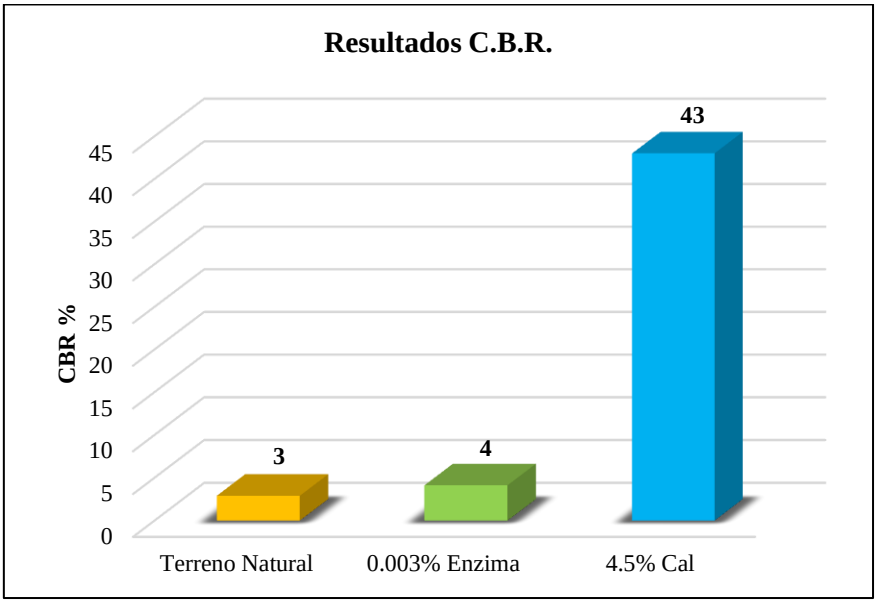


Ilustración 24: Comparación de Resultados óptimos de CBR.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

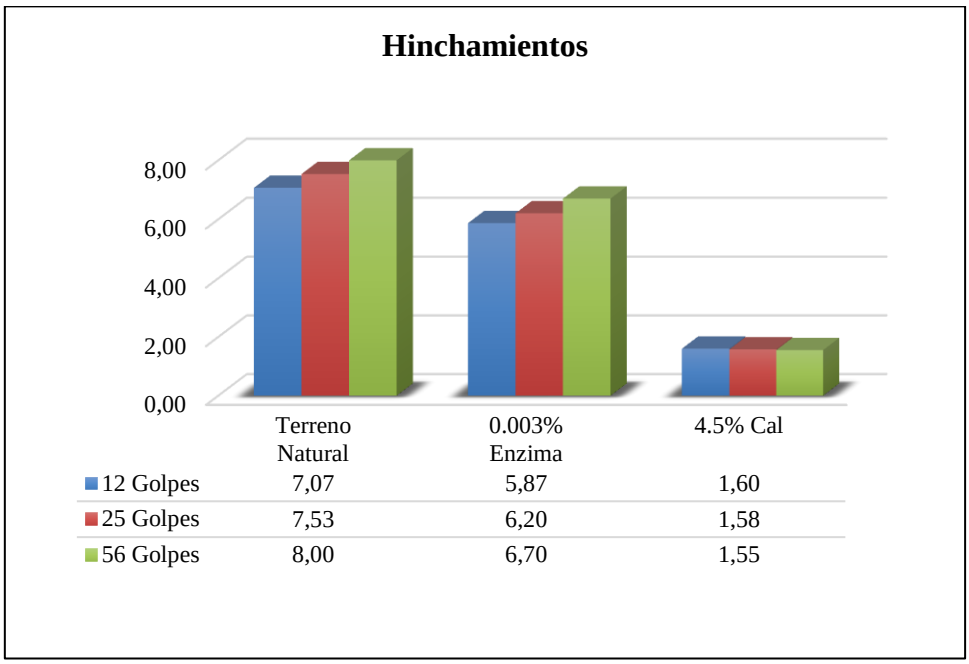


Ilustración 25: Comparación de resultados de Hinchamientos óptimos.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

CAPITULO V

DISEÑO DE PAVIMENTO

5.1. Ejemplo de Diseño de Pavimento Flexible.

En este capítulo se procederá a calcular los espesores del pavimento flexible aplicando Los valores óptimos dichos en el capítulo anterior de las distintas estabilizaciones realizadas al suelo a nivel de subrasante, así como también compararemos los espesores con la subrasante sin tratar, con el objetivo de poder tomar una alternativa más beneficiosa en cuanto a costo, beneficio y estabilidad. Como opciones de diseño tenemos las siguientes:

- Diseño de espesores de pavimento con capa de subrasante sin tratar.
- Diseño de espesores de pavimento con capa de subrasante estabilizada con enzima.
- Diseño de espesores de pavimento con capa de subrasante estabilizada con cal.

Los diseños se los trabajará mediante el diseño de pavimento flexible por la AASHTO-93. Haciendo un ejemplo con las mismas condiciones de flujo vehicular, tiempo y clima. El cálculo de los espesores de pavimento se asumirán los valores de Esal's, desviación estándar, Confiabilidad y pérdida de serviciabilidad, teniendo los siguientes datos en la tabla:

- Los Esal's asumidos serán 500000 ejes equivalentes.
- Desviación estándar de 0,45
- Confiabilidad de 95%
- Po de 4,2
- Pt de 20

5.2. Coeficientes de drenaje (m)

En la AASHTO-93, se pueden encontrar valores de coeficiente de drenaje para cada una de las capas del paquete estructural del pavimento, dependiendo de la calidad de drenaje, el cual tomaremos como calidad buena y el tiempo el cual la estructura de pavimento se expondría a niveles de humedad cerca a la saturación, para nuestro cálculo se asumirá más del 25%. A continuación, se presentará el cuadro para poder encontrar el coeficiente de drenaje (m).

Calidad del Drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercana a la saturación			
	< 1 %	**1 - 5 %**	**5 - 25 %**	**> 25 %**
Excelente	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Buena	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 -1,00	1,00
Regular	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Pobre	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 -0,60	0,60
Deficiente	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

Tabla 10: Coeficientes de drenaje
Fuente: AASHTO 93
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar

5.3. Valores de C.B.R.

Para poder realizar los cálculos de los espesores de la estructura de pavimento, se tomará como C.B.R. el 80% para base, para sub-base un C.B.R. de 30 %, para mejoramiento un C.B.R. de 20%, según las especificaciones del MTOP que se presentaran en el siguiente cuadro:

Especificaciones requeridas por el MTOP				
Capa	**Ensayos**			
	D.L.A	**LL**	**IP**	**CBR**
Base	< 40%	< 25%	< 6%	≥ 80 %
Sub-base	< 50%	< 25%	< 6%	≥ 30 %
Mejoramiento	-	<35%	< 9%	> 20%

Tabla 11: Especificación técnica requerida para estructuras de pavimentos
Fuente: MTOP, 2013
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar

El valor obtenido de C.B.R. de la subrasante en estado natural se obtuvo un valor de 2,9%, lo cual es un valor muy bajo, por consiguiente, se realizó el cálculo con una capa de mejoramiento.

5.4. Determinar el Módulo de Resiliencia

Una vez ya obtenido los valores de CBR que se han descrito para cada una de las capas, procederemos a calcular el módulo resiliente, mediante el método AASHTO-93, para determinar el valor del módulo resiliente de la subrasante se presentan las siguientes ecuaciones:

$Mr = 1500\ (CBR)$, CBR < 7,2% (1)

$Mr = 3000(CBR)^{0,65}$, CBR < 20% (2)

$Mr = 4326 \ln(CBR) + 241$ CBR $> 20\%$ (3)

Debido a que tenemos un CBR para subrasante igual a 2,90 %, tomaremos la primera ecuación :

$Mr = 1500\ (CBR)$, CBR < 7,2%

$Mr = 1500\ (2{,}90)$

$Mr = 4350\ psi$

Procederemos a determinar el módulo resiliente y el coeficiente estructural (a_2) de la base, mediante el ábaco, presentado a continuación:

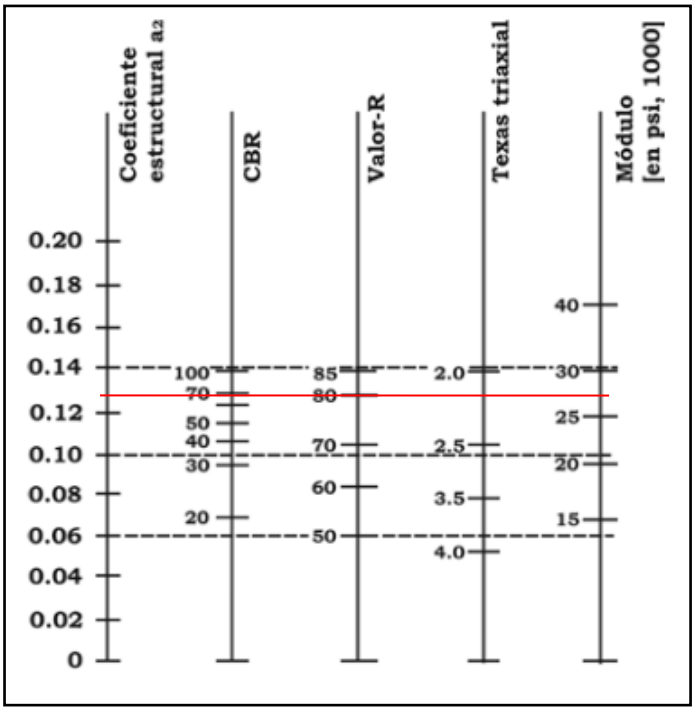


Ilustración 26: Ábaco para estimar el número estructural de la capa base "a_2 "
Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar

Como se observar en la ilustración 26, para el valor de CBR de 80%, se tiene un módulo resiliente igual a 28000 psi, y un coeficiente estructural de 0,13 plg^{-1}.

Continuaremos hallando el el módulo resiliente y el coeficiente estructural (a_3) de la sub-base, mediante el ábaco, esta misma ilustración nos permitirá hallar el coeficiente estructural (a_4) y el módulo resiliente de la capa de mejoramiento, presentado a continuación:

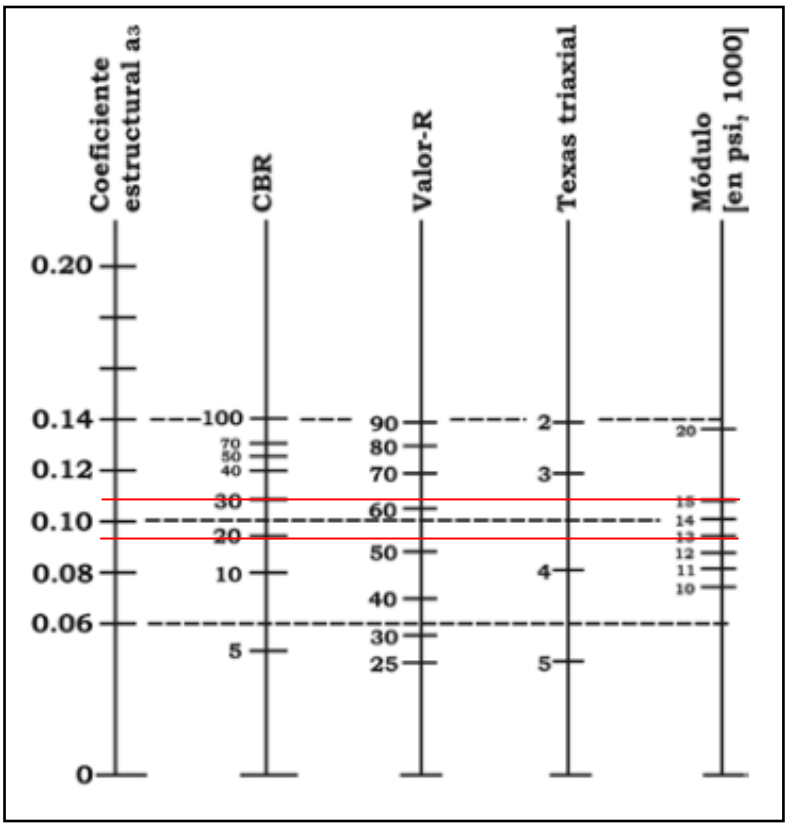


Ilustración 27: Ábaco para estimar el número estructural de la capa sub-base "a_3 "
Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar

Según la ilustración 27 se puede apreciar que para el valor de CBR de 30% correspondiente a una sub-base, tiene un módulo resiliente igual a 14200 psi, y un coeficiente estructural de 0,11 plg^{-1}; también se puede identificar en el mismo ábaco que para el valor de CBR de 20% correspondiente a un mejoramiento, tiene un módulo resiliente igual a 11000 psi, y un coeficiente estructural de 0,09 plg^{-1}.

5.5. Diseño de Pavimento en Estado Natural

5.5.1. Número Estructural.

Se calcula el espesor de la capa de rodadura, con los valores de pérdida de serviciabilidad de 2,0, desviación estándar de 0,45, confiabilidad 95%, Esal's de 500000 ejes equivalentes y módulo resiliente de 4350 psi, ingresamos los valores en el programa " Cálculo de las ecuaciones AASHTO 93. Vásquez 2004" para así establecer el número estructural para el diseño, el cual se obtiene un valor de 3,82, el cual podemos observar en la ilustración 28.

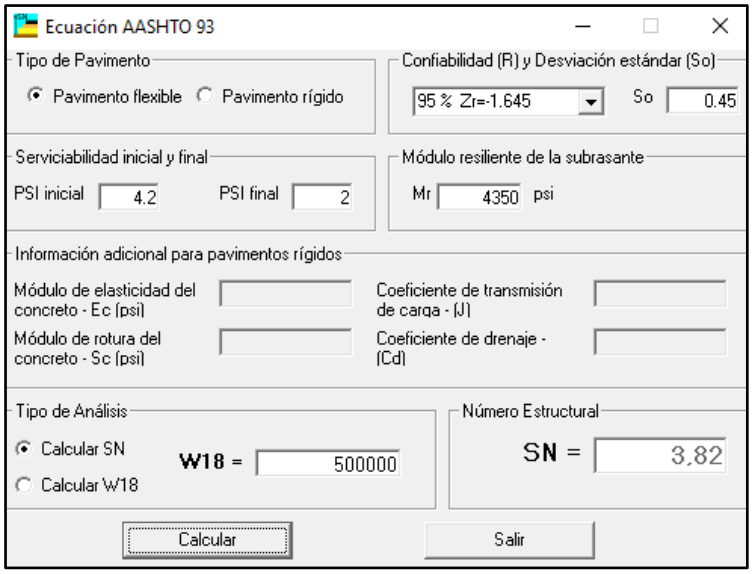


Ilustración 28: Cálculo del número estructural SN del paquete structural.
Fuente: AASHTO 93, Vásquez 2004.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

En el programa solo se cambia el valor del módulo resiliente de 11000 psi, una vez ingresado en el programa, se establece el número estructural para el cálculo del espesor del mejoramiento, el cual se obtiene un valor de 2,77; el cual podemos observar en la ilustración 29.

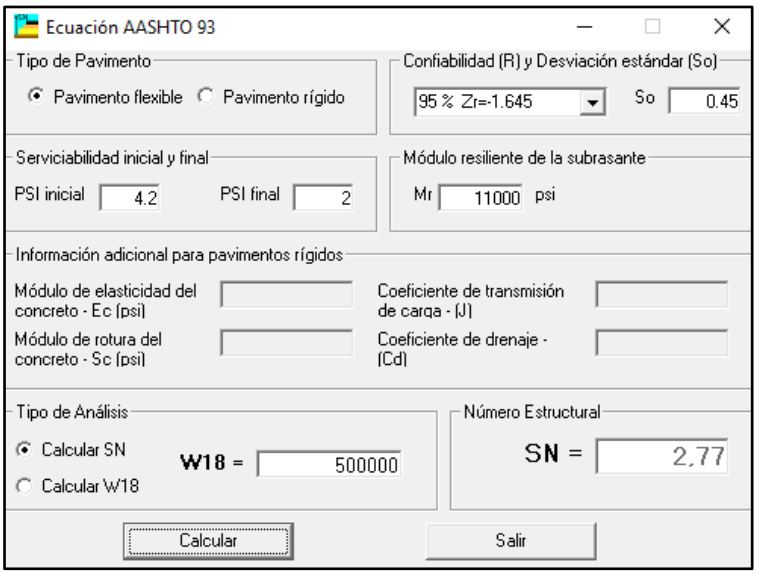


Ilustración 29: Cálculo del número estructural de la capa de mejoramiento.
Fuente: AASHTO 93, Vásquez 2004
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

Para el cálculo del número estructural de la sub-base, el valor del módulo resiliente es 14200 psi, ingresando los valores en el programa, se obtuvo un valor de 2,53, el cual se puede observar en la ilustración 30.

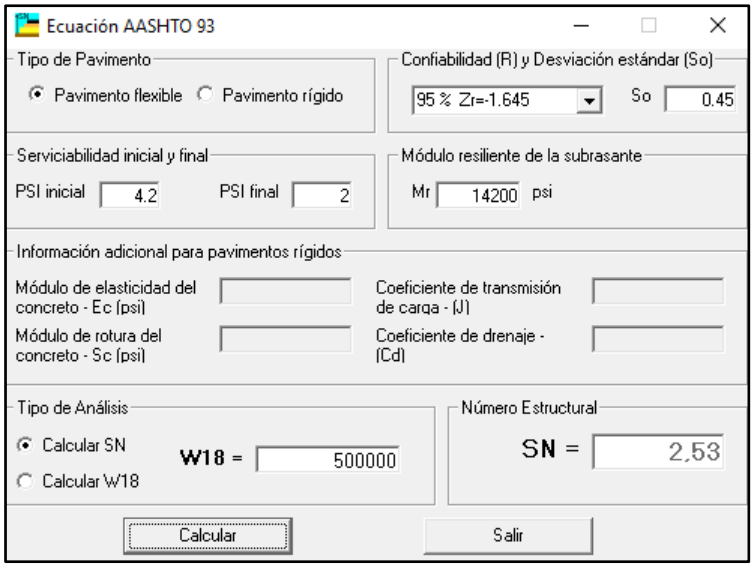


Ilustración 30: Cálculo del número estructural de la capa de la sub - base.
Fuente: AASHTO 93, Vásquez 2004
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

Por último, se realiza el mismo proceso para determinar el valor para la base, el cual tiene un módulo resiliente es 28000 psi, ingresando los valores en el programa, se obtuvo un valor de 1,97; el cual podemos observar en la ilustración 31.

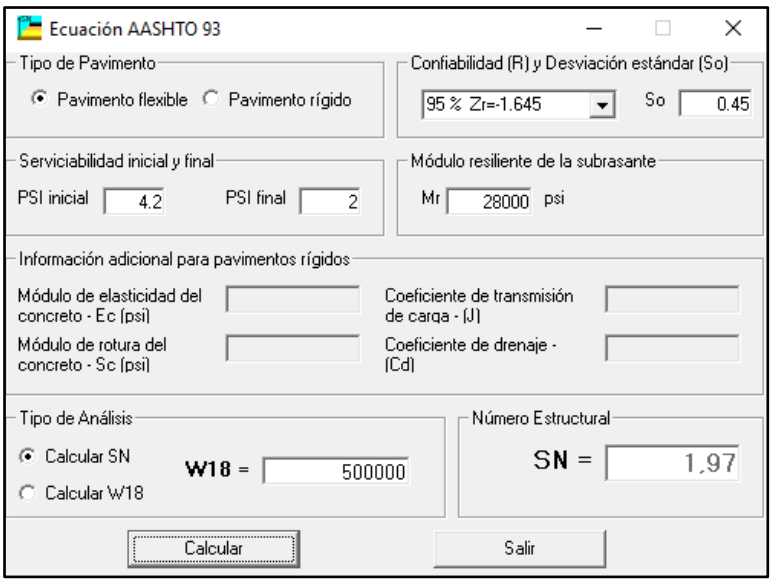


Ilustración 31: Cálculo del número estructural de la capa de la base.
Fuente: AASHTO 93, Vásquez 2004
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

5.5.2. Espesores del Pavimento

Mediante ecuación general del método AASHTO, se pueden determinar los valores de los espesores del paquete estructural:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 + \cdots \ldots a_iD_im_i$$

Donde:

a_i = coeficientes de espesores.

D_i = espesores de capa.

m_i = coeficientes de drenaje.

5.5.2.1. Carpeta asfáltica.

Primero se calcula el valor de la capa de rodadura o carpeta asfáltica,

$$\boldsymbol{D_1} = \frac{SN_{base}}{a_1}$$

$$\boldsymbol{D_1} = \frac{1{,}97}{0{,}42}$$

$$\boldsymbol{D_1} = 4{,}69\ plg = 11{,}91\ cm$$

Se procede a verificar y corregir el valor del espesor, puesto que no se puede implementar el valor de 11,91 cm en campo, se tomará el valor de 12 cm convertidos tenemos 4,72 pulgadas:

$$a_1 {D_1}^* \geq SN_{base}$$

$$0{,}42 \times 4{,}72 \geq 1{,}97$$

$$1{,}98 \geq 1{,}97, si\ cumple$$

5.5.2.2. Base.

Se determina el espesor de la capa base, mediante la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{D_2} = \frac{SN_{sub-base} - a_1 {D_1}^*}{a_2 m_2}$$

$$\boldsymbol{D_2} = \frac{2{,}53 - 1{,}98}{0{,}13 \times 1{,}00}$$

$$\boldsymbol{D_2} = 4{,}20\ plg = 10{,}66\ cm$$

Se corrige el valor del espesor de la capa, a 11 cm convertidos tenemos 4,33 pulgadas, verificando mediante la expresión:

$$(a_2 {D_2}^* m_2) + (a_1 {D_1}^*) \geq SN_{sub-base}$$
$$(0{,}13 \times 4{,}33 \times 1{,}00) + (0{,}42 \times 4{,}72) \geq 2{,}53$$
$$2{,}54 \geq 2{,}53, si\ cumple$$

5.5.2.3. Sub-Base.

Para poder obtener el espesor de la sub – base, se utiliza la siguiente expresión obtenida por el AASHTO 93:

$$\boldsymbol{D_3} = \frac{SN_{mejoramiento} - (a_2 {D_2}^* m_2 + a_1 {D_1}^*)}{a_3 m_3}$$
$$\boldsymbol{D_3} = \frac{2{,}77 - (0{,}56 + 1{,}98)}{0{,}11 \times 1{,}00}$$
$$\boldsymbol{D_3} = 2{,}03\ plg = 5{,}14\ cm$$

El espesor mínimo de una capa de sub-base es de 10 cm, el cual transformando el valor se tiene una capa de 3.94 pulgadas, verificando mediante la expresión:

$$(a_3 {D_3}^* m_3) + (a_2 {D_2}^* m_2) + (a_1 {D_1}^*) \geq SN_{mejoramiento}$$
$$(0{,}11 \times 3{,}94 \times 1{,}00) + (0{,}13 \times 4{,}33 \times 1{,}00) + (0{,}42 \times 4{,}72) \geq 2{,}53$$
$$2{,}97 \geq 2{,}77, si\ cumple$$

5.5.2.4. Mejoramiento.

Por último, se halla el espesor de la capa de mejoramiento, utilizando la siguiente expresión adquirida por el AASHTO 93:

$$\boldsymbol{D_4} = \frac{SN_{subrasante} - (a_3 {D_3}^* m_3 + a_2 {D_2}^* m_2 + a_1 {D_1}^*)}{a_4 m_4}$$

$$\boldsymbol{D_4} = \frac{3{,}82 - (0{,}89 + 0{,}56 + 1{,}98)}{0{,}09 \times 1{,}00}$$

$$\boldsymbol{D_4} = 9{,}33\ plg = 23{,}70cm$$

Se corrige el valor del espesor de la capa de mejoramiento, a 25 cm transformados se obtienen 9,84 pulgadas, verificando mediante la expresión:

$$(a_4 {D_4}^* m_4) + (a_3 {D_3}^* m_3) + (a_2 {D_2}^* m_2) + (a_1 {D_1}^*) \geq SN_{mejoramiento}$$

$$(0{,}09 \times 9{,}84 \times 1{,}0) + (0{,}11 \times 3{,}94 \times 1{,}0) + (0{,}13 \times 4{,}33 \times 1{,}0) + (0{,}42 \times 4{,}72) \geq 3{,}82$$

$$3{,}87 \geq 3{,}82, si\ cumple$$

Para mejor apreciación de los resultados obtenidos se procede a realizar un cuadro de resumen:

Capa diseñada					
Material	**Espesores mínimos**		**A**	**M**	**SN**
	cm	Plg			
Capa rodadura	12	4,72	0,42		1,98
Base	11	4,33	0,13	1	0,56
Sub-base	10	3,94	0,11	1	0,43
Mejoramiento	25	9,84	0,09	1	0,89
					3,87

Tabla 12 : Resumen de resultados de espesores de capas sin estabilizar subrasante**.**
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar**.**

Los espesores ilustrados en la tabla 12, se puede observar que para la capa de rodadura para un Esal's de 500000 ejes equivalentes es muy alto generando costos exagerados en la construcción de la estructura del pavimento, por tanto, se procederá a corregir los espesores de pavimento quedando el siguiente diseño:

Capa Rediseñada					
Material	**Espesores mínimos**		**a**	**m**	**SN**
	cm	plg			
Capa rodadura	10	3,94	0,42		1,65
Base	20	5,91	0,13	1	1,02
Sub-base	20	7,87	0,11	1	0,87
Mejoramiento	20	7,87	0,09	1	0,71
					4,25

Tabla 13 : Espesores de capas rediseñadas sin estabilizar subrasante.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

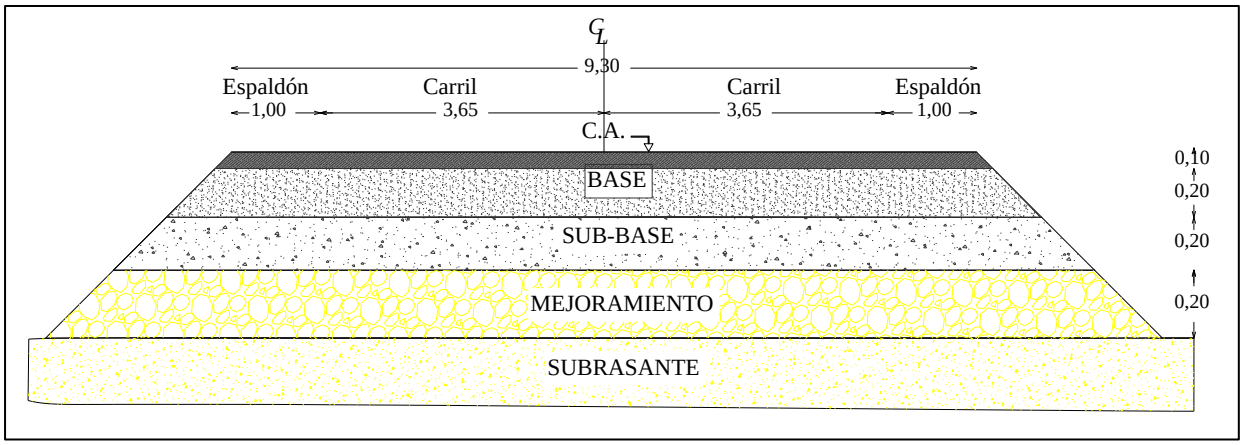


Ilustración 32: ejemplarización de los espesores de capas sin estabilizar subrasante.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

5.6. Diseño de Pavimento con Enzimas Orgánicas Permazyme 11x.

5.6.1. Número Estructural.

Con el valor de Mr = 6180 psi, ingresando valores en el programa " Cálculo de las ecuaciones AASHTO 93. Vásquez 2004" para así establecer el número estructural para el diseño, el cual se obtuvo el valor de 3,39, el cual podemos observar en la ilustración 33.

