

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

ESCUELA DE POSGRADO



TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN TRANSPORTES Y CONSERVACIÓN VIAL

**Estabilización de suelos arcillosos adicionando
polímeros reciclados para mejoramiento de subrasante en el
distrito de Mórrope, 2021**

Área de Investigación

Línea de Investigación: Ingeniería de Transportes

Sublínea de Investigación: Transportes

Autor:

Guzmán Montenegro, Martín Jhair

Jurado Evaluador:

Presidente: Narváez Arana, Ricardo

Secretario: Henríquez Ulloa, Juan Paul Edward

Vocal: Farfán Córdova, Marlon Gastón

Asesor:

Rodríguez Ramos, Mamerto

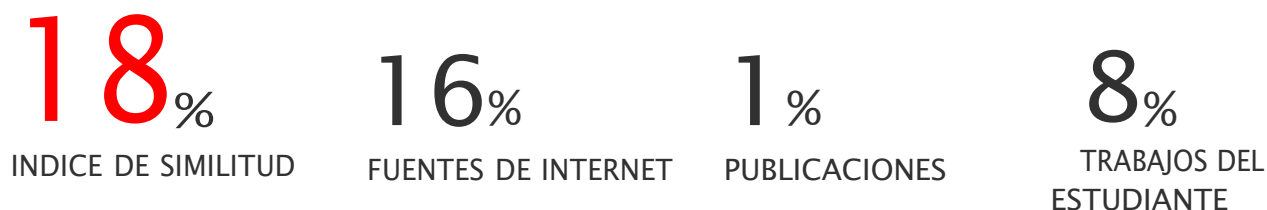
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3024-0155>

**TRUJILLO – PERÚ
2023**

Fecha de sustentación: 2023/10/11

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uss.edu.pe	Fuente de Internet	3%
2	repositorio.uandina.edu.pe	Fuente de Internet	2%
3	repositorio.upla.edu.pe	Fuente de Internet	2%
4	1library.co	Fuente de Internet	2%
5	repositorio.urp.edu.pe	Fuente de Internet	1%
6	pt.slideshare.net	Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco	Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.uprit.edu.pe	Fuente de Internet	< 1%

XIAN WANG, JUNYI DAI, TIANQING XING, JINLONG ZHUO. "INFLUENCE OF CARBON FIBER ON THE COMBUSTION BEHAVIOR, THERMAL STABILITY AND MECHANICAL PROPERTIES OF ETHYLENE-VINYL ACETATE COPOLYMER (EVA) AND 9,10-DIHYDRO-9-OXA-10-PHOSPHAPHENANTHRENE-10-OXIDE (DOPO) COMPOSITES", DYNA, 2021

Publicación

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

.....
Rodríguez Ramos, Mamerto
CIP: 3689

Declaración de originalidad

Yo, *RODRIGUEZ RAMOS MAMERTO*, docente del Programa de Estudio MAESTRIA /o de Postgrado, de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MORROPE, 2021.”, autor *MARTIN JHAIR GUZMÁN MONTENEGRO*, dejo constancia de lo siguiente:

- *El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 18 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 08 de julio del 2023.*
- *He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MORROPE, 2021, y no se advierte indicios de plagio.*
- *Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.*

Lugar y fecha: 30/07/2023

RODRIGUEZ RAMOS MAMERTO

DNI:18034417

ORCID: 0000-0003-3024-0155

FIRMA



.....
Rodríguez Ramos, Mamerto
CIP: 3689

GUZMAN MONTENEGRO MARTÍN

DNI: 71919656

FIRMA



INDICE

Resumen	05
Abstract.....	06
I. Introducción	07
1.1. Realidad	10
1.2. Objetivos.....	20
1.3. Justificación.....	30
II. Marco Teórico	
2.1. Antecedentes.....	10
2.2. Bases Teórica	12
2.3. Marco Conceptual	36
2.4. Hipótesis.....	37
III. Metodología	
3.1. Población.....	37
3.2. Muestra.....	37
3.3. Operacionalización de Variables	38
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	40
3.5. Procedimiento.....	41
3.6. Diseño de contrastación	42
3.7. Procesamiento y análisis de datos	42
3.8. Consideraciones éticas	43
IV. Resultados	44
V. Discusión.....	62
VI. Conclusiones	69
Recomendaciones.....	119
VII. Referencia Bibliográfica.....	120
VIII. Anexos.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de suelos en subrasante.....	32
Tabla 2. Simbología usada en el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).	33
Tabla 3. Número de calicatas para exploración de suelos	36
Tabla 4. Número de ensayos CBR y Mr.....	37
Tabla 5. Penetración del gato para definir la curva.....	49
Tabla 6. Descripción de las coordenadas geográficas de las calicatas	54
Tabla 7. Ensayos usados en la investigación	56
Tabla 8. Resultados de análisis granulométricos	57
Tabla 9. Porcentajes de suelos (grava, arena, finos)	58
Tabla 10. Resultados de contenido de humedad y humedad óptima.....	59
Tabla 11. Resumen de los resultados obtenidos en el ensayo de límites de consistencia.....	59
Tabla 12. Clasificación por el método SUCS.....	61
Tabla 13. Clasificación de suelos, método AASHTO.....	62
Tabla 14. Resultados de la muestra patrón mediante el ensayo de proctor modificado.	63
Tabla 15. Resultados del ensayo CBR de la muestra patrón	65
Tabla 16. Análisis granulométrico de los polímeros triturados	67
Tabla 17. Resumen del ensayo de proctor modificado con la adición de polímeros en 1% y 3%.....	67
Tabla 18. Resultados de CBR más el 1% de polímero reciclado	71
Tabla 19. Resultados de CBR más el 3% de polímero reciclado triturado	73

