



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

**“APLICACIÓN DE ROCAMIX LÍQUIDO AL SUELO
PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN
LA CARRETERA LAMBAYEQUE – SAN JOSÉ”**

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor:

Bach. Rodriguez Sanchez, Rodrigo Galo.

<https://orcid.org/0000-0002-8658-9316>

Asesor:

Dra. Sotomayor Nunura Gioconda Del Socorro.

<https://orcid.org/0000-0001-6082-0893>

Línea de Investigación:

Ingeniería de Procesos

Pimentel – Perú.

2019

APLICACIÓN DE ROCAMIX LÍQUIDO AL SUELO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA LAMBAYEQUE – SAN JOSE.

Presentado por:

Br. Rodríguez Sánchez, Rodrigo Galo.
Autor

Asesor:

Dra. Sotomayor Nunura Gioconda del Socorro.
Asesor metodológico

Aprobado por:

Mg. Idrogo Pérez Cesar Antonio
Presidente del jurado de tesis

Mg. Tepe Atoche Víctor Manuel
Secretario del jurado de tesis

Mg. Villegas Granados, Luis Mariano
Vocal del jurado de tesis

DEDICATORIA

Han pasado muchos años desde que inicie esta hermosa carrera, compartiendo gratos momentos con buenos compañeros, que luego se volvieron amigos, con grandes docentes, que gracias a sus enseñanzas logre adquirir buenos conocimientos que me ayudaran a mi futuro profesional.

Este trabajo se lo dedico a mis padres (TINA y GALO) por todo su amor y paciencia de todos estos años que gracias a su esfuerzo logre culminar esta profesión, por haberme guiado por un buen camino, infinitamente los amo.

Rodríguez Sánchez, Rodrigo Galo.

AGRADECIMIENTO

A la USS, por darnos grandes docentes y buenas instalaciones que nos sirvió para nuestra formación de pregrado, laboratorios bien equipados que nos ayudó en la formación para el desarrollo de nuestros ensayos, pasando de la teoría en la práctica.

A la escuela de ingeniería civil por el apoyo mostrado durante largos buenos años de aprendizaje, al Dr. Ing. Omar Coronado Zuloeta que durante años fue nuestro director de escuela, y ahora al Msc. Ing. Pedro Sócrates Muños que nos desarrolló con grandes enseñanzas para el desarrollo de esta investigación.

A los docentes que nos condujeron buenas ideas para el desarrollo e interpretación de la investigación.

Al técnico del laboratorio de ingeniería civil, el Tco. Wilson Olaya Aguilar por la ayuda necesaria en buenos momentos del desarrollo de la investigación, en los ensayos correspondientes, del cual nos ayudó a culminar esta investigación.

A mis familiares y amigos que me incentivaron a siempre seguir adelante para desarrollar de nuestras metas establecidas.

Rodríguez Sánchez, Rodrigo Galo.

RESUMEN

Uno de los problemas que se presentan ahora en las carreteras no asfaltadas que están a nivel de subrasante en muchos lugares del Perú, se han considerado las conexiones entre pueblo y ciudades; como no mencionar lo que ocurre después de cada fenómeno del niño, después de cada gran lluvia que puede caer en algún punto, por eso esta investigación se basó en mejorar el suelo para aumentar su capacidad portante para que luego de cada fenómeno sea mínimo el desastre que puede ocurrir, con un costo mucho menor a lo que normal cuesta volver a realizar.

En la carretera Lambayeque-San José, se determinaron ciertos puntos para obtener su capacidad portante y agregándole el aditivo para mejorarlo a nivel de subrasante.

Se realizó los ensayos obligatorios para el uso del aditivo que se utilizara en esta investigación (Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR), para así saber su debida clasificación ASSTHO, SUCS y para saber la dosificación que manda los parámetros del aditivo.

El aditivo utilizado en esta investigación es Rocamix, un líquido de alta tecnología comparado a los que hoy en día se utilizan usualmente, el cual permite el mejoramiento del terreno.

Finalmente, luego de realizar la granulometría para establecer la clasificación y tipo de suelo se emplearon distintas dosificaciones de aditivo líquido Rocamix, además de suelo natural y se logró determinar la dosis eficiente para mejorar la subrasante en la carretera Lambayeque San José.

Palabras claves

Subrasante, Rocamix, Aditivo, Capacidad portante.

ABSTRACT

One of the problems that now appear in the unpaved roads that are at the subgrade level in many places in Peru, the connections between town and cities have been considered; how not to mention what happens after each phenomenon of the child, after each great rain that can fall at some point, that is why this research was based on improving the soil to increase its bearing capacity so that after each phenomenon the disaster is minimal that can happen, at a cost much less than what it normally costs to do again.

On the Lambayeque-San José highway, certain points were determined to obtain its bearing capacity and adding the additive to improve it at the subgrade level.

The mandatory tests were carried out for the use of the additive to be used in this investigation (Granulometry, Atterberg Limits, modified Proctor and CBR), in order to know its proper ASSTHO, SUCS classification and to know the dosage that the additive parameters command.

The additive used in this research is Rocamix, a high-tech liquid compared to those that are usually used today, which allows the improvement of the land.

Finally, after carrying out the granulometry to establish the classification and type of soil, different dosages of Rocamix liquid additive were used, in addition to natural soil, and it was possible to determine the efficient dose to improve the subgrade on the Lambayeque San José highway.

Keywords:

Subgrade, Rocamix, Additive, Bearing capacity.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	iv
ABSTRACT	vi
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática.....	13
1.1.1. Nivel Internacional.....	13
1.1.2. Nivel Nacional.....	14
1.1.3. Nivel Local.....	15
1.2. Formulación del problema	16
1.3. Hipótesis.....	16
1.4. Delimitación de la investigación	16
1.5. Justificación e importancia.....	17
1.5.1. Justificación.....	17
1.5.1.1. Justificación tecnológica	17
1.5.1.2. Justificación social	18
1.5.1.3. Justificación económica	18
1.5.1.4. Justificación ambiental.....	18
1.5.2. Importancia.....	18
1.6. Objetivos	19
1.6.1. Objetivo general	19
1.6.2. Objetivos especificados.....	19
1.7. Marco Conceptual	19
CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO	29
2.1. Antecedentes de la investigación	30
2.1.1. Nivel Internacional.....	30
2.1.2. Nivel Nacional.....	30
2.1.3. Nivel Local.....	31
2.2. Tipo y diseño de la investigación.....	32
2.2.1. Tipo de investigación	32

2.2.2.	Diseño de investigación	32
2.2.3.	Métodos de investigación.....	32
2.3.	Población y muestra	32
2.3.1.	Variables y operacionalización.....	33
	Variable independiente.....	33
2.3.2.	Variable dependiente.....	33
2.4.	Operacionalización de variables.	34
2.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	35
2.5.1.	Técnicas de recolección de datos.....	35
2.5.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	35
2.5.3.	Procedimiento de recolección de datos.....	36
2.6.	Aspectos éticos	38
2.7.	Criterios de rigor científico	38
	CAPITULO III: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS	40
3.	Resultados en tablas y gráficos.	41
3.1.1.	Localizar los puntos de investigación de suelos a mejorar mediante la aplicación de Rocamix líquido al suelo en la carretera Lambayeque – San José.....	41
3.1.2	Determinar el proctor por calicata, para luego elegir el proctor patrón adecuado para el mejoramiento de la subrasante en la carretera Lambayeque – San José.	43
3.1.3.	Determinar la dosificación adecuada de Rocamix Líquido y cemento para el mejoramiento de la capacidad portante y compararlo con el suelo del terreno natural en la carretera Lambayeque – San José.....	49
3.1.4.	Comparar los resultados obtenidos en el objetivo anterior en base a la dosificación que especifica los patrones del Rocamix para obtener el mejoramiento de la subrasante en la carretera Lambayeque - San José.....	73
3.1.3.1.	Costo del proyecto.....	88
3.2.	Discusión de resultados.....	89
	CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
4.	Conclusiones.	92
5.	Recomendaciones.	93
	ANEXOS	94
	Referencias bibliográficas.....	99

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1: Puntos de calicatas carretera Lambayeque – San José Fuente: Google Earth</i>	<i>16</i>
<i>Figura 1.2: Rocamix Líquido Fuente: Internet- businessdocbox.com</i>	<i>20</i>
<i>Figura 1.4: Motoniveladora. (smac). Fuente: Internet.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 1.5: Aplicación del Rocamix + agua. Fuente: Internet.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 1.6: Repartición del cemento. Fuente: Internet</i>	<i>25</i>
<i>Figura 1.7: Mezcla. Fuente Internet</i>	<i>26</i>
<i>Figura 1.8: Compactación. Fuente: Internet</i>	<i>26</i>
<i>Figura 1.9: Suelo ya petrificado. Fuente: Internet.</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2.10: Diagrama de flujo.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 3.11: Zona de estudio.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 3.12: Calicata N°1, se encontró un estrato.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 3.13: Calicata N°2, se encontró un estrato.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 3.14: Calicata N° 3, se encontró un estrato.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 3.15: 5.5 Kg. De muestra para vaciar en el molde del proctor.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 3.16: Aplicación de 56 golpes por capa en el molde para el ensayo del proctor.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 3.17: Toma del peso del molde con el suelo compactado.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 3.18: Se extrae una muestra del proctor para obtener su contenido de humedad.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 3.19: Curva del proctor – Calicata N°1.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 3.20: Curva del proctor – calicata N° 2</i>	<i>47</i>
<i>Figura 3.21: Curva del proctor – calicata N° 3</i>	<i>48</i>
<i>Figura 3.22: Gráfico de la unión de las 3 curvas para hallar el proctor patrón.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 3.23: Aplicación del OCH.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 3.24: División de una tanda en 5 partes</i>	<i>50</i>
<i>Figura 3.25: Lectura de dial antes del curado.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 3.26: Moldes para su respectiva penetración del ensayo.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 3.28: Tomando datos del ensayo correspondiente.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 3.29:</i>	<i>52</i>
<i>Figura 3.30: Gráfico Carga - Penetración de 56, 25, 12 golpes.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 3.31: Datos obtenidos del ensayo de CBR.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 3.32: Gráfico Carga - Penetración de 56, 25, 12 golpes.....</i>	<i>62</i>

<i>Figura 3.33: Datos obtenidos del ensayo de CBR</i>	<i>63</i>
<i>Figura 3.34: Gráfico Carga - Penetración de 56, 25, 12 golpes.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 3.35: Datos obtenidos del ensayo de CBR.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 3.36: Gráfico Carga penetración de 56, 25, 12 golpes.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 3.37: Datos obtenidos del ensayo de CBR.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 3.38: Variación del CBR.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 3.39: Variación del CBR.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 3.40: Curva granulométrica – Calicata N°1</i>	<i>76</i>
<i>Figura 3.41: Curva de fluidez.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 3.42: Curva granulométrica – Calicata N°1</i>	<i>80</i>
<i>Figura 3.43: Curva de fluidez.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 3.44: Curva granulométrica – Calicata N°3</i>	<i>84</i>
<i>Figura 3.45: Curva de fluidez.....</i>	<i>86</i>

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1: Clasificación para los suelos según el fabricante del producto</i>	23
<i>Tabla 1.2: Dosis del Producto concentrado por m³ de suelo</i>	23
<i>Tabla 1.3: Dosis de cemento por m³ de suelo</i>	23
<i>Tabla 1.4: Dosis para su aplicación del producto liquido Rocamix</i>	24
<i>Tabla 1.5: Dosis para su aplicación del producto aditivo cemento</i>	24
<i>Tabla 2.6: Operacionalización de variable</i>	34
<i>Tabla 3.7: Tabla de datos de calicata del Proctor N° 1</i>	45
<i>Tabla 3.8: Tabla de datos del Proctor – Calicata N° 2</i>	46
<i>Tabla 3.9: Datos de Proctor – calicata N° 3</i>	47
<i>Tabla 3.10: Tablas de datos de CBR de suelo natural</i>	53
<i>Tabla 3.11: Coeficientes del marco de CBR de 50 KN</i>	55
<i>Tabla 3.12: Resultados del CBR</i>	56
<i>Tabla 3.13: Tablas de datos de CBR de suelo natural + 0.40 l/m³ + 20 kg/m³</i>	60
<i>Tabla 3.14: Resultados del CBR</i>	63
<i>Tabla 3.15: Tabla de datos de CBR de suelo natural + 0.50 l/m³ + 20 kg/m³</i>	64
<i>Tabla 3.16: Resultados del CBR</i>	67
<i>Tabla 3.17: Tabla de datos de CBR de suelo natural + 0.60 l/m³ + 20 kg/m³</i>	68
<i>Tabla 3.18: Tabla de resultados de CBR</i>	71
<i>Tabla 3.19: Tabla final de comparación de resultados de CBR</i>	72
<i>Tabla 3.20: Tabla variación del CBR</i>	72
<i>Tabla 3.21: Tabla de granulometría de Calicata N°1</i>	75
<i>Tabla 3.22: Tabla para hallar el límite Atterberg</i>	77
<i>Tabla 3.23: Tabla de granulometría de Calicata N°2</i>	79
<i>Tabla 3.24: Tabla para hallar el límite Atterberg</i>	81
<i>Tabla 3.25: Tabla de granulometría de Calicata N°3</i>	83
<i>Tabla 3.26: Tabla para hallar el límite Atterberg</i>	85
<i>Tabla 3.27: Tabla resumen de clasificación de suelos por calicata</i>	87
<i>Tabla 3.28: Cuadro resumen de CBR</i>	87
<i>Tabla 29 COSTO POR KM DE CARRETERA</i>	88

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Una de las actividades con mayor impacto e incidencia en la realización de obras de infraestructura, es la construcción de carreteras, ya que contribuye de una forma muy eficiente dentro de su rubro y ayuda a mejorar las calidades de vida.

En esta investigación se hace referencia a la mejora de la subrasante para contar con mejores vías de comunicación ya que esto ayudará a mejorar la economía de los lugares de dicho estudio.

Es por ello que las vías (carreteras) deben estar en óptimas condiciones para dar seguridad y garantía del terreno en estudio, se debe asegurar que la estructura por la que este conformada sea segura y duradera, sino se requerirá un movimiento de tierras.

1.1.1. Nivel Internacional

Colombia

Molina (2012) informa que la infraestructura vial en el departamento de Boyacá – Colombia es pobre, de 8.914 kilómetros de carreteras que tiene, solo el 7% está pavimentado, los otros son secciones sin tapas y regularmente intransitables.

Según las autoridades sectoriales esta posición es hoy en día el factor principal que impide el avance en la región. El sector agropecuario no tiene forma de trasladar productos a los lugares de consumo, por la pobre situación vial y el elevado coste del transporte

Del mismo modo, a pesar de la reflexión de Boyacá sobre su potencial turístico, ha experimentado una actividad emergente porque las carreteras, en lugar de conducir, retrasan su desarrollo

El Ministerio de Obras Públicas (MOP), la Secretaria de Obras Públicas y Valorización (SOPV) y el Fondo Nacional de Caminos Vecinales (FCV) son las organizaciones encargadas del mantenimiento y la conservación.

El MOP da servicio a 2500 km de carreteras, 650 de las cuales están pavimentadas, sin embargo, las condiciones de esta carretera son deplorables, como es el caso de la carretera El Sisga – Guateque, donde no hay mantenimiento.

La Secretaria de Obras Públicas y Valorización es responsable de 3900 kilómetros en 777 carreteras, la gran mayoría sin asfaltar y en general en pésimo estado, lo mismo sucede con Caminos Vecinales, que es responsable de 232 rutas de 2514 kilómetros, todas en condiciones regulares y sin pavimentos.

Chile

Miranda (2017) nos dice que conforme al informe de red vial de diciembre de 2015 que fue elaborado por la Dirección de Viabilidad del Ministerio de Obras Públicas (MOP) más de 80000 kilómetros de carreteras cruzan el país, entre estas rutas, que incluyen las principales vías, las carreteras provinciales y regionales, así como los comunales, 60%, es decir 4847456 kilómetros, son de grava o tierra.

Además, existe una solución de aglutinante principal (pavimento) que tiene un 25%, como hormigón, capa protectora o asfalto, y se ha aplicado un asfalto básico en el 15%, totalizando el 40% que significa 32108 kilómetros en total de caminos pavimentados.

El ministro de Obras Públicas, Alberto Undurraga, señala que busca cancelar la deuda en infraestructura vial con la mejora de 15000 kilómetros, durante el periodo 2014-2018. De este total, los caminos básicos corresponden a 12000 kilómetros y 3000 kilómetros a itinerarios en las sociedades indígenas. “Hoy en día, lo que se ha hecho históricamente en esta área es haberse triplicado de un promedio anual de mil kilómetros a alrededor de tres mil kilómetros. Una vez que finalice el programa, en diciembre de 2018, la red vial involucrada aumentara en un 10%, llegando al 50% de las carreteras pavimentadas o con soluciones básicas”.

1.1.2. Nivel Nacional

Cusco

Según Cusco (2017), nos dice que la infraestructura vial es la más olvidada en la región Cusco, el 79% de carreteras de Cusco se encuentra en mal estado y requieren ser pavimentadas.

Para solucionar esta problemática tanto en cobertura y rehabilitación harían falta más de mil millones de soles. En cuanto a agua y saneamiento se detectó que más de 400 mil personas, en el ámbito rural no tienen acceso a una red pública de alcantarillado.

La brecha en infraestructura en los diversos sectores superaría los 13 mil 586 millones de soles. Para la Universidad Esan, los proyectos como la construcción del aeropuerto internacional de Chinchero, la ejecución de la Vía Expresa y la carretera de Santa Teresa son algunos de los proyectos pendientes que ayudarán a mejorar la infraestructura regional.

Cajamarca

Según RCR (2018) refiere que uno de los problemas difíciles que se observan en la red vial de Cajamarca se debe a que las carreteras han sido otorgada al Estado, el gobierno central, y en estos casos la región no tiene mayor acceso para intervenir y supervisar las obras de reconstrucción y mejora que se deben realizar allí, sostuvo Víctor Herrera, funcionario de la dirección regional de transporte y comunicaciones del gobierno regional de Cajamarca, en comunicación con Red de Comunicación Regional (RCR).

El funcionario reveló que en todo el interior de la región Cajamarca solo hay dos caminos pavimentados, mientras que el resto solo cuenta con afirmado local, a pesar de los enormes recursos que la región aporta al tesoro nacional. Además dice, estos caminos carecen de señalización y mantenimiento adecuado.

1.1.3. Nivel Local

En el distrito de Lambayeque se ha verificado que las calles dentro del casco urbano están asfaltadas en su mayoría, sin embargo, existen carreteras que unen el distrito de Lambayeque con localidades vecinas donde hasta la fecha no han sido atendidas por las autoridades de turno, es decir, no reúnen las condiciones para un desplazamiento cómodo, y más aún en épocas del fenómeno del niño, que suelen dañarse dejando incomunicados a los pobladores que tienen al distrito de Lambayeque como un mercado para abastecerse de sus productos de primera necesidad.

El estudio se ha realizado en la carretera que une Lambayeque y San José (3) con la primera coordenada UTM 17M 622549.06 m E – 9256290.52 m S, segunda coordenada UTM 17M 622345.24 m E – 9256178.09 m S, tercera coordenada 17M 622086.32 m E – 9256077.79 m S, al costado del molino Los Ángeles, Km 8 carretera a Lambayeque; esta carretera ha sido parcialmente compactada, según los moradores de la zona, los problemas de agrava en tiempos

del fenómeno del niño, que se vuelve intransitable debido a las fuertes lluvias que azotan la costa norte del Perú, por lo que mediante este estudio, estamos buscando la solución para mejorar las condiciones de la citada carretera y por ende darles un mejor de vida los pobladores que usan esta vía para su desplazamiento.



Figura 1.1: *Puntos de calicatas carretera Lambayeque – San José*

Fuente: Google Earth

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera la aplicación del Rocamix Líquido mejorará la subrasante en la carretera Lambayeque – San José?

1.3. Hipótesis

La aplicación del Rocamix Líquido mejorará la subrasante en la carretera Lambayeque – San José.