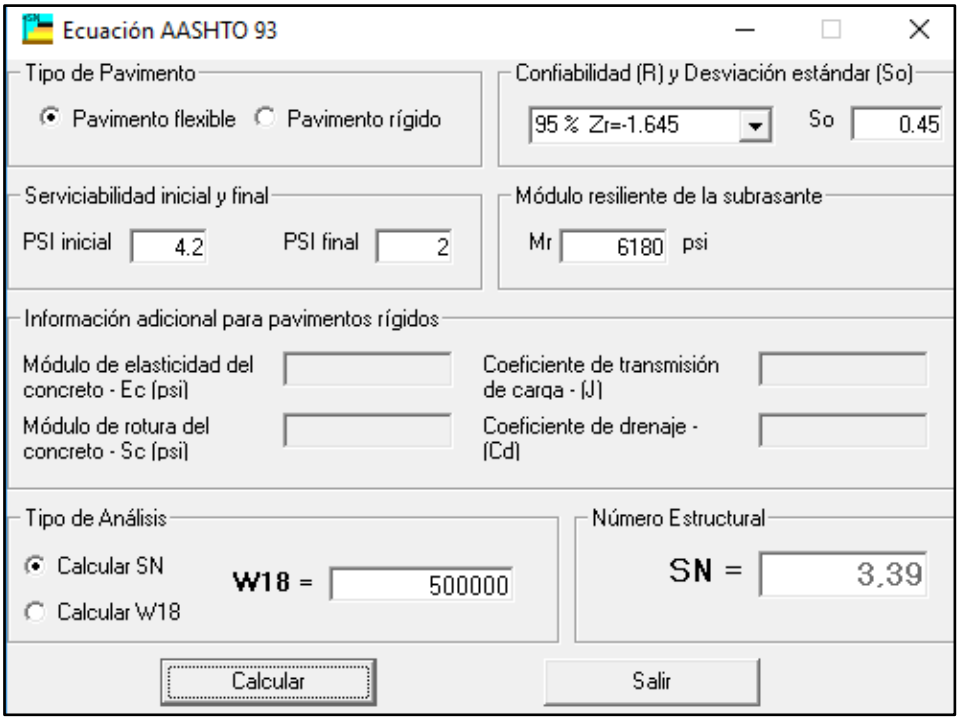


Ilustración 33: Cálculo del número estructural con la subrasante estabilizada con enzimas..
Fuente: AASHTO 93, Vásquez 2004.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

El número estructural de las capas de base, sub-base y mejoramiento se mantienen ya que no se produce ningún cambio en su Mr.

5.6.2. Espesores del pavimento

5.6.2.1. Carpeta asfáltica.

El espesor correspondiente a la carpeta asfáltica es de 4,72 pulgadas con un SN de 1,98, las cuales ya fueron establecidas en el cap. 5.5.2.1.

5.6.2.2. Base.

Se mantiene el espesor de la base obtenida en el cap. 5.5.2.2, con el valor de 4,33 pulgadas con un SN de 0,56.

5.6.2.3. Sub-Base.

La sub-base también conserva el espesor de 3,94 pulgadas y un SN de 0,43, logradas en el cap. 5.5.2.3.

$$\boldsymbol{D_4} = \frac{SN_{subrasante} - (a_2 {D_2}^* m_2 + a_1 {D_1}^*)}{a_4 m_4}$$

$$\boldsymbol{D_4} = \frac{3{,}39 - (0{,}56 + 1{,}98)}{0{,}09 \times 1{,}00}$$

$$\boldsymbol{D_4} = 7{,}66\ plg = 19{,}46\ cm$$

Se corrige el valor del espesor de la capa de Sub-base, a 20 cm este valor transformado a 7,87 pulgadas se verifica mediante la expresión:

$$+(a_3 {D_3}^* m_3) + (a_2 {D_2}^* m_2) + (a_1 {D_1}^*) \geq SN_{mejoramiento}$$

$$+(0{,}11 \times 3{,}94 \times 1{,}0) + (0{,}13 \times 4{,}33 \times 1{,}0) + (0{,}42 \times 4{,}72) \geq 3{,}39$$

$$3{,}41 \geq 3{,}39, si\ cumple$$

5.6.2.4. Mejoramiento.

La capa de mejoramiento, utilizando la siguiente expresión adquirida por el AASHTO 93, nos permitirá calcular el espesor de la misma:

$$\boldsymbol{D_4} = \frac{SN_{subrasante} - (a_3 {D_3}^* m_3 + a_2 {D_2}^* m_2 + a_1 {D_1}^*)}{a_4 m_4}$$

$$\boldsymbol{D_4} = \frac{3{,}39 - (0{,}89 + 0{,}56 + 1{,}98)}{0{,}09 \times 1{,}00}$$

$$\boldsymbol{D_4} = 4{,}55\ plg = 11{,}56\ cm$$

Se corrige el valor del espesor de la capa de mejoramiento, a 15 cm este valor transformado a 9.84 pulgadas se verifica mediante la expresión:

$$(a_4 {D_4}^* m_4) + (a_3 {D_3}^* m_3) + (a_2 {D_2}^* m_2) + (a_1 {D_1}^*) \geq SN_{mejoramiento}$$

$$(0{,}09 \times 5{,}91 \times 1{,}0) + (0{,}11 \times 3{,}94 \times 1{,}0) + (0{,}13 \times 4{,}33 \times 1{,}0) + (0{,}42 \times 4{,}72) \geq 3{,}39$$

$$3{,}51 \geq 3{,}39, si\ cumple$$

En la presente tabla se puede observar la reducción de la capa de mejoramiento, cuando se estabiliza el suelo con enzimas:

Espesores min					
Material	**capa diseñada**		**a**	**d**	**SN**
	cm	**plg**			
Capa rodadura	12	4,72	0,42	1	1,98
Base	11	4,33	0,13	1	0,56
Sub-base	10	3,94	0,11	1	0,43
Mejoramiento	15	5,91	0,09	1	0,53
					3,51

Tabla 14 : Resumen de resultados de espesores de capa para subrasante estabilizada con enzimas.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar

Se rediseñan los espesores:

Espesores min					
Material	**Capa Rediseñada**		**A**	**D**	**SN**
	cm	**plg**			
Capa rodadura	10	3,94	0,42	1	1,24
Base	15	5,91	0,13	1	0,77
Sub-base	15	5,91	0,11	1	0,65
Mejoramiento	15	5,91	0,09	1	0,89
					3,54

Tabla 15 : Espesores de capa rediseñadas para subrasante estabilizada con enzimas.
Fuente: Propia.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar

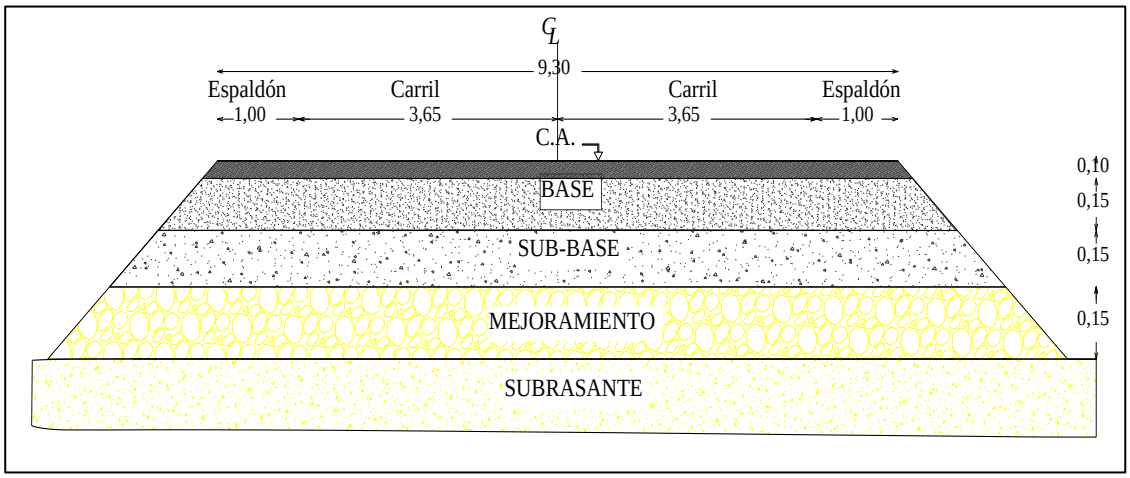


Ilustración 34: ejemplarización de los espesores de capas para subrasante estabilizada con enzimas
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

5.7. Diseño de Pavimento con Cal

5.7.1. Número Estructural.

Cuando se estabilizó la subrasante con cal, se pudo observar el incremento satisfactorio de un CBR de 43%, por tanto, solo calcularíamos el diseño para la capa de rodadura y la base, con el valor hallado de 43% se obtiene un Mr = 17500 psi, ingresando valores en el programa "Cálculo de las ecuaciones AASHTO 93. Vásquez 2004" para así establecer el número estructural para el diseño, el cual se obtuvo el valor de 2,34, el cual podemos observar en la ilustración 35.

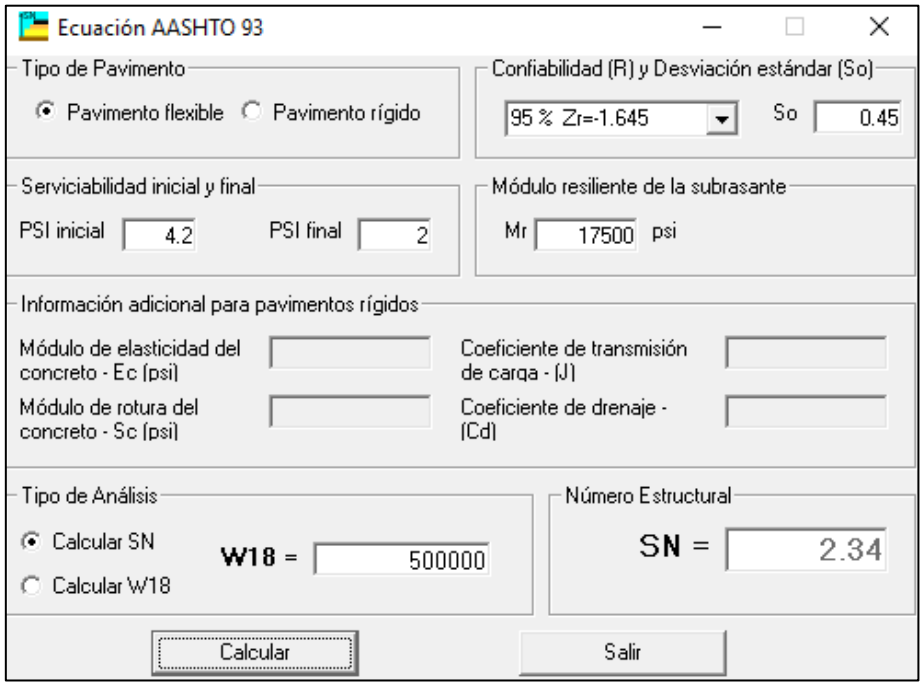


Ilustración 35: Cálculo del número estructural con la subrasante estabilizada con cal.
Fuente: AASHTO 93, Vásquez 2004.
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

El número estructural de las capas de base, sub-base y mejoramiento se mantienen ya que no se produce ningún cambio en su Mr.

5.7.2. Espesores del Pavimento

5.7.2.1. Carpeta asfáltica.

El espesor correspondiente a la carpeta asfáltica es de 4,72 pulgadas con un SN de 1,98, las cuales ya fueron establecidas en el cap. 5.5.2.1.

$$\boldsymbol{D_1} = \frac{SN_{base}}{a_1}$$

$$\boldsymbol{D_1} = \frac{1{,}97}{0{,}42}$$

$$\boldsymbol{D_1} = 4{,}69\ plg = 4{,}92\ cm$$

Se corrige valor del espesor de la carpeta asfáltica 12,5 cm convertidos a pulgadas tenemos el valor 4,92:

$$a_1 {D_1}^* \geq SN_{base}$$

$$0{,}42 \times 4{,}92 \geq 1{,}97$$

$$2{,}07 \geq 1{,}97, si\ cumple$$

5.7.2.2. Base.

Se determina el espesor de la capa base, mediante la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{D_2} = \frac{SN_{subrasante} - a_1 {D_1}^*}{a_2 m_2}$$

$$\boldsymbol{D_2} = \frac{2{,}37 - 2{,}07}{0{,}13 \times 1{,}00}$$

$$\boldsymbol{D_2} = 2{,}30\ plg = 5{,}86\ cm$$

Se corrige el valor del espesor de la capa de base, ya que el espesor mínimo para una base granular es de 15 cm convertidos tenemos 5,91 pulgadas, verificando mediante la expresión:

$$(a_2 D_2{}^{*} m_2) + (a_1 D_1{}^{*}) \geq SN_{subrasante}$$

$$(0{,}13 \times 5{,}91 \times 1{,}00) + (0{,}42 \times 4{,}92) \geq 2{,}53$$

$$2{,}83 \geq 2{,}34, si\ cumple$$

En la presente tabla se puede observar la reducción de la capa de mejoramiento, cuando se estabiliza el suelo con cal:

Espesores min					
Material	**Capa diseñada**		**a**	**d**	**SN**
	cm	**plg**			
Capa rodadura	12,5	4,92	0,42		2,07
base	15	5,91	0,13	1	0,77
					2,83

Tabla 16 : Resumen de resultados de espesores de capa para subrasante estabilizada con 4,5% cal**.**
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar

Se rediseña los valores de espesores:

Capa Rediseñada					
Material	**Espesores mínimos**		**a**	**m**	**SN**
	cm	plg			
Capa rodadura	10	3,94	0,42		1,65
Base	20	7,87	0,13	1	1,02
					2,68

Tabla 17 : Espesores de capa rediseñadas para subrasante estabilizada con 4,5% cal**.**
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

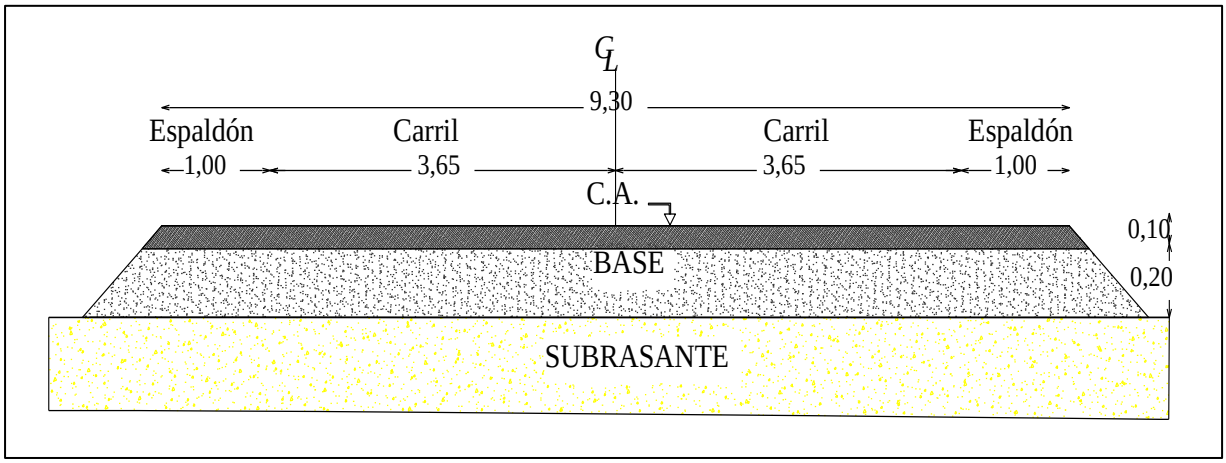


Ilustración 36: ejemplarización de los espesores de capas para subrasante estabilizada con Cal
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

5.8. Resumen de Resultados

En la presente tabla se puede apreciar los espesores definitivos para las diferentes capas de la estructura de pavimento, donde se observa que para la estabilización de subrasante con 4.5% de Cal no es necesario aplicar capa de mejoramiento ni de Sub-base.

	TERRENO NATURAL		0.003 % PERMAZYME 11X		4.5% CAL	
	cm	**plg**	**cm**	**plg**	**cm**	**plg**
Capa Rodadura	10	3,94	10	3,94	10	3,94
BASE	20	7,87	15	5,91	20	7,87
SUB-BASE	20	7,87	15	5,91	-	-
MEJORAMIENTO	20	7,87	15	5,91	-	-

Tabla 18: Resumen de resultados de espesores para los diferentes tipos de estabilización.
Fuente: Propia

Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

5.9. Parámetros para considerar en el Presupuesto

5.9.1. Características del diseño.

Para analizar los costos de este diseño de pavimento, se presupuestó una vía de dos carriles de 3.65 m cada carril, para una longitud de 500 m, y espaldones de 1,0 m a cada costado de la vía, cabe recalcar que los rubros serán los mismos tanto para estabilización con Permazyme 11x y estabilización con 4.5% cal. Tan solo variando los espesores de las capas del pavimento.

5.9.2. Costos Directos.

Se definen como los gastos que están ligados directamente a la obra, como lo son:

- Materiales.
- Maquinaria y Equipos.
- Mano de Obra.

Cada uno de los mencionados anteriormente juega un papel importante en la ejecución de una obra, dígase esto a condiciones climáticas, mantenimiento de equipos etc., sus costos pueden variar y afectar el presupuesto.

5.9.3. Costos Indirectos.

Se definen como los gastos no incluidos en los costos directos, gastos como:

- Imprevistos
- Administración de la obra y oficina.
- Utilidades.
- Garantías.

Los Costos Indirectos se expresan como un porcentaje de los Costos Directos, por lo que para nuestro diseño estimaremos un Costo Indirecto del 25%. Y para finalizar el Costo Total de la obra es la sumatoria entre los Costos Directos y los Costos Indirectos.

$$\boxed{\boldsymbol{CT = CD + CI}}$$

Donde:

$CT = Costo\ total$

$CD = Costo\ Directo$

$CI = Costo\ Indirecto$

5.10. Análisis de costos para el Diseño del Pavimento Sin Estabilizar Subrasante

5.10.1. Cantidades de Obra.

Para calcular las cantidades de obra, partiremos de los datos del proyecto.

Datos:

- Ancho de vía: 9,30 m
- Longitud: 500 m
- Profundidad de excavación: 0,70 m
- Distancia a la cantera: 10 km
- Espesor de capa de Mejoramiento: 0,20 m
- Espesor de capa de Sub-base clase 3: 0,20 m
- Espesor de capa de Base clase 1: 0,20 m

Cabe mencionar que para ninguno de los cálculos de presupuesto se consideró la capa de rodadura, puesto que como se busca ejemplarizar las variaciones de espesores de las capas, el diseño de pavimento se uniformizó el espesor de la capa de rodadura a 10 cm.

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
1	Excavación mecánica de suelo sin clasificar	m^3	3,255.00
2	Desalojo del material a máquina (D=10 KM)	m^3	3,255.00
3	Conformación y compactación de la Subrasante	m^2	4,650.00
4	Relleno con Material de Mejoramiento. e=20 cm	m^3	930.00
5	Transporte de material de Mejoramiento	m^3 - km	9,300.00
6	Sub-Base clase 3. e=20 cm	m^3	930.00
7	Transporte de subbase	m^3 - km	9,300.00
8	Base clase 1. e=20 cm	m^3	930.00
9	Transporte de Base	m^3 - km	9,300.00

Tabla 19: Cantidades de Obra para diseño de Pavimento, sin estabilizar subrasante.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

5.10.2. Análisis de Precios Unitarios para Estructura de Pavimento Sin Estabilizar Subrasante.

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 1 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Excavación mecánica de suelo sin clasificar **UNIDAD.:** m³

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Excavadora Cat 320	1.00	$ 50.00	$ 50.00	0.0246	$ 1.23
SUBTOTAL M					**$ 1.23**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Op. Equipos Grupo I	1.00	$ 3.82	$ 3.82	0.0246	$ 0.09
SUBTOTAL N					**$ 0.09**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
	0.00		$ 0.00	$ 0.00	
SUBTOTAL O				**$ 0.00**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
	0.00		$ 0.00	$ 0.00	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 1.32**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 0.33**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 1.65**	
	VALOR OFERTADO			**$ 1.65**	

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017
LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR
Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 2 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Desalojo del material a máquina (D=10 KM) **UNIDAD.:** m³

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Volqueta 14 m3	5.00	$ 35.00	$ 175.00	0.0147	$ 2.57
SUBTOTAL M					**$ 2.57**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Chofer E	5.00	$ 5.00	$ 25.00	0.0147	$ 0.37
SUBTOTAL N					**$ 0.37**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
	0.00		$ 0.00	$ 0.00	
SUBTOTAL O				**$ 0.00**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
	0.00		$ 0.00	$ 0.00	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 2.94**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 0.74**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 3.68**	
	VALOR OFERTADO			**$ 3.68**	

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 3 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Conformación y compactación de la Subrasante **UNIDAD.:** m²

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Motoniveladora Cat 120	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0034	$ 0.14
Rodillo Liso Vibratorio Cat CS54B	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0034	$ 0.14
Tanquero 2000 galones	1.00	$ 35.00	$ 35.00	0.0034	$ 0.12
SUBTOTAL M					**$ 0.40**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Op. Equipos Grupo I	1.00	$ 3.82	$ 3.82	0.0034	$ 0.01
Op. Equipos Grupo II	1.00	$ 3.64	$ 3.64	0.0034	$ 0.01
Chofer E	1.00	$ 5.00	$ 5.00	0.0034	$ 0.02
SUBTOTAL N					**$ 0.04**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL O					**$ 0.00**
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P					**$ 0.00**

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	**$ 0.44**
INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%	**$ 0.11**
OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%	**$ 0.00**
COSTO TOTAL DEL RUBRO	**$ 0.55**
VALOR OFERTADO	**$ 0.55**

.....