Tabla 20. Contenido de humedad óptimo para las diferentes dosificaciones	75
Tabla 21. Cuadro de las funciones estadísticas descriptivas de las diferentes dosificaciones	75
Tabla 22. Análisis de varianza entre grupos para la humedad óptima	75
Tabla 23. Resultados de la prueba Duncan para la humedad óptima	76
Tabla 24. Densidad seca máxima para las diferentes dosificaciones	76
Tabla 25. Funciones estadísticas descriptivas de la densidad seca máxima	77
Tabla 26. Análisis de varianza entre grupos para la densidad seca máxima.....	77
Tabla 27. Resultados de la prueba de Duncan para la máxima densidad seca.....	77
Tabla 28. CBR al 100% de la MDS con adición de polímeros	78
Tabla 29. Funciones estadísticas descriptivas del CBR al 100% de la MDS añadido con polímeros	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Simbología usada para representar un suelo	30
Figura 2. Estructura característica de un pavimento	34
Figura 3. Procedimiento para realizar la determinación del suelo.....	39
Figura 4. Componentes del diseño que afectan a la subrasante.....	41
Figura 5. Envases PET.....	44
Figura 6. Envase típico y simbología del HDPE.....	45
Figura 7. Envase típico y simbología de V o PVC	45
Figura 8. Envase y simbología del LDPE.....	46
Figura 10. Envases y simbología del PS.....	47
Figura 11. Símbolos típicos de otros tipos de envases plásticos.....	47
Figura 12. Ensayo CBR in situ.....	48
Figura 13. Calicata C – 01.....	55
Figura 14. Calicata C – 02.....	55
Figura 15. Calicata C – 03.....	55
Figura 16. Polímeros reciclados a usar (tamizados).....	56
Figura 17. Curva granulométrica de la calicata 01 (suelo natural).....	58
Figura 18. Curva granulométrica de la calicata 02 (Suelo natural).....	58
Figura 19. Curva granulométrica de la calicata 03 (natural)	59
Figura 20. Relación porcentaje de humedad - número de golpes (calicata)	60

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por guiarme, a mi abuelo por creer en mí y ser mi incentivo para poder culminar mi Maestría.

A mis padres, hermanos y a las personas que me apoyaron en lograr mis metas.

A mis docentes de la Escuela de Posgrado por enseñarme los conocimientos necesarios para mi formación profesiona

AGRADECIMIENTO

A Salvador Montenegro Bustamante que de Dios goce y que su recuerdo queda en nuestro corazón de lograr nuestras metas.

A Dios por ayudarme en mi recuperación de salud física y así poder estar presente en las clases finales de Maestría.

A la Ing. Mamerto Rodríguez Ramos, por aceptarme y asesorarme en culminar mi Tesis, con el valioso aporte de su experiencia y grandes conocimiento

RESUMEN

Esta tesis está empleando el uso de polímeros reciclados en el Distrito de la Mórrope, que es el más completa, que es uno de los métodos disponibles de Mejoramiento de Subrasante, que consiste en emplear el polímero que es un compuesto que tiene una mejor estructura que permite mejorar el subrasante de determinadas calles del Distrito, esto quiere decir que, especifica, en una escala del cero al cien, si la carpeta asfáltica está en estado excelente, muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo o fallado.

Se emplearon en este estudio las siguientes técnicas e instrumentos de la Recolección de Datos, Análisis de Datos, Experimento e instrumento electrónico.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de suelos y materiales de la escuela de Ingeniería Civil, la subrasante evaluada se dividió en dos tramos según sus características físicas. Se eligió el tipo de estabilizador según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones de los 8 tipos de estabilizadores que recomiendan solo se escogió uno, que se adaptó a las características de suelo a mejorar, para después compararlo con los resultados obtenidos del mejoramiento con los polímeros reciclados.

En los resultados que se consiguieron la Subrasante con presencia importante de arcilla, presenta algunas características particulares que conllevan a tener una baja capacidad portante e inestabilidad volumétrica.

Con el empleo y adición de polímeros reciclados obtenidos de las botellas descartables solo se mejora las propiedades físicas mecánicas del suelo como material para subrasante.

Palabras Claves: Subrasante, portante, polímero, capacidad, reciclado.

ABSTRACT

This thesis is using the use of recycled polymers in the Mórrope District, which is the most complete, which is one of the available methods of Subgrade Improvement, which consists in using the polymer that is a compound that has a better structure than allows to improve the subgrade of certain streets of the District, this means that, specifies, on a scale of zero to one hundred, if the asphalt folder is in excellent condition, very good, good, regular, bad, very bad or failed.

The following techniques and instruments of Data Collection, Data Analysis, Experiment and electronic instrument were used in this study.

The tests were carried out in the soil and materials laboratory of the School of Civil Engineering, the evaluated subgrade was divided into two sections according to their physical characteristics. The type of stabilizer was chosen according to the Ministry of Transportation and Communications of the 8 types of stabilizers that recommend only one was chosen, which was adapted to the soil characteristics to be improved, and then compared with the results obtained from the improvement with recycled polymers.

In the results that the Subgrade was achieved with an important presence of clay, it presents some particular characteristics that lead to having a low bearing capacity and volumetric instability.

With the use and addition of recycled polymers obtained from disposable bottles, only the physical properties of the soil as a subgrade material are improved.

Keywords: Subgrade, bearing, polymer, capacity, recycling

I. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo, se detalla la problemática de la red vial departamental y/o suelos a nivel de capacidad portante, es principalmente el deterioro de la vía por efectos del clima (precipitaciones) y el tráfico, presentando un deficiente nivel de transitabilidad y seguridad vial que perjudica el traslado de pasajeros y carga.

En Colombia, La construcción de calles es una de las actividades de mayor incidencia e impacto en la realización de obras de infraestructura y ciertamente es uno de los rubros que contribuye de manera más eficaz y eficiente en el mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades.

Para el desarrollo de toda población se viene construyendo carreteras de pavimentos y a nivel de afirmado, en muchas de estas obras se encuentran terrenos de fundación de baja capacidad portante, el cual necesita ser mejorado o cambiado por otro material que cumpla los parámetros exigidos , actualmente para el mejoramiento de subrasante se adicionan cal, cementos, escoria, cloruro de sodio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio, productos asfálticos y también se puede estabilizar con geo sintéticos, según el tipo de suelo y la importancia de la vía.(Perez,2014)

En Chile, Si hablamos de la red vial nacional en Chile existen constantes problemas en el estado actual de las carreteras no pavimentadas y en el mantenimiento de las pavimentadas, debido a las limitaciones técnicas constructivas de los sistemas convencionales que permanecen en el mercado y así como la carencia de materiales adecuados para la construcción de la carpeta asfáltica; así mismo sabemos que en el sector construcción de nuestro país, es requerido e indispensable contar con una metodología (de diseño y construcción) que sea duradera y al mismo tiempo económica para reducir costos y ampliar el tiempo de vida útil del pavimento, en tal sentido se comienza con la búsqueda e investigación de técnicas que consignan la estabilización o mejora de la mezcla asfáltica (agregados, asfalto, filler, etc). (Chávez, 2017)

En Huancavelica, En algunas carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, el suelo de fundación es limo-arcilloso y por lo general su capacidad portante es baja y la subrasante está categorizada como un So o S 1 con un CBR menor al 6% y que requiere ser mejorada o cambiada. Es el caso de la carretera no pavimentada Paucará- Paccho Molinos que en ciertos tramos presenta subrasantes limo arcilloso y que requieren ser mejoradas con cualquier método sugerido por el MTC, o por el método que se plantea en la presente investigación, que es el mejoramiento de la capacidad portante con la adición de polímeros reciclados. (Ramos Gabriel,2014)

En general, las condiciones presentadas. Prácticamente, la totalidad de las fallas ocurridas en las últimas décadas en los pavimentos del departamento de Lambayeque se ha producido por problemas de agrietamiento. Es, pues, indispensable mirar el problema desde esta perspectiva y hacer algunas reflexiones sobre el comportamiento de los pavimentos y su interacción con las vías de Chiclayo.