1.4. Delimitación de la investigación

El proyecto se llevó a cabo realizando calicatas (3) en la carretera Lambayeque – San José, con el debido permiso de la municipalidad del distrito, para poder obtener muestras de suelos y así puedan ser examinadas en laboratorio y poder cumplir con los ensayos descritos en el tema de investigación.

1.5. Justificación e importancia

1.5.1. Justificación

Según las estadísticas dadas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones en el 2016, Perú tiene el 75% de la red nacional de carreteras pavimentadas (RVN) equivalente a 17411 kilómetros, pero el 25% aun es parte de las redes secundaria y terciaria. Debido a esto, es necesario evaluar nuevos materiales resistentes, con bajos costos de mantenimiento y producción, como estabilizadores de la red terciaria del país.

Un adecuado método de mejoramiento de suelos con mayor tecnología que se logre diferenciar de los métodos comunes ya que se toma al terreno completamente definido. Los inconvenientes más comunes en los suelos para usos viales, son los minerales arcillosos que se presentan en su estructura, estos participan combinándose y con sus formas y dimensiones se obtiene un resultado que viene a ser la modificación de las particularidades del terreno que los conforma.

Estos resultados de la unión de las arcillas con el agua son el fruto de la inestabilidad de los electroquímicos en el terreno de dichas partes. Una más conforme aclaración a estas respuestas químicas brota de esta introducción de investigación, por lo tanto se puede deducir en una idea que este mejoramiento químico que en este caso es el aditivo Rocamix, es nada menos que añadir el producto exactamente elaborado para compensar las inestabilidades existentes, mediante la integración de fuertes iones + (cationes) que sustituyen los frágiles cationes agua unidos a las partículas de suelos arcillosos desuniéndolos y reemplazándolos los lugares iónicos disponibles.

1.5.1.1. Justificación tecnológica

Se demuestra de un nuevo sistema innovador que está entrando al mercado peruano, como un nuevo aditivo químico para estabilizar cualquier tipo de suelos, en carreteras proyectadas con la finalidad de formar nuevas fuentes de soluciones en la estabilización de suelos.

La implementación del proyecto de tesis permitirá la aplicación de una nueva tecnología que servirá para estabilización de suelos y podrán ser utilizados en distintos campos de la ingeniería.

Además, al usar herramientas biotecnológicas, permitirá verificar y recomendar los procedimientos más aceptables para las condiciones y características de la región Lambayeque.

1.5.1.2. Justificación social

El presente estudio, beneficiara a las poblaciones en soluciones rápidas y duraderas en la estabilización de suelos, el ingreso a nuevos lugares, transporte de sus productos, creación de centros de empleo, mejorando la economía de las personas locales.

1.5.1.3. Justificación económica

El procedimiento del Rocamix permite aumentar valores de soporte de cualquier tipo terreno, parámetros de 3 a 5 veces, en varios casos incluso mucho más que eso. Se pueden alcanzar valores de los suelos a trabajar, permitirá el ahorro del suelo de préstamo, la extracción, flete, material comprado, la economía es un aspecto importante en este tipo de proyectos para el transporte de material.

1.5.1.4. Justificación ambiental

El uso del Rocamix es demasiado simple, debido a que el terreno participa de manera primordial, se necesita en la mayoría de suelos la misma dosis de aditivo para obtener el producto requerido. La aplicación de este aditivo, permitirá:

-) Sencillez para su uso.
-) Soluciones garantizadas, anteriormente demostrados en ensayos de laboratorio.

Preservar el medio ambiente, ya que existen documentos que garantizan el cuidado ambiental.

1.5.2. Importancia

Este proyecto está enfocado en el empleo de ROCAMIX para mejorar la subrasante de la carretera que une el Distrito de Lambayeque – San José, para que sea empleado en posteriores obras.

Además se buscó evaluar la aplicación de ROCAMIX para mejorar la subrasante de los futuros proyectos a realizarse en la región.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Mejorar la subrasante mediante la aplicación de Rocamix Líquido al suelo en la carretera Lambayeque - San José.

1.6.2. Objetivos especificados

-) Localizar los puntos de investigación de suelos a mejorar mediante la aplicación de Rocamix líquido al suelo en la carretera Lambayeque – San José.
-) Determinar el proctor por calicata, para luego elegir el proctor patrón adecuado para el mejoramiento de la subrasante en la carretera Lambayeque – San José.
-) Determinar la dosificación adecuada de Rocamix Líquido y cemento para el mejoramiento de la capacidad portante y compararlo con el suelo del terreno natural en la carretera Lambayeque – San José.
-) Comparar los resultados obtenidos en el objetivo anterior en base a la dosificación que especifica los patrones del Rocamix para obtener el mejoramiento de la subrasante en la carretera Lambayeque - San José.

1.7. Marco Conceptual

1.7.1. Rocamix

1.7.1.1. Definición

El procedimiento Rocamix sirve para la estabilización de suelos y surge como nueva tecnología, aportando nuevas técnicas, y dejando de lado a los procedimientos ya muy tradicionales.

El incremento de las propiedades, como la estructura del terreno que gana a corto plazo, con el efecto del tráfico de vehículos. La solidez y aumento del terreno que ha tenido compromiso con el aditivo, la cual lleva a una mejor solidez y por ello a un ahorro con el paso del tiempo como que también el mantenimiento del suelo tratado será menor. Con el uso de suelos actos para el método Rocamix, esto ocasionara a incitar el aumento del ahorro, así como también de recursos que pueden generar mucho gasto como es el movimiento de tierras la cual lleva un porcentaje muy elevado en el presupuesto. Es por eso que este nuevo sistema de mejoramiento ayudará a la realización de muchos proyectos.



Figura 1.2: Rocamix Líquido

Fuente: Internet- businessdocbox.com

1.7.1.2. Estabilización con Rocamix Líquido

Santana (2010) manifiesta que a lo largo del tiempo se han elaborado una gran cantidad de ensayos que buscaban desarrollar el comportamiento de suelos y también impedir el cambio de suelos inadecuados por materiales que tampoco contribuirían al mejoramiento del mismo.

Los resultados usados se clasifican en:

Ligantes y gomas

Son los productos que juntan las partes del terreno como grandes intermediarios, de los cuales tenemos: cemento, cal, asfalto, polímeros y resinas.

Reactores químicos

Son los productos que estudian el cambio del terreno químicamente, respondiendo sus propiedades.

Grupos combinados

Fundamentalmente son métodos usuales, que tienen muchas deficiencias como:

-) Exigen una precisa correlación entre el área específica del terreno en estudio y la dosis de ligante.
-) Suelen ser contaminantes.
-) Ningún terreno es similar a otro pero el reactor continuamente va a requerir de un mismo medio para la reacción adecuada.
-) La gran parte de estos productos carecen de la misma deficiencia: se adhieren solo mediante algunos parámetros dependiendo el tipo de suelo clasificado por los métodos SUCS y AASTHO.

Luego de haberse realizado la granulometría del terreno, como en el resto de ensayos obligatorios se determinó las dosificaciones exactas de aditivo y cemento en conjunto para cada tipo de suelo.



Figura 1.3: Técnica de Rocamix

Fuente: Internet

1.7.1.3.Composición del sistema

Según Faubel (2011), citado por Suarez (2013), manifiesta:

El método está mezclado por una solución acuosa de aceites sulfonados que, cuando se aplica a suelos naturales, provoca cambios principalmente químicos y físicos en la estructura, que condicionan el suelo para alcanzar altos niveles de CBR y compresión; que exceda al menos cuatro veces la del suelo natural. Esto involucra una suma en capacidad de carga y rigidez al corte.

La utilidad de ROCAMIX procede encima de fragmentos de arcilla, disminuyendo la tensión superficial del agua gracias a la acción de tensioactivos potentes. La mayor parte de esta agua se despacha el a la superficie en forma de agua independiente, lo que permite que las partículas de arcilla obtengan una mejor unión durante la compactación.

El fabricante del producto no específico el nivel de arcilla que debe contener el suelo para que el método para que el sistema se aplique de manera efectiva.

El resultado de la agregación se hace efectivo después de la compresión, ya que la respuesta química solo se ocasiona por el efecto físico. La nueva composición del producto solo requiere que el suelo sobre el que se agrega implica una parte suficientemente fina para que el producto reaccione.

1.7.1.4. Mejoras que aporta el sistema

Mejora la capacidad portante de cualquier tipo de terreno, aumento su capacidad entre 3 y 5 veces.

Las mejores inmobiliarias son permanentes y visibles por el tráfico a corto plazo. Los costos de mantenimiento se reducen.

Es aplicable a cualquier tipo de suelo, activando fuerzas cohesivas y reduciendo su permeabilidad.

Se puede mezclar “in situ” o fabricas especializadas.

En el camino, los nuevos pisos obtenidos permiten una mejor transferencia de cargas de capa a otra, por lo que permiten reducciones en los cursos de desgaste de 60 a 25 mm.

Permite el uso de recursos en el sitio (humanos materiales monetarios y de tiempo.)

No daña el medio ambiente.

Es fácil de aplicar, se puede realizar con vehículos de una flota de equipos tradicionales.

Tabla 1.1: Clasificación para los suelos según el fabricante del producto

Clasificación General AASHTO	Materiales granulares (35% como máximo de la que pasa el Tamiz 200)						Material de arcilla-limo (más de 35% que pasa por el tamiz 200)				
Clasificación/ Grupos	A-1	A-1-b		A-2		A-3	A-	A-	A-	A-7	
	A-1-a	A-2-4		A-2-5	A-2-6	A-2-7	4	5	6	A-7-5	A-7-6
Tipos de suelo	Suelos buenos a regulares						Suelos regulares, malos y muy malos				
Clasificación ROCAMIX	R-1	R-1	R-2	R-2	R-2	R-3	R-3	R-3	R-3	R-3	R-3

1.7.1.5.Preparación de la mezcla

De acuerdo a la clasificación de suelos que se establece en el acápite anterior, se debe agregar determinadas porciones del producto y de cemento:

Tabla 1.2: Dosis del Producto concentrado por m³ de suelo

Suelos	Dosis (L)
R1	0,40
R2	0,50
R3	0,60

2.

Tabla 1.3: Dosis de cemento por m³ de suelo.

Suelos	Dosis (Kg.)
R1	10
R2	15-20
R3	20-25

1.7.1.6. Dosificación de los productos

Tabla 1.4: Dosis para su aplicación del producto líquido Rocamix.

DOSIS para su aplicación del producto líquido ROCAMIX	
Con la misma tierra del lugar se riega el producto Rocamix concentrado según la clasificación propia y exclusiva de Rocamix llamada R1, R2, R3, R4	
Suelo clasificado R1	0,40 litro de Rocamix concentrado por m ³ de la misma tierra del lugar.
Suelo clasificado R2	0,50 litro de Rocamix concentrado por m ³ de la misma tierra del lugar.
Suelo clasificado R3	0,50 litro de Rocamix concentrado por m ³ de la misma tierra del lugar.

Tabla 1.5: Dosis para su aplicación del producto aditivo cemento.

DOSIS para su aplicación del producto sólido aditivo CEMENTO	
En una proporción de:	
Suelo clasificado R1	10 kg de cemento por m ³ de la misma tierra del lugar.
Suelo clasificado R2	15/20 kg de cemento por m ³ de la misma tierra del lugar.
Suelo clasificado R3	25 kg de cemento por m ³ de la misma tierra del lugar.

Estas dosificaciones son establecidas por el Sistema Rocamix, el cual debe cumplir ciertos parámetros para su uso para confirmar que el suelo a tratar será favorable los efectos del aditivo.

Para el tratamiento de los suelos se debe cumplir un teorema 10+10+20, el cual significa:

10: Cuando 10% de las partículas pasan a través del tamiz 200, eso facilitará el tratamiento del suelo con Rocamix. Los otros índices se determinan a través los límites de Atterberg.

10: Un Índice de Plasticidad (IP) de al menos 10% facilitará el tratamiento del suelo.

20: Un Límite de Liquidez (LL) de al menos 20 % permitirá un % de Índice de Plasticidad (IP) superior y esto facilitará el tratamiento del suelo.

Si no se cumple el teorema mencionado se debería agregar de 3/10 % de finos arcillosos

1.7.1.7. Técnica de aplicación generalizada

Para su aplicación, el Sistema Rocamix no requiere el uso de máquinas especiales, los instrumentos tradicionales que utiliza una empresa constructora de carreteras o de movimiento de tierras pueden suministrar este producto, realizando el siguiente procedimiento:

Escarificación y nivelación del terreno.



Figura 1.3: Motoniveladora. (Smac). Fuente: Internet.

Aplicación del Rocamix + Agua.



Figura 1.4: Aplicación del Rocamix + agua. Fuente: Internet.

Repartición del cemento.



Figura 1.5: Repartición del cemento. Fuente: Internet

Mezcla.



Figura 1.6: Mezcla. Fuente Internet

Compactación.



Figura 1.7: Compactación. Fuente: Internet

Suelo ya petrificado.



Figura 1.8: Suelo ya petrificado. Fuente: Internet.

1.7.1.8. Efectos del Sistema Rocamix Liquido

Aumenta las propiedades mecánicas del terreno, lo principal de este aditivo es el gran cambio iónico con las partículas arcillosas, trasladando el agua y apropiándose del lugar con iones disponibles.

La solución es una buena compactación que fue conseguida con el minúsculo esfuerzo, obteniendo un elemento en el cual las partes son inmóviles básicamente por directa relación y esto es lo que hará subir la suficiencia de peso por mayor rozamiento entre partículas y mayor consistencia.

Es aplicable con todo tipo de terreno ya que impulsa las potencias cohesivas mismas del terreno y minimiza la influencia del agua, además modifica los terrenos entre sí de manera duradera y puede mezclarse directamente en obra o ya previamente mezclado.

No genera consecuencias negativas en el medio ambiente, ya que no es tóxico y no representa una amenaza para el la flora, fauna y fuentes de agua.

1.7.1.9. Aplicaciones el Sistema Rocamix Liquido

Según Santana (2010) nos dice que el procedimiento presenta varios usos empleando el mismo terreno de la zona, se pueden clasificar:

Estabilizaciones

Se propone que con los cimientos fijados hechos con el Rocamix se elaboran proyectos de mejoramiento de: carreteras, parqueos, autopistas, áreas deportivas y de ocio, canalizaciones, etc. generando ventajas por su tiempo de vida útil.

Impermeabilizaciones

Hoy en día el agua es el principal problema existente debido a las filtraciones, por eso el Sistema Rocamix Liquido garantiza que es un buen impermeabilizador de suelos que puede ser usado para acueductos, presas, lagos, etc.

1.7.2. Cemento

Ingrediente de cimentación mesurado de un elemento en polvo que, cuando se mezcla con líquido, forma una pasta blanda que se endurece en contacto con el agua o el aire; se utiliza para cubrir o rellenar huecos y como componentes de unión en bloques de hormigón y morteros.

El material se consigue por la unión de un terreno bastante discontinuo con cemento, agua y otros posibles dosificaciones, continuada por la compactación y buenos curados. De tal manera el material se convierte a endurecer, y se hace mucho más resistente. En comparación con el concreto, la pasta de cemento no está adherida con el agredo grueso y fino, es por eso que la resistencia que se obtiene con el terreno y el cemento está muy por debajo del concreto.

1.7.3. Definición de términos

Carreteras no pavimentadas: Vía en la cual no han existido modificaciones en su estructura.

Compactación de suelos: Las partes del terreno son forzadas a estar en contacto, incrementando así la estabilidad de los terraplenes.

Estabilización de suelos: Proceso que se sigue los *terrenos* naturales, para obtener estructuras estables.

Suelos: Parte superficial de la corteza terrestre.

CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Nivel Internacional

Nuñez y Behak (2008) realizaron una investigación en el suelo arenoso de Uruguay, añadiendo la ceniza de la cáscara de arroz y cal para mejorar el uso del asfalto. La ceniza de de la cáscara de arroz que se utilizó de color negro. El valor de CBR del suelo era de 9% y el de la mezcla suelo tenía más 20% de ceniza de cáscara de arroz más 10% de Cal , para que se pueda obtener humedades de compactación óptimas y así se logró un aumento de 2,8 veces en el CBR en comparación con el suelo.

Valle (2010), nos menciona del mejoramiento con cal y fibras fibriladas de polipropileno en arcilla con una gran capacidad de sulfatos, la añadidura de cal al suelo arcilloso reduce el IP y las fibras se usan para aumentar la resistencia del terreno y así disminuir su retracción, entonces la adherencia de estos componentes (cal y fibras de polipropileno) harán un trabajo conjunto en el cual aumentarán las propiedades de las cuales el suelo tenga alguna deficiencia, en este caso ayudará la resistencia al corte y aumentara las características plásticas.

Según Mohamend (2014), manifiesta que las diversas crisis presupuestarias de las décadas de 90 en los países desarrollados y la desaceleración de la inversión en infraestructura en los mercados emergentes obligaron a los sistemas que utiliza la misma tierra local que las materias primas a evolucionar, en busca de simplificación de recursos para desarrollar su solicitud.

2.1.2. Nivel Nacional

Mamani y Huaranca (2013), realizó el estudio en diferentes canteras de las cuales el CBR aumento un promedio de 28%, las canterías tenían diferentes tipos de suelos, fue un 25 % de materiales finos, en esto proyecto aconsejaron, que se desarrolle en suelos limo arcillosos.

Pérez R. (2012), indica que realizando el programa experimental se planea probar la muestra en estado 100% natural y luego adicionar cenizas, además se ha previsto agregar cemento a la base natural y ceniza para obtener óptimos resultados. Las pruebas de laboratorio para evaluar la mezcla permiten caracterizar mecánicamente los materiales. Los resultados conseguidos con este estudio son beneficiosos y cumplen el objetivo de esta investigación.

Darko Nesterenko-Cortes (2018), nos dice que “los terrenos mejorados con polímeros, han atraído más la atención en la últimos años. El caso estudiado en la literatura especializada concluye que son estabilizadores efectivos y duraderos al permitir la reutilización del suelo existente después de haber llenado su vida útil y que, durante su ejecución, no presentan grietas por contracción de los estabilizadores convencionales. Las normas del ministerio de transporte y comunicaciones no definen un procedimiento constructivo para el caso de los polímeros en Perú y los fabricantes de polímeros proponen seguir un procedentito constructivo desarrollado en Australia, que se utiliza en suelos y rendimientos constructivos diferentes de los que se presentan en obras viales peruanas, proporcionando información muy general sobre los parámetros estructurales del suelo estabilizado”. Esta investigación propone un método de estabilización de suelos según el contexto que se busca determinar dentro de las obras viales del Perú.

2.1.3. Nivel Local

Velasco L. (2016), siguiendo la metodología inductiva, a partir de los registros se puede probar la hipótesis que propone como verdadera o falsa. Los resultados son: respecto a los resultados finales fue posible comparar esto su aumenta la resistencia al corte entre 9% y 50% y el coeficiente de fricción estática interna entre 59% hasta 177% de muestras procesadas. Además, hallo que en los suelos de Lambayeque el tratamiento no resultó efectivo en términos de mejorar con sus características, el caso del suelo de Ferreñafe cuenta con una menor porosidad debido a su tamaño de partícula es mucho más variado, se evidencio un mayor aumento de resistencia y rigidez.

Fallen J., Cubas K. (2016) nos dice que durante los últimos años, ha existido gran aumento de estudios sobre la ceniza de carbón, la finalidad es determinar las cenizas del carbón que provienen de ladrilleras ubicadas en Lambayeque. En la tesis, se presentaron y analizaron efectos logrados con los ensayos Proctor estándar y deformaciones unitarias de suelos de Pimentel y Lambayeque. Las muestras obtenidas por la elaboración de calicatas fueron adicionadas con ceniza de carbón en porcentajes de 7%, 14% y 21%, fallados y curados en diferentes tipos de ambiente y por 7 días. Se concluye que las cenizas de carbón mediante activación alcalina mejoran la estabilización de suelos en carreteras no pavimentadas, por lo

tanto es recomendable utilizar las cenizas de carbón muestra 2 en suelos con características SP-SC.