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 4 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Relleno con Material de Mejoramiento. e=20 cm **UNIDAD.:** m³

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Tractor Cat D6	1.00	$ 60.00	$ 60.00	0.0086	$ 0.52
Rodillo Liso Vibratorio Cat CS54B	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0086	$ 0.34
Tanquero 2000 galones	1.00	$ 35.00	$ 35.00	0.0086	$ 0.30
SUBTOTAL M					**$ 1.16**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Op. Equipos Grupo I	1.00	$ 3.82	$ 3.82	0.0086	$ 0.03
Op. Equipos Grupo II	1.00	$ 3.64	$ 3.64	0.0086	$ 0.03
Chofer E	1.00	$ 5.00	$ 5.00	0.0086	$ 0.04
SUBTOTAL N					**$ 0.10**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Material de Mejoramiento	m3	1.20	$ 3.50	$ 4.20	
Agua	m3	0.05	$ 0.50	$ 0.03	
SUBTOTAL O				**$ 4.23**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 5.49**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 1.37**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 6.86**	
	VALOR OFERTADO			**$ 6.86**	

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 5 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Transporte de material de Mejoramiento **UNIDAD.:** m³ - km

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Volqueta 14 m3	7.00	$ 35.00	$ 245.00	0.0009	$ 0.22
SUBTOTAL M					**$ 0.22**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Chofer E	7.00	$ 5.00	$ 35.00	0.0009	$ 0.03
SUBTOTAL N					**$ 0.03**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL O					**$ 0.00**
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P					**$ 0.00**

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	**$ 0.25**
INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%	**$ 0.06**
OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%	**$ 0.00**
COSTO TOTAL DEL RUBRO	**$ 0.31**
VALOR OFERTADO	**$ 0.31**

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 6 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Sub-Base clase 3. e=20 cm **UNIDAD.:** m³

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Motoniveladora Cat 120	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0086	$ 0.34
Rodillo Liso Vibratorio Cat CS54B	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0086	$ 0.34
Tanquero 2000 galones	1.00	$ 35.00	$ 35.00	0.0086	$ 0.30
SUBTOTAL M					**$ 0.98**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Op. Equipos Grupo I	1.00	$ 3.82	$ 3.82	0.0086	$ 0.03
Op. Equipos Grupo II	1.00	$ 3.64	$ 3.64	0.0086	$ 0.03
Chofer E	1.00	$ 5.00	$ 5.00	0.0086	$ 0.04
SUBTOTAL N					**$ 0.10**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Material de Subbase Clase 1	m3	1.20	$ 4.50	$ 5.40	
Agua	m3	0.05	$ 0.50	$ 0.03	
SUBTOTAL O				**$ 5.43**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 6.51**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 1.63**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 8.14**	
	VALOR OFERTADO			**$ 8.14**	

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 7 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Transporte de subbase **UNIDAD.:** m³ - km

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Volqueta 14 m3	7.00	$ 35.00	$ 245.00	0.0009	$ 0.22
SUBTOTAL M					**$ 0.22**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Chofer E	7.00	$ 5.00	$ 35.00	0.0009	$ 0.03
SUBTOTAL N					**$ 0.03**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL O					**$ 0.00**
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P					**$ 0.00**

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	**$ 0.25**
INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%	**$ 0.06**
OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%	**$ 0.00**
COSTO TOTAL DEL RUBRO	**$ 0.31**
VALOR OFERTADO	**$ 0.31**

.....

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 8 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Base clase 1. e=20 cm **UNIDAD.:** m³

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Motoniveladora Cat 120	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0086	$ 0.34
Rodillo Liso Vibratorio Cat CS54B	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0086	$ 0.34
Tanquero 2000 galones	1.00	$ 35.00	$ 35.00	0.0086	$ 0.30
SUBTOTAL M					**$ 0.98**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Op. Equipos Grupo I	1.00	$ 3.82	$ 3.82	0.0086	$ 0.03
Op. Equipos Grupo II	1.00	$ 3.64	$ 3.64	0.0086	$ 0.03
Chofer E	1.00	$ 5.00	$ 5.00	0.0086	$ 0.04
SUBTOTAL N					**$ 0.10**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Material de Base Clase 1	m3	1.20	$ 6.50	$ 7.80	
Agua	m3	0.05	$ 0.50	$ 0.03	
SUBTOTAL O				**$ 7.83**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 8.91**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 2.23**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 11.14**	
	VALOR OFERTADO			**$ 11.14**	

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 9 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Transporte de Base **UNIDAD.:** m³ - km

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Volqueta 14 m3	7.00	$ 35.00	$ 245.00	0.0009	$ 0.22
SUBTOTAL M					**$ 0.22**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Chofer E	7.00	$ 5.00	$ 35.00	0.0009	$ 0.03
SUBTOTAL N					**$ 0.03**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL O					**$ 0.00**
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P					**$ 0.00**

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	**$ 0.25**
INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%	**$ 0.06**
OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%	**$ 0.00**
COSTO TOTAL DEL RUBRO	**$ 0.31**
VALOR OFERTADO	**$ 0.31**

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

5.10.3. Costo del paquete estructural sin estabilizar subrasante.

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Excavación mecánica de suelo sin clasificar	m^3	3,255.00	1.65	5,370.75
2	Desalojo del material a máquina (D=10 KM)	m^3	3,255.00	3.68	11,978.40
3	Conformación y compactación de la Subrasante	m^2	4,650.00	0.55	2,557.50
4	Relleno con Material de Mejoramiento e=20 cm	m^3	930.00	6.86	6,379.80
5	Transporte de material de Mejoramiento	m^3 - km	9,300.00	0.31	2,883.00
6	Sub-Base clase 3. e=20 cm	m^3	930.00	8.14	7,570.20
7	Transporte de subbase	m^3 - km	9,300.00	0.31	2,883.00
8	Base clase 1. e=20 cm	m^3	930.00	11.14	10,360.20
9	Transporte de Base	m^3 - km	9,300.00	0.31	2,883.00
					52,865.85

Tabla 20: Presupuesto del paquete estructural para subrasante sin estabilizar.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

5.11. Análisis de costos para el diseño del pavimento con subrasante mejorada con enzima Permazyme 11x.

5.11.1. Cantidades de Obra.

Para calcular las cantidades de obra, partiremos de los datos del proyecto.

Datos:

- Ancho de vía: 9,30 m
- Longitud: 500 m
- Profundidad de excavación: 0,55 m
- Distancia a la cantera: 10 km
- Espesor de capa de Mejoramiento: 0,15 m
- Espesor de capa de Subbase clase 3: 0,15 m
- Espesor de capa de Base clase 1: 0,15 m

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
1	Excavación mecánica de suelo sin clasificar	m^3	2,557.50
2	Desalojo del material a máquina (D=10 KM)	m^3	2,557.50
3	Conformación y compactación de la Subrasante	m^2	4,650.00
4	Relleno con material de Mejoramiento. e=15 cm	m^3	697.50
5	Transporte de material de Mejoramiento	m^3 - km	6,975.00
6	Sub-Base clase 3. e=15cm	m^3	697.50
7	Transporte de sub-base	m^3 - km	6,975.00
8	Base clase 1. e=15 cm	m^3	697.50
9	Transporte de Base	m^3 - km	6,975.00

Tabla 21: Cantidades de Obra para diseño de Pavimento, subrasante estabilizada con enzimas.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

5.11.2. Análisis de precios unitarios del paquete estructural con subrasante estabilizada con enzimas orgánicas Permazyme 11x.

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**
OBRA:

HOJA 1 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Excavación mecánica de suelo sin clasificar **UNIDAD.:** m³
DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Excavadora Cat 320	1.00	$ 50.00	$ 50.00	0.0250	$ 1.25
SUBTOTAL M					**$ 1.25**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Op. Equipos Grupo I	1.00	$ 3.82	$ 3.82	0.0250	$ 0.10
SUBTOTAL N					**$ 0.10**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
	0.00		$ 0.00	$ 0.00	
SUBTOTAL O				**$ 0.00**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
	0.00		$ 0.00	$ 0.00	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 1.35**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 0.34**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 1.69**	
	VALOR OFERTADO			**$ 1.69**	

.....
CONSORCIO SANTANDER & YAVAR
Representante Legal

Guayaquil, 05-octubre-2017
LUGAR Y FECHA

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 2 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Desalojo del material a máquina (D=10 KM) **UNIDAD.:** m³

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Volqueta 14 m3	4.50	$ 35.00	$ 157.50	0.0156	$ 2.46
SUBTOTAL M					**$ 2.46**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Chofer E	4.50	$ 5.00	$ 22.50	0.0156	$ 0.35
SUBTOTAL N					**$ 0.35**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
	0.00		$ 0.00	$ 0.00	
SUBTOTAL O				**$ 0.00**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
	0.00		$ 0.00	$ 0.00	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 2.81**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 0.70**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 3.51**	
	VALOR OFERTADO			**$ 3.51**	

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017 **CONSORCIO SANTANDER & YAVAR**

LUGAR Y FECHA **Representante Legal**

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 3 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Conformación y compactación de la Subrasante **UNIDAD.:** m²

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Motoniveladora Cat 120	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0034	$ 0.14
Rodillo Liso Vibratorio Cat CS54B	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0034	$ 0.14
Tanquero 2000 galones	1.00	$ 35.00	$ 35.00	0.0034	$ 0.12
SUBTOTAL M					**$ 0.40**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Op. Equipos Grupo I	1.00	$ 3.82	$ 3.82	0.0034	$ 0.01
Op. Equipos Grupo II	1.00	$ 3.64	$ 3.64	0.0034	$ 0.01
Chofer E	1.00	$ 5.00	$ 5.00	0.0034	$ 0.02
SUBTOTAL N					**$ 0.04**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Enzimas orgánicas "Permazime 1	lt	0.0045	$ 4.00	$ 0.02	
SUBTOTAL O				**$ 0.02**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 0.46**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 0.12**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 0.58**	
	VALOR OFERTADO			**$ 0.58**	

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 4 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Relleno con material de Mejoramiento. e=15 cm **UNIDAD.:** m³

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Tractor Cat D6	1.00	$ 60.00	$ 60.00	0.0115	$ 0.69
Rodillo Liso Vibratorio Cat CS54B	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0115	$ 0.46
Tanquero 2000 galones	1.00	$ 35.00	$ 35.00	0.0115	$ 0.40
SUBTOTAL M					**$ 1.55**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Op. Equipos Grupo I	1.00	$ 3.82	$ 3.82	0.0115	$ 0.04
Op. Equipos Grupo II	1.00	$ 3.64	$ 3.64	0.0115	$ 0.04
Chofer E	1.00	$ 5.00	$ 5.00	0.0115	$ 0.06
SUBTOTAL N					**$ 0.14**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Material de Mejoramiento	m3	1.20	$ 3.50	$ 4.20	
Agua	m3	0.05	$ 0.50	$ 0.03	
SUBTOTAL O				**$ 4.23**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 5.92**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 1.48**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 7.40**	
	VALOR OFERTADO			**$ 7.40**	

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017
LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR
Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 5 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Transporte de material de Mejoramiento **UNIDAD.:** m³ - km

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Volqueta 14 m3	5.50	$ 35.00	$ 192.50	0.0011	$ 0.21
SUBTOTAL M					**$ 0.21**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Chofer E	5.50	$ 5.00	$ 27.50	0.0011	$ 0.03
SUBTOTAL N					**$ 0.03**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL O					**$ 0.00**
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P					**$ 0.00**

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	**$ 0.24**
INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%	**$ 0.06**
OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%	**$ 0.00**
COSTO TOTAL DEL RUBRO	**$ 0.30**
VALOR OFERTADO	**$ 0.30**

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 6 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Sub-Base clase 3. e=15cm **UNIDAD.:** m³

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Motoniveladora Cat 120	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0115	$ 0.46
Rodillo Liso Vibratorio Cat CS54B	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0115	$ 0.46
Tanquero 2000 galones	1.00	$ 35.00	$ 35.00	0.0115	$ 0.40
SUBTOTAL M					**$ 1.32**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Op. Equipos Grupo I	1.00	$ 3.82	$ 3.82	0.0115	$ 0.04
Op. Equipos Grupo II	1.00	$ 3.64	$ 3.64	0.0115	$ 0.04
Chofer E	1.00	$ 5.00	$ 5.00	0.0115	$ 0.06
SUBTOTAL N					**$ 0.14**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Material de Subbase Clase 1	m3	1.20	$ 4.50	$ 5.40	
Agua	m3	0.05	$ 0.50	$ 0.03	
SUBTOTAL O				**$ 5.43**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 6.89**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 1.72**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 8.61**	
	VALOR OFERTADO			**$ 8.61**	

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 7 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Transporte de subbase **UNIDAD.:** m³ - km

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Volqueta 14 m3	5.50	$ 35.00	$ 192.50	0.0011	$ 0.21
SUBTOTAL M					**$ 0.21**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Chofer E	5.50	$ 5.00	$ 27.50	0.0011	$ 0.03
SUBTOTAL N					**$ 0.03**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL O					**$ 0.00**
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P					**$ 0.00**

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	**$ 0.24**
INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%	**$ 0.06**
OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%	**$ 0.00**
COSTO TOTAL DEL RUBRO	**$ 0.30**
VALOR OFERTADO	**$ 0.30**

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 8 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Base clase 1. e=15 cm **UNIDAD.:** m³

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Motoniveladora Cat 120	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0115	$ 0.46
Rodillo Liso Vibratorio Cat CS54B	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0115	$ 0.46
Tanquero 2000 galones	1.00	$ 35.00	$ 35.00	0.0115	$ 0.40
SUBTOTAL M					**$ 1.32**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Op. Equipos Grupo I	1.00	$ 3.82	$ 3.82	0.0115	$ 0.04
Op. Equipos Grupo II	1.00	$ 3.64	$ 3.64	0.0115	$ 0.04
Chofer E	1.00	$ 5.00	$ 5.00	0.0115	$ 0.06
SUBTOTAL N					**$ 0.14**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Material de Base Clase 1	m3	1.20	$ 6.50	$ 7.80	
Agua	m3	0.05	$ 0.50	$ 0.03	
SUBTOTAL O				**$ 7.83**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 9.29**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 2.32**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 11.61**	
	VALOR OFERTADO			**$ 11.61**	

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 9 DE 9

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Transporte de Base **UNIDAD.:** m³ - km

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Volqueta 14 m3	5.50	$ 35.00	$ 192.50	0.0011	$ 0.21
SUBTOTAL M					**$ 0.21**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Chofer E	5.50	$ 5.00	$ 27.50	0.0011	$ 0.03
SUBTOTAL N					**$ 0.03**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL O					**$ 0.00**
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P					**$ 0.00**

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	**$ 0.24**
INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%	**$ 0.06**
OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%	**$ 0.00**
COSTO TOTAL DEL RUBRO	**$ 0.30**
VALOR OFERTADO	**$ 0.30**

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

5.11.3. Costo del paquete estructural con subrasante estabilizada con enzimas

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Excavación mecánica de suelo sin clasificar	m^3	2,557.50	1.69	4,322.18
2	Desalojo del material a máquina (D=10 KM)	m^3	2,557.50	3.51	8,976.83
3	Conformación y compactación de la Subrasante	m^2	4,650.00	0.58	2,697.00
4	Relleno con material de Mejoramiento. e=15 cm	m^3	697.50	7.40	5,161.50
5	Transporte de material de Mejoramiento	m^3 - km	6,975.00	0.30	2,092.50
6	Sub-Base clase 3. e=15cm	m^3	697.50	8.61	6,005.48
7	Transporte de subbase	m^3 - km	6,975.00	0.30	2,092.50
8	Base clase 1. e=15 cm	m^3	697.50	11.61	8,097.98
9	Transporte de Base	m^3 - km	6,975.00	0.30	2,092.50
					41,538.45

Tabla 22: Presupuesto del paquete estructural para subrasante estabilizada con enzimas.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

5.12. Análisis de costos para el Diseño del Pavimento mejorado con 4,5 % Cal.

5.12.1. Cantidades de Obra.

Para calcular las cantidades de obra, partiremos de los datos del proyecto.

Datos:

- Ancho de vía: 9,30 m
- Longitud: 500 m
- Distancia a la cantera: 10 km
- Profundidad de excavación: 0,30 m
- Espesor de capa de Base clase 1: 0,20 m

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
1	Excavación mecánica de suelo sin clasificar	m^3	1,395.00
2	Desalojo del material a máquina (D=10 KM)	m^3	1,395.00
3	Conformación y compactación de la Subrasante	m^2	4,650.00
4	Base clase 1. e=20 cm	m^3	930.00
5	Transporte de Base	m^3 - km	9,300.00

Tabla 23: Cantidades de Obra para diseño de Pavimento, subrasante estabilizada con cal.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

5.12.2. Análisis de precios unitarios del paquete estructural estabilizando subrasante con 4,5% de Cal.

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**
OBRA:

HOJA 1 DE 5

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Excavación mecánica de suelo sin clasificar **UNIDAD.:** m³
DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Excavadora Cat 320	1.00	$ 50.00	$ 50.00	0.0287	$ 1.44
SUBTOTAL M					**$ 1.44**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Op. Equipos Grupo I	1.00	$ 3.82	$ 3.82	0.0287	$ 0.11
SUBTOTAL N					**$ 0.11**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
	0.00		$ 0.00	$ 0.00	
SUBTOTAL O				**$ 0.00**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
	0.00		$ 0.00	$ 0.00	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 1.55**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 0.39**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 1.94**	
	VALOR OFERTADO			**$ 1.94**	

.....
CONSORCIO SANTANDER & YAVAR
Representante Legal

Guayaquil, 05-octubre-2017
LUGAR Y FECHA

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 2 DE 5

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Desalojo del material a máquina (D=10 KM) **UNIDAD.:** m³

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Volqueta 14 m3	4.50	$ 35.00	$ 157.50	0.0172	$ 2.71
SUBTOTAL M					**$ 2.71**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Chofer E	4.50	$ 5.00	$ 22.50	0.0172	$ 0.39
SUBTOTAL N					**$ 0.39**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
	0.00		$ 0.00	$ 0.00	
SUBTOTAL O				**$ 0.00**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
	0.00		$ 0.00	$ 0.00	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 3.10**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 0.78**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 3.88**	
	VALOR OFERTADO			**$ 3.88**	

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 3 DE 5

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Conformación y compactación de la Subrasante **UNIDAD.:** m²

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Motoniveladora Cat 120	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0034	$ 0.14
Rodillo Liso Vibratorio Cat CS54B	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0034	$ 0.14
Tanquero 2000 galones	1.00	$ 35.00	$ 35.00	0.0034	$ 0.12
SUBTOTAL M					**$ 0.40**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Op. Equipos Grupo I	1.00	$ 3.82	$ 3.82	0.0034	$ 0.01
Op. Equipos Grupo II	1.00	$ 3.64	$ 3.64	0.0034	$ 0.01
Chofer E	1.00	$ 5.00	$ 5.00	0.0034	$ 0.02
SUBTOTAL N					**$ 0.04**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Cal Viva (25lb)	saco	0.6500	$ 2.70	$ 1.76	
SUBTOTAL O				**$ 1.76**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 2.20**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 0.55**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 2.75**	
	VALOR OFERTADO			**$ 2.75**	

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 4 DE 5

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Base clase 1. e=20 cm **UNIDAD.:** m³

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Motoniveladora Cat 120	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0086	$ 0.34
Rodillo Liso Vibratorio Cat CS54B	1.00	$ 40.00	$ 40.00	0.0086	$ 0.34
Tanquero 2000 galones	1.00	$ 35.00	$ 35.00	0.0086	$ 0.30
SUBTOTAL M					**$ 0.98**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Op. Equipos Grupo I	1.00	$ 3.82	$ 3.82	0.0086	$ 0.03
Op. Equipos Grupo II	1.00	$ 3.64	$ 3.64	0.0086	$ 0.03
Chofer E	1.00	$ 5.00	$ 5.00	0.0086	$ 0.04
SUBTOTAL N					**$ 0.10**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
Material de Base Clase 1	m3	1.20	$ 6.50	$ 7.80	
Agua	m3	0.05	$ 0.50	$ 0.03	
SUBTOTAL O				**$ 7.83**	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P				**$ 0.00**	
	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			**$ 8.91**	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%			**$ 2.23**	
	OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%			**$ 0.00**	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO			**$ 11.14**	
	VALOR OFERTADO			**$ 11.14**	

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

NOMBRE DEL PROPONENTE: **FORMULARIO #**

OBRA:

HOJA 5 DE 5

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Transporte de Base **UNIDAD.:** m³ - km

DETALLE.:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Volqueta 14 m3	7.00	$ 35.00	$ 245.00	0.0009	$ 0.22
SUBTOTAL M					**$ 0.22**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A * B	R	D = C * R
Chofer E	7.00	$ 5.00	$ 35.00	0.0009	$ 0.03
SUBTOTAL N					**$ 0.03**
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL O					**$ 0.00**
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A * B	
SUBTOTAL P					**$ 0.00**

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	**$ 0.25**
INDIRECTOS Y UTILIDADES 25.00%	**$ 0.06**
OTROS COSTOS INDIRECTOS 0.00%	**$ 0.00**
COSTO TOTAL DEL RUBRO	**$ 0.31**
VALOR OFERTADO	**$ 0.31**

.....

Guayaquil, 05-octubre-2017

LUGAR Y FECHA

CONSORCIO SANTANDER & YAVAR

Representante Legal

NOTA.: NO DEBERA CONSIDERAR EL IVA

5.12.3. Costo del paquete estructural con subrasante estabilizada con 4,5% Cal.

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Excavación mecánica de suelo sin clasificar	m^3	1,395.00	1.94	2,706.30
2	Desalojo del material a máquina (D=10 KM)	m^3	1,395.00	3.88	5,412.60
3	Conformación y compactación de la Subrasante	m^2	4,650.00	2.75	12,787.50
4	Base clase 1. e=20 cm	m^3	930.00	11.14	10,360.20
5	Transporte de Base	m^3 - km	9,300.00	0.31	2,883.00
					34,149.60

Tabla 24: Presupuesto del paquete estructural para subrasante estabilizada con cal.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

5.13. Análisis Comparativo de Costos

Tal como se muestra en la ilustración 37, el costo más bajo obtenido corresponde a la estabilización con cal, lo cual es una ventaja al momento de realizar una oferta para este proyecto.