Los pavimentos en la ciudad de Chiclayo son diversas, y van desde procesos constructivos o estudios técnicos deficientes Estamos convencidos que no; como sabemos el asfalto por su propia naturaleza son difíciles de reciclar, por lo que cada vez que se realiza un parchado del pavimento, el material extraído es desechado lo que significa una pérdida económica para la ciudad.

Se desconocen las cifras actuales de la cantidad de dinero invertida en el parchado de calles dentro de la ciudad; sin embargo, y por lo que se observa a diario, la mayoría de calles son parchadas o necesitan una rehabilitación antes que cumplan un año después de su inauguración. (Infante & Vásquez, 2016)

La presente investigación se justifica, porque mediante la utilización del Polímeros Reciclados se cotejan los costes de vida utilizable en condiciones actuales de mantenimiento del pavimento (la situación base optimizada) con los costes de la vida útil proyectados para las alternativas de mantenimiento periódico, mejoras

viales o de inversiones (caso proyectado). Esto genera la base para tasar el aprovechamiento económico que se obtendrán al considerar los proyectos candidatos dentro del plazo presupuestado.

Además, entre los primordiales elementos de un proceso de gestión vial podemos citar: una variedad de programas computarizados para la base de datos requerida por el proceso; herramientas analíticas para predecir el deterioro del pavimento; valuación económica de proyectos viales, y la elaboración de planes y lanzado al mercado por la Sociedad Mundial de Vías, constituye una propuesta interesante para la implementación de medios de valuación de los estándares y/o alternativas de intervención en calles de Mórrope.

Seguidamente, se tienen los capítulos de Marco Teórico, Metodología, Resultados, Discusión, Conclusiones, recomendaciones, Referencias Bibliográficas y Anexos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes:

Para sustentar el presente proyecto de tesis, se tomaron como antecedentes de artículos de revistas de gestión de carreteras a nivel de conservación vial, los cuales se describen a continuación:

Br. Junco Alvares Juan (2016) en su artículo: “Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasante de carreteras”

Es trabajo de artículo de revista en la Empresa Constructora Obras de Ingeniería No. 5. MICONS(Cuba), tiene como objetivo principal el uso de aditivo en el perfeccionamiento del suelo, en las esferas internacionales, y sobre los modos en que la sal cuaternaria produce el cambio en el suelo arcilloso. La investigación concluye, disminuyendo las plasticidades y aumentando las cohesiones y sus capacidades de soportes. La investigación brinda como aporte con aumento de capacidad portante en los comportamientos de la propiedad física y mecánica del suelo estabilizado con los sistemas, comparándose la propiedad física y mecánica de los suelos en sus estados naturales y luego de mejorado, así como las evoluciones de la característica en los tiempos del suelo estabilizado

Br. Fernández Rivera Jhonatan (2020) en su artículo. “Estabilización química de suelos en materiales convencionales y activados alcalinamente”

Es trabajo de artículos de revista científica SENA, tiene como objetivo principal representar unos estados de artes del diverso material empleado de manera convencional en las estabilizaciones químicas del suelo y realizan revisiones del artículo publicado en relación con las implementaciones del cementante activado alcalino para procesos geotécnicos. La investigación

concluye. Los crecientes intereses por el crecimiento de la alternativa frente a la utilización masiva de cementante tradicional en aplicación geotécnica, tal como el cemento y cal, se deben en grandes medidas al reto ambiental y costo asociado en estos tipos de aplicación. La investigación brinda como aporte con la estabilización de suelos se puede incrementar las resistencias a los ablandamientos por acto del agua, facilitar estabilidades volumétricas ya que se minimizan las permeabilidades del agua, disminuyen las plasticidades y aumentan los pesos unitarios del suelo tratado

Br. Jiménez Salazar Miguel (2020) en su artículo: “Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso”

Es trabajo de revista científica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Tunja, COLOMBIA, mantiene como finalidad principal es que se evalúen las influencias que tienen unos subproductos obtenidos de las quemas del carbón mineral y carbón vegetal (ceniza de carbón) procedente de unas industrias ladrilleras de la ciudad de Chachapoyas en el perfeccionamiento de la propiedad mecánica de muestra de suelos. La investigación concluye. La muestra adicionada ceniza de carbón al 15%, 20% y 25% solo se realizó un ensayo de límite de consistencias, compactaciones proctor estándar y facultades de soportes (CBR) de forma respectiva. La investigación brinda como aporte el aumento de las facultades de soportes del suelo estudiado es de manera directa proporcionales al porcentaje de ceniza de carbón adicionado, se llega al resultado que la ceniza de carbón si mejora las capacidades portantes del suelo de tipos CH y OH

Br. Saldarriaga Castillo María (2021) en su artículo: “Análisis de trabajos previos de la estabilización de un suelo usando cal a nivel de subrasante”

Es trabajo de artículo de revista de Universidad César Vallejo, tiene como objetivo principal una propiedad física y mecánica de los suelos naturales, la segunda propiedad física y mecánica del suelo-cal, con el objetivo de que se conozca los efectos de los suelos enfrente a la suma de la cal y la tercera es de las proporciones óptimas de cal, con la finalidad que se conozca las proporciones que brinden el mejor resultado a los suelos. La investigación concluye al estudiar los ensayos California Bearing ratio (CBR) de toda investigación, se dedujo que los porcentajes que se usaron más y se dieron un mejor resultado fueron de 6% de cal. La investigación brinda como aporte es abarcan las estabilizaciones químicas de las subrasantes a través de la suma de ceniza de caña de azúcar en los tramos de la carretera Pinar-Marian, por lo que se procede a efectuarse el análisis de topografía, estudio de suelo, análisis de tráfico e informaciones bibliográficas estabilización del suelo las calles del distrito de Piura adicionando cal por lo que los elementos químicos (Carbonos) permiten los buenos funcionamientos en su propiedad física y mecánica del suelo de las zonas de análisis