2.2. Tipo y diseño de la investigación

2.2.1. Tipo de investigación

Es una investigación Cuantitativa debido a que se elaborara la recopilación y observación de resultados y así lograr demostrar la hipótesis

2.2.2. Diseño de investigación

El tipo de investigación es Experimental, dado que se avala en el análisis de ensayos realizados manualmente en el laboratorio de la Universidad Señor de Sipán.

2.2.3. Métodos de investigación

Deductivo

Se aprovechó esta norma con el fin de alcanzar respuestas de distintos resultados obtenidos mediante el entendimiento de las características de nuestro tipo de suelo a tratar en el ciclo de investigación.

Inductivo

En este procedimiento se empleó los resultados obtenidos a través de los ensayos realizados en laboratorio, del cual determinas un óptimo contenido de humedad patrón que servirá como referencia.

Análisis

Se utilizó el procedimiento de los suelos secos para que puedan cumplir con las normas establecidas para un buen mejoramiento de la subrasante.

2.3.Población y muestra

La población establecida en la investigación son los suelos utilizados en determinados puntos de la carretera Lambayeque - San José, con un muestreo no probabilístico.

La localización de las calicatas para la extracción de los estratos del terreno en estudio se fomentó por medio de planos geotécnicos realizados por el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI – PNUD (Mapa De Peligros De Pimentel y Lambayeque).

2.3.1. **Variables y operacionalización**

Variable independiente

2.3.1.1. Rocamix líquido

El Sistema ROCAMIX es un sistema de estabilización y de impermeabilización de suelos de alta tecnología que se diferencia de los métodos tradicionales, ya que según el fabricante torna la compactación del suelo en estado totalmente irreversible.

Es un nuevo método de estabilización de suelo que a diferencia de los métodos ya conocidos, mejora la subrasante de un terreno natural aun estando este suelo en una circunstancia muy desfavorable. El método es muy sencillo ya que sabemos que los suelos están hechos o constituidos por rocas desintegradas por el periodo del paso de los años, y viceversa se transforman en roca otra vez.

Está conformado por monómeros y polímeros que dan fruto al Rocamix, con catalizadores acelerados de penetración e intercambiadores iónicos. (Rocamix)

2.3.2. Variable dependiente

2.3.2.1. Subrasante

De acuerdo al Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC (2014) la subrasante Se determina como la estructura de una carretera sin haber utilizado material de préstamo, puede que haya tenido mejoramientos.

Arriba de la subrasante puedo colocarse afirmado para luego llamarse rasante, y sobre ello la carpeta asfáltica, la cual debe ser suelos seleccionados y que tengan parámetros de aceptación para su mejor rendimiento y eficiencia para que no se vea forzada a sufrir hundimientos daños por la carga del tránsito.

2.4. Operacionalización de variables.

Tabla 2.6: Operacionalización de variable

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICION	ITEM DE EVALUACIÓN	UNIDADES DE MEDICIÓN
Rocamix Liquido	EMS	GRANULOMETRIA	Ficha, LEM, MTC – Manual	Nominal
		LL-LP		
	Resistencia a la compresión	SUCS/ASSTHO	Ficha, LEM, MTC – Manual	Nominal
		% HUMEDAD		
	Resistencia a la compresión	PROCTOR	Ficha, LEM, MTC – Manual	Nominal
		CBR		
VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICION	INSTRUMENTOS DE MEDICION	INSTRUMENTOS DE MEDICION
Subrasante	Tipo de suelo	SUCS	LEM, MTC - Manual	Razón Nominal
		AASTHO		
	Profundidad de estrato/ Tipo de estrato	Diagrama	MTC – Manual	Razón

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para la recolectar de datos y obtener los resultados utilizaremos formatos estandarizados, por el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán y de elaboración propia, estos se adjuntarán al final del documento como anexos:

- Formato para granulometría.
- Formato para contenido de humedad.
- Formato para Proctor Modificado.
- Formato para CBR.
- Técnicas de recolección de datos

2.5.1. Técnicas de recolección de datos

2.5.1.1. Revisión de documentos

En el proyecto se realizaron técnicas relacionadas a la investigación, para obtener datos con otras opciones y evaluar con datos que se han obtenido de investigaciones pasadas para determinar cómo han progresado las técnicas con el paso de los años. Por otro lado se permitió obtener información actual de libros con el tema en investigación, normas actuales, tablas e especificaciones correspondientes.

2.5.1.2. Observación

Para obtener datos de esta investigación se usaron técnicas para tener resultados confiables, para eso se utilizaron formatos actuales para analizar y verificar los resultados obtenido en laboratorio

2.5.2. Instrumentos de recolección de datos

2.5.2.1. Guía de observación

Para los ensayos de laboratorio se estudió informaciones de resultados de otras investigaciones el cual se utilizó para facilitar información con el resultado obtenido, todo fue por percepción visual.

2.5.2.2. Guía de análisis de documentos

Principalmente se tomó en cuenta el uso de manuales y normas técnicas nacionales e internacionales para así realizar los procedimientos adecuados en el desarrollo de ensayos de laboratorio y así obtener los análisis de los cálculos.

Límite Líquido ASTM D-4318, MTC E110.

Límite Plástico ASTM D-4318, MTC E111.

Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E108.

Clasificación SUCS ASTM D-2487.

Clasificación AASHTO M-145.

California Bearing Ratio ASTM D-1883, MTC – E132.

Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC – E115.

2.5.3. Procedimiento de recolección de datos

2.5.3.1. Procedimientos

Se evaluó la zona donde se iba a realizar el trabajo, ubicando puntos para su extracción de muestra para realizar el estudio correspondiente.

Se llevó las muestras al laboratorio para luego hacer los ensayos correspondientes del estudio que se quiere demostrar.

Se realizó el ensayo de granulometría para así obtener la adecuada clasificación del suelo por los dos métodos conocidos (SUCS, ASSTHO).

Se realizaron los ensayos de límites de Atterberg para ver si cumplen los parámetros del teorema 10+10+20.

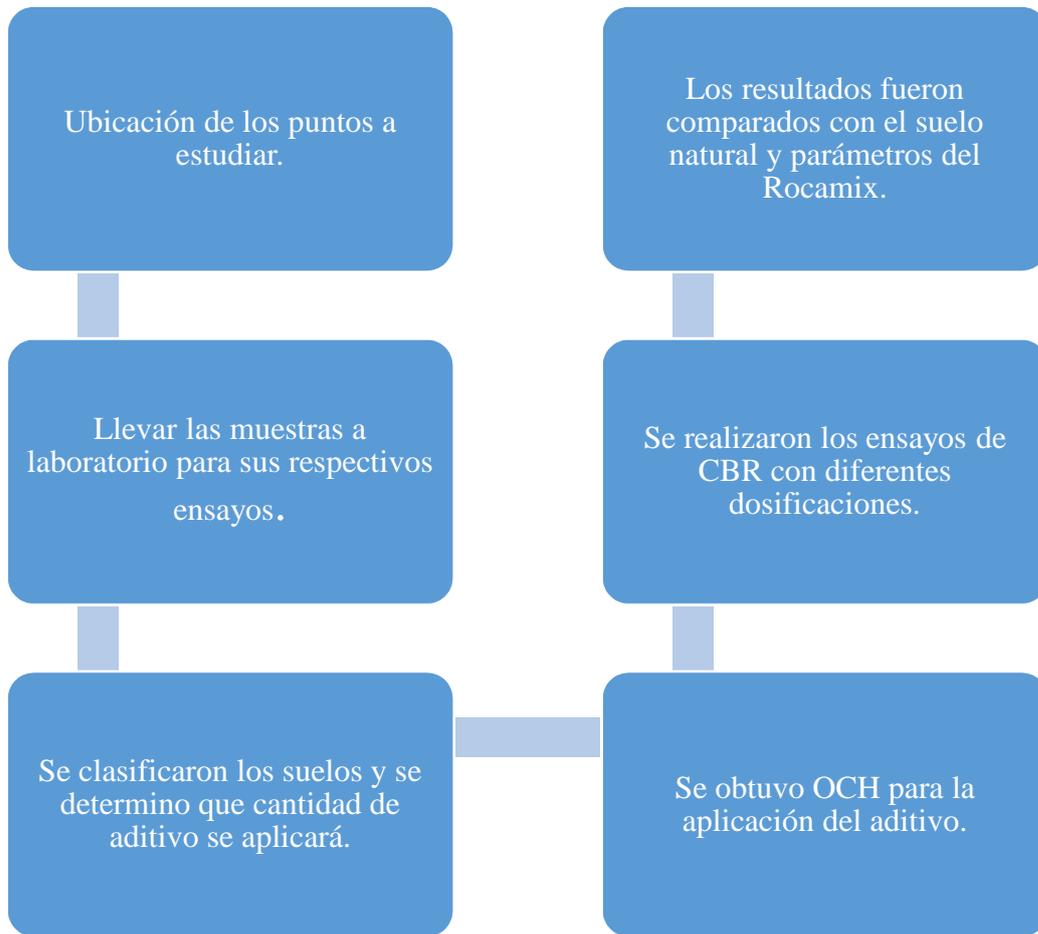
Se realizó el ensayo de proctor modificado por cada estrato y calicata extraído para obtener un óptimo contenido de humedad.

Se eligió un proctor patrón para realizar los ensayos de CBR.

Se realizó diferentes dosificaciones con el aditivo a usar en este proyecto para así poder evaluar su rendimiento.

Se compara el suelo natural con el suelo mejorado para determinar cuál es la mejor opción a usar para el tipo de suelo encontrado.

Figura 2.9: Diagrama de flujo



2.6. Aspectos éticos

Se tomaran los siguientes criterios éticos:

Credibilidad

Porque los resultados tendrán validez y se comprobara la misma con el programa estadístico.

Consistencia

Porque la investigación se puede volver a realizar y los datos son estables.

Confiabilidad

Porque los datos de nuestro estudio comprobaran las teorías planteadas o no. Aplicabilidad, porque los datos podrán aplicarse en otro estudio similar o con los mismos objetivos que el nuestro.

Confidencialidad

Los datos o resultados obtenidos serán confidenciales hasta que el documento sea publicado.

2.7. Criterios de rigor científico

Validez

Las variantes son notables y se encuentran enlazadas entre si logrando verificar la solidez del estudio y dando una solución a la formulación del problema

Generalizabilidad

El prototipo elegido para realizar el estudio es representativo, ya que se eligió la carretera Lambayeque – San José y se tomó la muestra de tres puntos en el tramo de un kilómetro.

Fiabilidad

La evaluación de los apuntes es precisa ya que en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán se cumple con los patrones de calidad para lograr la estimación de las muestras

Replicabilidad

El estudio se podrá replicar, sin ningún problema comprobando los resultados obtenidos sin que los resultados se contradigan y detallando si es que es posible temas relacionados con la misma.

**CAPITULO III:
ANALISIS E
INTERPRETACION DE LOS
RESULTADOS**

3. Resultados en tablas y gráficos.

3.1.1. Localizar los puntos de investigación de suelos a mejorar mediante la aplicación de Rocamix líquido al suelo en la carretera Lambayeque – San José.

Para desarrollar el objetivo específico mencionado, se ubicaron puntos en la carretera Lambayeque – San José, en el manual de carreteras suelos, geología, geotecnia, y pavimentos nos habla de la cantidad de calicatas para su exploración, el tramo en estudio es de 1 km por lo tanto el número de calicatas a realizar son 3 por km.



Figura 3.10: Zona de estudio.

Se realizaron 3 calicatas de 1.50 m de profundidad, teniendo las siguientes coordenadas:

C-1 coordenadas UTM 17M 622549.06 m E – 9256290.52 m S.



Figura 3.11: Calicata N°1, se encontró un estrato.

C-2 coordenadas UTM 17M 622086.32 m E – 9256077.79 m S.



Figura 3.12: Calicata N°2, se encontró un estrato.

C-3 coordenadas UTM 17M 621599.44 m E – 9255947.18 m S



Figura 3.13: Calicata N° 3, se encontró un estrato.

3.1.2 Determinar el proctor por calicata, para luego elegir el proctor patrón adecuado para el mejoramiento de la subrasante en la carretera Lambayeque – San José.

Metodología:

Para realizar este objetivo debemos de tener en cuenta los tres puntos de suelo a estudiar, y se desarrollará el mismo proceso para los tres puntos:

- a. Se tamizará en la malla N° 4, las muestras extraídas de cada punto respectivamente, ya que se encontró un solo estrato por calicata.
- b. Como se sabe para desarrollar un proctor se toman 4 puntos para que salga la curva y nos muestre en su plano la máxima densidad seca, y su óptimo contenido de humedad.
- c. Se utilizó 5 500 gramos por punto.
- d. Se irá vaciando agua gradualmente, hasta que la muestra tome una consistencia dura (tomando el material con la mano, haciendo un puño y luego romperlo en partes en el cual no se desborone).
- e. Una vez ya realizado el punto anterior la muestra se dividirá en 5 partes, porque a la hora de vaciar el molde.
- f. Se toma el peso del molde vacío, luego se coloca una capa para luego compactarla con 56 golpes uniformemente y así sucesivamente 5 capas.
- g. Una vez obtenidos todos los datos, se procede a procesarlos para obtener su óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca.



Figura 3.14: 5.5 Kg. De muestra para vaciar en el molde del proctor.



Figura 3.15: Aplicación de 56 golpes por capa en el molde para el ensayo del proctor.



Figura 3.16: Toma del peso del molde con el suelo compactado.



Figura 3.17: Se extrae una muestra del proctor para obtener su contenido de humedad

Tabla 3.7: Tabla de datos de calicata del Proctor N° 1

MÉTODO DE COMPACTACIÓN : AASHTO T180					
VOLUMEN DEL MOLDE :					
		2101.00	cm ³		
PRUEBA N°		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	10295	10559	10631	10223
Peso molde	gr	6040	6040	6040	6040
Peso suelo húmedo compactado	gr	4255	4519	4591	4183
Peso suelo húmedo + tara	gr	80.53	90.45	93.12	62.31
Peso del suelo seco + tara	gr	75.64	85.89	89.23	60.55
Tara	gr	15.64	22.36	25.45	25.6
Peso del agua	gr	4.89	4.56	3.89	1.76
Peso del suelo seco	gr	60	63.53	63.78	34.95
Contenido de agua	%	8.15	7.18	6.10	5.04
Densidad suelo húmedo	gr/cm ³	2.03	2.15	2.19	1.99
Densidad suelo seco	gr/cm ³	1.873	2.007	2.060	1.896
DENSIDAD MAXIMA - MDS (gr/cm³)					2.062
HUMEDAD ÓPTIMA - OCH (%)					6.2

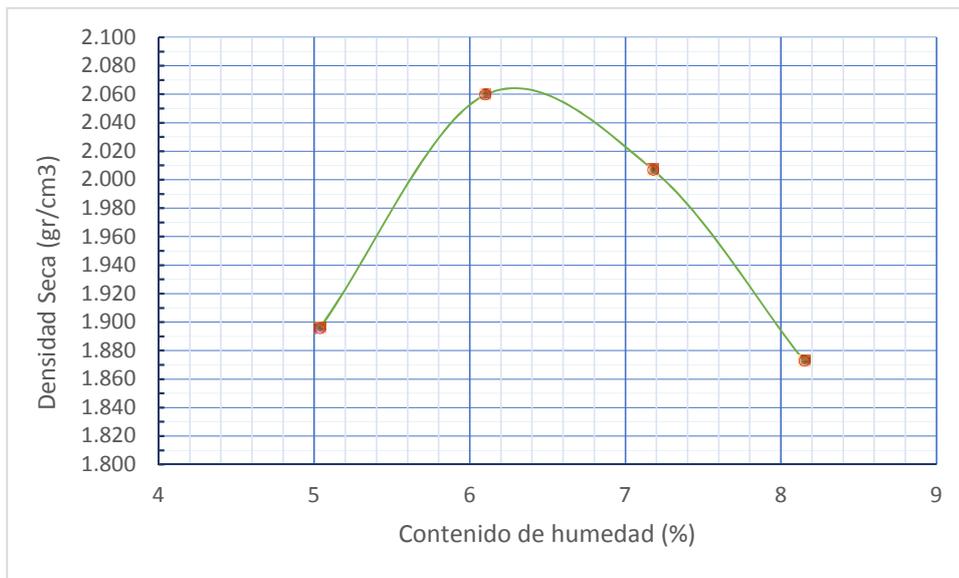


Figura 3.18: Curva del proctor – Calicata N°1

Tabla 3.8: Tabla de datos del Proctor – Calicata N° 2

MÉTODO DE COMPACTACIÓN : AASHTO T180					
VOLUMEN DEL MOLDE :					
		2101.00 cm ³			
PRUEBA N°		1	2	3	4
Peso suelo + molde	Gr	9855	10274	10193	9789
Peso molde	Gr	6040	6040	6040	6040
Peso suelo húmedo compactado	Gr	3815	4234	4153	3749
Peso suelo húmedo + tara	Gr	106.29	101.86	95.36	83.59
Peso del suelo seco + tara	Gr	103.34	98.54	91.56	79.56
Tara	Gr	34.85	31.65	21.4	13.25
Peso del agua	Gr	2.95	3.32	3.8	4.03
Peso del suelo seco	Gr	68.49	66.89	70.16	66.31
Contenido de agua	%	4.31	4.96	5.42	6.08
Densidad suelo húmedo	gr/cm ³	1.82	2.02	1.98	1.78
Densidad suelo seco	gr/cm ³	1.741	1.920	1.875	1.682
DENSIDAD MAXIMA - MDS (gr/cm³)					1.93
HUMEDAD ÓPTIMA - OCH (%)					5.1



Figura 3.19: Curva del proctor – calicata N° 2

Tabla 3.9: Datos de Proctor – calicata N° 3

MÉTODO DE COMPACTACIÓN : AASHTO T180					
VOLUMEN DEL MOLDE :		2101.00 cm^3			
PRUEBA N°		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	10005	10826	10601	9818
Peso molde	gr	6040	6040	6040	6040
Peso suelo húmedo compactado	gr	3965	4786	4561	3778
Peso suelo húmedo + tara	gr	85.41	63.07	71.42	83.59
Peso del suelo seco + tara	gr	82.07	60.21	68.13	79.21
Tara	gr	18.23	13.97	20.11	21.18
Peso del agua	gr	3.34	2.86	3.29	4.38
Peso del suelo seco	gr	63.84	46.24	48.02	58.03
Contenido de agua	%	5.23	6.19	6.85	7.55
Densidad suelo húmedo	gr/cm ³	1.89	2.28	2.17	1.80
Densidad suelo seco	gr/cm ³	1.793	2.145	2.032	1.672
DENSIDAD MÁXIMA - MDS (gr/cm³)					2.16
HUMEDAD ÓPTIMA - OCH (%)					6.4



Figura 3.20: Curva del proctor – calicata N° 3

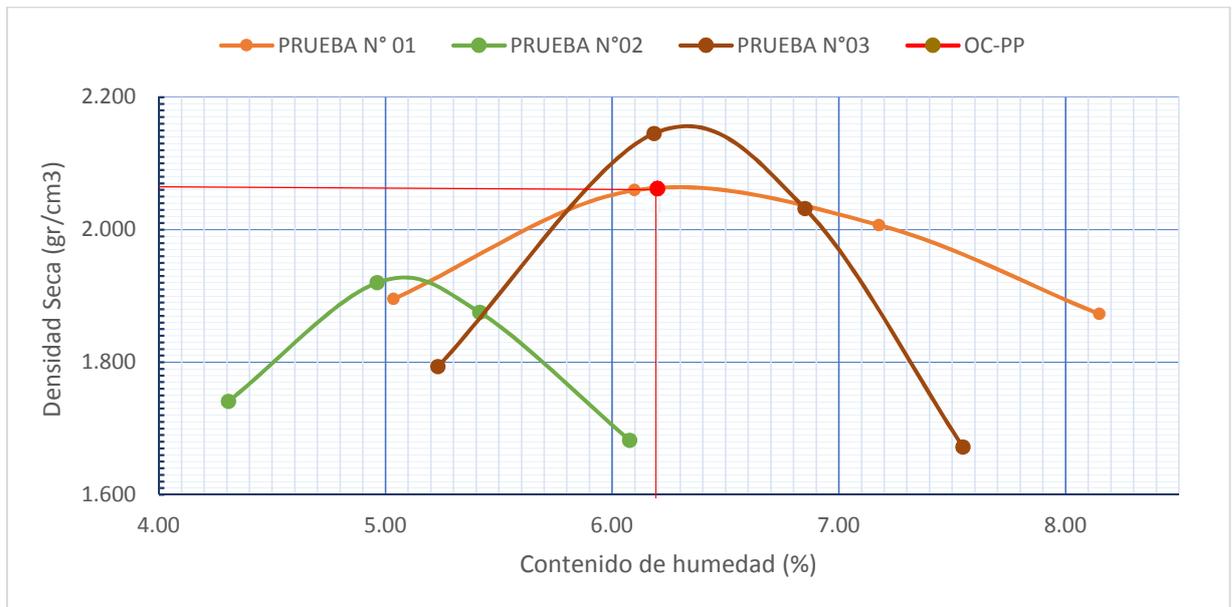


Figura 3.21: Gráfico de la unión de las 3 curvas para hallar el proctor patrón.