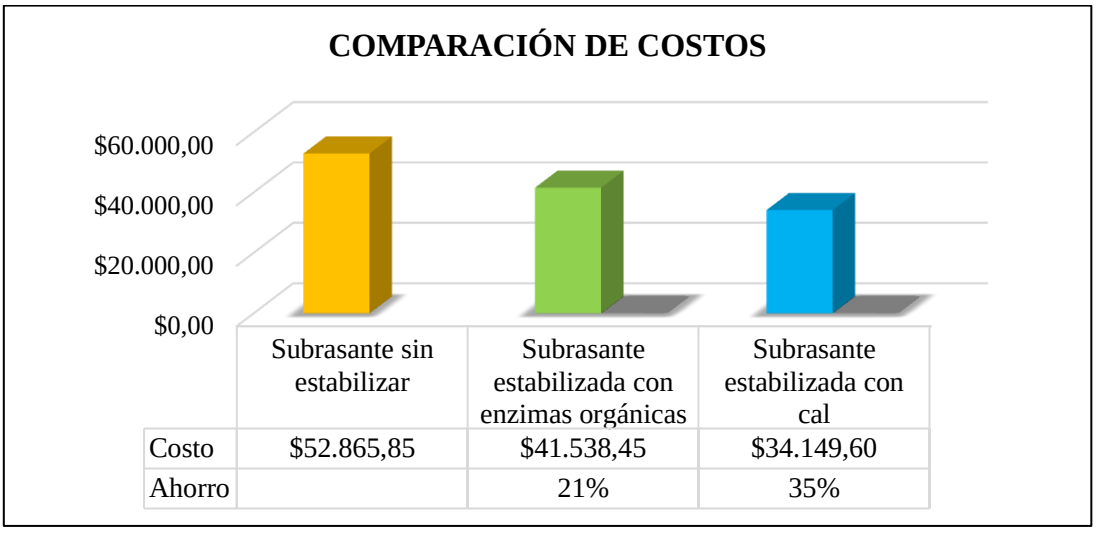


Ilustración 37: Comparación de costos empleando los diferentes tipos de estabilización.
Fuente: Propia
Elaborado: María Santander y Cristóbal Yávar.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

El presente trabajo bajo los resultados obtenidos en laboratorio y cálculos realizados concluimos que:

- El material de subrasante ensayado mediante la clasificación SUCS resultó ser un suelo tipo CH. y mediante clasificación ASSHTO un suelo A-7-6. Indudablemente si se mantenían estas condiciones iniciales, presentaría un costo elevado en el presupuesto.
- El uso de enzimas orgánicas Permazyme 11x, demostró no ser un buen estabilizante para este tipo de suelo, manteniendo los mismos valores para Límites de Atterberg, mejorando en algo su CBR con respecto al CBR inicial, aunque no cumplió con los parámetros de hinchamiento requeridos por la norma; no mayor al 2%.
- El uso de Cal demostró actuar de manera directa e instantánea reduciendo su plasticidad, aumentó considerablemente el CBR llevándolo a un 43% lo cual resulta favorable para para el cálculo de la estructura de pavimento, y su hinchamiento cumple lo permisible por la norma estando por debajo del 2%.
- A pesar de ser algo costoso Permazyme 11x presentó una reducción de costos de construcción en comparación con el costo de construcción en condiciones naturales otro punto a favor de la enzima es su composición, por ser 100% natural y degradable,

colabora con el medio ambiente, y también colabora con una menor explotación de canteras.

- La estabilización con Cal resulta más económica con un ahorro del 35% con respecto al presupuesto sin estabilizar subrasante, un punto en contra sobre la Cal es que por ser un material de origen natural se recurre a la explotación de canteras, aumentando costos de transporte, además de provocar daños en el medio ambiente.

6.2. Recomendaciones.

Luego de haber experimentado todo el trabajo que conlleva realizar este tipo de estudio recomendamos que:

- Por parte de la Universidad de Guayaquil, generar un mapa de caracterización de suelos, donde se sugiera que tipo de estabilización es la recomendable para diferentes sectores de la provincia del Guayas.
- La metodología empleada en este trabajo puede servir de guía para futuros proyector que incluyan estabilización, claro está acatando las normativas vigentes.

REFERENCIAS

Altamirano Navarro, G. J., & Díaz Sandino, A. E. (2015). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, Municipio Potosí - Rivas.* Obtenido de http://www.biblioteca.unan.edu.ni:9090

Beltrán Parra, M. A., & Copado Beltrán , J. A. (2011). *Estabilización de un suelo arciloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimentos en la colonia San Juan Capistrano de Ciudad Obregón, Son.* Obtenido de http://biblioteca.itson.mx/

Botía, W. Á. (05 de 2015). Manual de Procedimentos de ensayos de Suelos y memoria de Cálculo. *Manual de Procedimentos de ensayos de Suelos y memoria de Cálculo*. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.

Bowles, J. (1980). *Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil.* Mc Graw-Hill.

Fonseca Montejo, A. (2006). *Ingeniería de Pavimentos (Fundamentos, estudios básicos y diseño.* Bogotá: Universidad Católica de colombia.

Quiran Alfaro, W. E. (2015). *Estabilización de suelos con productos enzimáticos, como alternativa a la carencia de bancos de préstamo de material en el departamento de Guatemala.* Obtenido de http://www.repositorio.usac.edu.gt/1369/1

Ravines Merino, M. A. (2010). *Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras.* Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe

SECSA. (2008). *Manual Técnico del Estabilizador de Suelos.* Obtenido de http://www.secsasa.com/Productos/PERMA_ZYME_11X

ANEXOS

RESULTADOS DE LABORATORIO

EN ESTADO NATURAL

Anexo 1: Determinación de contenido de humedad natural.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli Telfono: 2281037			**Proyecto:** Urb. Tanya Marlene, Milagro/Guayas **Perforacion** 1 **Fecha:** jul-17 **Profundidad:** 1.5 m **Muestra** 1					
CONTENIDO DE HUMEDAD								
MUESTRA			1					
RECIPIENTE			B-4					
RECIPIENTE + PESO HUMEDO			759					
RECIPIENTE + PESO SECO			547.9					
Peso en gr.	AGUA	Ww	211.1					
	RECIPIENTE		62.7					
	PESO SECO	Ws	485.2					
CONTENIDO DE HUMEDAD		W	**43.51**					

Anexo 2: Granulometría del material, vía húmeda, recomendada par suelos finos.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Laboratorio de Suelos y Materiales Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli

Av. Kennedy S/N y Av. Delta - Telefono : 2281037

GRANULOMETRIA

PROYECTO: Urb. Tanya Marlene, Milagro/Guayas
MUESTRA: 1
FECHA: jul-17
SOLICITA:
TIPO: VIA HUMEDA

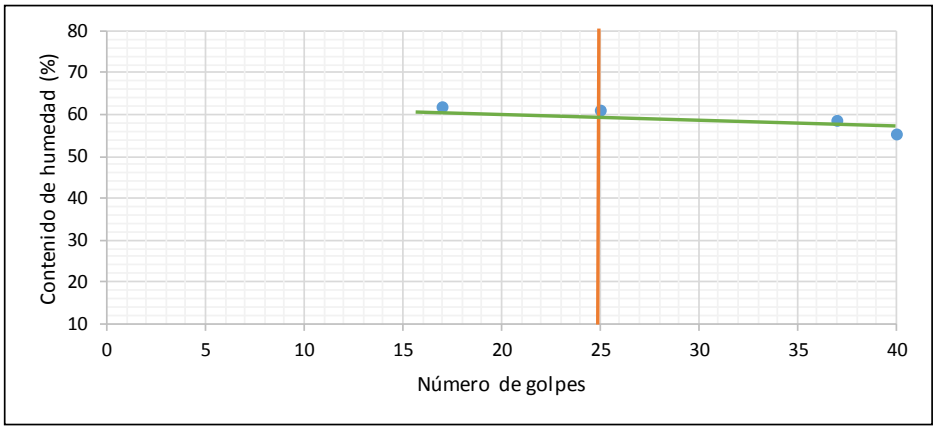
TAMZ	PESO PARCIAL	%RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACION
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
1/4"					
No. 4					
No. 8					
No. 10					
No. 16					
No. 20					
No. 30					
No. 40	1.20	0.26	0.26	99.74	
No. 50	0.40	0.09	0.35	99.65	
No. 100	0.40	0.09	0.44	99.56	
No. 200	2.10	0.46	0.90	99.10	
Fondo	453.20	99.10	100.00	0.00	
TOTAL	457.30	100.00			

Anexo 3: Límites de Atterberg en estado natural.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli Telfono: 2281037	**ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO** **Proyecto:** Urb. Tanya Marlene, Milagro/Guayas **Perforacion** **Fecha:** jul-17 **Profundidad:** **Muestra** 1

LIMITE LIQUIDO

MUESTRA			1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE			21	100	8	H1		
RECIPIENTE + PESO HUMEDO			17.5	21.8	18.6	19.7		
RECIPIENTE + PESO SECO			15.3	18	14.6	16.5		
	AGUA	Ww	2.2	3.8	4	3.2		
	RECIPIENTE		11.3	11.5	8	11.3		
	PESO SECO	Ws	4	6.5	6.6	5.2		
CONTENIDO DE HUMEDAD		W	55.00	58.46	60.61	61.54		
NUMERO DE GOLPES			40	37	25	17		



LIMITE PLÁSTICO

MUESTRA			1	2	3	4
RECIPIENTE			176	T-14	P	
RECIPIENTE + PESO HUMEDO			14.4	14.5	14.6	
RECIPIENTE + PESO SECO			13.7	13.8	13.7	
	AGUA	Ww	0.7	0.7	0.9	
	RECIPIENTE		11.6	11.5	11	
	PESO SECO	Ws	2.1	2.3	2.7	
CONTENIDO DE HUMEDAD		W	33.33	30.43	33.33	
LIMITE PLASTICO			32.37			

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

OBSERVACIONES:

OPERADOR:

CALCULADO POR:

VERIFICADO POR:

WL	58.90
WP	32.37
IP	26.53

SIMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD

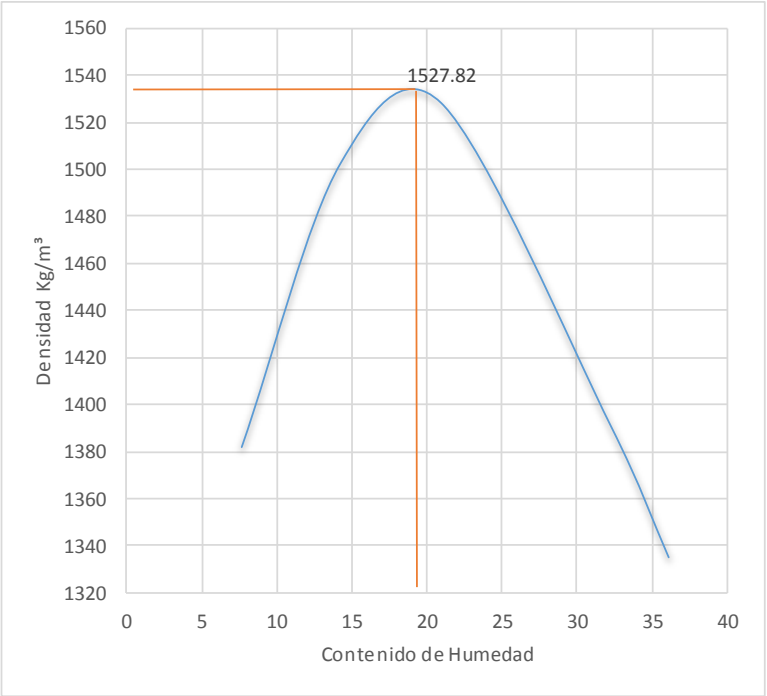
Anexo 4: Ensayo Proctor, tipo C.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL
Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli
Telfono: 2281037

PRUEBA PROCTOR

VOLUMEN DEL CILINDRO	0.00094	**Muestra**	1	**Fecha:**	jul-17
PESO DEL CILINDRO	4.255	**Proyecto:**	Urb. Tanya Marlene		
NUMERO DE GOLPES X CAPA	25	**Localizacion:**	Milagro-Guayas		
NUMERO DE CAPAS	5				

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HUMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	W	PESO TIERRA HUMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HUMEDA W	1+ W/ 100	PESO DE TIERRA SECA WS	DENSIDAD SECA
cm	N	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%	kg.	kg.		kg.	kg./cm³
HN	L	314.20	295.00	45.50	19.20	249.50	7.70	5.660	1.405	1.077	1.305	1382.00
150	8	300.30	266.70	31.00	33.60	235.70	14.26	5.875	1.62	1.143	1.418	1501.99
300	50	274.90	232.50	30.50	42.40	202.00	20.99	6.000	1.75	1.210	1.442	1527.82
450	T	312.10	243.30	30.10	68.80	213.20	32.27	5.992	1.74	1.323	1.313	1391.12
600	4	296.80	225.00	26.30	71.80	198.70	36.13	5.971	1.72	1.361	1.261	1335.29



CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD
7.70 %
CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD
21.0 %

DENSIDAD SECA MAXIMA
1528 kg/m³

Densidad seca maxima

Muestra	Prof.	Clasificacion	Gs	Wi	Ws	Ip	%>Nº4

Dibujado por: _____ Calculado por: _____ Verificado: _____

Anexo 5: Ensayo California Bearing Ratio (CBR).

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Laboratorio de Suelos y Materiales Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli

Av. Kennedy S/N y Av. Delta - Telefono : 2281037

C.B.R - DENSIDADES

PROYECTO: Urb. Tanya Marlene.

MUESTRA: 1 **VOL. DEL ESPECIMEN (m³)** 0.00232

FECHA: jul-17

SOLICITA:

ANTES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		4	25	T
	Wh + Recipiente		331.1	324.4	313.9
	Wh + Recipiente		282.2	278.1	268.9
	Ww		48.9	46.3	45.0
	Wrecipiente		21.1	22.1	23.1
	Wseco		261.1	256.0	245.8
	W%(porcentaje de humedad)		18.728	18.086	18.308
Peso de Molde + Suelo Húmedo			11.504	11.948	10.767
Peso de Molde			7.684	7.873	6.472
Peso de Suelo Húmedo		Wh	3.820	4.075	4.295
Peso del Suelo Seco		Ws	3.217	3.451	3.630
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	18.728	18.086	18.308
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1647	1756	1851
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δh	1387	1487	1565
DESPUES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		NO	8	Y
	Wh + Recipiente		291.1	294.1	296.6
	Wh + Recipiente		227.7	233.7	235.2
	Ww		63.4	60.4	61.4
	Wrecipiente		45.7	31.1	28.8
	Wseco		182.0	202.6	206.4
	W%(porcentaje de humedad)		34.8	29.8	29.7
Peso de Molde + Suelo Húmedo			12.066	12.471	11.183
Peso de Molde			7.684	7.873	6.472
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4.382	4.598	4.711
Peso del Suelo Seco		Ws	3.250	3.542	3.631
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	34.835	29.812	29.748
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1889	1982	2031
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δs	1401	1527	1565
% DE HINCHAMIENTO					
LECTURA INICIAL			0.038	0.065	0.015
24 HORAS			0.240	0.269	0.183
48 HORAS			0.250	0.291	0.255
72 HORAS					
96 HORAS					
	HINCHAMIENTO	%	7.067	7.533	8.000

C.B.R	%	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
Densidad Seca	δs	1387	1487	1565

Operador:

Anexo 6: CBR Penetración, realizadas con anillo. $K_{anillo} = 3.44\ (x) + 11.45$.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

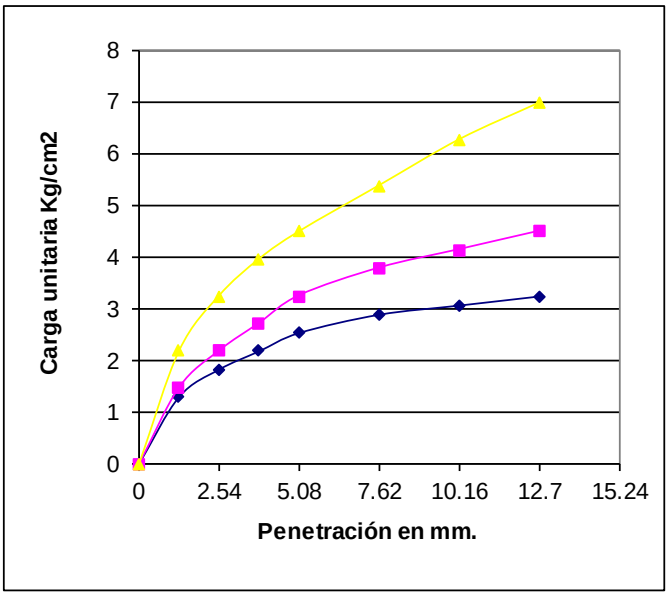
Laboratorio de Suelos y Materiales "Dr. Ing. ARNALDO RUFFILLI"

CBR PENETRACION - CON ANILLO

FECHA: jul-17

PROYECTO:	Urb. Tanya Marlene					
UBICACIÓN:	Milagro,Guayas					
MUESTRA:	1					
No. DE GOLPES POR CAPA:				**VOLUMEN DEL MOLDE:** 0,002316		
No. DE CAPAS:	5	**PESO DEL MARTILLO:**	10 Lbs.	**ALTURA DE CAIDA:**		18 pulg.

No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE PENETRACION LBS			**CARGA DE PENETRACION Kg**		
1.27 mm	(0.05")	55	63	93	25	29	42
2.54 mm	(0.10")	78	93	139	36	42	63
3.81 mm	(0.15")	93	116	169	42	53	77
5.08 mm	(0.20")	108	139	192	49	63	87
7.62 mm	(0.30")	124	161	230	56	73	104
10.16 mm	(0.40")	131	177	267	60	80	122
12.70 mm	(0.50")	139	192	298	63	87	135
No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE UNITARIA LBS/plg²			**CARGA UNITARIA Kg/cm²**		
0 mm	(0,0")	0	0	0	0	0	0
1.27 mm	(0.05")	18.49	21.01	31.10	1.30	1.48	2.19
2.54 mm	(0.10")	26.06	31.10	46.24	1.84	2.19	3.26
3.81 mm	(0.15")	31.10	38.67	56.33	2.19	2.72	3.97
5.08 mm	(0.20")	36.15	46.24	63.90	2.55	3.26	4.50
7.62 mm	(0.30")	41.19	53.80	76.51	2.90	3.79	5.39
10.16 mm	(0.40")	43.71	58.85	89.12	3.08	4.15	6.28
12.7 mm	(0.50")	46.24	63.90	99.21	3.26	4.50	6.99



No. Golpes	Esfuerzo de Penetración	
	0,1 Pulg	**0,2 Pulg**
12	1.84	2.55
25	2.19	3.26
56	3.26	4.50
C.B.R.	%	
12	2.62	2.43
25	3.13	3.10
56	4.65	4.29

Observaciones:

.....

.....

Operador: .....

Calculado: .....

Verificado: .....

RESULTADOS DE LABORATORIO

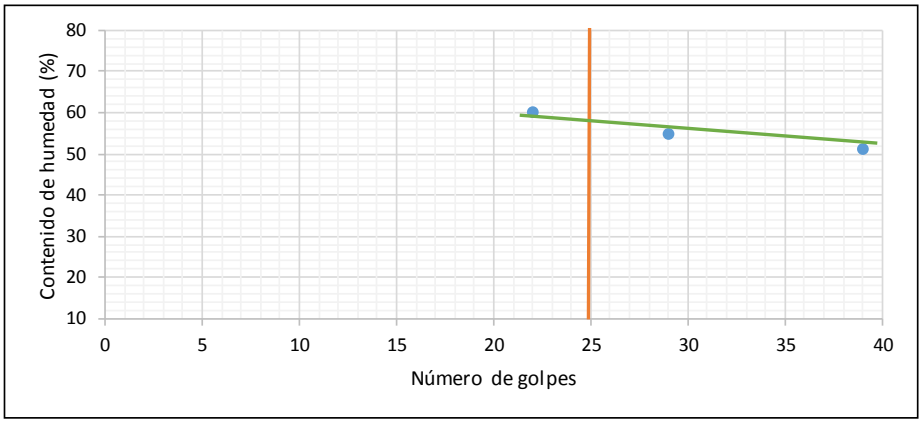
UTILIZANDO PERMAZYME 11X.

Anexo 7: Límites de Atterberg. utilizando 0,00075% de Permazyme 11x.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli Telfono: 2281037	ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLATICO **Proyecto:** Urb. Tanya Marlene, Milagro/Guayas **Perforacion** **Fecha:** jul-17 **Profundidad:** **Muestra** 1

LIMITE LIQUIDO

MUESTRA			1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE			10	23	8			
RECIPIENTE + PESO HUMEDO			16.6	16.4	18.6			
RECIPIENTE + PESO SECO			14.4	14	15.6			
	AGUA	Ww	2.2	2.4	3			
	RECIPIENTE		10.1	9.6	10.6			
	PESO SECO	Ws	4.3	4.4	5			
CONTENIDO DE HUMEDAD		W	51.16	54.55	60.00			
NUMERO DE GOLPES			39	29	22			



LIMITE PLÁSTICO

MUESTRA			1	2	3	4
RECIPIENTE			20	13	30	
RECIPIENTE + PESO HUMEDO			13	13.9	13	
RECIPIENTE + PESO SECO			11.9	12.5	12	
	AGUA	Ww	1.1	1.4	1	
	RECIPIENTE		7.9	8	8.5	
	PESO SECO	Ws	4	4.5	3.5	
CONTENIDO DE HUMEDAD		W	27.50	31.11	28.57	
LIMITE PLASTICO			29.06			

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

WL	55.24
WP	29.06
IP	26.18

SIMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD

OBSERVACIONES:

OPERADOR:

CALCULADO POR:

VERIFICADO POR:

Anexo 8: Ensayo Proctor, tipo C. utilizando 0,00075% de Permazyme 11x.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL

Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas

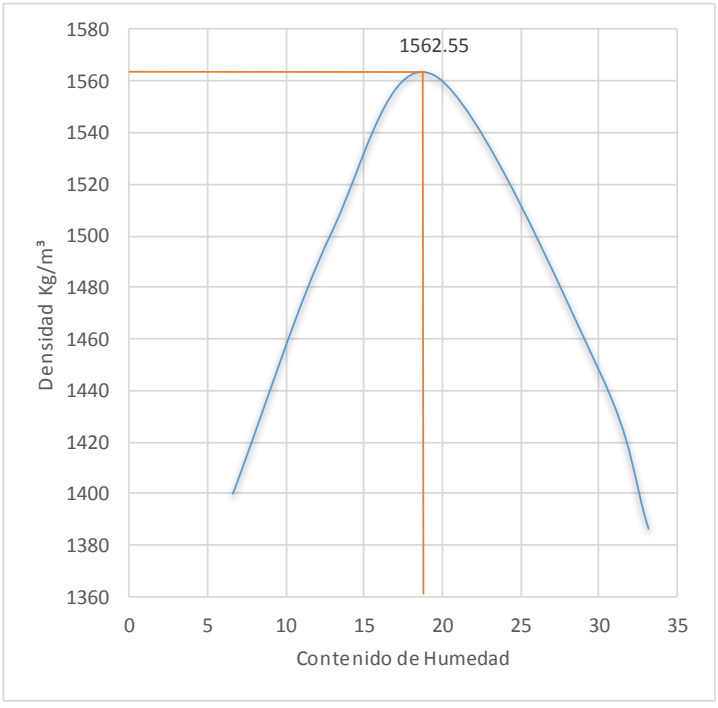
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli

Telfono: 2281037

PRUEBA PROCTOR

VOLUMEN DEL CILINDRO	0.0009	**Muestra**	1	**Fecha:**	jul-17
PESO DEL CILINDRO	4.241	**Proyecto:**	Urb. Tanya Marlene		
NUMERO DE GOLPES X CAPA	25	**Localizacion:**	Milagro-Guayas		
NUMERO DE CAPAS	5				

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HUMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	W	PESO TIERRA HUMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HUMEDA W	1+W/100	PESO DE TIERRA SECA WS	DENSIDAD SECA
cm	N	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%	kg.	kg.		kg.	kg./cm³
HN	T	293.50	276.72	23.10	16.78	253.62	6.62	5.650	1.409	1.066	1.322	1399.96
150	240	258.00	231.33	24.70	26.67	206.63	12.91	5.841	1.6	1.129	1.417	1501.16
300	B	277.70	236.22	23.00	41.48	213.22	19.45	6.003	1.76	1.195	1.475	1562.55
450	8	306.00	240.32	21.70	65.68	218.62	30.04	6.018	1.78	1.300	1.366	1447.53
600	25	272.60	210.20	22.10	62.40	188.10	33.17	5.984	1.74	1.332	1.309	1386.46



CONTENIDO NATURAL DE 6.62 %

CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

19.5 %

DENSIDAD SECA MAXIMA

1563 kg/m³

Densidad seca maxima

Muestra	Prof.	Clasificacion	Gs	Wi	Ws	Ip	%>Nº4

Dibujado por: _____ Calculado por: _____ Verificado: _____

Anexo 9: Ensayo CBR, utilizando 0,00075% de Permazyme 11x.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Laboratorio de Suelos y Materiales Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli

Av. Kennedy S/N y Av. Delta - Telefono : 2281037

C.B.R - DENSIDADES

PROYECTO: Urb. Tanya Marlene.