Hernández López Fiorella (2019) en su investigación: “Estabilización del Suelo del Centro Poblado San Luis con adición de bolsas de polietileno a nivel subrasante, distrito Santa – Áncash 2019”

Es trabajo de estudio para obtener el título de Ingeniería civil, mantiene como finalidad fundamental consiste en que se mezcle, agregar al suelo actual materiales de préstamos, después se sigue con unas combinaciones de los 2 suelos, que se conformarán y compactaran realizando la exigencia de densidades y espesor hasta los niveles de subrasantes requeridos. La investigación concluye. Las propiedades mecánicas con la suma de la bolsa

de polietileno a los suelos naturales lograron estabilizarlos con un CBR al 12.62%. La investigación brinda como aporte estabilizaciones del pavimento del Centro Poblado San Luis agregando Bolsa de Polietileno por lo que los elementos químicos (Carbono) permiten los buenos funcionamientos en su propiedad física y mecánica de los suelos de las zonas de estudios

Espinoza Cruz Alexis (2018) en su investigación: “Estabilización del Suelo del Centro Poblado San Luis con adición de bolsas de polietileno a nivel subrasante, distrito Santa – Áncash 2019”

Este trabajo de estudio para alcanzar la titulación en Ingeniería civil, mantiene como finalidad fundamental que se enmarque la definición del ensayo que se efectuó en estas exploraciones como es el estudio granulométrico, contenidos de humedad, límites de atterberg, proctor modificados y CBR. La investigación concluye. Después de que se realice el ensayo de límites de consistencias, proctor modificados y CBR con las combinaciones del suelo con la ceniza de caña de azúcar en porcentaje de 10,20 y 30%, se determinan las estabilizaciones de estos suelos para un fin de pavimentado. La investigación brinda como aporte es abarcan las estabilizaciones químicas de las subrasantes a través de la suma de cenizas de caña de azúcar en los tramos de la carretera Pinar-Marian, por lo que se procede a que se realice los estudios de topografías, estudio de suelo, estudios de tráfico e informaciones bibliográficas estabilización de los suelos del Centro Poblado San Luis añadiendo Bolsa de Polietileno

Coronado Zuloeta Omar (2019) en su artículo: “Estabilización de suelos granulares no cohesivos de Lambayeque aplicando bacterias calcificantes”

Es trabajo de artículo de revista de la Universidad Cesar Vallejo, tiene como objetivo principal que se mejore su propiedad con la finalidad de estabilizar.

Para dichos procesos se utilizaron los métodos inductivos aplicándose las experimentaciones y el conocimiento en biotecnologías, escogiendo 14 muestras del suelo de los tipos SP que se extrajeron dentro de la región Lambayeque. La investigación concluye en que el parámetro que garantiza las estabilizaciones de los suelos son: reducir el espacio vacío, las permeabilidades y el incremento de las cohesiones, que se logran debido a las precipitaciones del Carbonato de Calcio efecto de las acciones de la bacteria Calcificante. La investigación brinda como aporte La suma de la bacteria Calcificante mejora la propiedad física y mecánica afirmando la seguridad del suelo granular no cohesivo en la región Lambayeque.

Becerra Gonzales Anthony (2019) en su investigación: “Estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleando los cementos Pacasmayo víaforte, mochica y qhuna; Lambayeque, 2018”

Es trabajo de investigación para obtener el título de Ingeniería civil, tiene como objetivo principal que se mejore la característica física y mecánica de los suelos con la utilización del cemento; dando las problemáticas del suelo como son las inestabilidades. La investigación concluye que el cemento Qhuna obtiene mejores resistencias para los 3 tipos de suelos, después Mochica y con mínima fortaleza Viaforte, desarrollando que se estabilice los 3 tipos de suelos. La investigación brinda como aporte que se estabilice los 3 tipos de suelos; examinando que en la arcilla y afirmado sus fortalezas se asemejen a las curvas de humedades-densidades

2.2 Marco Teórico:

2.2.1. SUBRASANTE

La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento.

La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanado y la estructura del pavimento.

La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportara la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactadas por capas para constituir un cuerpo estable en optimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. (Chapoñán & Quispe, 2017)

La subrasante es un componente fundamental en la estructura del pavimento ya que le da soporte a las tres capas que se asientan sobre él. Una subrasante sin una adecuada compactación puede originar problemas como, por ejemplo, la deflexión de la superficie del pavimento, que no será notada precisamente hasta que se termine de construir. Es por ello que hay que tomar especial cuidado en cumplir los requisitos de calidad de la subrasante para evitar futuros problemas.

La subrasante debe tener las siguientes propiedades de:

- Resistencia
- Drenaje
- Fácil compactación
- Estabilidad volumétrica (Calle & Arce, 2018)

La preparación del suelo que hará la función de la sub rasante, consiste en una serie de operaciones previas, cuya ejecución es necesaria y muy importante para cimentar la colocación de la capa de sub-base sobre la subrasante.

De los factores mencionados a considerar en el diseño del pavimento, la problemática planteada en la presente investigación radica en la subrasante debido a que presenta un suelo arcilloso y con ello conlleva a una serie de problemas como la expansión y la baja capacidad portante que presenta.

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016) afirman que:

Con frecuencia el ingeniero debe enfrentarse con suelos que tiene que utilizar para una obra determinada y cuyas características le obligan a tomar una de las siguientes posibles decisiones:

- Aceptar el material como se encontrará, pero teniendo en cuenta en el diseño las restricciones impuestas por su calidad.
- Eliminar el material insatisfactorio o abstenerse de usarlo, sustituyéndolo por otro de características adecuadas.
- Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir en mejor forma los requisitos deseados o cuando menos que la calidad obtenida sea la deseada.

Las propiedades importantes para analizar en la subrasante son las propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia, densidad, contenido de agua), propiedades de rigidez (módulo resiliente, módulo de elasticidad, CBR), propiedades hidráulicas (coeficiente de drenaje, permeabilidad, coeficiente de expansión). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Según el CBR se identificarán seis categorías de subrasante (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

- SO: Subrasante Inadecuada $CBR < 3\%$

- S1: Subrasante pobre CBR = 3%-5%
- S2: Subrasante regular CBR = 6 - 10%
- S3: Subrasante buena CBR = 11 - 19%
- S4: Subrasante muy buena CBR = 20 - 29%
- S5: Subrasante Excelente CBR > 30%

Se considerarán como materiales aptos para la coronación de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%.