Una vez obtenido el proctor modificado de las tres calicatas, se obtendrá el valor que este en medio porque será el que se encuentre en el $\pm 2\%$, ya que ese será su óptimo contenido de humedad.

Por lo tanto los datos obtenidos son:

Densidad Máxima –MDS (gr/cm ³)	2.062
Humedad Optima-OCH (%)	6.2

3.1.3. Determinar la dosificación adecuada de Rocamix Líquido y cemento para el mejoramiento de la capacidad portante y compararlo con el suelo del terreno natural en la carretera Lambayeque – San José.

Metodología

Para poder determinar la capacidad portante se desarrolló el ensayo de CBR del terreno natural de la investigación en estudio.

El procedimiento tomado fue utilizar 3 tandas de 5500 gramos de muestra debidamente tamizados por la malla N° 04.

Se trabajó con el proctor patrón hallado (OCH: 6.2 %, MDS: 2.062 gr /cm³).

Tomando la muestra y colocándola en cinco capas de 56 golpes, 25 golpes, 12 golpes respectivamente, para luego ponerlos en curado durante 96 horas tomando lecturas diales cada 24 horas.

Mezclando una tanda para el ensayo



Figura 3.22: Aplicación del OCH

Mezclando una tanda para el ensayo



Figura 3.23: División de una tanda en 5 partes

Molde de CBR con suelo compactado



Figura 3.24: Lectura de dial antes del curado

Moldes de 56, 25,12 golpes respectivamente curados



Figura 3.25: Moldes para su respectiva penetración del ensayo.

Marco de ensayo CBR



Figura 3.27: Marco de ensayo CBR

Marco de CBR



Figura 3.26: Tomando datos del ensayo correspondiente

Molde después de la penetración



Figura 3.27:

Resultado final después de las lecturas correspondientes.

Tabla 3.10: Tablas de datos de CBR de suelo natural

N° Molde	A		B		C	
N° Capa	5		5		5	
N° Golpes por capa	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado
Peso molde + Suelo húmedo	12100	12130	11500	11650	11450	11735
Peso de molde (g)	7450	7450	7180	7180	7475	7475
Peso del suelo húmedo (g)	4650	4680	4320	4470	3975	4260
Volumen del molde (cc)	2098	2098	2112	2112	2117	2117
Densidad húmeda (g/cc)	2.216	2.230	2.045	2.116	1.878	2.012
% de humedad	7.87	14.49	7.80	16.62	8.66	22.65
Densidad seca (g/cc)	2.054	1.948	1.897	1.815	1.728	1.641
	2.06276		1.95962		1.85648	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro N°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	65.00	79.9	65.83	77.58	77.11	75.8	82.71	118	63.10	88.17	70.77	100.4
Tarro + Suelo seco (gr.)	61.08	69.4	59.77	69.81	72.26	65.4	74.28	101.8	58.91	72.2	60.96	82.67
Peso del Agua (gr.)	3.92	10.6	6.06	7.77	4.85	10.4	8.43	16.2	4.19	15.97	9.81	17.74
Peso del tarro (gr.)	11.27	11.2	10.01	10.57	10.07	8.08	11.96	12.66	10.52	8.36	8.78	9.15
Peso del suelo seco (gr.)	49.81	58.1	49.76	59.2	62.19	57.3	62.32	89.1	48.39	63.8	52.18	73.5
% de humedad	7.87	18.2	12.18	13.12	7.80	18.2	13.53	18.18	8.66	25.016	18.8	24.13
Promedio de Humedad (%)	7.87		14.49		7.80		16.62		8.66		22.65	

EXPANCIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL (Pulgadas)	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
	12.48	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0
	12.48	24	0.002	0.5		0.040	10.2		0.073	18.5	
	12.48	48	0.003	0.8		0.074	18.8		0.085	21.6	
	12.48	72	0.004	1.0		0.085	21.6		0.095	24.1	
	12.48	96	0.004	1.0		0.089	22.6		0.097	24.6	
			11.64	Total	0.09	11.64	total	1.94	11.65	Total	2.11

Tabla 3.11. Tablas de datos de CBR de suelo natura

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro N°														
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	65.00	79.9	65.83	77.58	77.11	75.8	82.71	118	63.10	88.17	70.77	100.4		
Tarro + Suelo seco (gr.)	61.08	69.4	59.77	69.81	72.26	65.4	74.28	101.8	58.91	72.2	60.96	82.67		
Peso del Agua (gr.)	3.92	10.6	6.06	7.77	4.85	10.4	8.43	16.2	4.19	15.97	9.81	17.74		
Peso del tarro (gr.)	11.27	11.2	10.01	10.57	10.07	8.08	11.96	12.66	10.52	8.36	8.78	9.15		
Peso del suelo seco (gr.)	49.81	58.1	49.76	59.2	62.19	57.3	62.32	89.1	48.39	63.8	52.18	73.5		
% de humedad	7.87	18.2	12.18	13.12	7.80	18.2	13.53	18.18	8.66	25.016	18.8	24.13		
Promedio de Humedad (%)	7.87		14.49		7.80		16.62		8.66		22.65			

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		CARGA		MOLDE N° A				MOLDE N° B				MOLDE N° C			
mm.	pulg.	TIEMPO	STAND.	CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
				Lbs/pulg2	Lect. Dial	Lbs/pulg2	Lbs/pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/pulg2	Lbs/pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/pulg2	Lbs/pulg2
0.000	0.000	0'00"		0	0			0	0			0	0		
0.640	0.025	0'30"		2	12			0	5			0	5		
1.270	0.050	1'00"		5	21			1	8			1	8		
1.910	0.075	1'30"		7	27			4	18			1	8		
2.540	0.100	2'00"	1000	13	47	51.7	5.2	7	27	33.4	3.3	2	12	15.0	1.5
3.180	0.125	2'30"		18	62			9	34			3	15		
3.810	0.150	3'00"		26	88			13	47			5	21		
4.450	0.175	3'30"		31	104			16	56			7	27		
5.080	0.200	4'00"	1500	37	123	108.0	7.2	21	72	65.9	4.4	9	34	30.1	2.0

7.620	0.300	6'00"	48	158	28	94	13	47
10.160	0.400	8'00"	65	212	35	116	16	56
12.700	0.500	10'00"	98	317	48	158	22	75

Los datos para el marco de CBR de 50 KN, son los siguientes:

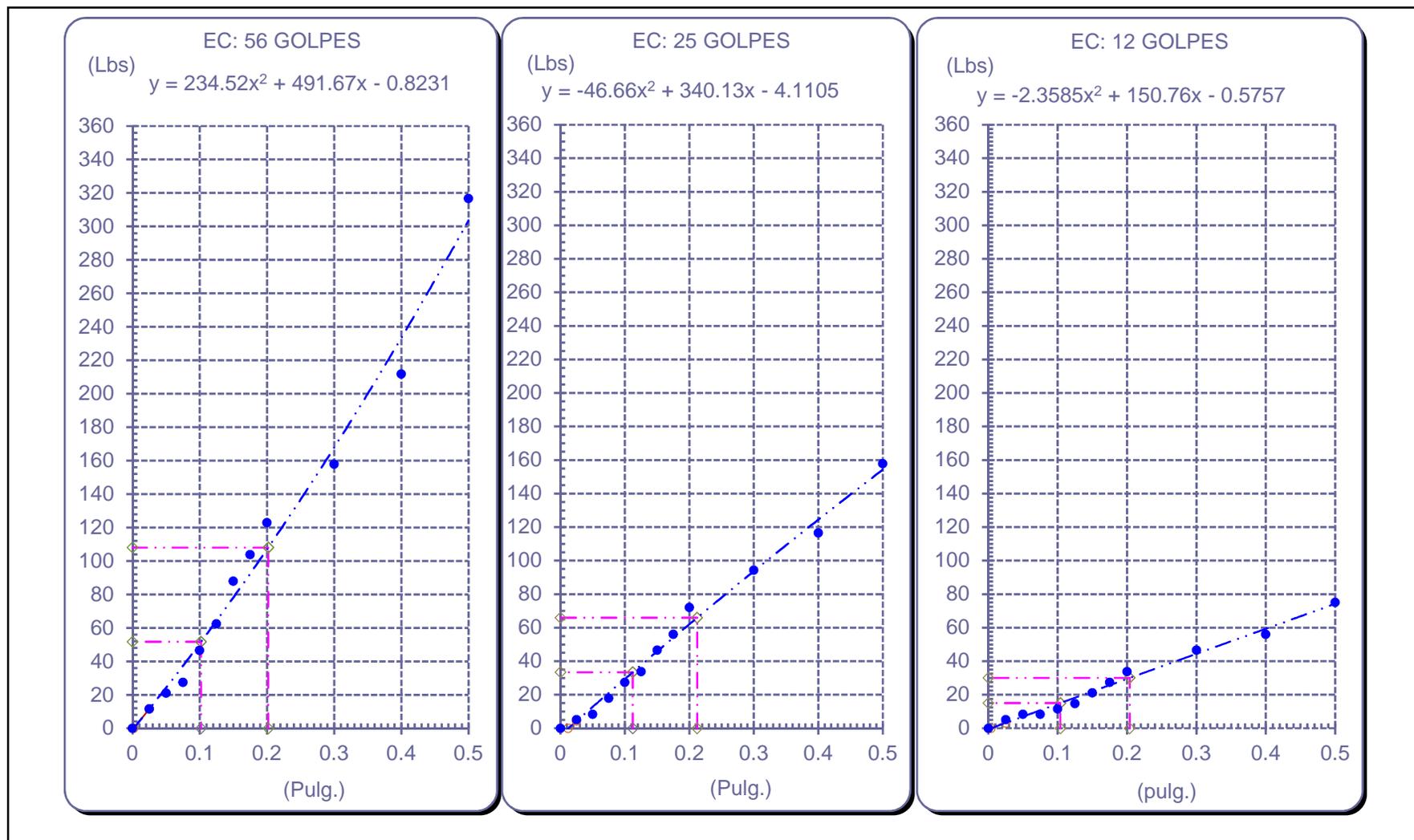


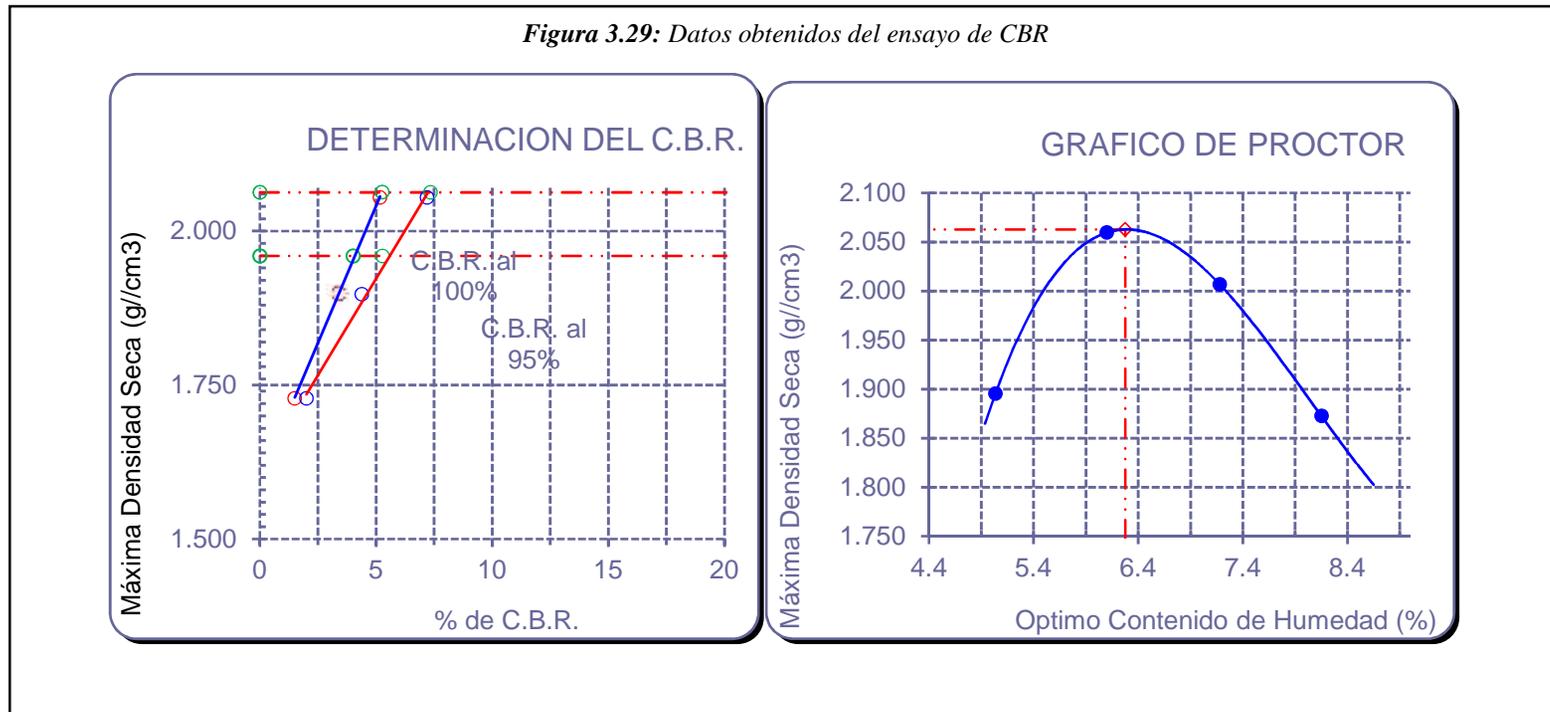
Figura 3.28: Gráfico Carga - Penetración de 56, 25, 12 golpes.

Tabla 3.12: Resultados del CBR

GRÁFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR			VALOR DEL C.B.R. AL 100 Y 95 %				
	0	180					
AL 100%	DENSIDAD SECA	2.062 g./cm ³	C.B.R. AL	0.1" :	5.3 %	0.2" :	7.4 %
			100 % =				
AL 95%	DENSIDAD SECA	1.960 g./cm ³	C.B.R. AL	0.1" :	4.0 %	0.2" :	5.3 %
			95 % =				
DE HUMEDAD	OPTIMO CONT.	6.2 %					

Figura 3.29: Datos obtenidos del ensayo de CBR



Interpretación: Los datos obtenidos del ensayo de CBR con suelo natural, nos da un % de 5.3 al 100% de CBR, lo cual en las categorías determina que es una subrasante pobre ya que se encuentra dentro de los parámetros 3 a < 6.

Luego, para realizar el mejoramiento del terreno natural se agregara el aditivo Rocamix utilizando el siguiente procedimiento:

- a. Tomando los parámetros establecidos por el aditivo Rocamix Liquido nos detalla que debemos utilizar una dosis de cemento de 20kg por metro cúbico.
- b. El ensayo se realizara teniendo en cuenta 3 tipos de dosificaciones diferentes de 0.4, 0.5 y 0.6 litros/m³.
- c. Con el proctor patrón hallaremos la cantidad de exacta en gramos de cemento a utilizar en cada ensayo:
 -) Los datos serán obtenidos con la máxima densidad seca para poder hallar el porcentaje de gramos de cemento a utilizar en cada CBR.
 -) Para la dosificación de cemento a utilizar en el ensayo de CBR que manda $20 \text{ k} / \text{m}^3$, se hayo por medio de su máxima densidad seca obtenida en el proctor patrón, el procedimiento es el siguiente.

$$2.062 \text{ g} / \text{c.}^3 - 20000 \text{ g} / \text{c.}^3$$

$$2062 \frac{\text{k}}{\text{m}^3} - 20 \text{ k} / \text{m}^3$$

$$5.5 \text{ k} / \text{m}^3 - X \text{ k} / \text{m}^3$$

Obtenemos $X = 0.05335$ kilogramos, equivalente a 53.35 gramos.

- d. Para el volumen de rocamix también se hallará con la máxima densidad seca:

Para la dosificación del Rocamix se hizo el mismo procedimiento, como la cantidad para el ensayo era menor, se procedió a realizarlo por peso de aditivo.

$$Y = \frac{w(\text{g})}{v(\text{c.}^3)}$$

El primer paso fue saber cuántos mililitros de aditivo se requiere para una dosificación de $0.50 \text{ l} / \text{m}^3$.

Entonces:

$$2062 \frac{\text{k}}{\text{m}^3} - 500 \text{ m} / \text{m}^3$$

$$5.5 \text{ k} / \text{m}^3 - X \text{ m} / \text{m}^3$$

$$X = 1.3337 \text{ ml}$$

Como el dato obtenido es bajo se procedió a obtenerlo mejor por su densidad mediante la fórmula:

$$\gamma = \frac{w(g)}{v(c^3)}$$

Pese una probeta graduada de 25 ml, y se llenó de aditivo, se realizó 3 veces para obtener un promedio.

a.- 20.65 gr – 25 ml

b.- 22.13 gr – 25 ml

c.- 21.18 gr – 25 ml

El promedio fue de 21.32 gramos por un volumen de 25 ml, aplicando la fórmula:

$$\begin{aligned}\gamma &= \frac{w(g)}{v(c^3)} \\ \gamma &= \frac{21.32(g)}{25(c^3)} \\ \gamma &= 0.8528 \text{ g } / c^3\end{aligned}$$

Obteniendo estos datos sabemos que

$$\begin{aligned}w &= \gamma * v \\ w &= 0.8528 * 1.3337 \\ w &= 1.14 \text{ gr}\end{aligned}$$

Entonces pesaremos 1.14 gramos de aditivo Rocamix para una dosificación de 0.50 litros por metros cubico.

El mismo procedimiento para una dosificación del aditivo de 0.60 l/m³

$$\begin{aligned}2062 \frac{k}{m^3} &= 600 \text{ m } / m^3 \\ 5.5 k / m^3 &= X \text{ m } / m^3 \\ X &= 1.60 \text{ ml}\end{aligned}$$

Obteniendo estos datos sabemos que

$$\begin{aligned}w &= \gamma * v \\ w &= 0.8528 * 1.60 \\ w &= 1.36 \text{ gr}\end{aligned}$$

Para una dosificación de 0.60 l por metro cubico se agregara 1.36 gramos de aditivo Rocamix.

El mismo procedimiento para una dosificación del aditivo de 0.40 l/m³

$$2062 \frac{k}{m^3} - 400 m / m^3$$
$$5.5 k / m^3 - X m / m^3$$

$$X = 1.60 \text{ ml}$$

Obteniendo estos datos sabemos que

$$w = \gamma * v$$

$$w = 0.8528 * 1.07$$

$$w = 0.91 \text{ gr}$$

Para una dosificación de 0.40 litros de metro cubico se agregara 0.91 gramos de aditivo Rocamix.