MUESTRA: 1 **VOL. DEL ESPECIMEN (m³)** 0.00232

FECHA: jul-17

SOLICITA:

ANTES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		X	25	T
	Wh + Recipiente		399.1	420.6	454.7
	Wh + Recipiente		341.0	357.4	386.7
	Ww		58.1	63.2	68.0
	Wrecipiente		69.7	62.2	61.1
	Wseco		271.3	295.2	325.6
	W%(porcentaje de humedad)		21.4	21.4	20.9
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10.855	10.774	11.129
Peso de Molde			6.900	6.602	6.784
Peso de Suelo Húmedo		Wh	3.955	4.172	4.345
Peso del Suelo Seco		Ws	3.257	3.436	3.594
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	21.415	21.409	20.885
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1705	1798	1873
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δh	1404	1481	1549
DESPUES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		ME	O	F
	Wh + Recipiente		291.5	274.7	307.8
	Wh + Recipiente		223.8	221.0	245.7
	Ww		67.7	53.7	62.1
	Wrecipiente		29.4	46.5	36.7
	Wseco		194.4	174.5	209.0
	W%(porcentaje de humedad)		34.8	30.8	29.7
Peso de Molde + Suelo Húmedo			11.374	11.211	11.494
Peso de Molde			6.900	6.602	6.784
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4.474	4.609	4.710
Peso del Suelo Seco		Ws	3.318	3.524	3.631
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	34.825	30.774	29.713
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1928	1987	2030
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δs	1430	1519	1565
% DE HINCHAMIENTO					
LECTURA INICIAL			0.078	0.016	0.022
24 HORAS			0.254	0.156	0.138
48 HORAS			0.274	0.217	0.245
72 HORAS			0.279	0.228	0.264
96 HORAS					
	HINCHAMIENTO	%	5.03	5.30	6.05

C.B.R	%	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
Densidad Seca	δs	1404	1481	1549

Operador:

Anexo 10: CBR Penetración, con anillo utilizando 0,00075% de Permazyme 11x.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

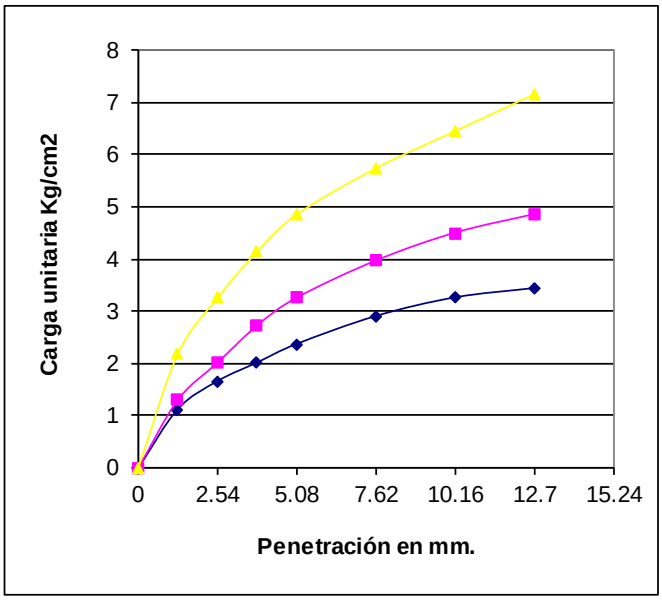
Laboratorio de Suelos y Materiales "Dr. Ing. ARNALDO RUFFILLI"

CBR PENETRACION - CON ANILLO

FECHA: julio-2017

PROYECTO:	Urb. Tanya Marlene				
UBICACIÓN:	Milagro,Guayas				
MUESTRA:	1				
No. DE GOLPES POR CAPA:	25			**VOLUMEN DEL MOLDE:** 0,002316	
No. DE CAPAS: 5	**PESO DEL MARTILLO:**	10 Lbs.		**ALTURA DE CAIDA:**	18 pulg.

No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE PENETRACION LBS			**CARGA DE PENETRACION Kg**		
1.27 mm	(0.05")	48	55	93	22	25	42
2.54 mm	(0.10")	71	86	139	32	39	63
3.81 mm	(0.15")	86	116	177	39	53	80
5.08 mm	(0.20")	101	139	207	46	63	94
7.62 mm	(0.30")	124	169	245	56	77	111
10.16 mm	(0.40")	139	192	275	63	87	125
12.70 mm	(0.50")	146	207	305	66	94	139
No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE UNITARIA LBS/plg²			**CARGA UNITARIA Kg/cm²**		
0 mm	(0,0")	0	0	0	0	0	0
1.27 mm	(0.05")	15.96	18.49	31.10	1.12	1.30	2.19
2.54 mm	(0.10")	23.53	28.58	46.24	1.66	2.01	3.26
3.81 mm	(0.15")	28.58	38.67	58.85	2.01	2.72	4.15
5.08 mm	(0.20")	33.62	46.24	68.94	2.37	3.26	4.86
7.62 mm	(0.30")	41.19	56.33	81.55	2.90	3.97	5.75
10.16 mm	(0.40")	46.24	63.90	91.64	3.26	4.50	6.46
12.7 mm	(0.50")	48.76	68.94	101.74	3.44	4.86	7.17



No. Golpes	Esfuerzo de Penetración	
	0,1 Pulg	**0,2 Pulg**
12	1.66	2.37
25	2.01	3.26
56	3.26	4.86
C.B.R.	%	
12	2.37	2.26
25	2.88	3.10
56	4.65	4.63

Observaciones:

.....

.....

Operador: .....

Calculado: .....

Verificado: .....

Anexo 11: Límites de Atterberg, utilizando 0,0015% de Permazyme 11x.

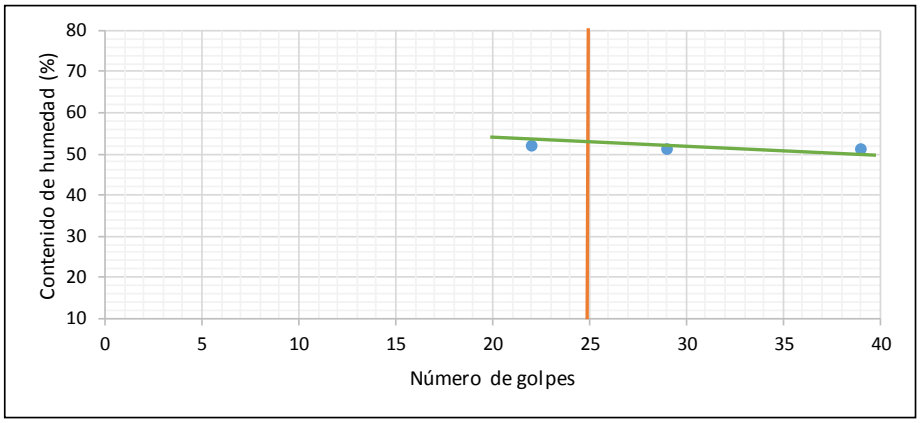
UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL
Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli
Telfono: 2281037

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLATICO

Proyecto: Urb. Tanya Marlene, Milagro/Guayas
Perforacion **Fecha:** jul-17
Profundidad: **Muestra** 1

LIMITE LIQUIDO

MUESTRA			1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE			11	22	III			
RECIPIENTE + PESO HUMEDO			17.7	17.8	19.1			
RECIPIENTE + PESO SECO			15.3	15.3	16.5			
	AGUA	Ww	2.4	2.5	2.6			
	RECIPIENTE		10.6	10.4	11.5			
	PESO SECO	Ws	4.7	4.9	5			
CONTENIDO DE HUMEDAD		W	51.06	51.02	52.00			
NUMERO DE GOLPES			39	29	22			



LIMITE PLÁSTICO

MUESTRA			1	2	3	4
RECIPIENTE			32	15	D	
RECIPIENTE + PESO HUMEDO			10.5	10.5	15.4	
RECIPIENTE + PESO SECO			9.6	9.7	14.6	
	AGUA	Ww	0.9	0.8	0.8	
	RECIPIENTE		6.9	6.7	11.3	
	PESO SECO	Ws	2.7	3	3.3	
CONTENIDO DE HUMEDAD		W	33.33	26.67	24.24	
LIMITE PLASTICO			25.45			

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

OBSERVACIONES:

OPERADOR:

CALCULADO POR:

VERIFICADO POR:

WL	51.36
WP	25.45
IP	25.91

SIMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD

Anexo 12: Ensayo Proctor, tipo C. utilizando 0,0015% de Permazyme 11x.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL

Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas

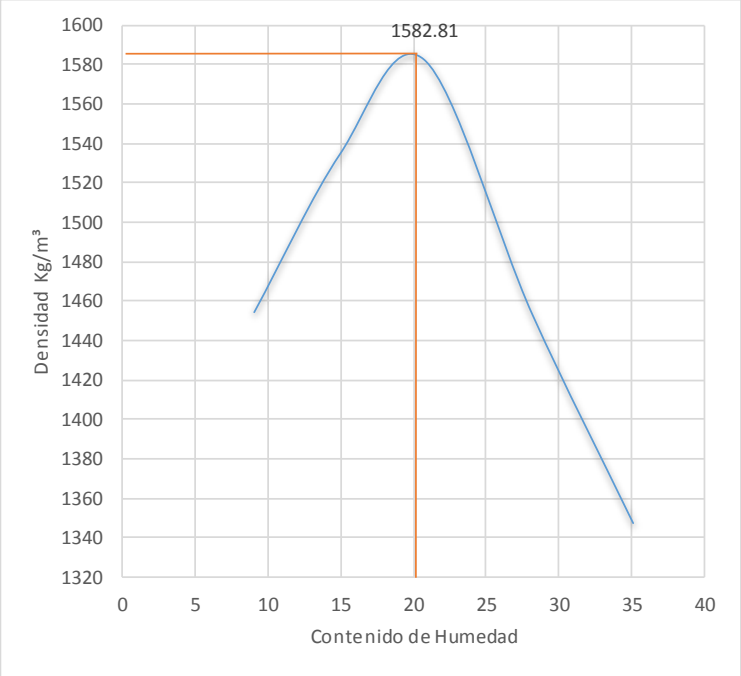
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli

Telfono: 2281037

PRUEBA PROCTOR

VOLUMEN DEL CILINDRO	0.0009	**Muestra**	1	**Fecha:**	jul-17
PESO DEL CILINDRO	4.254	**Proyecto:**	Urb. Tanya Marlene		
NUMERO DE GOLPES X CAPA	25	**Localizacion:**	Milagro-Guayas		
NUMERO DE CAPAS	5				

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESOTIERRA HUMEDA + RECIPIENTE	PESOTIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESOSECO	W	PESO TIERRA HUMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HUMEDA W	1+ W/ 100	PESO DE TIERRA SECA WS	DENSIDAD SECA
cm	N	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%	kg.	kg.		kg.	kg./cm³
HN	10	530.70	494.70	98.80	36.00	395.90	9.09	5.752	1.498	1.091	1.373	1454.60
150	13	529.20	472.80	96.50	56.40	376.30	14.99	5.920	1.666	1.150	1.449	1534.79
300	1	519.30	446.00	92.50	73.30	353.50	20.74	6.058	1.8	1.207	1.494	1582.81
450	4	495.50	407.50	95.30	88.00	312.20	28.19	6.013	1.759	1.282	1.372	1453.62
600	3	512.80	405.30	99.20	107.50	306.10	35.12	5.973	1.719	1.351	1.272	1347.68



CONTENIDO NATURAL DE 9.09 %

CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

20.7 %

DENSIDAD SECA MAXIMA

1583 kg/m³

Densidad seca maxima

Muestra	Prof.	Clasificacion	Gs	Wi	Ws	Ip	%>Nº4

Dibujado por: _____ Calculado por: _____ Verificado: _____

Anexo 13: Ensayo Proctor, tipo C. utilizando 0,0015% de Permazyme 11x. Se repitió el ensayo por ser el valor más alto y así corroborar la veracidad de los resultados.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL

Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas

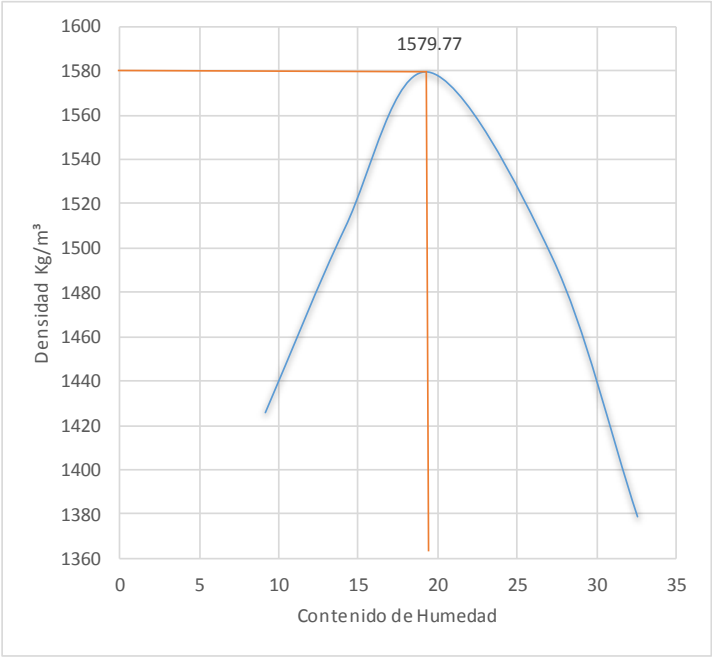
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli

Telfono: 2281037

PRUEBA PROCTOR

VOLUMEN DEL CILINDRO	0.0009	**Muestra**	1	**Fecha**:	jul-17
PESO DEL CILINDRO	4.242	**Proyecto:**	Urb. Tanya Marlene		
NUMERO DE GOLPES X CAPA	25	**Localizacion:**	Milagro-Guayas		
NUMERO DE CAPAS	5				

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HUMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	W	PESO TIERRA HUMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HUMEDA W	1+ W/ 100	PESO DE TIERRA SECA WS	DENSIDAD SECA
cm	N	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%	kg.	kg.		kg.	kg./cm³
HN	1	520.50	484.60	92.50	35.90	392.10	9.16	5.711	1.469	1.092	1.346	1425.62
150	10	518.10	466.00	98.80	52.10	367.20	14.19	5.869	1.627	1.142	1.425	1509.36
300	3	560.90	485.80	99.20	75.10	386.60	19.43	6.023	1.78	1.194	1.491	1579.77
450	4	565.20	464.60	95.30	100.60	369.30	27.24	6.039	1.797	1.272	1.412	1496.06
600	8	586.80	466.80	99.10	120.00	367.70	32.64	5.968	1.726	1.326	1.301	1378.51



CONTENIDO NATURAL DE 9.16 %

CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

19.4 %

DENSIDAD SECA MAXIMA

1580 kg/m³

Densidad seca maxima

Muestra	Prof.	Clasificacion	Gs	Wi	Ws	Ip	%>Nº4

Dibujado por: _____ Calculado por: _____ Verificado: _____

Anexo 14: Ensayo CBR, utilizando 0,0015% de Permazyme 11x.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Laboratorio de Suelos y Materiales Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli

Av. Kennedy S/N y Av. Delta - Telefono : 2281037

C.B.R - DENSIDADES

PROYECTO: Urb. Tanya Marlene.

MUESTRA: 1 **VOL. DEL ESPECIMEN (m³)** 0.00232

FECHA: jul-17

SOLICITA:

ANTES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		No	H	1
	Wh + Recipiente		308.0	343.3	458.4
	Wh + Recipiente		263.2	295.5	396.0
	Ww		44.8	47.8	62.4
	Wrecipiente		45.7	61.7	92.5
	Wseco		217.5	233.8	303.5
	W%(porcentaje de humedad)		20.60	20.44	20.56
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10.524	12.075	12.509
Peso de Molde			6.532	7.695	7.876
Peso de Suelo Húmedo		Wh	3.992	4.380	4.633
Peso del Suelo Seco		Ws	3.310	3.637	3.843
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	20.598	20.445	20.560
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1721	1888	1997
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δh	1427	1567	1656
DESPUES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		T	4	No
	Wh + Recipiente		271.3	325.3	328.9
	Wh + Recipiente		207.8	255.3	272.4
	Ww		63.5	70.0	56.5
	Wrecipiente		23.1	22.1	45.7
	Wseco		184.7	233.2	226.7
	W%(porcentaje de humedad)		34.4	30.0	24.9
Peso de Molde + Suelo Húmedo			11.007	12.399	12.729
Peso de Molde			6.532	7.695	7.876
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4.475	4.704	4.853
Peso del Suelo Seco		Ws	3.330	3.618	3.885
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	34.4	30.0	24.9
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1929	2028	2092
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δs	1435	1559	1674
% DE HINCHAMIENTO					
LECTURA INICIAL			0.044	0.039	0.020
24 HORAS			0.227	0.180	0.153
48 HORAS			0.233	0.236	0.210
72 HORAS					
96 HORAS					
	HINCHAMIENTO	%	6.300	6.567	6.333

C.B.R	%	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
Densidad Seca	δs	1427	1567	1656

Operador:

Anexo 15: CBR Penetración, con anillo utilizando 0,0015% de Permazyme 11x.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

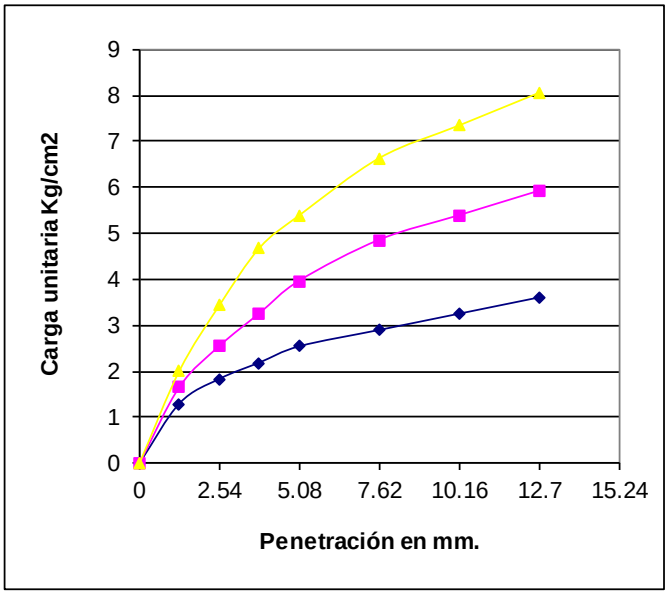
Laboratorio de Suelos y Materiales "Dr. Ing. ARNALDO RUFFILLI"

CBR PENETRACION - CON ANILLO

FECHA: julio-2017

PROYECTO:	Urb. Tanya Marlene					
UBICACIÓN:	Milagro,Guayas					
MUESTRA:	1					
No. DE GOLPES POR CAPA:	25			**VOLUMEN DEL MOLDE:** 0,002316		
No. DE CAPAS: 5	**PESO DEL MARTILLO:**	10 Lbs.		**ALTURA DE CAIDA:**	18 pulg.	

No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE PENETRACION LBS			**CARGA DE PENETRACION Kg**		
1.27 mm	(0.05")	55	71	86	25	32	39
2.54 mm	(0.10")	78	108	146	36	49	66
3.81 mm	(0.15")	93	139	199	42	63	91
5.08 mm	(0.20")	108	169	230	49	77	104
7.62 mm	(0.30")	124	207	283	56	94	128
10.16 mm	(0.40")	139	230	313	63	104	142
12.70 mm	(0.50")	154	252	343	70	115	156
No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE UNITARIA LBS/plg²			**CARGA UNITARIA Kg/cm²**		
0 mm	(0,0")	0	0	0	0	0	0
1.27 mm	(0.05")	18.49	23.53	28.58	1.30	1.66	2.01
2.54 mm	(0.10")	26.06	36.15	48.76	1.84	2.55	3.44
3.81 mm	(0.15")	31.10	46.24	66.42	2.19	3.26	4.68
5.08 mm	(0.20")	36.15	56.33	76.51	2.55	3.97	5.39
7.62 mm	(0.30")	41.19	68.94	94.17	2.90	4.86	6.63
10.16 mm	(0.40")	46.24	76.51	104.26	3.26	5.39	7.35
12.7 mm	(0.50")	51.28	84.08	114.35	3.61	5.92	8.06



No. Golpes	Esfuerzo de Penetración	
	0,1 Pulg	**0,2 Pulg**
12	1.84	2.55
25	2.55	3.97
56	3.44	5.39
C.B.R.	%	
12	2.62	2.43
25	3.64	3.78
56	4.91	5.13

Observaciones:

.....

.....

Operador: .....

Calculado: .....

Verificado: .....

Anexo 16: Límites de Atterberg, utilizando 0,003% de Permazyme 11x.

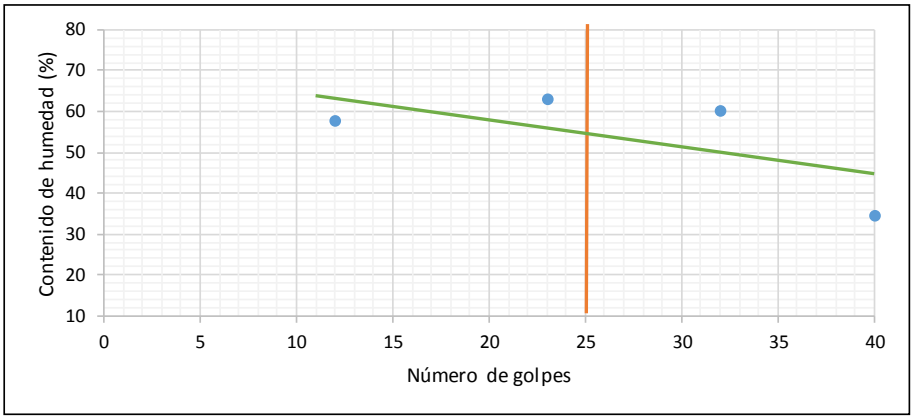
UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL
Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli
Telfono: 2281037

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO

Proyecto: Urb. Tanya Marlene, Milagro/Guayas
Perforacion **Fecha:** jul-17
Profundidad: **Muestra** 1

LIMITE LIQUIDO

MUESTRA		1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE		15	14	5	19		
RECIPIENTE + PESO HUMEDO		14.5	8.7	8.6	11.5		
RECIPIENTE + PESO SECO		13.5	7.5	6.9	9.6		
AGUA	Ww	1	1.2	1.7	1.9		
RECIPIENTE		10.6	5.5	4.2	6.3		
PESO SECO	Ws	2.9	2	2.7	3.3		
CONTENIDO DE HUMEDAD	W	34.48	60.00	62.96	57.58		
NUMERO DE GOLPES		40	32	23	12		



LIMITE PLÁSTICO

MUESTRA		1	2	3	4
RECIPIENTE		45	15	17	
RECIPIENTE + PESO HUMEDO		12.6	9.4	12.3	
RECIPIENTE + PESO SECO		11.7	8.9	11.4	
AGUA	Ww	0.9	0.5	0.9	
RECIPIENTE		8.2	6.4	8.1	
PESO SECO	Ws	3.5	2.5	3.3	
CONTENIDO DE HUMEDAD	W	25.71	20.00	27.27	
LIMITE PLASTICO		26.49			

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

OBSERVACIONES:

OPERADOR:

CALCULADO POR:

VERIFICADO POR:

WL	52.48
WP	26.49
IP	25.99

SIMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD

Anexo 17: Ensayo Proctor, tipo C. utilizando 0,003% de Permazyme 11x.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL

Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas

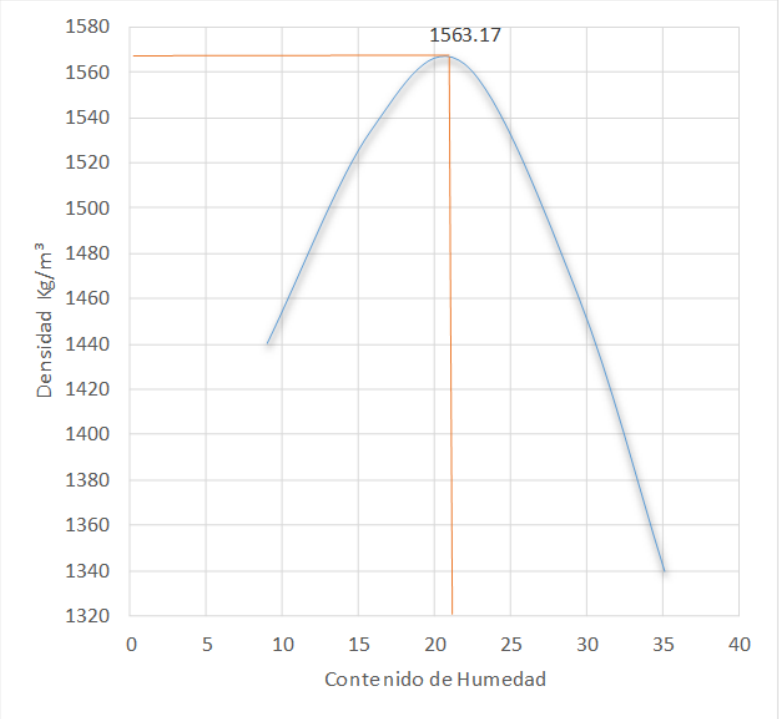
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli

Telfono: 2281037

PRUEBA PROCTOR

VOLUMEN DEL CILINDRO	0.0009	**Muestra**	1	**Fecha:**	jul-17
PESO DEL CILINDRO	4.255	**Proyecto:**	Urb. Tanya Marlene		
NUMERO DE GOLPES X CAPA	25	**Localizacion:**	Milagro-Guayas		
NUMERO DE CAPAS	5				

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HUMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	W	PESO TIERRA HUMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HUMEDA W	1+ W/ 100	PESO DE TIERRA SECA WS	DENSIDAD SECA
cm	N	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%	kg.	kg.		kg.	kg./cm³
HN	L	353.80	327.00	45.50	26.80	281.50	9.00	5.737	1.482	1.090	1.360	1440.29
150	P	355.00	312.10	40.80	42.90	271.30	15.81	5.932	1.68	1.158	1.448	1533.93
300	180	310.80	260.00	28.90	50.80	231.10	21.98	6.055	1.8	1.220	1.476	1563.17
450	ME	319.10	253.20	29.40	65.90	223.80	29.45	6.040	1.79	1.294	1.379	1460.76
600	X	296.70	227.40	30.00	69.30	197.40	35.11	5.964	1.71	1.351	1.265	1339.97



CONTENIDO NATURAL DE 9.00 %

CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

22.0 %

DENSIDAD SECA MAXIMA

1563 kg/m³

Densidad seca maxima

Muestra	Prof.	Clasificacion	Gs	Wi	Ws	Ip	%>Nº4

Dibujado por: _____ Calculado por: _____ Verificado: _____

Anexo 18: Ensayo CBR, utilizando 0,003% de Permazyme 11x.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Laboratorio de Suelos y Materiales Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli

Av. Kennedy S/N y Av. Delta - Telefono : 2281037

C.B.R - DENSIDADES

PROYECTO: Urb. Tanya Marlene.