2.2.1.1. ESCARIFICACIÓN Y HOMOGENEIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

El procedimiento consiste en disgregar la superficie del suelo a lo largo y ancho de lo que será la calzada en una profundidad especificada, permitiendo que adquiera una condición suelta. Este procedimiento se realiza con tractor de orugas, o bien mediante escarificadores de gradas o discos. Para la eliminación de los elementos gruesos se emplean rastrillos extractores de piedras compuestos por varios dientes curvos insertados en un bastidor horizontal arrastrado por una motoniveladora. Generalmente la extracción se realiza en dos pasadas, en la primera con 7 a 9 dientes, se extraen los elementos más gruesos de 100 mm. a 250 mm y en la segunda con 15 a 18 dientes, se extraen las gravas medias mayores a 50 mm.

2.2.1.2. HUMECTACIÓN DEL SUELO DE SUBRASANTE

Después de la escarificación y la homogeneización del material, si el suelo estuviese muy seco de acuerdo a la humedad especificada del material ha compactar, éste puede humedecerse mediante los sistemas de riego tradicionales hasta llevarlo a una condición de ± 2 % con respecto a la humedad óptima de compactación, obtenida en el laboratorio por medio del ensayo proctor. (Auccahuaqui & Corahua, 2016)

2.2.1.3. AIREACIÓN DEL SUELO DE SUBRASANTE

Si la humedad natural es mayor que la óptima, se deberá airear el suelo removiéndolo de un lado a otro por medio de una motoniveladora o compactar y escarificar el suelo en varias pasadas, hasta llevarlo a una condición de $\pm 2\%$ de la humedad óptima de compactación, según las especificaciones del ensayo proctor.

2.2.1.4. COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE

Al efectuarse la operación de compactación, después de realizar la nivelación con motoniveladora hasta la altura requerida de la capa de sub rasante, mediante las técnicas convencionales en el movimiento de tierras, se realiza una compactación con un rodillo compactador pata de cabra, y/o rodillo vibratorio dependiendo del tipo de material, con lo que se busca una densidad que cumpla con la del proctor. Para dar por finalizada esta operación, se debe cumplir con la verificación de la calidad del material que se ha controlado por el laboratorio y los niveles que deben ser controlados por la topografía. La superficie terminada del tramo de sub rasante no deberá mostrar a simple vista deformaciones o altibajos, que en caso de existir deberán ser corregidos para que el tramo compactado pueda ser recibido como terminado.

2.2.1.5. RECEPCIÓN DE LA CAPA DE SUBRASANTE

Los parámetros a tomar en cuenta para la recepción del tramo de sub rasante terminada, se hará conforme a lo dispuesto en las reglas establecidas por las especificaciones técnicas de construcción de carreteras o de acuerdo a lo establecido en el proyecto, que serán:

- El grado de compactación de la capa sub rasante.
- El espesor de la capa sub rasante compactada.

- La calidad del material que cumpla con las especificaciones técnicas, realizadas por el laboratorio.
- Verificación de niveles de la superficie de sub rasante. (Auccahuaqui & Corahua, 2016)

2.2.1.6. ESCARIFICACIÓN DEL MATERIAL DE PROTECCIÓN DE LA SUB RASANTE

Se procederá a escarificar el material de protección colocado sobre la superficie de la sub rasante, para ser mezclado y homogenizado con el nuevo material que se colocará para conformar la capa de sub-base. La operación de escarificar se efectuará con motoniveladora o con cualquier otro equipo aprobado por la supervisión o el ingeniero residente. El escarificador deberá ser un modelo de dientes fijos, completos, de espesor y de largo suficiente para efectuar una escarificación total y uniforme. (Auccahuaqui & Corahua, 2016)

2.2.2. ESTABILIZACION DE SUELOS:

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tal es estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. (Ministerio de Tansportes y Comunicaciones, 2016)

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.

A continuación, se describen algunos criterios que recomienda el (Ministerio de Tansportes y Comunicaciones, 2016) para establecer la estabilización de suelos:

- Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con $CBR \geq 6\%$. En caso de ser menor, será materia de un estudio para la estabilización, mejoramiento o reemplazo.
- Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10cm. de espesor como mínimo o un geotextil.
- Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

A continuación, se presentan dos guías referenciales para la selección del tipo de estabilizador, que satisface las restricciones y observaciones de cada tipo de suelo. En la tabla 1 nos recomiendan seleccionar un tipo de estabilizador a partir del tipo de suelo, en la primera columna de la tabla 1 nos muestra la clasificación por área, esto se obtiene del triángulo de gradación obtenido de las intersecciones del porcentaje fino que pasa la malla N°200 y el porcentaje de

arena (pasante malla N°4 y retenido, en la N°200) así como se muestra en la figura 1, una vez obtenido el área y con el dato del tipo de suelo elegimos la fila adecuada para determinar el tipo de estabilizador recomendado y también gracias a las propiedades plásticas del suelo podemos descartar algunos estabilizadores y quedarnos con solo algunos de los que se nos recomienda.

Una vez seleccionado el tipo de estabilizador en la Tabla 2 nos resumen algunas sugerencias para poder aplicar el tipo de estabilizador seleccionado. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