- e. Los datos obtenidos en 20 kg / m³ es igual a 53.35 gr por tanda de 5.5 kg agregando 341 ml de agua más el porcentaje de rocamix a obtener.
- f. Los porcentajes de rocamix de 0.40, 0.50 y 0.60 lt/m³ son los siguientes 0.91 gr, 1.14 gr y 1.36 gr respectivamente.

Tabla 3.13: Tablas de datos de CBR de suelo natural + 0.40 l/m³ + 20 kg/m³.

N° Molde	A				B				C			
N° Capa	5				5				5			
N° Golpes por capa	56				25				12			
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado	
Peso molde + Suelo húmedo	11965		12192		11435		11740		11410		11810	
Peso de molde (g)	7450		7450		7180		7180		7480		7480	
Peso del suelo húmedo (g)	4515		4742		4255		4560		3930		4330	
Volumen del molde (cc)	2098		2098		2112		2112		2117		2128	
Densidad húmeda (g/cc)	2.152		2.260		2.015		2.159		1.857		2.035	
% de humedad	6.67		9.63		7.25		16.77		6.29		18.63	
Densidad seca (g/cc)	2.017		2.061		1.878		1.849		1.747		1.715	
	2.06				1.96				1.86			
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Tarro N°	-				-				-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	42.80	101	67.6	66.75	38.93	91.61	68.58	92.95	48.75	92.2	94.8	96
Tarro + Suelo seco (gr.)	40.66	89.3	62.4	65.05	36.89	78.5	61.6	80.75	46.72	79.9	84.4	84.17
Peso del Agua (gr.)	2.14	12.1	5.2	1.7	2.04	13.11	6.98	12.2	2.03	12.4	10.4	11.83
Peso del tarro (gr.)	8.57	10.6	12.8	9.1	8.75	11.18	11.15	9.01	14.46	20.2	21.5	21.08
Peso del suelo seco (gr.)	32.09	78.7	49.6	56.0	28.14	67.3	50.45	71.7	32.26	59.7	62.97	63.1
% de humedad	6.67	15.4	10.5	3.038	7.25	19.47	13.84	17.01	6.29	20.7	16.4	18.75
Promedio de Humedad (%)	6.67	9.63			7.25	16.77			6.29	18.63		

EXPANCIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN	
		Hr.	(Pulgadas)	mm.	%	mm.	%	mm.	%		
	12.48	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0
	12.48	24	0.040	10.2		0.049	12.4		0.073	18.5	
	12.48	48	0.075	19.1		0.068	17.3		0.085	21.6	
	12.48	72	0.084	21.3		0.081	20.6		0.095	24.1	
	12.48	96	0.095	24.1		0.100	25.4		0.100	25.4	
			11.64	Total	2.07	11.64	total	2.18	11.65	Total	2.18

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		CARGA		MOLDE N° A				MOLDE N° B				MOLDE N° C			
		TIEMPO	STAND.	CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm.	pulg.		Lbs/pulg2	Lect. Dial	Lbs/pulg2	Lbs/pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/pulg2	Lbs/pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/pulg2	Lbs/pulg2	%
0.000	0.000	0'00"		0	0			0	0			0	0		
0.640	0.025	0'30"		21	72			10	37			6	24		
1.270	0.050	1'00"		26	88			21	72			13	47		
1.910	0.075	1'30"		44	145			30	101			18	62		
2.540	0.100	2'00"	1000	58	190	192.1	19.2	43	142	120.3	12.0	26	88	72.7	7.3
3.180	0.125	2'30"		68	221			49	161			30	101		
3.810	0.150	3'00"		91	294			59	193			35	116		
4.450	0.175	3'30"		105	339			67	218			40	132		
5.080	0.200	4'00"	1500	129	415	360.6	24.0	78	253	230.0	15.3	47	155	138.9	9.3
7.620	0.300	6'00"		148	476			102	329			61	199		
10.160	0.400	8'00"		189	606			120	387			72	234		
12.700	0.500	10'00"		230	736			162	520			97	314		

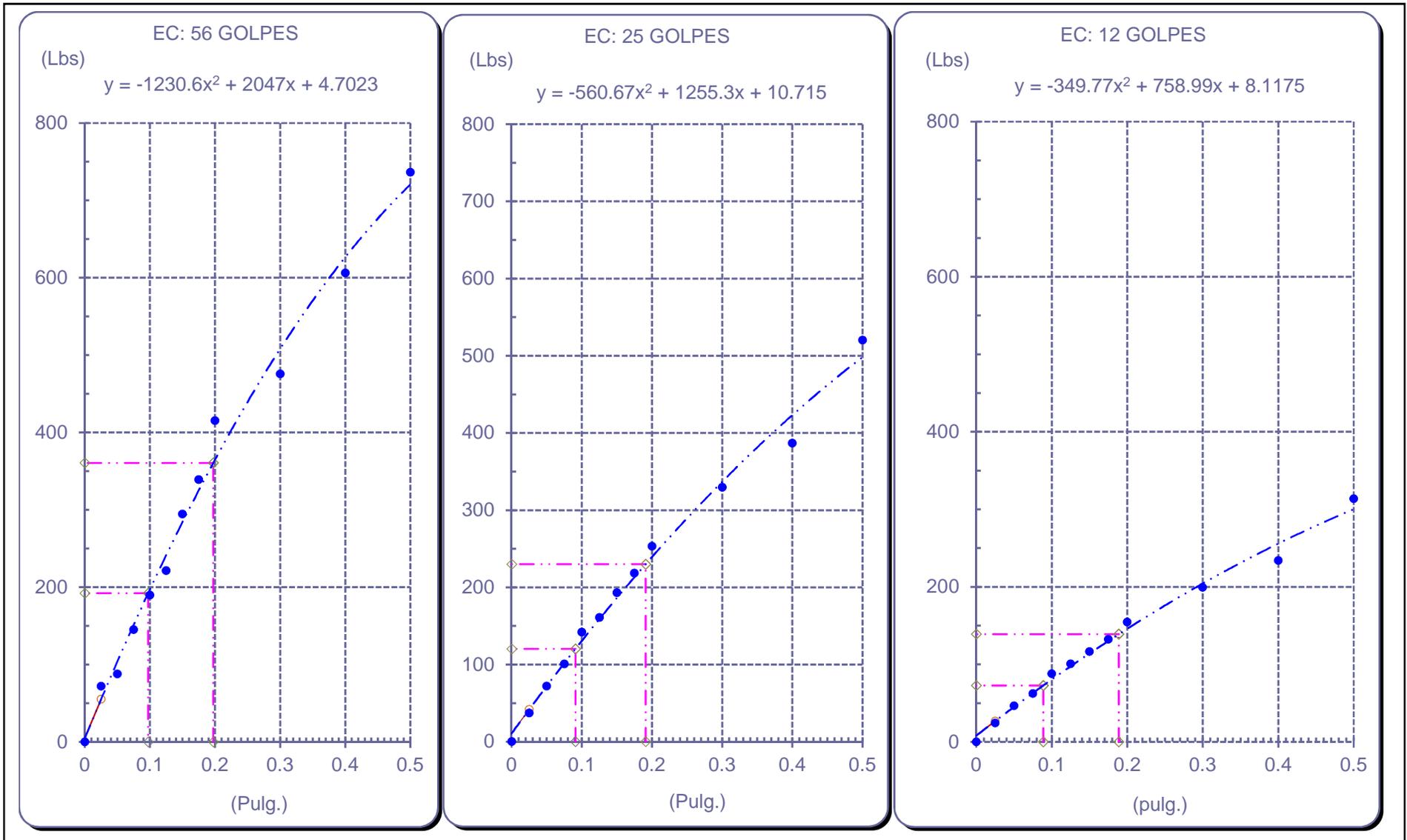


Figura 3.30: Gráfico Carga - Penetración de 56, 25, 12 golpes.

Tabla 3.14: Resultados del CBR

GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.							
DATOS DEL PROCTOR			VALOR DEL C.B.R. AL 100 Y 95 %				
	0	180					
DENSIDAD SECA AL 100%	2.062	g./cm ³	C.B.R AL 100 % =	0.1" :	21.2 %	0.2" :	26.9 %
DENSIDAD SECA AL 95%	1.960	g./cm ³	C.B.R AL 95 % =	0.1" :	15.0 %	0.2" :	19.1 %
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	6.2	%					

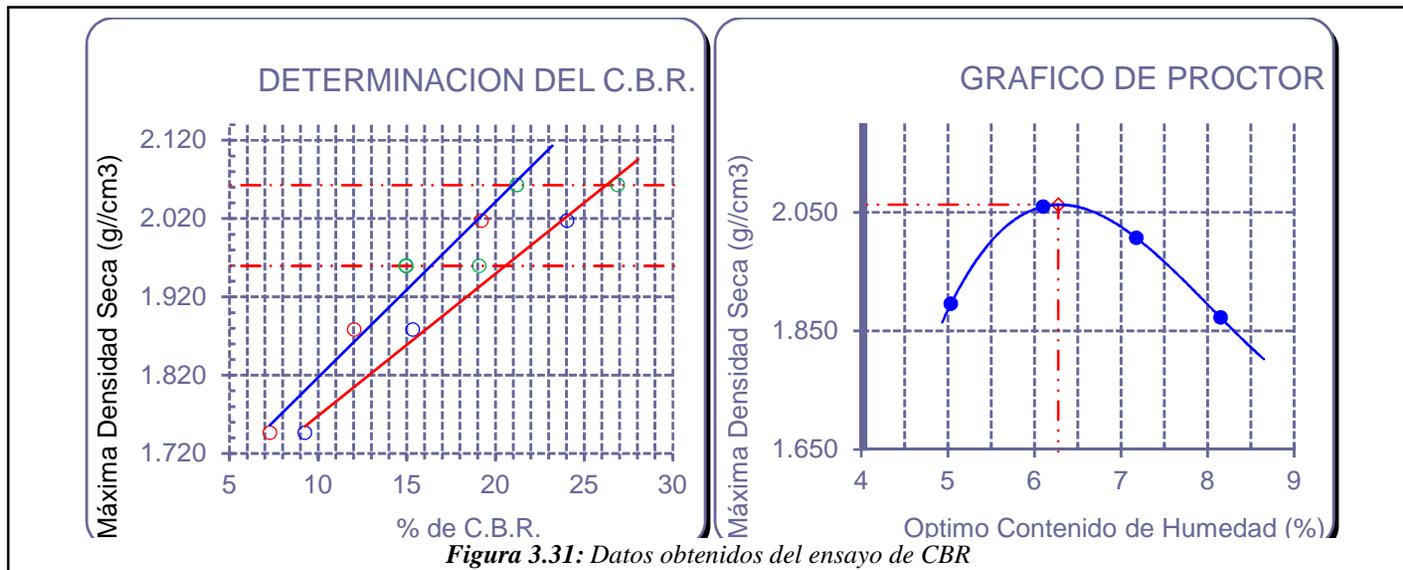


Figura 3.31: Datos obtenidos del ensayo de CBR

Interpretación: Para una dosis de 0.40 l/m³ con 20 kg/m³ aumento la subrasante a 21.2 % al 100% en la cual en su categoría está en una subrasante muy buena.

Tabla 3.15: Tabla de datos de CBR de suelo natural + 0.50 l/m³ + 20 kg/m³

Nº Molde	A				B				C			
Nº Capa	5				5				5			
Nº Golpes por capa	56				25				12			
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado	
Peso molde + Suelo húmedo	11905		12140		10725		11160		10340		10825	
Peso de molde (g)	7405		7405		6610		6610		6455		6455	
Peso del suelo húmedo (g)	4500		4735		4115		4450		3885		4370	
Volumen del molde (cc)	2098		2098		2112		2112		2117		2117	
Densidad húmeda (g/cc)	2.145		2.257		1.948		2.154		1.835		2.064	
% de humedad	14.94		11.34		11.92		15.09		13.36		20.27	
Densidad seca (g/cc)	1.866		2.027		1.741		1.872		1.619		1.716	
	2.06				1.96				1.86			
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Tarro Nº	-				-				-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	69.79	78.9	56.4	76.87	75.88	80.57	64.7	83.1	88.40	81.1	81.13	70.42
Tarro + Suelo seco (gr.)	62.15	71.9	52.1	69.72	68.91	70.17	58.7	73.4	79.16	70	72.75	61.52
Peso del Agua (gr.)	7.64	6.96	4.37	7.15	6.97	10.4	5.99	9.69	9.24	11.1	8.38	8.9
Peso del tarro (gr.)	11.02	12.8	9.07	10.59	10.45	11.13	11.2	9	10.00	20.6	21.44	21.1
Peso del suelo seco (gr.)	51.13	59.2	42.99	59.1	58.46	59.0	47.52	64.4	69.16	49.4	51.31	40.4

% de humedad	14.94	11.8	10.2	12.09	11.92	17.62	12.6	15	13.36	22.5	16.33	22.02
Promedio de Humedad (%)	14.94		11.34		11.92		15.09		13.36		20.27	

EXPANCIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL (Pulgadas)	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
	12.48	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0
	12.48	24	0.040	10.2		0.040	10.2		0.070	17.8	
	12.48	48	0.071	18.0		0.055	14.0		0.080	20.3	
	12.48	72	0.080	20.3		0.085	21.6		0.095	24.1	
	12.48	96	0.080	20.3		0.090	22.9		0.095	24.1	
			11.64	total	1.75	11.64	total	1.96	11.65	total	2.07

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA		MOLDE N°		A		MOLDE N°		B		MOLDE N°		C	
mm.	pulg.		STAND.	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	
		Lbs/pulg2	Lect. Dial	Lbs/pulg2	Lbs/pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/pulg2	Lbs/pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/pulg2	Lbs/pulg2	%		
0.000	0.000	0'00"	0	0			0	0			0	0				
0.640	0.025	0'30"	19	66			13	47			7	27				
1.270	0.050	1'00"	31	104			27	91			18	62				
1.910	0.075	1'30"	44	145			38	126			25	85				
2.540	0.100	2'00"	1000	55	180	184.3	18.4	45	148	133.7	13.4	37	123	90.8	9.1	
3.180	0.125	2'30"		68	221			54	177			41	136			
3.810	0.150	3'00"		82	266			66	215			45	148			
4.450	0.175	3'30"		98	317			75	244			49	161			
5.080	0.200	4'00"	1500	112	361	358.1	23.9	84	272	246.2	16.4	54	177	167.7	11.2	
7.620	0.300	6'00"		171	549			98	317			68	221			
10.160	0.400	8'00"		210	673			123	396			82	266			
12.700	0.500	10'00"		254	813			145	466			101	326			

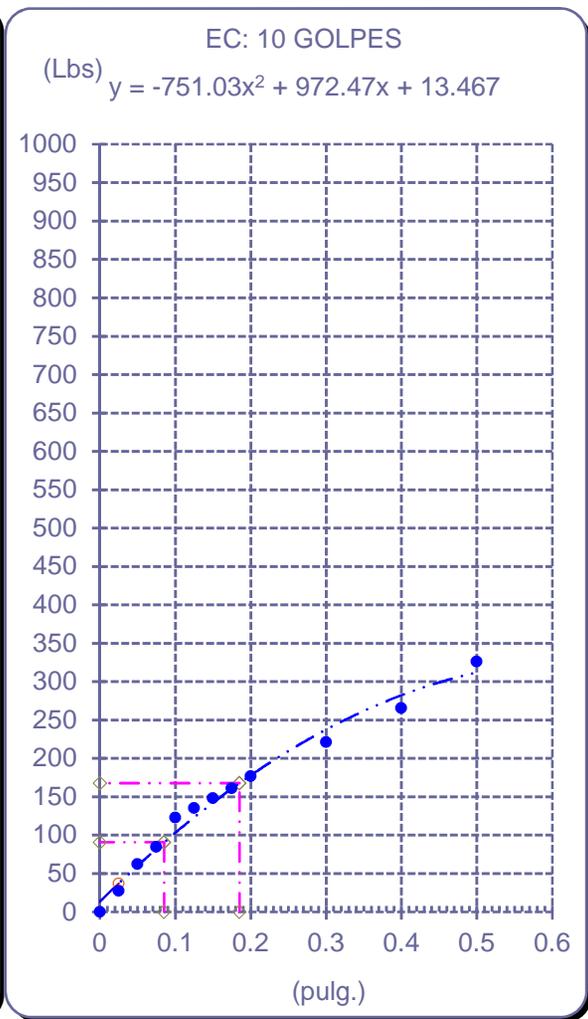
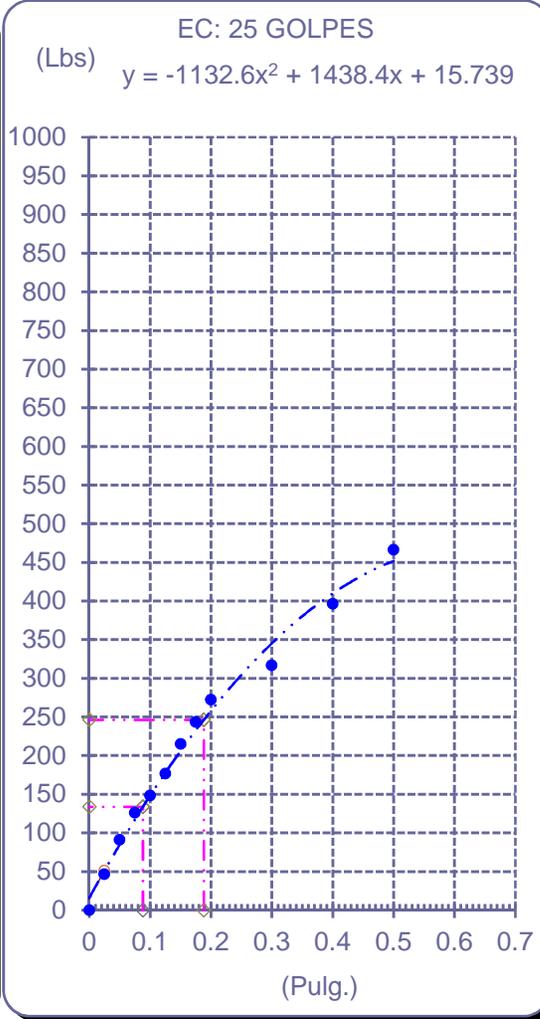
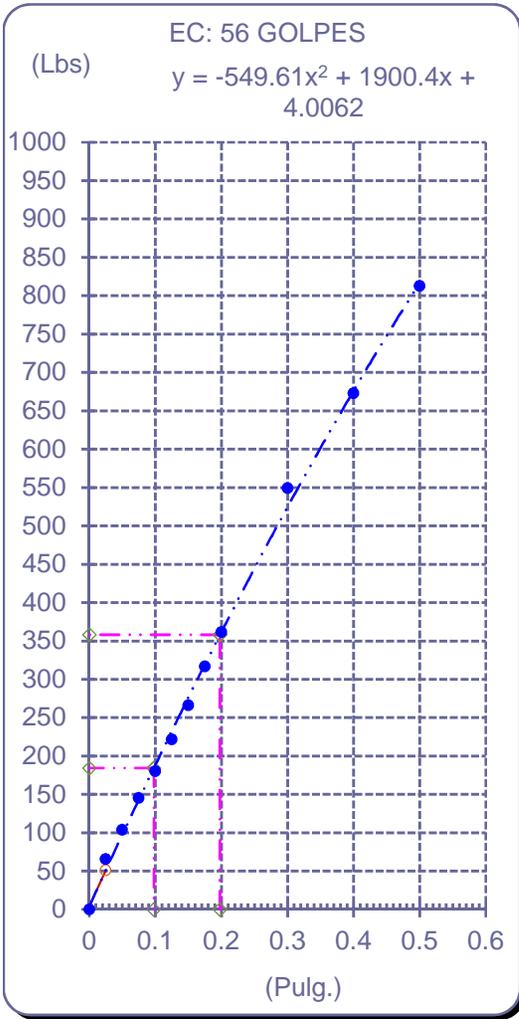


Figura 3.32: Gráfico Carga - Penetración de 56, 25, 12 golpes.