MUESTRA: 1 **VOL. DEL ESPECIMEN (m³)** 0.00232

FECHA: jul-17

SOLICITA:

ANTES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		25	4	T
	Wh + Recipiente		292.5	301.0	289.5
	Wh + Recipiente		248.6	256.4	245.7
	Ww		43.9	44.6	43.8
	Wrecipiente		22.1	21.9	23.1
	Wseco		226.5	234.5	222.6
	W%(porcentaje de humedad)		19.4	19.0	19.7
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10.586	10.796	12.149
Peso de Molde			6.609	6.604	7.582
Peso de Suelo Húmedo		Wh	3.977	4.192	4.567
Peso del Suelo Seco		Ws	3.331	3.522	3.816
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	19.382	19.019	19.677
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1714	1807	1969
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δh	1436	1518	1645

DESPUES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		4	T	25
	Wh + Recipiente		268.0	253.0	260.8
	Wh + Recipiente		204.7	201.1	214.5
	Ww		63.3	51.9	46.3
	Wrecipiente		21.9	23.1	22.1
	Wseco		182.8	178.0	192.4
	W%(porcentaje de humedad)		34.6	29.2	24.1
Peso de Molde + Suelo Húmedo			11.132	11.235	12.455
Peso de Molde			6.609	6.604	7.582
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4.523	4.631	4.873
Peso del Suelo Seco		Ws	3.360	3.586	3.928
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	34.628	29.157	24.064
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1950	1996	2100
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δs	1448	1545	1693

% DE HINCHAMIENTO					
LECTURA INICIAL			0.035	0.028	0.023
24 HORAS			0.205	0.200	0.176
48 HORAS			0.211	0.214	0.230
72 HORAS					
96 HORAS					
	HINCHAMIENTO	%	5.867	6.200	6.900

C.B.R	%	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
Densidad Seca	δs	1436	1518	1645

Operador:

Anexo 19: CBR Penetración, con anillo utilizando 0,003% de Permazyme 11x.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

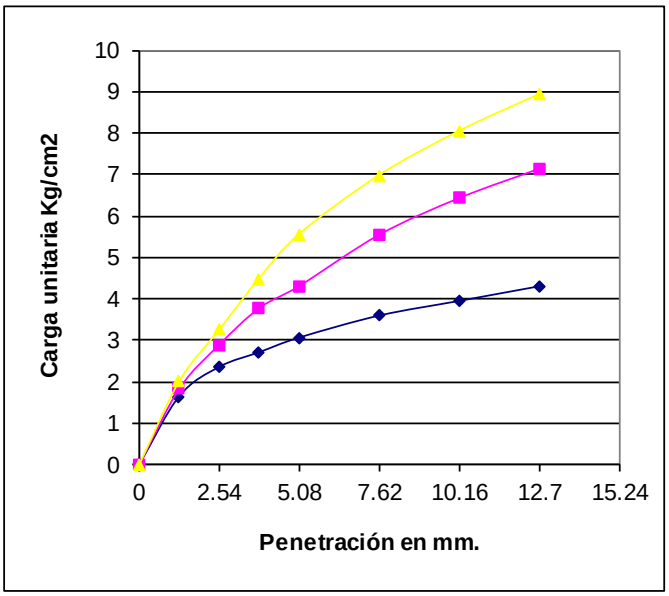
Laboratorio de Suelos y Materiales "Dr. Ing. ARNALDO RUFFILLI"

CBR PENETRACION - CON ANILLO

FECHA: julio-2017

PROYECTO:	Urb. Tanya Marlene					
UBICACIÓN:	Milagro,Guayas					
MUESTRA:	1					
No. DE GOLPES POR CAPA:	25			**VOLUMEN DEL MOLDE:** 0,002316		
No. DE CAPAS:	5	**PESO DEL MARTILLO:**	10 Lbs.	**ALTURA DE CAIDA:**	18 pulg.	

No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE PENETRACION LBS			**CARGA DE PENETRACION Kg**		
1.27 mm	(0.05")	71	78	86	32	36	39
2.54 mm	(0.10")	101	124	139	46	56	63
3.81 mm	(0.15")	116	161	192	53	73	87
5.08 mm	(0.20")	131	184	237	60	84	108
7.62 mm	(0.30")	154	237	298	70	108	135
10.16 mm	(0.40")	169	275	343	77	125	156
12.70 mm	(0.50")	184	305	381	84	139	173
No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE UNITARIA LBS/plg²			**CARGA UNITARIA Kg/cm²**		
0 mm	(0,0")	0	0	0	0	0	0
1.27 mm	(0.05")	23.53	26.06	28.58	1.66	1.84	2.01
2.54 mm	(0.10")	33.62	41.19	46.24	2.37	2.90	3.26
3.81 mm	(0.15")	38.67	53.80	63.90	2.72	3.79	4.50
5.08 mm	(0.20")	43.71	61.37	79.03	3.08	4.32	5.57
7.62 mm	(0.30")	51.28	79.03	99.21	3.61	5.57	6.99
10.16 mm	(0.40")	56.33	91.64	114.35	3.97	6.46	8.06
12.7 mm	(0.50")	61.37	101.74	126.96	4.32	7.17	8.95



No. Golpes	Esfuerzo de Penetración	
	0,1 Pulg	**0,2 Pulg**
12	2.37	3.08
25	2.90	4.32
56	3.26	5.57
C.B.R.	%	
12	3.38	2.93
25	4.15	4.12
56	4.65	5.30

Observaciones:

.....

.....

Operador: .....

Calculado: .....

Verificado: .....

Anexo 20: Límites de Atterberg, utilizando 0,006% de Permazyme 11x.

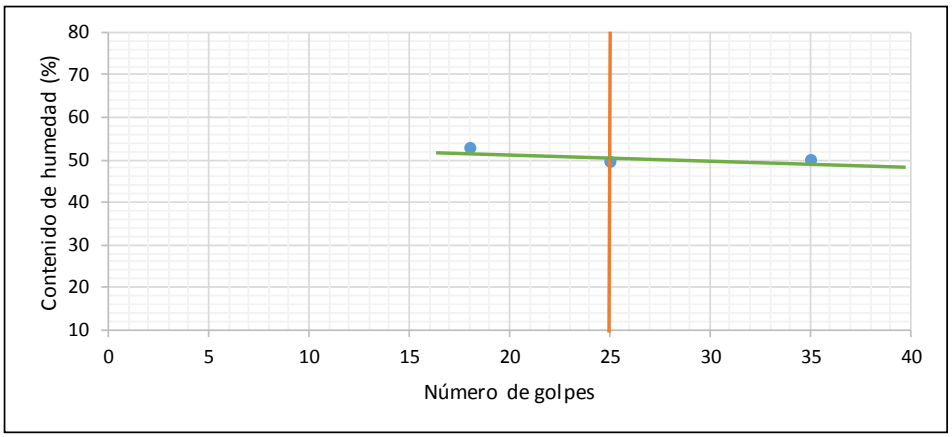
UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL
Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli
Telfono: 2281037

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLATICO

Proyecto: Urb. Tanya Marlene, Milagro/Guayas
Perforacion **Fecha:** jul-17
Profundidad: **Muestra** 1

LIMITE LIQUIDO

MUESTRA		1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE		18	174	116			
RECIPIENTE + PESO HUMEDO		18.9	23.3	17			
RECIPIENTE + PESO SECO		15.4	19.5	13.9			
AGUA	Ww	3.5	3.8	3.1			
RECIPIENTE		8.4	11.8	8			
PESO SECO	Ws	7	7.7	5.9			
CONTENIDO DE HUMEDAD	W	50.00	49.35	52.54			
NUMERO DE GOLPES		35	25	18			



LIMITE PLÁSTICO

MUESTRA		1	2	3	4
RECIPIENTE		10	200	1	
RECIPIENTE + PESO HUMEDO		11.2	15.3	19	
RECIPIENTE + PESO SECO		10.6	14.6	18.4	
AGUA	Ww	0.6	0.7	0.6	
RECIPIENTE		8	11.9	16.6	
PESO SECO	Ws	2.6	2.7	1.8	
CONTENIDO DE HUMEDAD	W	23.08	25.93	33.33	
LIMITE PLASTICO		24.50			

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

OBSERVACIONES:

OPERADOR:

CALCULADO POR:

VERIFICADO POR:

WL	50.63
WP	24.50
IP	26.13

SIMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD

Anexo 21: Ensayo Proctor, tipo C. utilizando 0,006% de Permazyme 11x.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL

Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas

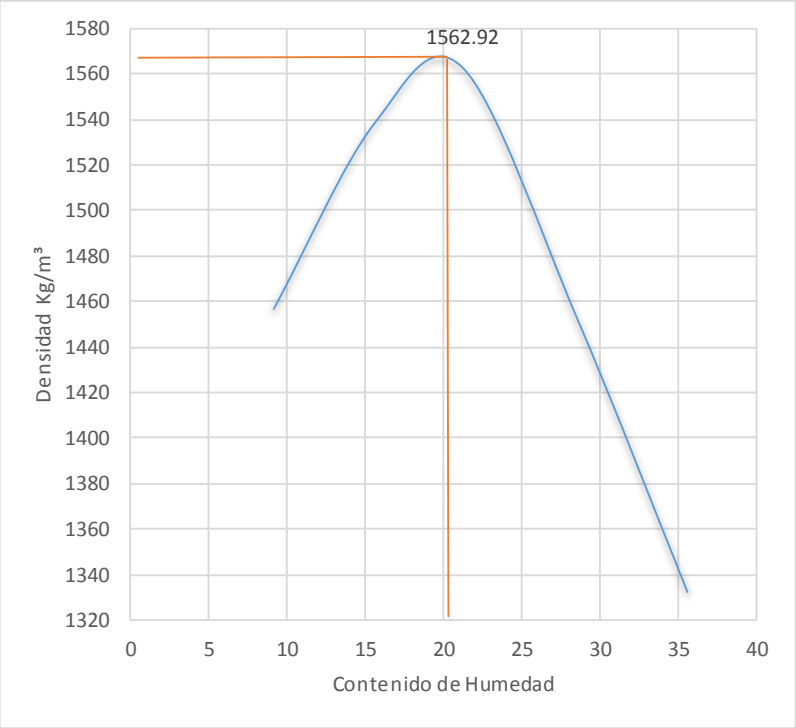
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli

Telfono: 2281037

PRUEBA PROCTOR

VOLUMEN DEL CILINDRO	0.0009	**Muestra**	1	**Fecha:**	jul-17
PESO DEL CILINDRO	4.255	**Proyecto:**	Urb. Tanya Marlene		
NUMERO DE GOLPES X CAPA	25	**Localizacion:**	Milagro-Guayas		
NUMERO DE CAPAS	5				

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HUMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	W	PESO TIERRA HUMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HUMEDA W	1+ W/ 100	PESO DE TIERRA SECA WS	DENSIDAD SECA
cm	N	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%	kg.	kg.		kg.	kg./cm³
HN	4	346.00	318.80	22.00	27.20	296.80	9.16	5.756	1.501	1.092	1.375	1456.56
150	14	333.60	292.60	29.40	41.00	263.20	15.58	5.933	1.68	1.156	1.452	1537.97
300	14	332.50	279.70	30.50	52.80	249.20	21.19	6.043	1.79	1.212	1.475	1562.92
450	F	347.30	276.60	29.30	70.70	247.30	28.59	6.017	1.76	1.286	1.370	1451.55
600	5	347.80	263.90	28.10	83.90	235.80	35.58	5.960	1.71	1.356	1.258	1332.15



CONTENIDO NATURAL DE 9.16 %

CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

21.2 %

DENSIDAD SECA MAXIMA

1563 kg/m³

Densidad seca maxima

Muestra	Prof.	Clasificacion	Gs	Wi	Ws	Ip	%>Nº4

Dibujado por: _____ Calculado por: _____ Verificado: _____

Anexo 22: Ensayo CBR, utilizando 0,006% de Permazyme 11x.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Laboratorio de Suelos y Materiales Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli

Av. Kennedy S/N y Av. Delta - Telefono : 2281037

C.B.R - DENSIDADES

PROYECTO: Urb. Tanya Marlene.

MUESTRA: 1 **VOL. DEL ESPECIMEN (m³)** 0.00232

FECHA: jul-17

SOLICITA:

ANTES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		16	9	4
	Wh + Recipiente		504.6	563.7	490.7
	Wh + Recipiente		435.1	484.8	423.5
	Ww		69.5	78.9	67.2
	Wrecipiente		94.8	93.4	95.3
	Wseco		340.3	391.4	328.2
	W%(porcentaje de humedad)		20.423	20.158	20.475
Peso de Molde + Suelo Húmedo			11.816	11.877	10.824
Peso de Molde			7.876	7.695	6.478
Peso de Suelo Húmedo		Wh	3.940	4.182	4.346
Peso del Suelo Seco		Ws	3.272	3.480	3.607
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	20.4	20.2	20.5
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1698	1803	1873
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δh	1410	1500	1555
DESPUES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		8	Y	MJ
	Wh + Recipiente		246.0	236.5	320.7
	Wh + Recipiente		188.8	188.5	258.9
	Ww		57.2	48.0	61.8
	Wrecipiente		22.7	28.8	31.1
	Wseco		166.1	159.7	227.8
	W%(porcentaje de humedad)		34.4	30.1	27.1
Peso de Molde + Suelo Húmedo			12.333	12.284	11.123
Peso de Molde			7.876	7.695	6.478
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4.457	4.589	4.645
Peso del Suelo Seco		Ws	3.315	3.528	3.654
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	34.4	30.1	27.1
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1921	1978	2002
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δs	1429	1521	1575
% DE HINCHAMIENTO					
LECTURA INICIAL			0.046	0.040	0.040
24 HORAS			0.195	0.212	0.235
48 HORAS			0.219	0.240	0.262
72 HORAS					
96 HORAS					
	HINCHAMIENTO	%	5.767	6.667	7.400

C.B.R	%	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
Densidad Seca	δs	1410	1500	1555

Operador:

Anexo 23: CBR Penetración, con anillo utilizando 0,006% de Permazyme 11x.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

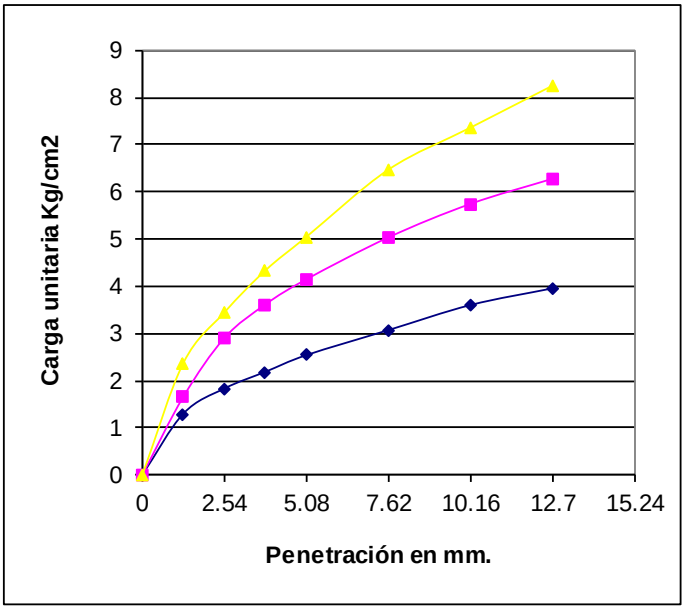
Laboratorio de Suelos y Materiales "Dr. Ing. ARNALDO RUFFILLI"

CBR PENETRACION - CON ANILLO

FECHA: julio-2017

PROYECTO:	Urb. Tanya Marlene				
UBICACIÓN:	Milagro,Guayas				
MUESTRA:	1				
No. DE GOLPES POR CAPA:	25		**VOLUMEN DEL MOLDE:** 0,002316		
No. DE CAPAS: 5	**PESO DEL MARTILLO:**	10 Lbs.	**ALTURA DE CAIDA:**	18 pulg.	

No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE PENETRACION LBS			**CARGA DE PENETRACION Kg**		
1.27 mm	(0.05")	55	71	101	25	32	46
2.54 mm	(0.10")	78	124	146	36	56	66
3.81 mm	(0.15")	93	154	184	42	70	84
5.08 mm	(0.20")	108	177	214	49	80	97
7.62 mm	(0.30")	131	214	275	60	97	125
10.16 mm	(0.40")	154	245	313	70	111	142
12.70 mm	(0.50")	169	267	351	77	122	159
No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE UNITARIA LBS/plg²			**CARGA UNITARIA Kg/cm²**		
0 mm	(0,0")	0	0	0	0	0	0
1.27 mm	(0.05")	18.49	23.53	33.62	1.30	1.66	2.37
2.54 mm	(0.10")	26.06	41.19	48.76	1.84	2.90	3.44
3.81 mm	(0.15")	31.10	51.28	61.37	2.19	3.61	4.32
5.08 mm	(0.20")	36.15	58.85	71.46	2.55	4.15	5.04
7.62 mm	(0.30")	43.71	71.46	91.64	3.08	5.04	6.46
10.16 mm	(0.40")	51.28	81.55	104.26	3.61	5.75	7.35
12.7 mm	(0.50")	56.33	89.12	116.87	3.97	6.28	8.23



No. Golpes	Esfuerzo de Penetración	
	0,1 Pulg	**0,2 Pulg**
12	1.84	2.55
25	2.90	4.15
56	3.44	5.04
C.B.R.	%	
12	2.62	2.43
25	4.15	3.95
56	4.91	4.80

Observaciones:

.....

.....

Operador: .....

Calculado: .....

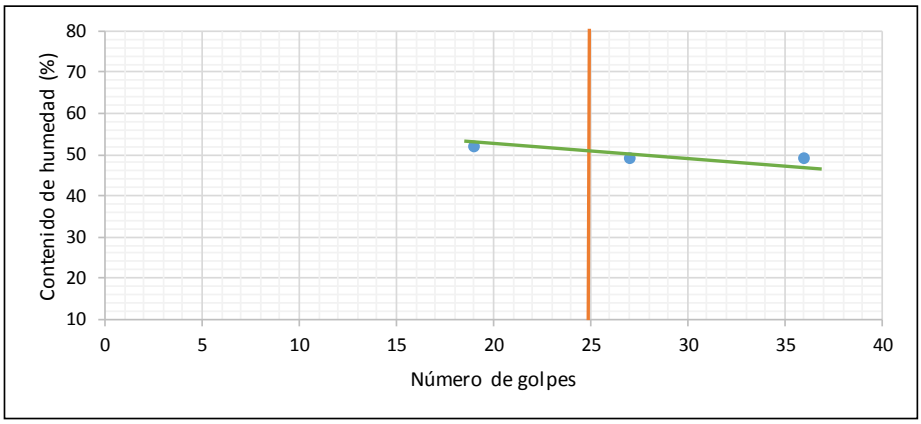
Verificado: .....

Anexo 24: Límites de Atterberg. utilizando 0,009% de Permazyme 11x.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli Telfono: 2281037	**ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLATICO** **Proyecto:** Urb. Tanya Marlene, Milagro/Guayas **Perforacion** **Fecha:** jul-17 **Profundidad:** **Muestra** 1

LIMITE LIQUIDO

MUESTRA		1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE		8	11	10			
RECIPIENTE + PESO HUMEDO		16.7	17	16.8			
RECIPIENTE + PESO SECO		14	14.1	13.7			
AGUA	Ww	2.7	2.9	3.1			
RECIPIENTE		8.5	8.2	7.7			
PESO SECO	Ws	5.5	5.9	6			
CONTENIDO DE HUMEDAD	W	49.09	49.15	51.67			
NUMERO DE GOLPES		36	27	19			



LIMITE PLÁSTICO

MUESTRA		1	2	3	4
RECIPIENTE		A	C	x	
RECIPIENTE + PESO HUMEDO		13.4	13.2	13.4	
RECIPIENTE + PESO SECO		12.4	12.1	12.6	
AGUA	Ww	1	1.1	0.8	
RECIPIENTE		8.7	7.8	8.5	
PESO SECO	Ws	3.7	4.3	4.1	
CONTENIDO DE HUMEDAD	W	27.03	25.58	19.51	
LIMITE PLASTICO		24.04			

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

OBSERVACIONES:

OPERADOR:

CALCULADO POR:

VERIFICADO POR:

WL	49.97
WP	24.04
IP	25.93

SIMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD

Anexo 25: Ensayo Proctor tipo C, utilizando 0,009% de Permazyme 11x.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL

Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas

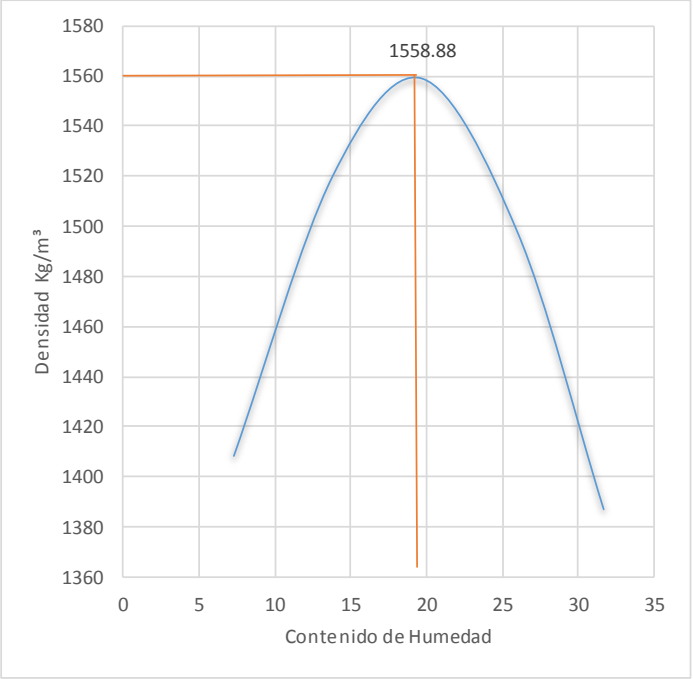
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli

Telfono: 2281037

PRUEBA PROCTOR

VOLUMEN DEL CILINDRO	0.0009	**Muestra**	1	**Fecha:**	jul-17
PESO DEL CILINDRO	4.24	**Proyecto:**	Urb. Tanya Marlene		
NUMERO DE GOLPES X CAPA	25	**Localizacion:**	Milagro-Guayas		
NUMERO DE CAPAS	5				

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HUMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	W	PESO TIERRA HUMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HUMEDA W	1+ W/100	PESO DE TIERRA SECA WS	DENSIDAD SECA
cm	N	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%	kg.	kg.		kg.	kg./cm³
HN	4	387.80	364.00	39.50	23.80	324.50	7.33	5.667	1.427	1.073	1.329	1408.36
150	14	396.10	352.40	36.50	43.70	315.90	13.83	5.873	1.63	1.138	1.435	1519.65
300	14	393.10	335.00	40.60	58.10	294.40	19.74	6.002	1.76	1.197	1.472	1558.88
450	F	401.40	328.00	46.30	73.40	281.70	26.06	6.022	1.78	1.261	1.414	1497.52
600	5	304.80	247.70	67.80	57.10	179.90	31.74	5.965	1.73	1.317	1.309	1387.07



CONTENIDO NATURAL DE
7.33 %
CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

19.7 %

DENSIDAD SECA MAXIMA

1559 kg/m³

Densidad seca maxima

Muestra	Prof.	Clasificacion	Gs	Wi	Ws	Ip	%>Nº4

Dibujado por: _____ Calculado por: _____ Verificado: _____

Anexo 26: Ensayo CBR, utilizando 0,009% de Permazyme 11x.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Laboratorio de Suelos y Materiales Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli

Av. Kennedy S/N y Av. Delta - Telefono : 2281037

C.B.R - DENSIDADES

PROYECTO: Urb. Tanya Marlene.