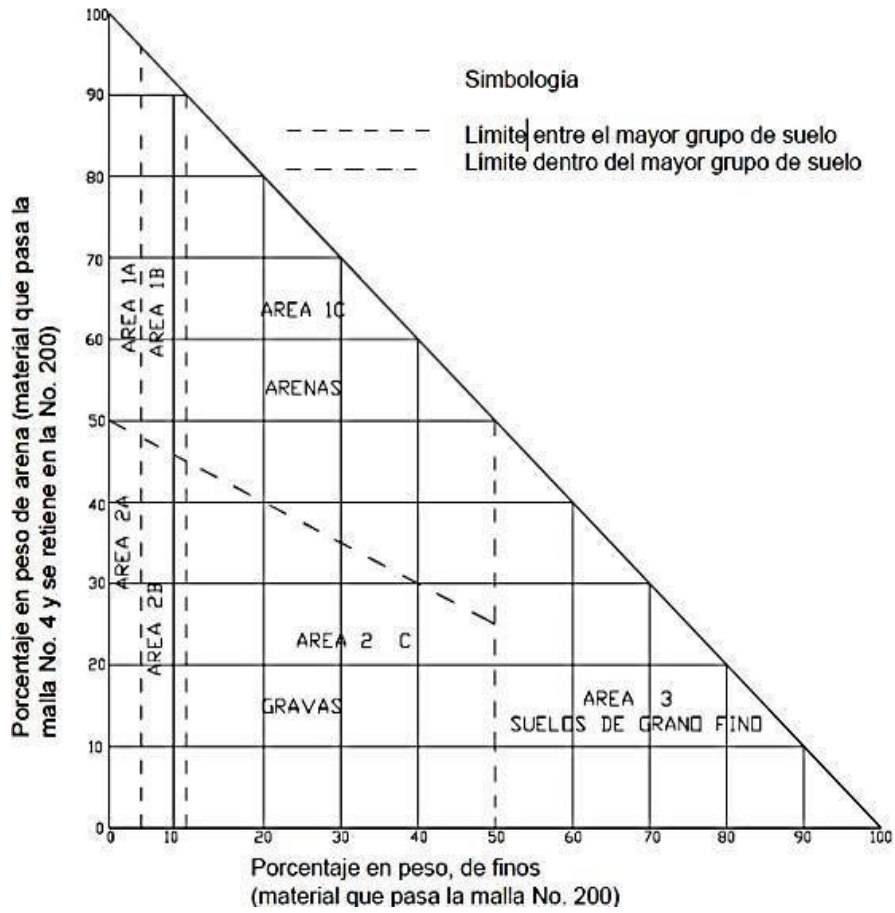


Figura 1: Triángulo de graduación.

Fuente: Citado por el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Tabla 1: Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador (parte 1)

Área	Clase de suelo	Tipo de estabilizador recomendado	Restricción en II y ip del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200	Observaciones
1 A	SW o SP	(1) Asfalto			
		(2) Cemento Portland			
		(3) Cal-cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 B	SW - SM o SP - SM o SW - SC o SP - PC	(1) Asfalto	IP no excede de 10		
		(2) Cemento Portland	IP no excede de 30		
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 C	SM o SC o SM-SC	(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		(2) Cemento Portland	(b)		
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 A	GW o GP	(1) Asfalto			Solo material bien graduado.
		(2) Cemento Portland			El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la malla 4.
		(3) Cal-cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
2B	GW - GM o	(1) Asfalto	IP no excede de 10		Solo material bien graduado.
	GP - GM o	(2) Cemento Portland	IP no excede de 30		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la malla n° 4.
	GW - GC o	(3) Cal	IP no menor de 12		
	GP-GC	(4) Cal-cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
2C	GM o	(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	Solo material bien graduado.
	GC o	(2) Cemento Portland	(b)		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la malla 4.
	GM - GC	(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-cemento-ceniza	IP no excede de 25		
3	CH o CL o MH o ML o OH o OL o ML-CL	(1) Cemento Portland	LL no menor de 40 IP no menor de 20		Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios.
		(2) Cal	IP no menor de 12		
$IP = \frac{\text{Índice plástico} (b) IP 20 + (50 - \text{porcentaje que pasa la malla 200})}{4}$				Sin restricción u observación. No es necesario aditivo estabilizador	Fuente: US Army Corps of Engineers.

Fuente: US Army Corps of Engineers, citado por el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Tabla 2: Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador (parte 2)

TIPO DE ESTABILIZADOR RECOMENDADO	NORMAS TÉCNICAS	SUELO (1)	DOSIFICACIÓN (3)	CURADO (APERTURA AL TRÁNSITO) (5)	OBSERVACIONES
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3058 ASTM C150 AASHTO M85	A-1-A-2,A-3,A-4,A-5,A-6 y A-7 LL<40% IP<= 18% CMO (2) < 1.0% Sulfatos(SO4 2)<0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO4Ca (4) - AF <= 10% -AG <= 12% Durabilidad SO4 Mg - AF <= 15% - AG <= 18%	2 -12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la FC A (Portland Cement Association)
Emulsión	ASTM D2397 o AASHTO M208	A-1, A-2 y A3 Pasante malla N5 200<= 10% IP <= 8% Equiv. Arena >40% CMO (2) <1.0% Sulfatos (SO4 2) <0.6% Abrasión < 50% Durabilidad SO-4Ca (4) - AF <= 10% -AG <= 12% Durabilidad SO4 Mg - AF <= 15% - AG <= 18%	4-8%	Mínimo 24 horas	Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado o Illinois
Cal	EG-CBT-2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10% <= IP <= 50% CMO (2)< 3.0% Sulfatos (SO4 2) <0.2% Abrasión < 50%	2-8%	Mínimo 72 horas	Para IP >50%, se puede aplicar cal en dos etapas Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276

Cloruro de Calcio	ASTM D688 ASTM D345 ASTM E449 MTC E 1109	A-1, A-2, A-3 IP \leq 15% CMO (2) $<$ 3.0% Sulfatos (SO ₄ 2) $<$ 0.2% Abrasión $<$ 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	
Cloruro de Sodio	EG-CBT-2008 Sección 308B ASTM E534 MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% \leq IP \leq 15% CMO (2) $<$ 3.0% Abrasión $<$ 50%	50-80 kg/m ³	07 días	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Cloruro de Magnesio	MTC E 1109	A-1, A-2 y A-3 IP \leq 15% CMO (2) $<$ 3.0% pH, mínimo 5 Abrasión $<$ 50%	50-80 kg/m ³	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados de laboratorio (dosificación) y tramo de prueba
Enzimas	EG-CBT-2008 Sección 308B MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% \leq IP \leq 15% 4.5 $<$ pH $<$ 8.5 CMO (2) No debe contener Abrasión $<$ 50% % $<$ N*200: 10-35%	1/30-33 m ³	De acuerdo a Especificaciones del fabricante	
Acetes sulfonados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CMO (2) $<$ 1.0% Abrasión $<$ 50%		De acuerdo a Especificaciones del fabricante	

Fuente: US Army Corps of Engineers, citado por el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

2.2.2.1. MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN SEGÚN EL MTC

A continuación, se describen diferentes tipos de estabilizaciones recomendados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Cada tipo de estabilización se describe de forma resumida y se profundiza más en la estabilización suelo cal por adaptarse más al tipo de suelo estudiado para poder comparar con la estabilización de la presente investigación.