Tabla 3.16: Resultados del CBR

DATOS DEL PROCTOR			VALOR DEL C.B.R. AL 100 Y 95 %			
DENSIDAD SECA AL 100%	2.062	g./cm ³	C.B.R. AL 100 % =	0.1" :	25.9 %	0.2" 35.6 %
DENSIDAD SECA AL 95%	1.960	g./cm ³				:
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	6.2	%	C.B.R. AL 95 % =	0.1" :	21.1 %	0.2" 25.8 %
	17.05	20.93				:

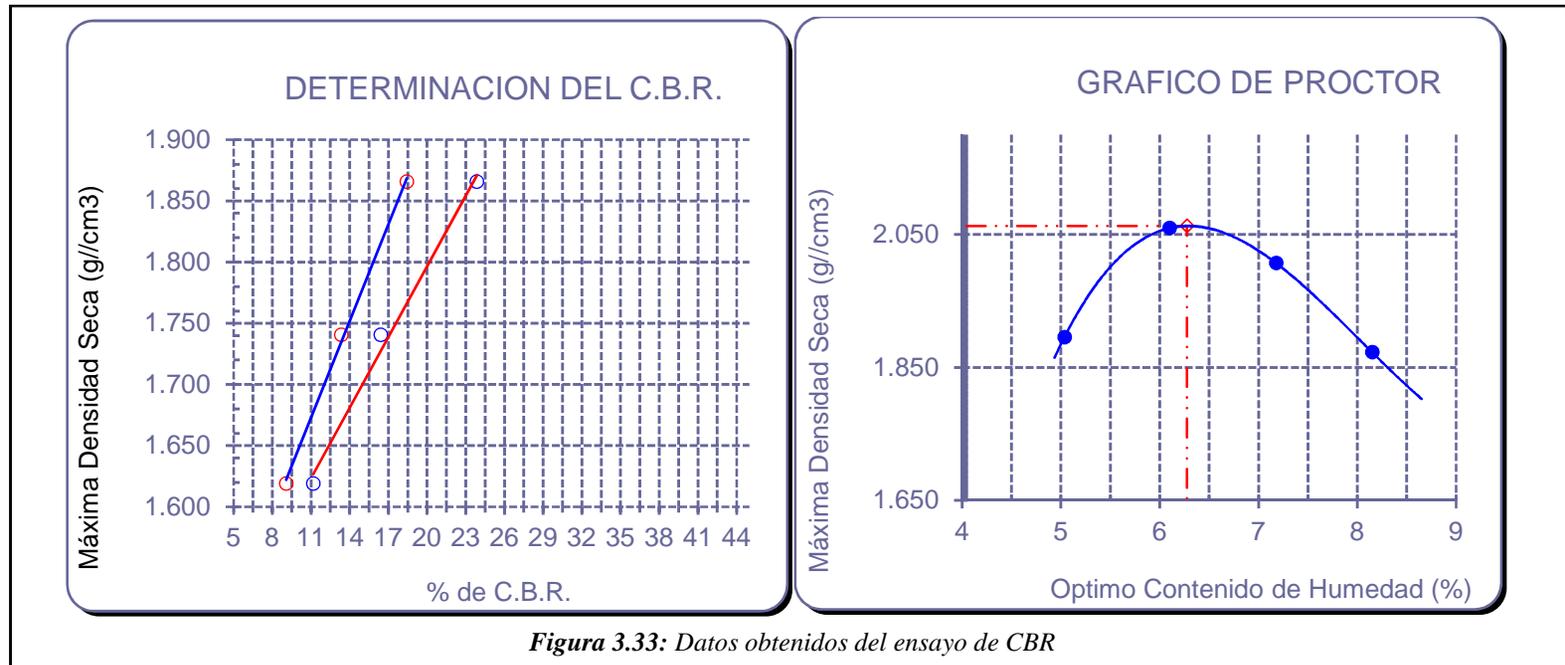


Figura 3.33: Datos obtenidos del ensayo de CBR

Interpretación: Para una dosis de 0.50 l/m³ con 20 kg/m³ aumento la subrasante a 25.9 % al 100% en la cual en su categoría está en una subrasante muy buena

Tabla 3.17: Tabla de datos de CBR de suelo natural + 0.60 l/m³ + 20 kg/m³

N° Molde	A				B				C			
N° Capa	5				5				5			
N° Golpes por capa	56				25				12			
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado	
Peso molde + Suelo húmedo	12035		12200		11415		11705		11625		11825	
Peso de molde (g)	7455		7455		7180		7180		7475		7475	
Peso del suelo húmedo (g)	4580		4745		4235		4525		4150		4350	
Volumen del molde (cc)	2098		2098		2112		2112		2117		2117	
Densidad húmeda (g/cc)	2.183		2.261		2.005		2.142		1.961		2.055	
% de humedad	7.12		9.65		4.61		14.49		7.60		17.40	
Densidad seca (g/cc)	2.038		2.062		1.917		1.871		1.822		1.750	
	2.06				1.96				1.856			
CONTENIDO DE HUMEDAD												
Tarro N°	-				-				-			
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	44.55	103.76	69.51	75.84	93.66	98.53	76.19	69.51	96.85	95.73	81.16	80.45
Tarro + Suelo seco (gr.)	42.19	95.3	65.13	71.22	90.16	85.94	68.76	62.21	90.94	82.51	71.53	69.88
Peso del Agua (gr.)	2.36	8.46	4.38	4.62	3.50	12.59	7.43	7.3	5.91	13.22	9.63	10.57
Peso del tarro (gr.)	9.05	20.1	22.44	9.05	14.18	11.15	11.29	8.99	13.14	12.77	9.04	10.56
Peso del suelo seco (gr.)	33.14	75.2	42.69	62.2	75.98	74.8	57.47	53.2	77.80	69.7	62.49	59.3
% de humedad	7.12	11.25	10.26	7.431	4.61	16.83	12.93	13.717	7.60	18.956	15.410466	17.82
Promedio de Humedad (%)	7.12	9.65			4.61	14.49			7.60	17.40		

EXPANCIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL (Pulgadas)	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
	12.48	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0
	12.48	24	0.040	10.2		0.050	12.7		0.073	18.5	
	12.48	48	0.055	14.0		0.070	17.8		0.095	24.1	
	12.48	72	0.090	22.9		0.084	21.3		0.095	24.1	
	12.48	96	0.090	22.9		0.090	22.9		0.097	24.6	
			11.64	total	1.96	11.64	total	1.96	11.65	Total	2.11

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		TIEMPO	MOLDE N° A				MOLDE N° B				MOLDE N° C				
mm.	pulg.		CARGA STAND. Lbs/pulg2	CARGA Lect. Dial	CARGA Lbs/pulg2	CORRECCIÓN Lbs/pulg2	%	CARGA Lect. Dial	CARGA Lbs/pulg2	CORRECCIÓN Lbs/pulg2	%	CARGA Lect. Dial	CARGA Lbs/pulg2	CORRECCIÓN Lbs/pulg2	%
0.000	0.000	0'00"		0	0		0	0			0	0			
0.640	0.025	0'30"		25	85		17	59			10	37			
1.270	0.050	1'00"		33	110		23	78			14	50			
1.910	0.075	1'30"		48	158		33	110			20	69			
2.540	0.100	2'00"	1000	67	218	224.1	22.4	46	151	134.3	13.4	28	94	81.7	8.2
3.180	0.125	2'30"		87	282			55	180			33	110		
3.810	0.150	3'00"		101	326			62	202			37	123		
4.450	0.175	3'30"		129	415			70	228			42	139		
5.080	0.200	4'00"	1500	131	422	417.4	27.8	83	269	244.4	16.3	50	164	148.5	9.9
7.620	0.300	6'00"		184	590			100	323			60	196		
10.160	0.400	8'00"		210	673			118	380			71	231		
12.700	0.500	10'00"		258	825			134	431			80	260		

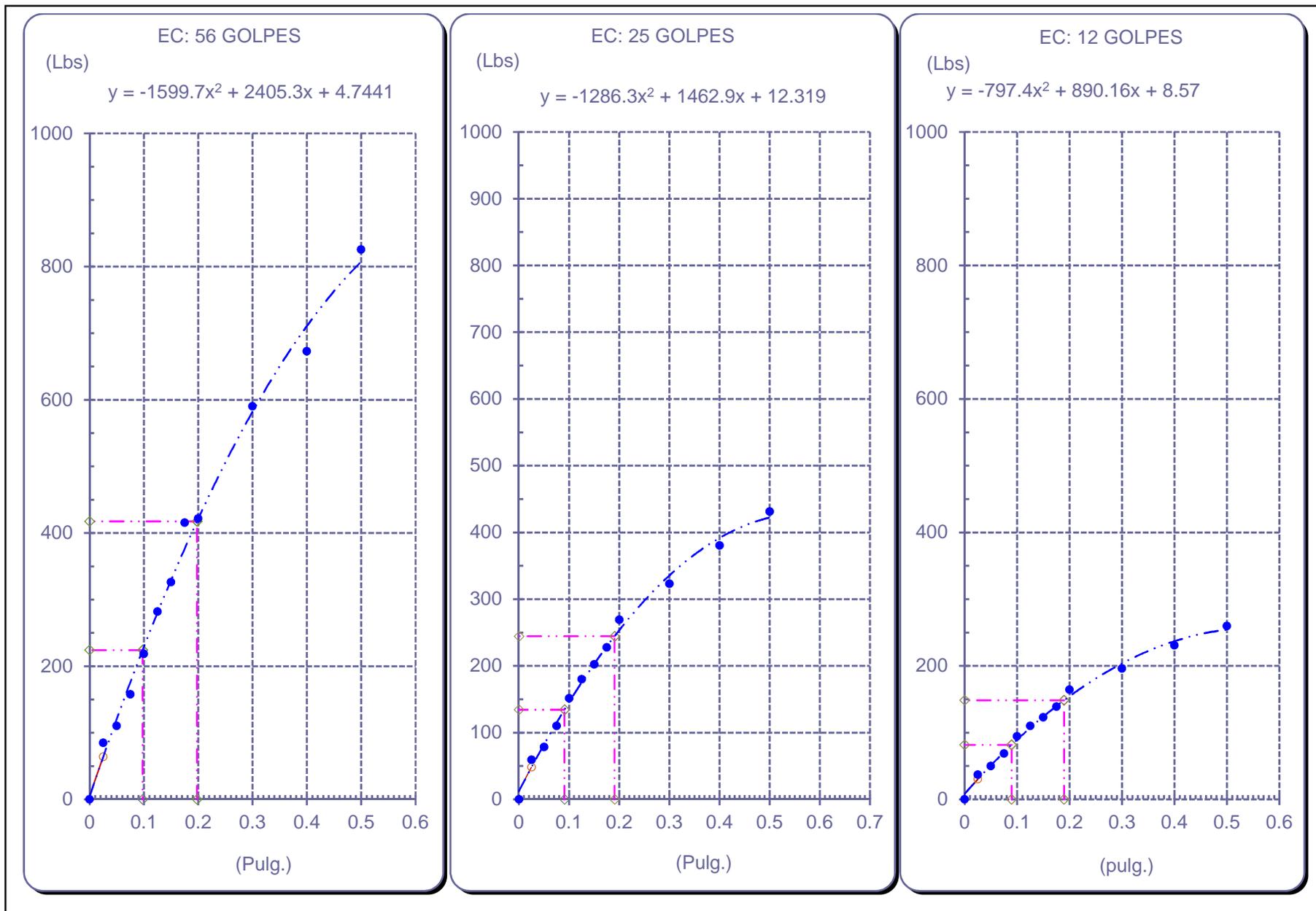


Figura 3.34: Gráfico Carga penetración de 56, 25, 12 golpes

Tabla 3.18: Tabla de resultados de CBR

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	2.062 g./cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.960 g./cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	6.2 %

VALOR DEL C.B.R. AL 100 Y 95 %

C.B.R. AL 100 % =	0.1" :	24.1 %	0.2" :	30.2 %
			:	
C.B.R. AL 95 % =	0.1" :	15.8 %	0.2" :	19.2 %
			:	

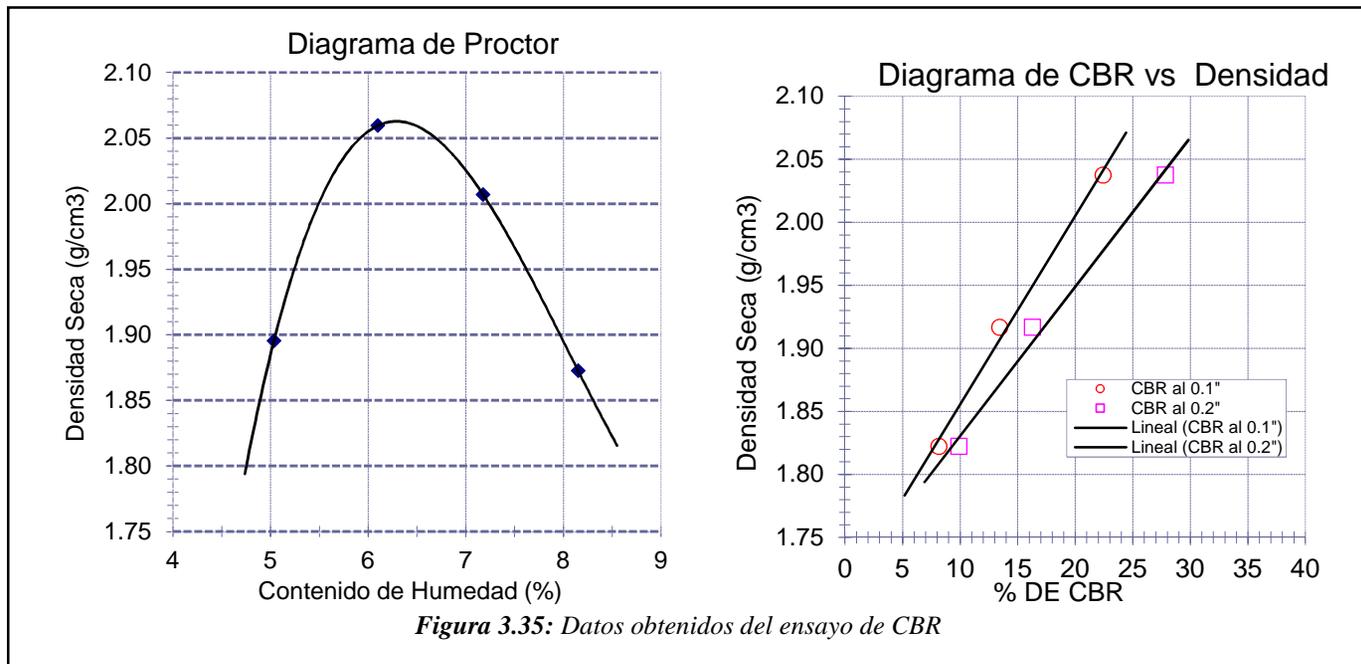


Figura 3.35: Datos obtenidos del ensayo de CBR

Interpretación: Para una dosis de 0.60 l/m³ con 20 kg/m³ aumento la subrasante a 24.1% al 100% de CBR en la cual en su categoría está en una subrasante muy buena.

Tabla 3.19: Tabla final de comparación de resultados de CBR

VARIACIÓN DEL CBR	VARIACIÓN DEL CBR	VARIACIÓN DEL CBR
Terreno Natural	Terreno Natural	Terreno Natural
5,3%	5,3%	5,3%
0.40	0.40	0.40
21,2%	21,2%	21,2%
0.50	0.50	0.50

Tabla 3.20: Tabla variación del CBR

VARIACIÓN DEL CBR	
Terreno Natural	5,3%
0.40	21,2%
0.50	25,9%
0.60	24,1%

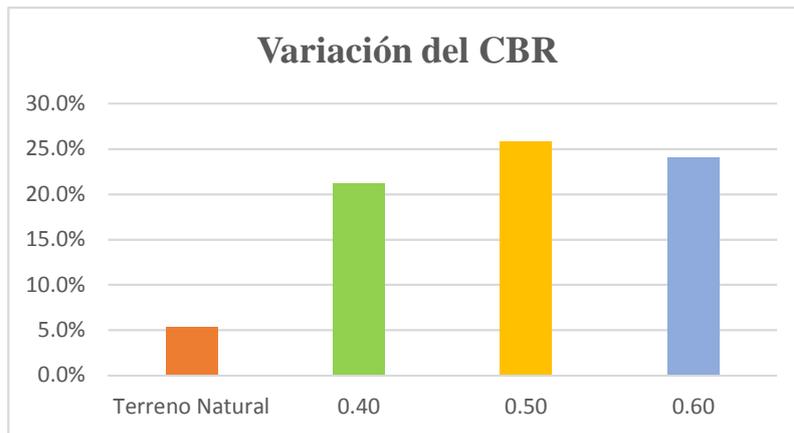


Figura 3.37: Variación del CBR

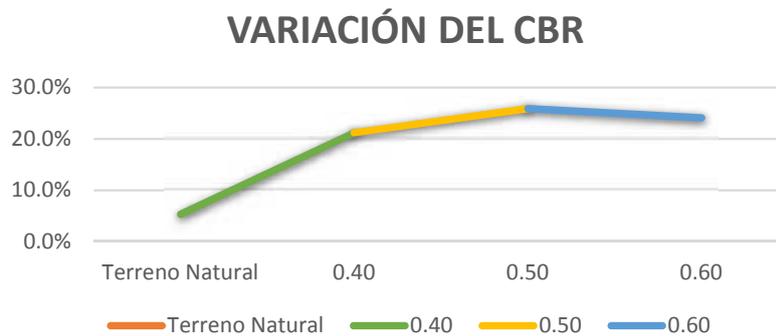


Figura 3.36: Variación del CBR

3.1.4. Comparar los resultados obtenidos en el objetivo anterior en base a la dosificación que especifica los patrones del Rocamix para obtener el mejoramiento de la subrasante en la carretera Lambayeque - San José

El rocamix nos da las dosificaciones exactas para cada tipo de suelo.

Clasificación	A-1	A-2					A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
AASHTO	A-1 ^a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Clasificación	GW	GC	SM	SM	SC	SC	SP	ML	MH	CL	CH
SUCS											
Tipos de suelos	Suelos buenos a regulares						Suelos regulares, malos a muy malos				
Suelos conformes al Teorema Rocamix 10+10+20											
Clasificación	R1	R1	R2	R2	R2	R2	R3	R2	R3	R3	R3
Rocamix											
Las dosis											
Litro de producto por m3	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,60	0,50	0,60	0,60	0,60
Kilogramo de cemento por m3	10	10	15/20	15/20	15/20	15/20	20/25	15/20	20/25	20/25	20/25

Fuente: ROCAMIX

Además el Rocamix nos da unos parámetros muy aparte de su clasificación suelos, nos da un teorema 10+10+20, en la cual nos dice:

10: Cuando 10% de las partículas pasan a través del tamiz 200, eso facilitará el tratamiento del suelo con Rocamix. Los otros índices se determinan a través los límites de Atterberg.

10: Un Índice de Plasticidad (IP) de al menos 10% facilitará el tratamiento del suelo.

20: Un Límite de Liquidez (LL) de al menos 20 % permitirá un % de Índice de Plasticidad (IP) superior y esto facilitará el tratamiento del suelo.

		C1	C2	C3
MALLA 200	10	35.92	29.28	32.61
IP	10	10.62	10.12	10.59
LL	20	27.9	27.0	23.3

Con los resultados obtenidos podemos darnos cuenta que si se cumple con los parámetros del teorema.

Luego se analizó la granulometría del suelo en la cual se encontró 1 estrato por calicata con profundidad de 1.50 m.