MUESTRA: 1 **VOL. DEL ESPECIMEN (m³)** 0.00232

FECHA: jul-17

SOLICITA:

ANTES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		5	3	14
	Wh + Recipiente		478.0	471.1	484.9
	Wh + Recipiente		415.0	410.1	421.2
	Ww		63.0	61.0	63.7
	Wrecipiente		94.0	99.2	95.7
	Wseco		321.0	310.9	325.5
	W%(porcentaje de humedad)		19.63	19.62	19.57
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10.454	9.778	11.391
Peso de Molde			6.485	5.649	7.000
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4.0	4.1	4.4
Peso del Suelo Seco		Ws	3.3	3.5	3.7
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	19.6	19.6	19.6
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1711	1780	1893
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δh	1430	1488	1583
DESPUES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		25	V	h
	Wh + Recipiente		241.2	350.0	268.5
	Wh + Recipiente		184.8	276.4	215.6
	Ww		56.4	73.6	52.9
	Wrecipiente		22.1	30.1	22.9
	Wseco		162.7	246.3	192.7
	W%(porcentaje de humedad)		34.7	29.9	27.5
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10.995	10.192	11.727
Peso de Molde			6.485	5.649	7.000
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4.510	4.543	4.727
Peso del Suelo Seco		Ws	3.349	3.498	3.709
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	34.67	29.88	27.45
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1944	1958	2038
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δs	1444	1508	1599
% DE HINCHAMIENTO					
LECTURA INICIAL			0.025	0.025	0.040
24 HORAS			0.198	0.215	0.183
48 HORAS			0.209	0.222	0.245
72 HORAS					
96 HORAS					
	HINCHAMIENTO	%	6.13	6.57	6.83

C.B.R	%	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
Densidad Seca	δs	1430	1488	1583

Operador:

Anexo 27: CBR Penetración, con anillo utilizando 0,009% de Permazyme 11x.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

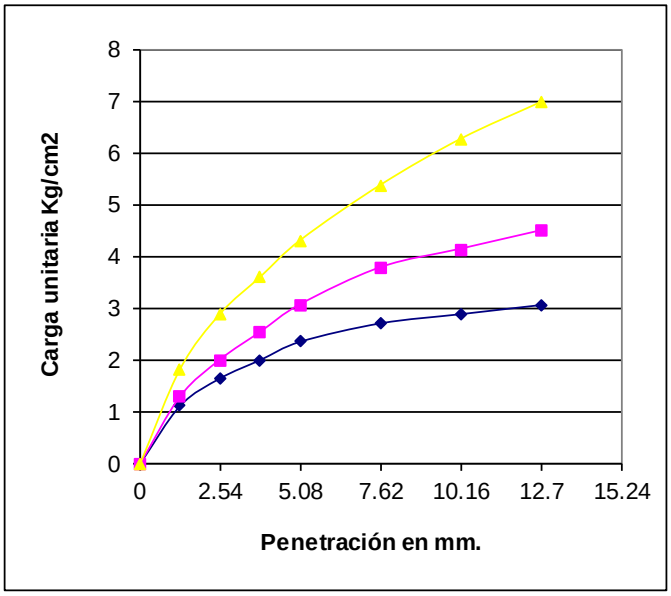
Laboratorio de Suelos y Materiales "Dr. Ing. ARNALDO RUFFILLI"

CBR PENETRACION - CON ANILLO

FECHA: julio-2017

PROYECTO:	Urb. Tanya Marlene				
UBICACIÓN:	Milagro,Guayas				
MUESTRA:	1				
No. DE GOLPES POR CAPA:	25		**VOLUMEN DEL MOLDE:** 0,002316		
No. DE CAPAS: 5	**PESO DEL MARTILLO:**	10 Lbs.	**ALTURA DE CAIDA:**	18 pulg.	

No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE PENETRACION LBS			**CARGA DE PENETRACION Kg**		
1.27 mm	(0.05")	48	55	78	22	25	36
2.54 mm	(0.10")	71	86	124	32	39	56
3.81 mm	(0.15")	86	108	154	39	49	70
5.08 mm	(0.20")	101	131	184	46	60	84
7.62 mm	(0.30")	116	161	230	53	73	104
10.16 mm	(0.40")	124	177	267	56	80	122
12.70 mm	(0.50")	131	192	298	60	87	135
No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE UNITARIA LBS/plg²			**CARGA UNITARIA Kg/cm²**		
0 mm	(0,0")	0	0	0	0	0	0
1.27 mm	(0.05")	15.96	18.49	26.06	1.12	1.30	1.84
2.54 mm	(0.10")	23.53	28.58	41.19	1.66	2.01	2.90
3.81 mm	(0.15")	28.58	36.15	51.28	2.01	2.55	3.61
5.08 mm	(0.20")	33.62	43.71	61.37	2.37	3.08	4.32
7.62 mm	(0.30")	38.67	53.80	76.51	2.72	3.79	5.39
10.16 mm	(0.40")	41.19	58.85	89.12	2.90	4.15	6.28
12.7 mm	(0.50")	43.71	63.90	99.21	3.08	4.50	6.99



No. Golpes	Esfuerzo de Penetración	
	0,1 Pulg	**0,2 Pulg**
12	1.66	2.37
25	2.01	3.08
56	2.90	4.32
C.B.R.	%	
12	2.37	2.26
25	2.88	2.93
56	4.15	4.12

Observaciones:

Operador:

Calculado:

Verificado:

RESULTADOS DE LABORATORIO

UTILIZANDO MEZCLAS CON CAL

Anexo 28: Límites de Atterberg, utilizando 3% de CAL.

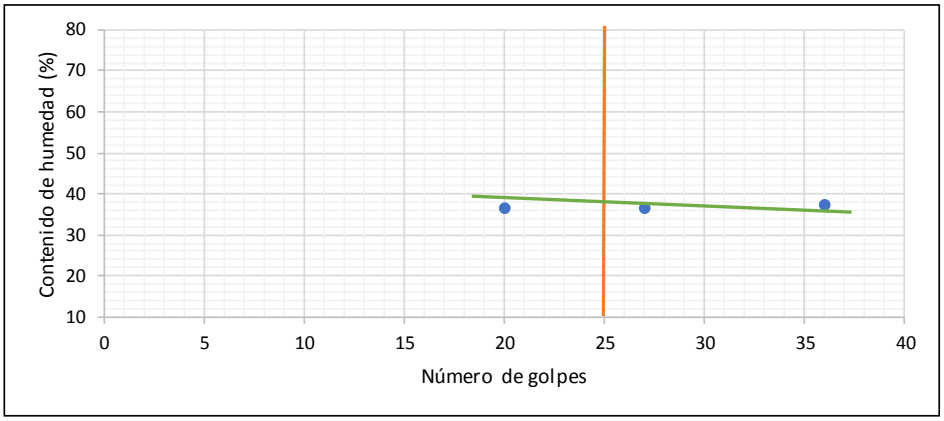
UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL
Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli
Telfono: 2281037

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLATICO

Proyecto: Urb. Tanya Marlene, Milagro/Guayas
Perforacion: 1 **Fecha:** sep-17
Profundidad: 1.5 **Muestra:** 1

LIMITE LIQUIDO

MUESTRA			1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE			15	X	11			
RECIPIENTE + PESO HUMEDO			21.1	21.3	23.8			
RECIPIENTE + PESO SECO			17.2	17.7	19.6			
	AGUA	Ww	3.9	3.6	4.2			
	RECIPIENTE		6.7	7.8	8			
	PESO SECO	Ws	10.5	9.9	11.6			
CONTENIDO DE HUMEDAD		W	37.14	36.36	36.21			
NUMERO DE GOLPES			36	20	27			



LIMITE PLÁSTICO

MUESTRA			1	2	3	4
RECIPIENTE			32	5	O	
RECIPIENTE + PESO HUMEDO			11.9	12	11.7	
RECIPIENTE + PESO SECO			11	10.9	10.5	
	AGUA	Ww	0.9	1.1	1.2	
	RECIPIENTE		6.9	6.7	6.5	
	PESO SECO	Ws	4.1	4.2	4	
CONTENIDO DE HUMEDAD		W	21.95	26.19	30.00	
LIMITE PLASTICO			26.05			

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

OBSERVACIONES:

OPERADOR:

CALCULADO POR:

VERIFICADO POR:

WL	36.57
WP	26.05
IP	10.52

SIMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD

Anexo 29: Ensayo Proctor, tipo C. utilizando 3% de CAL.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL

Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas

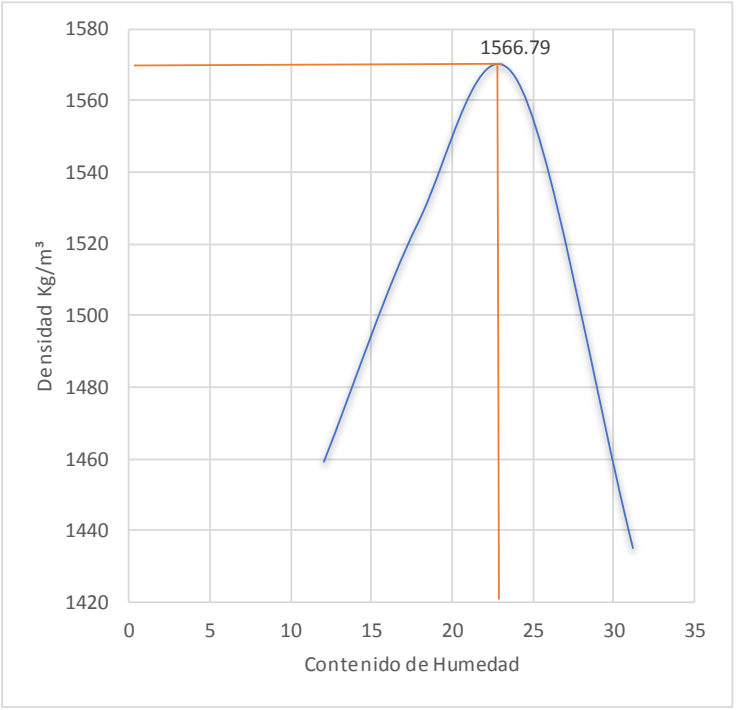
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli

Telfono: 2281037

PRUEBA PROCTOR

VOLUMEN DEL CILINDRO	0.0009	**Muestra**	1	**Fecha:**	sep-17
PESO DEL CILINDRO	4.242	**Proyecto:**	Urb. Tanya Marlene		
NUMERO DE GOLPES X CAPA	25	**Localizacion:**	Milagro,Guayas		
NUMERO DE CAPAS	5				

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HUMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	W	PESO TIERRA HUMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HUMEDA W	1+ W/ 100	PESO DE TIERRA SECA WS	DENSIDAD SECA
cm	N	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%	kg.	kg.		kg.	kg./cm³
HN	MJ	237.80	214.70	22.70	23.10	192.00	12.03	5.785	1.543	1.120	1.377	1459.00
150	25	223.20	192.70	22.10	30.50	170.60	17.88	5.940	1.7	1.179	1.440	1525.92
300	T	230.20	190.30	23.10	39.90	167.20	23.86	6.074	1.83	1.239	1.479	1566.79
450	4	234.10	183.70	22.10	50.40	161.60	31.19	6.019	1.78	1.312	1.355	1434.90



CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD

12.03 %

CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

23.9 %

DENSIDAD SECA MAXIMA

1567 kg/m³

Densidad seca maxima

Muestra	Prof.	Clasificacion	Gs	Wi	Ws	Ip	%>Nº4

Dibujado por: _____ Calculado por: _____ Verificado: _____

Anexo 30: Ensayo CBR, utilizando 3% de CAL.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Laboratorio de Suelos y Materiales Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli

Av. Kennedy S/N y Av. Delta - Telefono : 2281037

C.B.R - DENSIDADES

PROYECTO: Urb. Tanya Marlene.

MUESTRA: 1 **VOL. DEL ESPECIMEN (m³)** 0.00232

FECHA: sep-17

SOLICITA:

ANTES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		13	3	4
	Wh + Recipiente		427.3	384.0	371.7
	Wh + Recipiente		374.7	337.5	328.0
	Ww		52.6	46.5	43.7
	Wrecipiente		96.5	99.2	95.3
	Wseco		278.2	238.3	232.7
	W%(porcentaje de humedad)		18.9	19.5	18.8
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10.323	10.468	11.792
Peso de Molde			6.550	6.500	7.576
Peso de Suelo Húmedo		Wh	3.773	3.968	4.216
Peso del Suelo Seco		Ws	3.173	3.320	3.549
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	18.907	19.513	18.780
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1626	1710	1817
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δh	1368	1431	1530

DESPUES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		J	I	1
	Wh + Recipiente		339.2	241.5	304.4
	Wh + Recipiente		261.4	194.6	252.1
	Ww		77.8	46.9	52.3
	Wrecipiente		39.5	37.1	54.7
	Wseco		221.9	157.5	197.4
	W%(porcentaje de humedad)		35.1	29.8	26.5
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10.851	10.930	12.125
Peso de Molde			6.550	6.500	7.576
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4.301	4.430	4.549
Peso del Suelo Seco		Ws	3.184	3.414	3.596
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	35.061	29.778	26.494
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1854	1909	1961
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δs	1373	1471	1550

% DE HINCHAMIENTO					
LECTURA INICIAL			0.029	0.038	0.014
24 HORAS			0.077	0.101	0.093
48 HORAS			0.077	0.101	0.093
72 HORAS			0.076	0.101	0.093
96 HORAS					
	HINCHAMIENTO	%	1.175	1.575	1.975

C.B.R	%	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
Densidad Seca	δs	1368	1431	1530

Operador:

Anexo 31: CBR Penetración, con pistón utilizando 3% de CAL.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

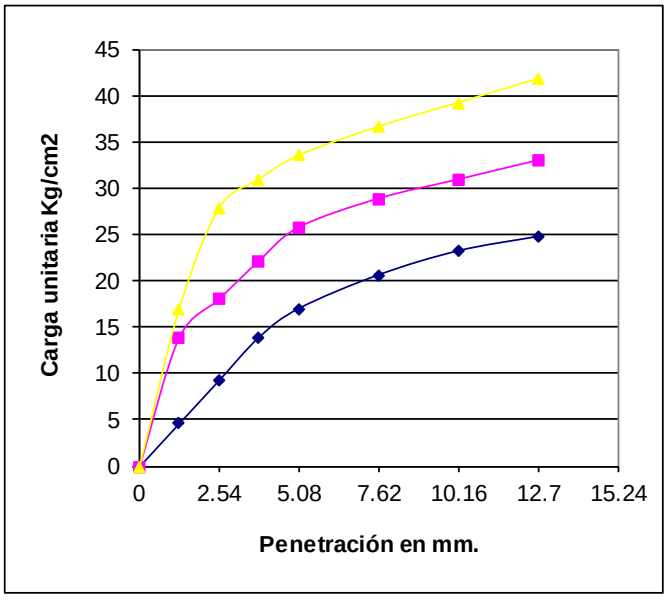
Laboratorio de Suelos y Materiales "Dr. Ing. ARNALDO RUFFILLI"

CBR PENETRACION

FECHA: sep-17

PROYECTO:	Urb. Tanya Marlene					
UBICACIÓN:	Milagro,Guayas					
MUESTRA:	1					
No. DE GOLPES POR CAPA:	25			**VOLUMEN DEL MOLDE:** 0,002316		
No. DE CAPAS:	5	**PESO DEL MARTILLO:**	10 Lbs.	**ALTURA DE CAIDA:**	18 pulg.	

No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE PENETRACION LBS			**CARGA DE PENETRACION Kg**		
1.27 mm	(0.05")	198	594	726	90	270	330
2.54 mm	(0.10")	396	770	1188	180	350	540
3.81 mm	(0.15")	594	946	1320	270	430	600
5.08 mm	(0.20")	726	1100	1430	330	500	650
7.62 mm	(0.30")	880	1232	1562	400	560	710
10.16 mm	(0.40")	990	1320	1672	450	600	760
12.70 mm	(0.50")	1056	1408	1782	480	640	810
No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE UNITARIA LBS/plg²			**CARGA UNITARIA Kg/cm²**		
0 mm	(0,0")	0	0	0	0	0	0
1.27 mm	(0.05")	66.00	198.00	242.00	4.65	13.95	17.05
2.54 mm	(0.10")	132.00	256.67	396.00	9.30	18.08	27.90
3.81 mm	(0.15")	198.00	315.33	440.00	13.95	22.22	31.00
5.08 mm	(0.20")	242.00	366.67	476.67	17.05	25.83	33.58
7.62 mm	(0.30")	293.33	410.67	520.67	20.67	28.93	36.68
10.16 mm	(0.40")	330.00	440.00	557.33	23.25	31.00	39.27
12.7 mm	(0.50")	352.00	469.33	594.00	24.80	33.07	41.85



No. Golpes	Esfuerzo de Penetración	
	0,1 Pulg	**0,2 Pulg**
12	9.30	17.05
25	18.08	25.83
56	27.90	33.58
C.B.R.	%	
12	13.29	16.24
25	25.83	24.60
56	39.86	31.99

Observaciones:

Operador:

Calculado:

Verificado:

Anexo 32: Límites de Atterberg, utilizando 4.5% de CAL.

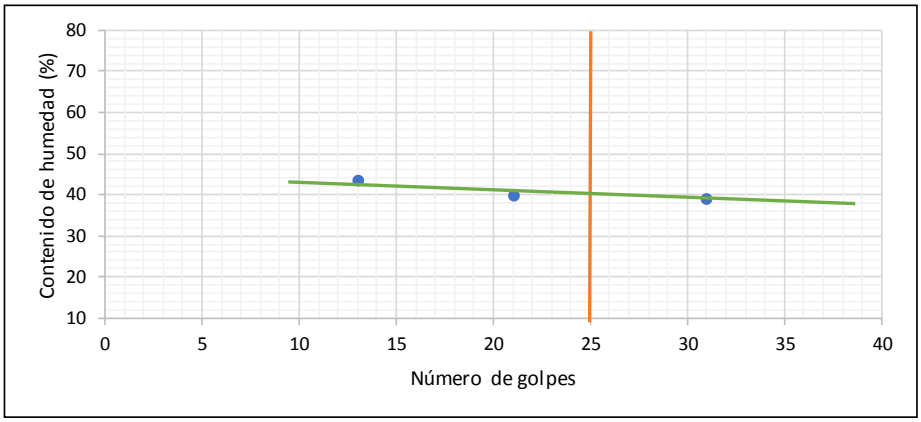
UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL
Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli
Telfono: 2281037

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLATICO

Proyecto: Urb. Tanya Marlene, Milagro/Guayas
Perforacion: 1 **Fecha:** sep-17
Profundidad 1.5 **Muestra** 1

LIMITE LIQUIDO

MUESTRA			1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE			18	Z	C			
RECIPIENTE + PESO HUMEDO			23.2	18.4	22.9			
RECIPIENTE + PESO SECO			18.8	15.1	18.3			
	AGUA	Ww	4.4	3.3	4.6			
	RECIPIENTE		8.6	6.8	6.4			
	PESO SECO	Ws	10.2	8.3	11.9			
CONTENIDO DE HUMEDAD		W	43.14	39.76	38.66			
NUMERO DE GOLPES			13	21	31			



LIMITE PLÁSTICO

MUESTRA			1	2	3	4
RECIPIENTE			12	34	LL	
RECIPIENTE + PESO HUMEDO			10.8	12.9	12.1	
RECIPIENTE + PESO SECO			9.9	11.7	10.6	
	AGUA	Ww	0.9	1.2	1.5	
	RECIPIENTE		6.7	8	6.7	
	PESO SECO	Ws	3.2	3.7	3.9	
CONTENIDO DE HUMEDAD		W	28.13	32.43	38.46	
LIMITE PLASTICO			33.01			

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

OBSERVACIONES:

OPERADOR:

CALCULADO POR:

VERIFICADO POR:

WL	40.52
WP	33.01
IP	7.51

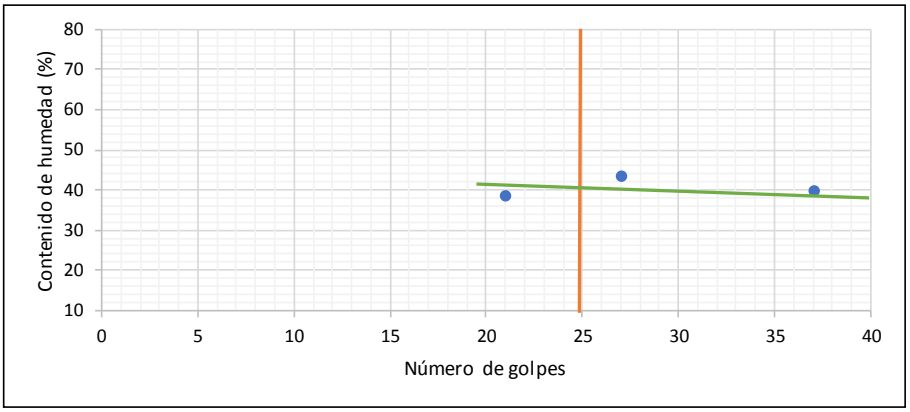
SIMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD

Anexo 33: Límites de Atterberg, utilizando 4,5% de CAL. Se repitió el ensayo puesto que el límite líquido dio un valor alto en comparación con la dosificación del 3% de cal.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli Telfono: 2281037	ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLATICO **Proyecto:** Urb. Tanya Marlene, Milagro/Guayas **Perforacion:** 1 **Fecha:** sep-17 **Profundidad** 1.5 **Muestra:** 1

LIMITE LIQUIDO

MUESTRA		1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE		x	3	4			
RECIPIENTE + PESO HUMEDO		23.1	25.5	28.4			
RECIPIENTE + PESO SECO		19	20.7	22.4			
AGUA	Ww	4.1	4.8	6			
RECIPIENTE		8.6	8.2	8.5			
PESO SECO	Ws	10.4	12.5	13.9			
CONTENIDO DE HUMEDAD	W	39.42	38.40	43.17			
NUMERO DE GOLPES		37	21	27			



LIMITE PLÁSTICO

MUESTRA		1	2	3	4	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
RECIPIENTE		8	H	9		
RECIPIENTE + PESO HUMEDO		14.3	13.1	15.3		
RECIPIENTE + PESO SECO		12.5	12	13.7		
AGUA	Ww	1.8	1.1	1.6		
RECIPIENTE		8	8.4	8.4		
PESO SECO	Ws	4.5	3.6	5.3		
CONTENIDO DE HUMEDAD	W	40.00	30.56	30.19		
LIMITE PLASTICO		33.58				