a) ESTABILIZACIÓN MECÁNICA DE SUELOS

Con la Estabilización Mecánica de Suelos se pretende mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo. Como herramienta para lograr este tipo de estabilización se utiliza la compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo. Al compactar un suelo se obtiene: una mayor densidad, por lo que tendremos una mejor distribución de fuerzas que actúan sobre el suelo; una mayor estabilidad, pues al no compactar un suelo se tendrán asentamientos desiguales por lo tanto inestabilidad de la estructura; una disminución de la contracción del suelo, al existir espacios vacíos, provocando en suelos arcillosos la contracción y dilatación del suelo y por último ocasionará una disminución de los asentamientos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

b) ESTABILIZACIÓN POR COMBINACIÓN DE SUELOS

La estabilización por combinación de suelos considera la combinación o mezcla de los materiales del suelo existente con materiales de préstamo, con el objetivo de suplir las carencias de gravas o arenas. Los suelos de subrasante analizados en la presente

investigación presentan gran presencia de partículas finas y poco de gravas, razón por la cual se adiciona el PET para que pueda cumplir similar función que la grava. El suelo existente se disgregará o escarificará, en una profundidad de quince centímetros (15 cm) y luego se colocará el material de préstamo o de aporte. Los materiales disgregados y los de aporte se humedecerán o airearán hasta alcanzar la humedad apropiada de compactación y previa eliminación de partículas mayores de setenta y cinco milímetros (75 mm), sí las hubiere. Luego se procederá a un mezclado de ambos suelos, se conformará y compactará cumpliendo las exigencias de densidad y espesores hasta el nivel de subrasante fijado en el proyecto. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

c) ESTABILIZACIÓN POR SUSTITUCIÓN DE LOS SUELOS:

Cuando se prevea la construcción de la subrasante mejorada solamente con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que éste deba ser excavado previamente y reemplazado por el material de adición. En el primer caso, el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la

densidad especificada para cuerpos de terraplén, en una profundidad de quince centímetros (15 cm). Una vez se considere que el suelo de soporte esté debidamente preparado, autorizará la colocación de los materiales, en espesores que garanticen la obtención del nivel de subrasante y densidad exigidos, empleando el equipo de compactación adecuado.

Dichos materiales se humedecerán o airearán, según sea necesario, para alcanzar la humedad más apropiada de compactación, procediéndose luego a su densificación. En el segundo caso, el mejoramiento con material totalmente adicionado implica la remoción total del suelo natural existente, de acuerdo al espesor de reemplazo.

El (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016) nos muestra un procedimiento para determinar el espesor de reemplazo en función al valor de soporte, el espesor de material a reemplazar se aplicará solo en casos de subrasante pobres, con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores soporte entre $CBR \geq 3\%$ y $CBR < 6\%$.

d) SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO:

La combinación suelo cemento produce la reacción del calcio con la sílice y alúmina produciendo compuestos silicatos y aluminatos que aumentan lentamente la resistencia de la mezcla, conocido como la acción puzolánica.

El material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

El contenido óptimo de agua se determina por el ensayo Proctor como en la compactación de suelos. Las propiedades del suelo-cemento dependen del tipo y cantidad de suelo, cemento y agua; ejecución; edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

Los suelos más adecuados para estabilizar con cemento son los granulares tipos A-1, A-2 y A-3, con finos de plasticidad baja o media ($LL < 40$, $IP < 18$). La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. Al añadir cemento a un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su IP disminuye, su LL varía ligeramente y su densidad máxima y humedad-óptima aumenta o disminuyen ligeramente, según el tipo de suelo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

La dosificación de cemento para Suelo Cemento puede fijarse aproximadamente en función del tipo de suelo, así como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3: Rango de Cemento Requerido en Estabilización Suelo Cemento

CLASIFICACIÓN DESUELOS AASHTO	RANGO USUAL DE CEMENTO REQUERIDO PORCENTAJE DEL PESO DE LOS SUELOS
A-1-a	3-5
A-1-b	5-8
A-2	8-9
A-3	7-11
A-4	7-12
A-5	8-13
A-6	9-15
A-7	10-16

Fuente: Federal highway admnistration(FHWA), Citado por el (Ministerio de Tansportes y Comunicaciones, 2016)

e) ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE SODIO

La desventaja de este método es que puede ser lavada por el agua, por lo cual presenta poca durabilidad en la capa estabilizada.

El principal uso de la sal es como control del polvo en bases y superficies de rodadura para tránsito ligero. También se utiliza en zonas muy secas para evitar la rápida evaporación del agua de compactación. La sal es un estabilizante natural, compuesto aproximadamente por 98% de NaCl y un 2% de arcillas y limos, cuya propiedad fundamental, al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo.

Componentes de la matriz fina de los materiales, produciéndose una acción cementante. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

f) ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE CALCIO:

Este producto trabaja de forma similar a la sal común, pero es preferible debido al efecto oxidante que tiene el cloruro de sodio. En todo caso, el cloruro de calcio ayuda al proceso de compactación y contribuye con la resistencia del suelo, previene el desmoronamiento de la superficie y es un paliativo del polvo.

Las características higroscópicas de este producto ayudan a mantener la humedad en la superficie del camino. Se puede utilizar de dos formas, en granos regulares o Tipo 1 y en hojuelas o pelotillas o Tipo 11. La dosificación es de 1% - 2% de cloruro de calcio en peso respecto del suelo seco. El mezclado, compactación y terminación son similares a los de la estabilización con cloruro de sodio. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

g) ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE MAGNESIO:

El cloruro de magnesio ($MgCl$) es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial produciendo una superficie de rodado más dura. Químicamente, el cloruro de magnesio está constituido aproximadamente por un 10.5% de magnesio, un 33.5% de cloro, un 52% de agua y un 4% de impurezas, grasoso al

tacto por su gran contenido de humedad. Para el uso vial presenta las siguientes propiedades útiles:

- Higroscópica: Posee la capacidad de absorber humedad del ambiente, incluso en zonas sumamente áridas.
- Ugante: Cohesiona las partículas finas, permitiendo consolidar la carpeta de rodado.

- Resistente a la evaporación: Posee una baja tensión de vapor, lo que permite que no se pierda la humedad absorbida.
- Baja temperatura de congelamiento: -32.8 °C.
- Altamente soluble en agua: Permite elaborar una solución en forma rápida y sencilla.