Tabla 3.21: Tabla de granulometría de Calicata N°1

CALICATA	:	01	Muestra:	M-1	Espesor:	1.50m			
Profundidad	:								
TAMICES	PESO	%	% RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA			
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	MUESTRA			
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL	:	200.0	g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO	:	200.0	g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO	:	71.83	g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO	:	27.9	%
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO	:	17.31	%
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD	:	10.62	%
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO	:	A-4 (0)	
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS	:	SC	
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :			
N°4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0	Arena arcillosa			
N°10	2.000	4.25	2.1	2.1	97.9	Ensayo Malla N°200	P.S.Sec o	P.S.La v	(%) 200
N°20	0.850	4.18	2.1	4.2	95.8		200	200	0.0
N40	0.425	6.37	3.2	7.4	92.6	% HUMEDAD	P.S.H	P.S.S.	(%) Hum
N°60	0.250	11.44	5.7	13.1	86.9		68.5	51.10	34.1
N°140	0.106	95.86	47.9	61.0	39.0	MODULO DE FINEZA	0.878		
N°200	0.075	6.07	3.0	64.0	36.0	Coef. Uniformidad	0.3		
< N° 200	FONDO	71.83	35.9	99.9	0.1	Coef. Curvatura	0.2		

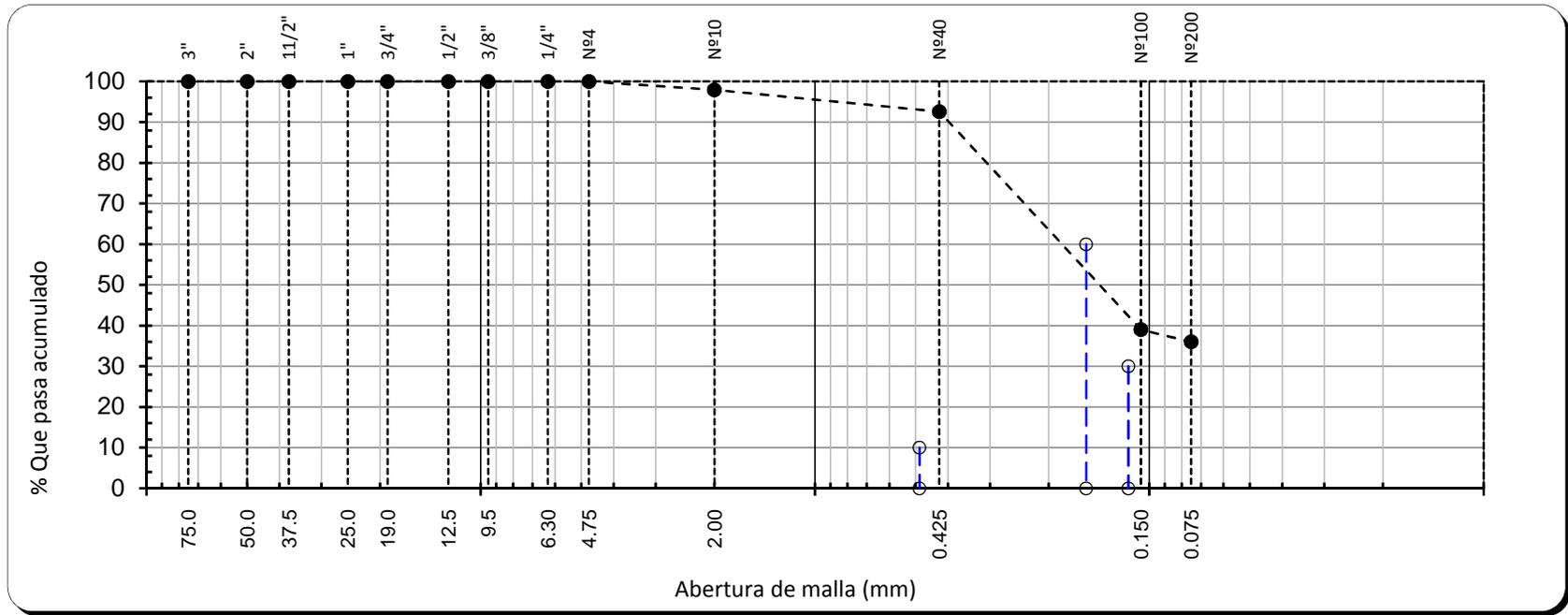


Figura 3.38: Curva granulométrica – Calicata N°1

Tabla 3.22: Tabla para hallar el límite Atterberg

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico
N° de tarro	M1-2	TC	TESIS-2	CL-12
N° de golpes	29	21	18	
Tarro + suelo húmedo	62.9	43.09	37.59	34.62
Tarro + suelo seco	53.86	36.77	31.62	33.72
Agua	9.04	6.32	5.97	0.9
Peso del tarro	22.22	13.77	8.63	28.52
Peso del suelo seco	31.64	23	22.99	5.2
Porcentaje de humedad	28.57	27.48	25.97	17.31
CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA			Colocar "X", a suelo no Plástico	◦
Límite Líquido	27.93			SC
Límite Plástico	17.31			
Índice de Plasticidad	10.62			
Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° de tarro	CALVA - 05			
Tarro + suelo húmedo	71.8			
Tarro + suelo seco	63.1			
Agua	8.7			
Peso del tarro	37.55			
Peso del suelo seco	25.55			
Porcentaje de humedad	34.05			

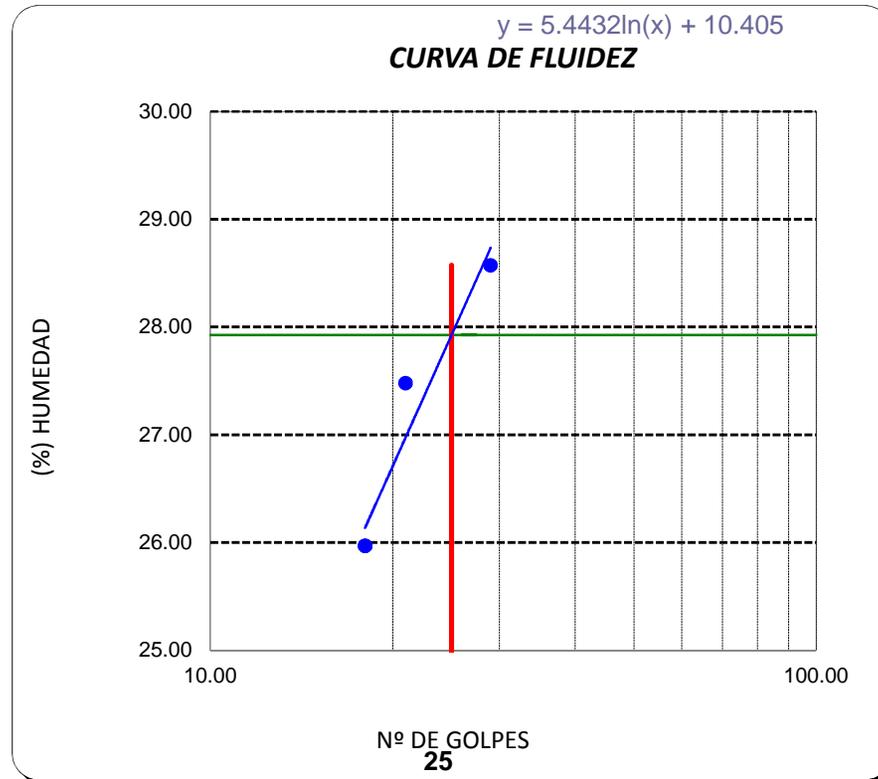


Figura 3.39: Curva de fluidez

Tabla 3.23: Tabla de granulometría de Calicata N°2

CALICATA		:	2	Muestra:	M-1	Espesor: 1.50m				
Profundidad:										
TAMICES		PESO	%	% RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
(Pul)	(mm)	RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	ACUMULADO	PASA					
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL	:	200.0	g.	
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO	:	200.0	g.	
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO	:	58.56	g.	
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO	:	27.0	%	
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO	:	16.91	%	
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD	:	10.12	%	
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO	:	A-2-6 (0)		
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS	:	SC		
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :				
N°4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0	<i>Arena arcillosa</i>				
N°10	2.000	0.67	0.3	0.3	99.7	Ensayo Malla N°200	P.S.Seco	P.S.Lav	(%)	
N°20	0.850	1.68	0.8	1.1	98.9		200	230	-15.0	
N40	0.425	3.80	1.9	3.0	97.0	% HUMEDAD	P.S.H	P.S.S.	(%)	
N°60	0.250	8.97	4.5	7.5	92.5		196.5	147.48	Hum.	33.2
N°140	0.106	117.66	58.8	66.3	33.7	MODULO DE FINEZA	0.782			
N°200	0.075	8.66	4.3	70.6	29.4	Coef. Uniformidad	0.4			
< N° 200	FONDO	58.56	29.3	99.9	0.1	Coef. Curvatura	0.1			

:

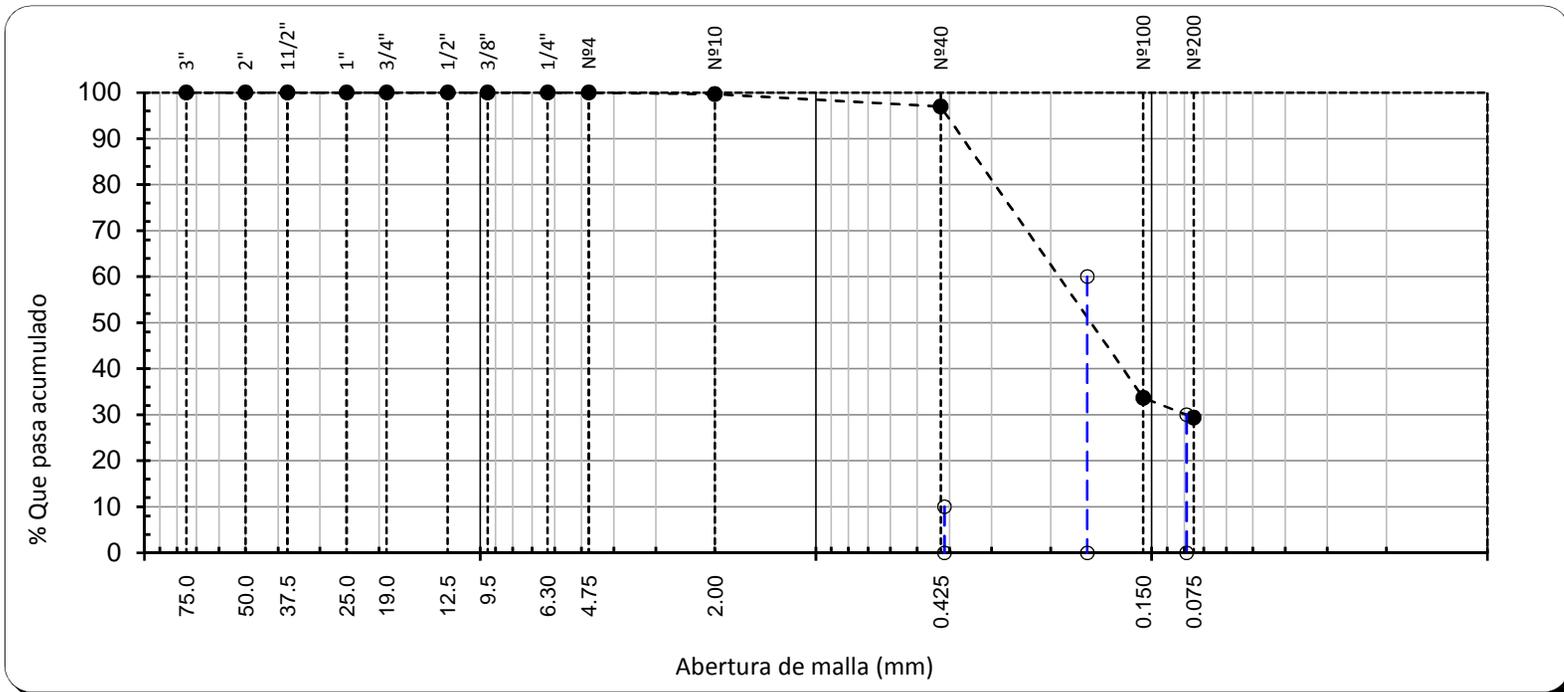


Figura 3.40: Curva granulométrica – Calicata N°1

Tabla 3.24: Tabla para hallar el límite Atterberg

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico
N° de tarro	M1-2	TC	TESIS-2	CL-12
N° de golpes	27	23	14	
Tarro + suelo húmedo	57.31	50.01	48.78	29.66
Tarro + suelo seco	50.7	44.87	44.1	29.2
Agua	6.61	5.14	4.68	0.46
Peso del tarro	25.71	26.34	27.97	26.48
Peso del suelo seco	24.99	18.53	16.13	2.72
Porcentaje de humedad	26.45	27.74	29.01	16.91
CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA			Colocar "X", a suelo no Plástico	°
Límite Líquido				27.03
Límite Plástico				16.91
Índice de Plasticidad				10.12
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Datos de ensayo.				
N° de tarro	CALVA - 05			
Tarro + suelo húmedo	147.28			
Tarro + suelo seco	122.77			
Agua	24.51			
Peso del tarro	49.03			
Peso del suelo seco	73.74			

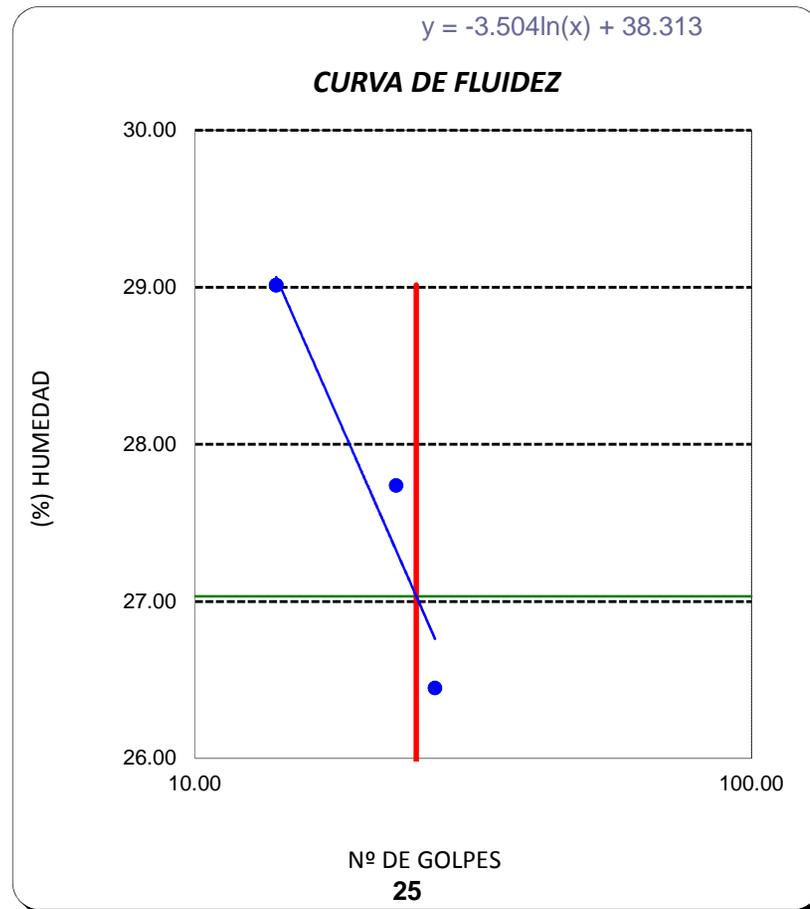


Figura 3.41: Curva de fluidez.

Tabla 3.25: Tabla de granulometría de Calicata N°3

CALICATA		:	01	Muestra:	M-1	Espesor:	1.50m		
Profundidad:									
TAMICES		PESO	%	% RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
(Pul)	(mm)	RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	ACUMULADO	PASA				
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL	:	210.0	g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO	:	210.0	g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO	:	68.49	g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO	:	23.3	%
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO	:	12.75	%
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD	:	10.59	%
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO	:	A-2-6 (0)	
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS	:	SC	
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :			
N°4	4.750	1.27	0.6	0.6	99.4	<i>Arena arcillosa</i>			
N°10	2.000	2.37	1.1	1.7	98.3	Ensayo Malla N°200	P.S.Seco	P.S.Lav	(%)
N°20	0.850	3.21	1.5	3.2	96.8		210	210	0.0
N40	0.425	3.15	1.5	4.7	95.3	% HUMEDAD	P.S.H	P.S.S.	(%) Hum.
N°60	0.250	10.56	5.0	9.7	90.3		164	134.00	22.4
N°140	0.106	112.14	53.4	63.1	36.9	MODULO DE FINEZA	0.830		
N°200	0.075	8.81	4.2	67.3	32.7	Coef. Uniformidad	0.3		
< N° 200	FONDO	68.49	32.6	99.9	0.1	Coef. Curvatura	0.1		

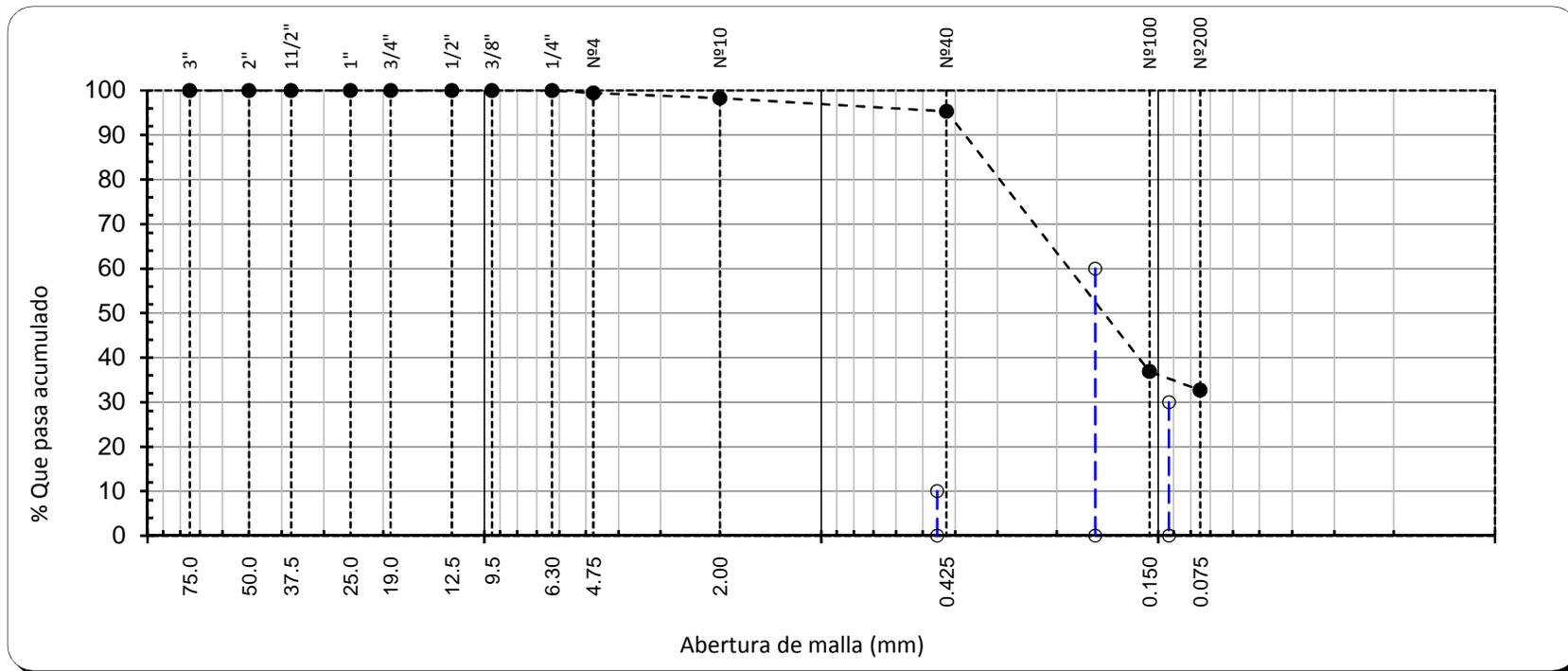


Figura 3.42: Curva granulométrica – Calicata N°3

Tabla 3.26: Tabla para hallar el límite Atterberg

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico
N° de tarro	M1-2	TC	TESIS-2	CL-12
N° de golpes	33	19	14	
Tarro + suelo húmedo	40.62	36.16	31.12	11.22
Tarro + suelo seco	35.5	31.69	26.79	10.9
Agua	5.12	4.47	4.33	0.32
Peso del tarro	13.21	12.67	9.06	8.39
Peso del suelo seco	22.29	19.02	17.73	2.51
Porcentaje de humedad	22.97	23.50	24.42	12.75
CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA				Colocar "X", a suelo no Plástico
Límite Líquido				SC
Límite Plástico				12.75
Índice de Plasticidad				10.59
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Datos de ensayo.				
N° de tarro	CALVA - 05			
Tarro + suelo húmedo	132			
Tarro + suelo seco	117			
Agua	15			
Peso del tarro	50			
Peso del suelo seco	67			
Porcentaje de humedad	22.39			