OBSERVACIONES:

OPERADOR:

CALCULADO POR:

VERIFICADO POR:

WL	40.33
WP	33.58
IP	6.75

SIMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD

Anexo 34: Ensayo Proctor, tipo C. utilizando 4,5% de CAL.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL

Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas

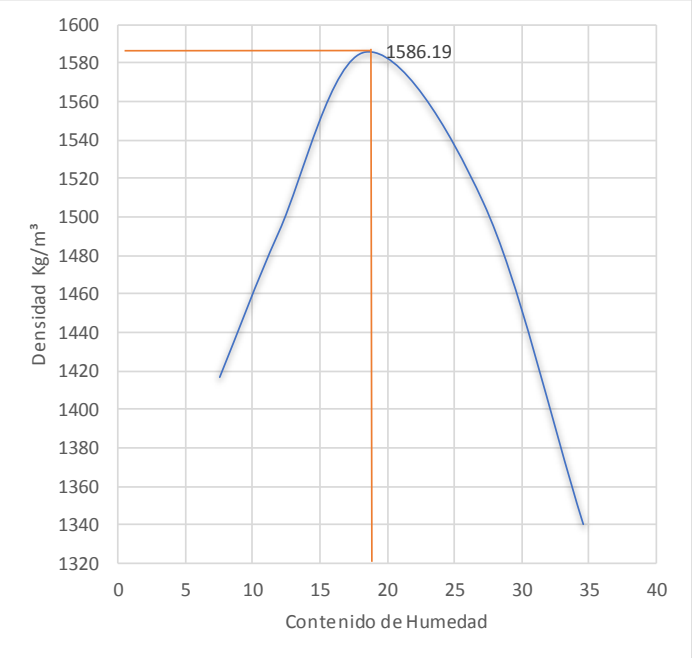
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli

Telfono: 2281037

PRUEBA PROCTOR

VOLUMEN DEL CILINDRO	0.0009	**Muestra**	1	**Fecha:**	sep-17
PESO DEL CILINDRO	4.242	**Proyecto:**	Urb. Tanya Marlene		
NUMERO DE GOLPES X CAPA	25	**Localizacion:**	Milagro,Guayas		
NUMERO DE CAPAS	5				

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HUMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	W	PESO TIERRA HUMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HUMEDA W	1+ W/ 100	PESO DE TIERRA SECA WS	DENSIDAD SECA
cm	N	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%	kg.	kg.		kg.	kg./cm³
HN	F	391.70	366.70	36.70	25.00	330.00	7.58	5.681	1.439	1.076	1.338	1417.01
150	41	332.80	301.10	36.50	31.70	264.60	11.98	5.820	1.58	1.120	1.409	1492.77
300	9	482.50	413.80	40.60	68.70	373.20	18.41	6.015	1.77	1.184	1.497	1586.19
450	V	373.20	303.40	46.30	69.80	257.10	27.15	6.052	1.81	1.271	1.424	1507.97
600	B	348.80	276.60	67.80	72.20	208.80	34.58	5.945	1.7	1.346	1.265	1340.50



CONTENIDO NATURAL DE 7.58 %

CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

18.4 %

DENSIDAD SECA MAXIMA

1586 kg/m³

Densidad seca maxima

Muestra	Prof.	Clasificacion	Gs	Wi	Ws	Ip	%>Nº4

Dibujado por: _____ Calculado por: _____ Verificado: _____

Anexo 35: Ensayo CBR, utilizando 4,5% de CAL.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Laboratorio de Suelos y Materiales Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli

Av. Kennedy S/N y Av. Delta - Telefono : 2281037

C.B.R - DENSIDADES

PROYECTO: Urb. Tanya Marlene.

MUESTRA: 1 **VOL. DEL ESPECIMEN (m³)** 0.00232

FECHA: sep-17

SOLICITA:

ANTES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		X	I	J
	Wh + Recipiente		353.7	366.1	365.5
	Wh + Recipiente		299.5	310.6	310.8
	Ww		54.2	55.5	54.7
	Wrecipiente		41.6	37.1	39.5
	Wseco		257.9	273.5	271.3
	W%(porcentaje de humedad)		21.0	20.3	20.2
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10.429	11.577	12.265
Peso de Molde			6.485	7.531	7.873
Peso de Suelo Húmedo		Wh	3.944	4.046	4.392
Peso del Suelo Seco		Ws	3.259	3.363	3.655
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	21.016	20.293	20.162
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1700	1744	1893
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δh	1405	1450	1575
DESPUES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		10	3	4
	Wh + Recipiente		396.1	368.4	379.0
	Wh + Recipiente		323.6	305.4	319.9
	Ww		72.5	63.0	59.1
	Wrecipiente		99.0	99.7	96.3
	Wseco		224.6	205.7	223.6
	W%(porcentaje de humedad)		32.3	30.6	26.4
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10.944	12.004	12.580
Peso de Molde			6.485	7.531	7.873
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4.459	4.473	4.707
Peso del Suelo Seco		Ws	3.371	3.424	3.723
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	32.280	30.627	26.431
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1922	1928	2029
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δs	1453	1476	1605
% DE HINCHAMIENTO					
LECTURA INICIAL			0.035	0.030	0.020
24 HORAS			0.054	0.070	0.060
48 HORAS			0.064	0.075	0.071
72 HORAS			0.064	0.075	0.077
96 HORAS					
	HINCHAMIENTO	%	0.725	1.125	1.425

C.B.R	%	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
Densidad Seca	δs	1405	1450	1575

Operador:

Anexo 36: CBR Penetración, con pistón utilizando 4,5% de CAL.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

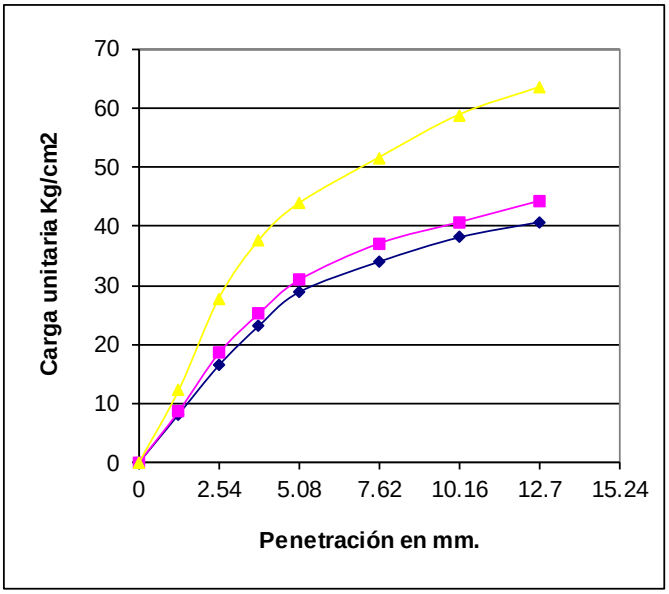
Laboratorio de Suelos y Materiales "Dr. Ing. ARNALDO RUFFILLI"

CBR PENETRACION

FECHA: sep-17

PROYECTO:	Urb. Tanya Marlene				
UBICACIÓN:	Milagro,Guayas				
MUESTRA:	1				
No. DE GOLPES POR CAPA:	25		**VOLUMEN DEL MOLDE:** 0,002316		
No. DE CAPAS: 5	**PESO DEL MARTILLO:**	10 Lbs.	**ALTURA DE CAIDA:**	18 pulg.	

No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE PENETRACION LBS			**CARGA DE PENETRACION Kg**		
1.27 mm	(0.05")	352	374	528	160	170	240
2.54 mm	(0.10")	704	792	1188	320	360	540
3.81 mm	(0.15")	990	1078	1606	450	490	730
5.08 mm	(0.20")	1232	1320	1870	560	600	850
7.62 mm	(0.30")	1452	1584	2200	660	720	1000
10.16 mm	(0.40")	1628	1738	2508	740	790	1140
12.70 mm	(0.50")	1738	1892	2706	790	860	1230
No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE UNITARIA LBS/plg²			**CARGA UNITARIA Kg/cm²**		
0 mm	(0,0")	0	0	0	0	0	0
1.27 mm	(0.05")	117.33	124.67	176.00	8.27	8.78	12.40
2.54 mm	(0.10")	234.67	264.00	396.00	16.53	18.60	27.90
3.81 mm	(0.15")	330.00	359.33	535.33	23.25	25.32	37.72
5.08 mm	(0.20")	410.67	440.00	623.33	28.93	31.00	43.92
7.62 mm	(0.30")	484.00	528.00	733.33	34.10	37.20	51.67
10.16 mm	(0.40")	542.67	579.33	836.00	38.23	40.82	58.90
12.7 mm	(0.50")	579.33	630.67	902.00	40.82	44.44	63.55



No. Golpes	Esfuerzo de Penetración	
	0,1 Pulg	**0,2 Pulg**
12	16.53	28.93
25	18.60	31.00
56	27.90	43.92
C.B.R.	%	
12	23.62	27.56
25	26.57	29.53
56	39.86	41.83

Observaciones:

.....

.....

Operador: .....

Calculado: .....

Verificado: .....

Anexo 37: Límites de Atterberg, utilizando 6% de CAL.

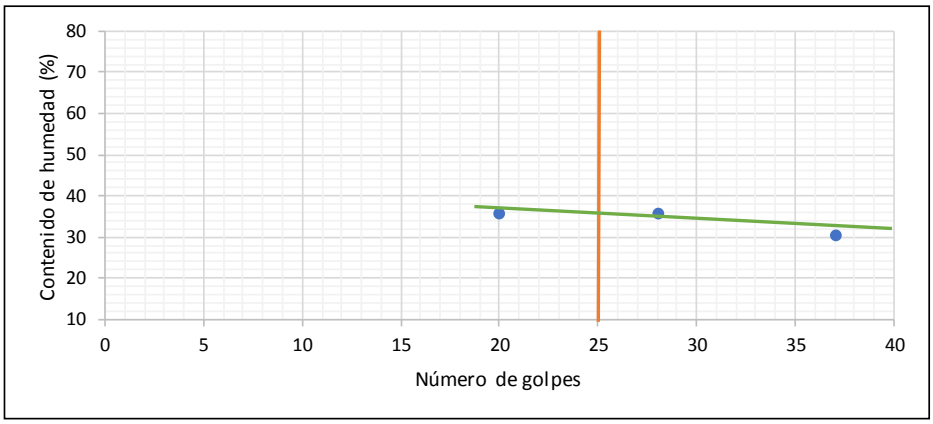
UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL
Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli
Telfono: 2281037

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLATICO

Proyecto: Urb. Tanya Marlene, Milagro/Guayas
Perforacion: 1 **Fecha:** sep-17
Profundidad 1.5 **Muestra:** 1

LIMITE LIQUIDO

MUESTRA			1	2	3	4	5	6
RECIPIENTE			19	32	19			
RECIPIENTE + PESO HUMEDO			18.9	16.8	17.1			
RECIPIENTE + PESO SECO			15.7	14.5	15			
	AGUA	Ww	3.2	2.3	2.1			
	RECIPIENTE		6.7	8	8.1			
	PESO SECO	Ws	9	6.5	6.9			
CONTENIDO DE HUMEDAD		W	35.56	35.38	30.43			
NUMERO DE GOLPES			20	28	37			



LIMITE PLÁSTICO

MUESTRA			1	2	3	4
RECIPIENTE			A	22	M	
RECIPIENTE + PESO HUMEDO			12.8	12.9	11.6	
RECIPIENTE + PESO SECO			11.6	11.8	10.5	
	AGUA	Ww	1.2	1.1	1.1	
	RECIPIENTE		7.9	7.8	6.7	
	PESO SECO	Ws	3.7	4	3.8	
CONTENIDO DE HUMEDAD		W	32.43	27.50	28.95	
LIMITE PLASTICO			29.63			

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

OBSERVACIONES:

OPERADOR:

CALCULADO POR:

VERIFICADO POR:

WL	33.79
WP	29.63
IP	4.17

SIMBOLO DE LA CARTA DE PLASTICIDAD

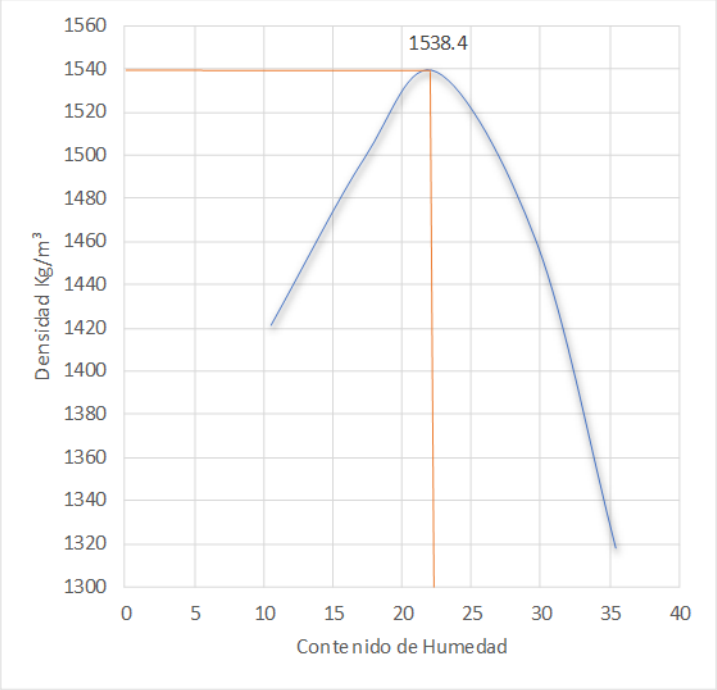
Anexo 38: Ensayo Proctor, tipo C. utilizando 6% de CAL.

UNIVERDIDAD DE GUAYAQUIL
Facultad de Ciencias Matematicas y Fisicas
Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli
Telfono: 2281037

PRUEBA PROCTOR

VOLUMEN DEL CILINDRO	0.0009	**Muestra**	1	**Fecha:**	sep-17
PESO DEL CILINDRO	4.242	**Proyecto:**	Urb. Tanya Marlene		
NUMERO DE GOLPES X CAPA	25	**Localizacion:**	Milagro,Guayas		
NUMERO DE CAPAS	5				

CANTIDAD DE AGUA	RECIPIENTE	PESO TIERRA HUMEDA + RECIPIENTE	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE	PESO DE RECIPIENTE	PESO DE AGUA	PESO SECO	W	PESO TIERRA HUMEDA + CILINDRO	PESO TIERRA HUMEDA W	1+W/100	PESO DE TIERRA SECA WS	DENSIDAD SECA
cm	N	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	%	kg.	kg.		kg.	kg./cm³
HN	No	362.50	332.30	45.70	30.20	286.60	10.54	5.725	1.483	1.105	1.342	1421.2
150	Y	263.00	228.50	28.80	34.50	199.70	17.28	5.901	1.66	1.173	1.415	1498.5
300	50	272.80	228.30	30.50	44.50	197.80	22.50	6.021	1.78	1.225	1.452	1538.4
450	200	271.10	215.90	30.10	55.20	185.80	29.71	6.029	1.79	1.297	1.378	1459.4
600	H	326.30	257.10	61.70	69.20	195.40	35.41	5.927	1.69	1.354	1.244	1318.1



CONTENIDO NATURAL DE
10.54 %
CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD

22.5 %

DENSIDAD SECA MAXIMA

1538 kg/m³

Densidad seca maxima

Muestra	Prof.	Clasificacion	Gs	Wi	Ws	Ip	%>Nº4

Dibujado por: _____ Calculado por: _____ Verificado: _____

Anexo 39: Ensayo CBR, utilizando 6% de CAL.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Laboratorio de Suelos y Materiales Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli

Av. Kennedy S/N y Av. Delta - Telefono : 2281037

C.B.R - DENSIDADES

PROYECTO: Urb. Tanya Marlene.

MUESTRA: 1 **VOL. DEL ESPECIMEN (m³)** 0.00232

FECHA: sep-17

SOLICITA:

ANTES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		J	X	I
	Wh + Recipiente		377.8	390.7	300.3
	Wh + Recipiente		327.8	337.3	259.6
	Ww		50.0	53.4	40.7
	Wrecipiente		39.5	40.6	37.1
	Wseco		288.3	296.7	222.5
	W%(porcentaje de humedad)		17.3	18.0	18.3
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10.266	11.568	12.233
Peso de Molde			6.532	7.695	7.876
Peso de Suelo Húmedo		Wh	3.734	3.873	4.357
Peso del Suelo Seco		Ws	3.182	3.282	3.683
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	17.343	17.998	18.292
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1609	1669	1878
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δh	1372	1415	1588

DESPUES DE LA INMERSIÓN					
			12 Golpes x capa	25 Golpes x capa	56 Golpes x capa
HUMEDAD	Recipiente N		E	7	F
	Wh + Recipiente		196.5	165.6	224.6
	Wh + Recipiente		150.9	132.0	180.6
	Ww		45.6	33.6	44.0
	Wrecipiente		29.1	29.9	30.0
	Wseco		121.8	102.1	150.6
	W%(porcentaje de humedad)		37.4	32.9	29.2
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10.837	12.080	12.585
Peso de Molde			6.532	7.695	7.876
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4.305	4.385	4.709
Peso del Suelo Seco		Ws	3.132	3.299	3.644
Contenido de agua = Wh/1+0,01W%		W%	37.438	32.909	29.216
Densidad Húmeda = Wh/Volum.		δh	1856	1890	2030
Densidad Seca = Dh/1+0,01W%		δs	1350	1422	1571

% DE HINCHAMIENTO					
LECTURA INICIAL			0.038	0.017	0.038
24 HORAS			0.105	0.082	0.101
48 HORAS			0.105	0.081	0.101
72 HORAS			0.102	0.080	0.100
96 HORAS					
	HINCHAMIENTO	%	1.600	1.575	1.550

C.B.R	%	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
Densidad Seca	δs	1372	1415	1588

Operador:

Anexo 40: CBR Penetración, con pistón utilizando 6% de CAL.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

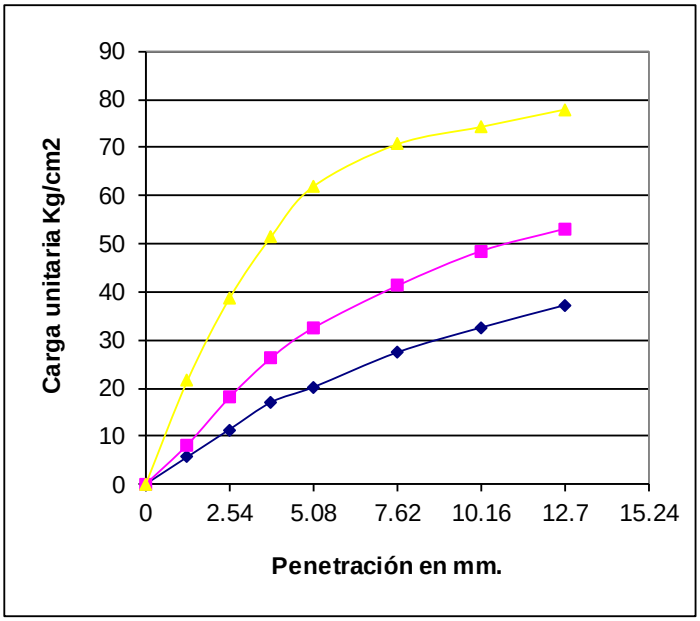
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

Laboratorio de Suelos y Materiales "Dr. Ing. ARNALDO RUFFILLI"

CBR PENETRACION

				FECHA: sep-17	
PROYECTO:		Urb. Tanya Marlene			
UBICACIÓN:		Milagro,Guayas			
MUESTRA:		1			
No. DE GOLPES POR CAPA:		25		**VOLUMEN DEL MOLDE:** 0,002316	
No. DE CAPAS:	5	**PESO DEL MARTILLO:**	10 Lbs.	**ALTURA DE CAIDA:**	18 pulg.

No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE PENETRACION LBS			**CARGA DE PENETRACION Kg**		
1.27 mm	(0.05")	242	352	924	110	160	420
2.54 mm	(0.10")	484	770	1650	220	350	750
3.81 mm	(0.15")	726	1122	2200	330	510	1000
5.08 mm	(0.20")	858	1386	2640	390	630	1200
7.62 mm	(0.30")	1166	1760	3014	530	800	1370
10.16 mm	(0.40")	1386	2068	3168	630	940	1440
12.70 mm	(0.50")	1584	2266	3322	720	1030	1510
No. DE ENSAYO		**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**3**
		CARGA DE UNITARIA LBS/plg²			**CARGA UNITARIA Kg/cm²**		
0 mm	(0,0")	0	0	0	0	0	0
1.27 mm	(0.05")	80.67	117.33	308.00	5.68	8.27	21.70
2.54 mm	(0.10")	161.33	256.67	550.00	11.37	18.08	38.75
3.81 mm	(0.15")	242.00	374.00	733.33	17.05	26.35	51.67
5.08 mm	(0.20")	286.00	462.00	880.00	20.15	32.55	62.00
7.62 mm	(0.30")	388.67	586.67	1004.67	27.38	41.34	70.79
10.16 mm	(0.40")	462.00	689.33	1056.00	32.55	48.57	74.40
12.7 mm	(0.50")	528.00	755.33	1107.33	37.20	53.22	78.02



No. Golpes	Esfuerzo de Penetración	
	0,1 Pulg	**0,2 Pulg**
12	11.37	20.15
25	18.08	32.55
56	38.75	62.00
C.B.R.	%	
12	16.24	19.19
25	25.83	31.00
56	55.36	59.05

Observaciones:

Operador:

Calculado:

Verificado:

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

Presidencia de la República del Ecuador — Plan Nacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes — senescyt		
REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS		
TÍTULO Y SUBTÍTULO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE EL USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS Y MEZCLAS CON CAL, EN LA URBANIZACIÓN TANYA MARLENE UBICADA EN LA CIUDAD DE MILAGRO, PROVINCIA DEL GUAYAS.		
AUTORES: María Esperanza Santander Zambrano Jorge Cristóbal Yávar Rodríguez	**TUTORA:** Ing. Judith Chalén Medina **REVISORES:**	
INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil	**FACULTAD:** Ciencias Matemáticas y Físicas	
CARRERA: Ingeniería Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	**No. DE PÁGS:** 147	
TÍTULO OBTENIDO: Ingeniero Civil		
ÁREAS TEMÁTICAS: Experimental		

RESUMEN: El presente proyecto de investigación tiene como principal objeto puntualizar los procesos de estabilización de suelo mediante el uso de dos agentes estabilizadores: enzimas orgánicas, con el producto Permazyme 11x y la adición de cal, aplicado a un suelo arcilloso a nivel de subrasante. El suelo arcilloso empleado para realizar estos métodos de estabilización se obtuvo en la ciudad de Milagro, Provincia del Guayas, en la Ciudadela Tanya Marlene ubicada en el km 4 vía al 26. Se realizaron dos extracciones tomando muestras a distintas profundidades (0,50 y 1,00 m). Se generaron los ensayos respectivos para caracterización de suelos de subrasante como: ensayos de granulometría y límites de Atterberg, que sirvieron para la clasificación por medio de los métodos SUCS y AASHTO. Además, se realizó el ensayo Proctor Modificado Tipo C, el cual describe la densidad máxima y la humedad óptima del suelo, parámetros requeridos para encontrar la capacidad portante C.B.R. (Relación de Soporte California). Se utilizó diferentes porcentajes de enzimas orgánicas y de cal, para obtener una dosis óptima, con finalidad de optimizar las propiedades del suelo arcilloso, de la misma manera se comparó las muestras estabilizadas con estos agentes y de este modo seleccionar la mejor alternativa, basados en el costo y beneficio, esto mediante un ejemplo de diseño de pavimento flexible aplicando los porcentajes óptimos obtenidos.

No. DE REGISTRO (en base de datos):	**No. DE CLASIFICACIÓN:**	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO
CONTACTO CON AUTOR/ES	**Teléfono:** 0978706366 0939807189	**E-mail:** me_santander@hotmail.com crz396@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	**Nombre:** Secretaría de la Facultad	
	Teléfono: 04-228-3348	
	E-mail: fmatemat@ug.edu.ec	