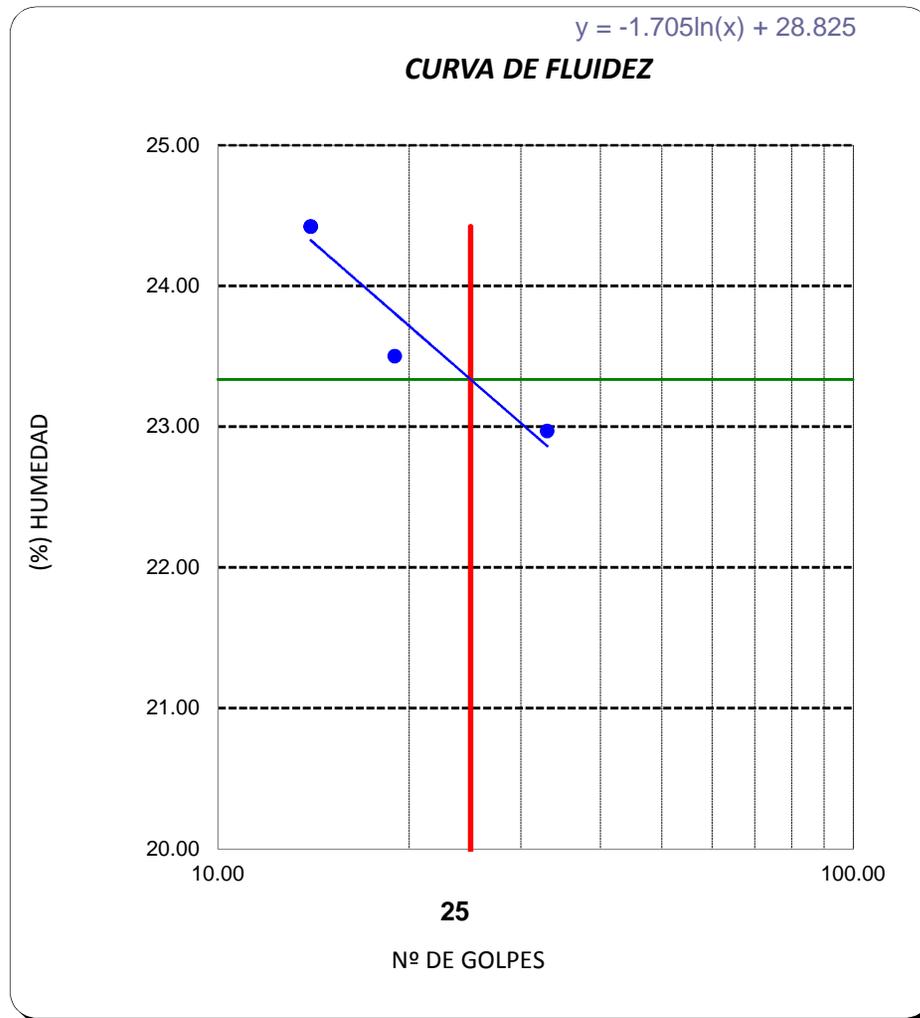


Figura 3.43: Curva de fluidez.

Tabla 3.27: Tabla resumen de clasificación de suelos por calicata.

	Clas. SUCS	Clas. AASTHO	Lím. Líquido	Lím. Plástico	Ind. Plasticidad
Calicata 1	SC	A-4 (0)	27.93	17.31	10.62
Calicata 2	SC	A-2-6 (0)	27.03	16.91	10.12
Calicata 3	SC	A-2-6 (0)	23.34	12.75	10.59

Interpretación: La dosis recomendada en la metodología de la clasificación de suelos del Rocamix AASTHO/SUCS nos dice que para los suelos tipo SC Y A-4, A-2-6 nos recomienda usar una dosis de 0.50 l/m3 y de 15 a 20 kg de cemento por m3.

Por los resultados obtenidos nos da un suelo de arena arcillosa.

Según los resultados obtenidos en el objetivo anterior, vemos el aumento de CBR cuando la dosificación es de 0.50, mucho mayor que cuando se usa una dosificación con aditivo de 0.60, por lo que en este proyecto está cumpliendo con los parámetros dado por el producto.

Tabla 3.28: Cuadro resume de CBR

	CBR	Categoría
Suelo natural	5.3%	Pobre
SN+0.40	21,2%	Muy Bueno
SN+0.50	25,9%	Muy bueno
SN+0.60	24.1%	Muy bueno

Interpretación: Teniendo en cuenta la clasificación de suelos por medio de la granulometría, SUCS/ASSTHO tenemos un suelo tipo SC, por lo cuales nuestras diferentes dosis de 0.40, 0.50, 0.60, litros/m3, nos demandaría un dosificación de 0.50 l/m3 queriendo decir que no por agregar más aditivo será mayor el aumento de CBR.

3.1.3.1. Costo del proyecto

CARRETERA LAMBAYEQUE - SAN JOSÉ	
Carretera de ancho = 6 m - Largo = 1.000 m - Espesor tratamiento = 20 cm	
Clasificación del suelo (Método A.A.S.T.H.O)	A-4(5)
Clasificación Rocamix	R2
Peso específico máximo	2062 kg/m ³
Humedad óptima (Proctor)	6,2%
Humedad natural del suelo extraído en el campo	8,20%
LL (Límite Líquido)	27.93
IP (Índice de plasticidad)	10.62
Volumen del suelo	6,00 x 0,20m x 100,00 m = 1 200 m ³
Cantidad de producto (tratamiento de 20 cm) 0,50 litro/m ³ x 1 200 m ³ = 600 litros de Rocamix	
Cantidad de cemento (tratamiento de 20 cm) 10 kg/m ³ x 900 m ³ = 9 000 kg de cemento	

Cantidad (LITROS)	Precio por litro
1-1 000 lt	\$ 44.50
1 001-5 000 lt	\$ 39.00
5 001-20 000 lt	\$ 32.90
20 001- A más	\$ 27.90

COSTO POR KM DE CARRETERA

Descripción	UND	CANTIDAD	P.U.	P.P.
1.0. MATERIALES				
Rocamix	lts	1200	136.5	S/. 163,800.00
Cemento Portland	bls	565	22	S/. 12,430.00
2.0. MAQUINARIA				
Motoniveladora	hm	8	180	S/. 1,440.00
Rodillo Compactador Liso	hm	8	100	S/. 800.00
Camión Cisterna	hm	8	50	S/. 400.00
3.0. MANO DE OBRA				
Topógrafo	hh	8	20	S/. 160.00
Peones (4)	hh	32	8	S/. 256.00
4.0. HERRAMIENTAS				
				S/. 12.48
TOTAL				S/. 179,298.48

Tabla 29 COSTO POR KM DE CARRETERA

3.2. Discusión de resultados.

En el objetivo específico 1 que fue localizar los puntos de investigación de suelos a mejorar mediante la aplicación de Rocamix líquido al suelo en la carretera Lambayeque – San José, para desarrollar el objetivo específico mencionado, se ubicaron puntos en la carretera Lambayeque – San José, en el manual de carreteras suelos, geología, geotecnia, y pavimentos nos habla de la cantidad de calicatas para su exploración, el tramo en estudio es de 1 km por lo tanto el número de calicatas a realizar son 3 por km..

En el objetivo específico 2 que es determinar el proctor por calicata, para luego elegir el proctor patrón adecuado para el mejoramiento de la subrasante en la carretera Lambayeque – San José, una vez obtenido el proctor modificado de las tres calicatas, se obtendrá el valor que este en medio porque será el que se encuentre en el +- 2%, ya que ese será su óptimo contenido de humedad.

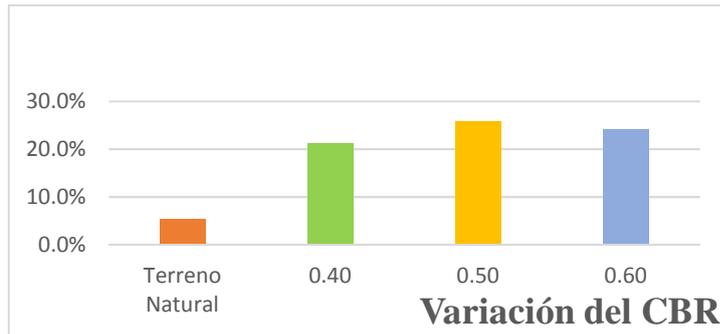
Por lo tanto, los datos obtenidos son:

Densidad Máxima –MDS (gr/cm ³)	2.062
Humedad Optima-OCH (%)	6.2

En el objetivo específico 3 que es determinar la dosificación adecuada de Rocamix Líquido y cemento para el mejoramiento de la capacidad portante y compararlo con el suelo del terreno natural en la carretera Lambayeque – San José, se obtuvieron los siguientes resultados.

VARIACIÓN DEL CBR	VARIACIÓN DEL CBR	VARIACIÓN DEL CBR
Terreno Natural	Terreno Natural	Terreno Natural
5,3%	5,3%	5,3%
0.40	0.40	0.40
21,2%	21,2%	21,2%
0.50	0.50	0.50

VARIACIÓN DEL CBR	
Terreno Natural	5,3%
0.40	21,2%
0.50	25,9%
0.60	24,1%



En el objetivo específico 4 que es comparar los resultados obtenidos en el objetivo anterior en base a la dosificación que especifica los patrones del Rocamix para obtener el mejoramiento de la subrasante en la carretera Lambayeque - San José, los resultados obtenidos en el objetivo anterior, vemos el aumento de CBR cuando la dosificación es de 0.50, mucho mayor que cuando se usa una dosificación con aditivo de 0.60, por lo que en este proyecto está cumpliendo con los parámetros dado por el producto.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. Conclusiones.

1. De acuerdo al objetivo específico 1 que es: Localizar los puntos de investigación de suelos a mejorar mediante la aplicación de Rocamix Líquido al suelo en la carretera Lambayeque - San Jose, se determinó la longitud de estudio de un 1 km, en la que se realizaron 3 calicatas con una profundidad de 1.50 m concluyendo que el terreno a estudiar es de regular capacidad portante por lo que es factible mejorarlo utilizando el sistema rocamix ya que en el lugar existe tráfico de vehículos pesados además se está convirtiendo en una zona industrial.

2. En el objetivo específico 2 que es: Determinar el proctor por calicata, para luego elegir el proctor patron adecuado para el mejoramiento de la subrasante en la carretera Lambayeque San Jose, se realizaron los ensayos de proctor modificado a las tres calicatas del área de estudio se logró concluir que se tomara como proctor patrón al proctor modificado de la calicata 1:

C-1 Máxima densidad seca (MDS): 2.062 gr/cm³

Optimo Contenido de Humedad (OCH): 6.2 %

3. Mediante el objetivo específico 3 que es: Determinar la dosificación adecuada de Rocamix líquido y cemento para el mejoramiento de la capacidad portante y compararlo con el suelo del terreno natural en la carretera Lambayeque – San Jose, teniendo en cuenta los resultados del CBR con las diferentes dosificaciones comparadas con el suelo natural, se concluye que hay un mejor aumento de CBR cuando se agrega una dosis de 0.50 l/m³.

4. En el objetivo específico 4, que es: Comparar los resultados obtenidos en el objetivo anterior en base a la dosificación que especifica los patrones del Rocamix para obtener el mejoramiento de la subrasante en la carretera Lambayeque – San José, se concluye que los estratos obtenidos cumplen con el teorema 10+10+20 como también cumple con tabla de dosificaciones establecidas de aditivo + cemento.

5. Recomendaciones.

1.- Cumplir con los parámetros del Rocamix para su mejor funcionamiento en cual nos habla que más del 10% del suelo debe pasar por el tamiz 200 (0.075mm), el suelo debe tener al menos un índice de plasticidad IP de 10% y que el límite líquido de al menos 20%, todos los suelos que contienen estas características pueden ser tratados con el sistema Rocamix.

2.- Si la altura de barro es excesivamente bajo, y de acuerdo con la metodología de las pruebas Rocamix, se debe agregar un% de barro en el suelo a tratar para desenvolver una mejor reacción del producto Rocamix. El% de barro que debe añadirse al suelo debe comenzar con un 3% del magnitud del suelo.

3.- Si más del 85% pasa por el tamiz 200 (0.075 mm) Corregir el esqueleto del terreno añadiendo piedra chanchada (8/10) comenzando con 3% del volumen del suelo de la adición.

4.- Se recomienda tomar los datos exactos para tener resultados en laboratorio durante los ensayos para así poder tener mejores resultados y poder aplicarlos en campo.

5.- Es un aditivo que se adecua a todo tipo de suelo aumenta su capacidad portante en más de 3 a 5 veces, ya que nuestras carreteras a nivel de subrasante la mayoría se encuentra en mal estado este aditivo es una buena opción para mejorar el CBR y una mayor vida útil a la carretera.

ANEXOS

Fotografía 1: Lavado en la malla N° 200



Fotografía 2: Copa Casagrande (Límite Líquido)



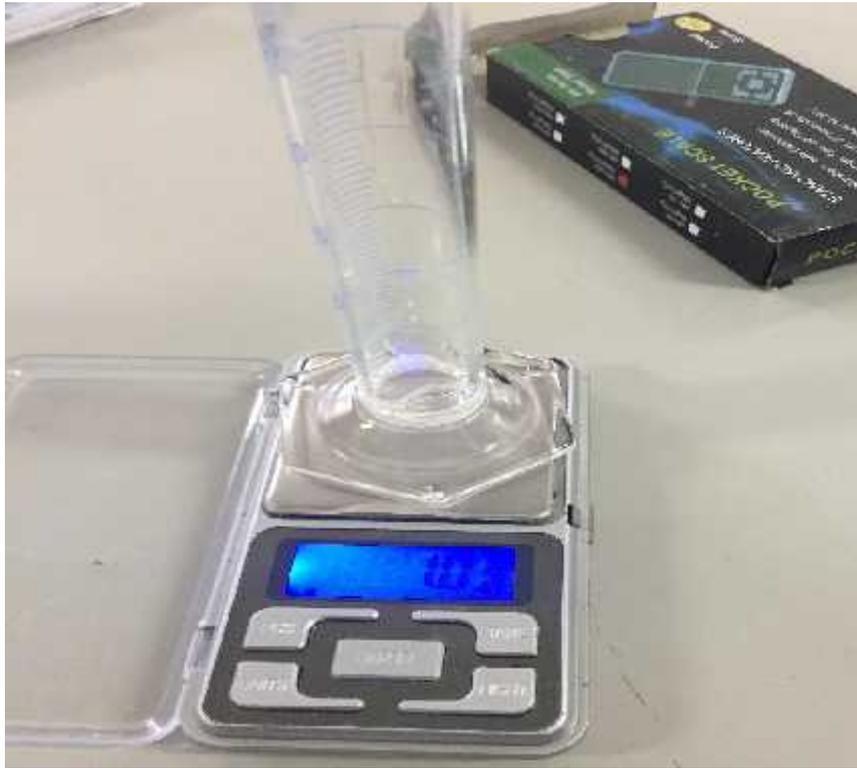
Fotografía 3: Limite Plástico



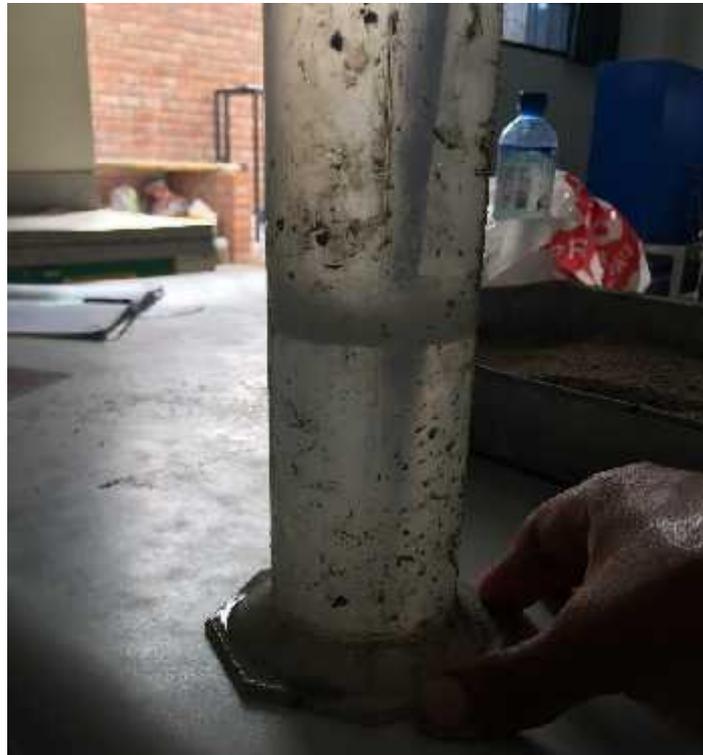
Fotografía 4: Proctor Modificado



Fotografía 5: Peso de Aditivo



Fotografía 6: Agua mezclado con Aditivo



Fotografía 7: Calibración de Marco De CBR



Fotografía 8: Peso de cemento T-1



Fotografía 9: CBR de 56 golpes



Referencias bibliográficas

- Andina. (30 de Noviembre de 2017). *Andina*. Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-lambayeque-defensoria-advierte-retrasos-reconstruccion-vias-691374.aspx>
- Borja, M. (09 de Septiembre de 2011). *Chiclayo al dia*. Obtenido de <https://vigilaperulambayeque.blogspot.com/2011/09/problemas-y-carencias-de-la-ciudad.html>
- CUSCO, R. U. (07 de Julio de 2017). *RADIO UNIVERSAL CUSCO*. Obtenido de <http://www.radiouniversalcusco.com.pe/noticias/26160-2017-07-07-03-21-50>
- Falen Chávez y Cubas Benavides (2016). "*Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas*".
- Ministerio de Transportes y comunicaciones (2013). "*Manual de suelos carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos*".
- Miranda, M. (01 de AGOSTO de 2017). *LA TERCERA*. Obtenido de <http://www2.latercera.com/noticia/60-los-caminos-chile-no-esta-pavimentado-regiones-viii-ix-lideran-deficit/>
- Molina, M. A. (21 de MARZO de 2012). *EL TIEMPO*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-71083>
- MUNDIAL, B. (2016 de Marzo de 2016). *BANCO MUNDIAL*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/disasterriskmanagement/overview>
- Perez Núñez y Leonardo Behak. (2008). *scielo*. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732008000100004
- RCR. (05 de Enero de 2018). *Red de Comunicacion Regional*. Obtenido de <https://rcrperu.com/cajamarca-solo-tiene-dos-carreteras-asfaltadas-mientras-el-resto-de-vias-estan-afirmadas/>
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2018). *Habilitaciones Urbanas, componentes estructurales. Norma CE.020*.
- ROCAMIX. Obtenido de <https://www.rocamix.es/laboratorio.php?l=es>
- Velez, M. C. (21 de JULIO de 2016). *EL DÍA*. Obtenido de https://www.eldia.com.bo/index.php?cat=357&pla=3&id_articulo=203915
- Velasco L. (2016). "*Aplicación del biocemento para la estabilización de suelos granulares no cohesivos de Lambayeque*".
- WIKIPEDIA. (14 de Diciembre de 2017). *WIKIPEDIA*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental_de_v%C3%ADAs_terrestres
- Zeña, C. (16 de Julio de 2017). *Perú21*. Obtenido de <https://peru21.pe/lima/70-carreteras-lambayeque-deben-reparadas-88219>