La dosis de cloruro de magnesio se aplica, en una proporción de entre 3 y 5% en peso del suelo seco, depende del grado de plasticidad en el material a tratar (a mayor IP, menor cantidad requerida de MgCl). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

h) ESTABILIZACIÓN CON PRODUCTOS ASFÁLTICOS

La mezcla de un suelo con un producto. asfáltico puede tener como finalidad:

1. Un aumento de su estabilidad por las características aglomerantes del ligante que envuelve las partículas del suelo.
2. Una impermeabilización del suelo, haciéndolo menos sensible a los cambios de humedad y por tanto más estable en condiciones adversas. La dosificación necesaria de ligante es función principalmente de la granulometría (superficie específica) del suelo. Los suelos más adecuados son los granulares con pocos finos, de reducida plasticidad, que presentan menos del 20% que pasa la malla N°200, LL < 30 e IP < 10.

El material asfáltico usualmente empleado son las emulsiones asfálticas y los asfaltos fluidificados de viscosidad media. La elección del ligante asfáltico dependerá de la granulometría del suelo, de su contenido de humedad y de las condiciones climáticas. En el caso de las estabilizaciones con emulsiones asfálticas se emplea un emulsificante, tal como un agente químico utilizado como emulsificante y definido como tenso activo o surfactante aniónico o catiónico, que determinará la clasificación de las emulsiones como aniónicas, catiónicas o no iónicas. (MTC 2008 a). Se recomienda que el material

por mejorar presente un equivalente de arena mayor de 40% y el porcentaje de emulsión varíe en un porcentaje de 1. (Ministerio de Tansportes y Comunicaciones, 2016)

i) ESTABILIZACION DE SUELOS CON CAL:

El uso de la cal en la estabilización aumenta su capacidad para resistir los efectos inducidos por el tránsito y también mejora las características plásticas haciéndolos más friables y aumentando el valor de soporte.

Con el diseño y técnicas de construcción apropiados, el tratamiento con cal transforma químicamente los suelos inestables en materiales utilizables. Adicionalmente, el soporte estructural de los suelos estabilizados con cal puede ser aprovechado en el diseño de pavimentos.

En general casi todos los tipos de suelos susceptibles de estabilizar con cal, pero es más practico la cal cuando el índice de plasticidad es mayor de 15.

La cal produce una disminución de la densidad de los suelos, modifica la plasticidad aumenta la capacidad portante y resistencia al corte del material y reduce su hinchamiento.

La acción de la cal suele explicarse como efectuada por tres reacciones básicas:

- El primer proceso es la alteración de la película de agua que rodea los minerales de arcilla.
- El segundo proceso es de coagulación o floculación de las partículas de suelo, dado que la cantidad de cal ordinariamente empleada en las construcciones viales resulta de una concentración de ion de calcio mayor que la realmente necesaria.
- El tercer proceso a través del cual la cal afecta el suelo, es su reacción con los componentes del mismo para formar nuevos productos químicos. Los dos principales componentes que reaccionan con la cal son la alúmina y la sílice. Esta reacción es

prolongada en la acción del tiempo y se manifiesta en una mayor resistencia si las mezclas de suelo-cal son curadas durante determinados lapsos de tiempo. Este es conocido como "acción puzolánica". (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

2.2.2.2. OTROS MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN:

A. ESTABILIZACIÓN POR MEDIOS ELÉCTRICOS

La más conocida es la electroósmosis, que es la aplicación de una diferencia de potencial eléctrico a una muestra de suelo fino con exceso de humedad, esto produce que el agua se traslade desde el ánodo (electrodo positivo) hasta el cátodo (electrodo negativo); el caudal que fluye a través de la muestra de suelo en las condiciones anteriormente expuestas es proporcional al potencial eléctrico exterior que haya sido aplicado. Con este método se ha observado un aumento de resistencia al corte y a la compresión simple de los suelos finos (arcillosos).

B. ESTABILIZACION DE SUELOS CON CAL Y POLIMEROS:

En la tesis de Ramos, G. (2014). "Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014". Tesis de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Ramos, G. señala que las fibras usualmente se utilizan para mejorar la resistencia del suelo, y reducir la retracción. Se destaca como un método novedoso al mezclar fibras de polipropileno con cal, reduciendo así la cantidad de cal necesaria. Menciona también que las fibras incrementan la resistencia al corte del terreno natural sin tratamiento previo, por lo que la combinación cal y fibras permitirá la reducción de cal necesaria para estabilizar el terreno. Los materiales utilizados para la estabilización según la tesis planteada son la Cal y las Fibras fibriladas de polipropileno. Con la dosificación de fibras los niveles de cal se podrían reducir al 4%, así limitar la formación de etringita en los suelos con presencia de sulfatos.

Ramos, G. (2014) menciona que la etringita se produce cuando existe presencia de los sulfatos y la alúmina, el principal problema de esta patología es la expansión volumétrica hasta en un 250% en presencia de agua.

El incremento del pH producto de la adición de la cal al suelo, hace que el suelo libere sílice y alúmina que, al reaccionar con el azufre de los sulfatos, forman los cristales de etringita. Los prismas hexagonales de etringita, generalmente son muy alargados y tiene puntas piramidales hexagonales.

En la investigación de Valle, se obtiene aumento de la capacidad portante hasta en un 400% con una dosificación del 8% de cal y 0.15% de fibras. Los resultados de los ensayos de límites de atterberg muestran como el suelo del terreno cambia de plástico a no plástico, con valores próximos a cero, el autor hace la aclaración que la reducción del índice de plasticidad no depende de las fibras sino únicamente de la cal. (Ramos, 2014)

2.2.3. POLIMEROS RECICLADOS

Son sustancias macromoleculares o sintéticas, obtenidas a partir de moléculas más sencillas por reacciones poliméricas. Por con siguiente, un polímero es un compuesto con elevado peso molecular, cuya estructura se representa por la repetición de pequeñas unidades.

Los polímeros, una vez dispersos en el asfalto, llegan a formar verdaderas redes tridimensionales, creando un reticulado que confiere propiedades relevantes de elasticidad al asfalto modificado. (Infante & Vásquez, 2016)

2.2.3.1. TIPOS DE POLÍMEROS

Existen muchos tipos de polímeros, por lo que su dosificación y sistematización resultan muy complejas. Atendiendo a su estructura, se clasifican en:

2.2.3.1.1. POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS.

Son solubles que se reblandecen con el calor y, de acuerdo con su intensidad, pueden llegar a fluir. Una vez enfriados, es posible moldearlos en repetidas ocasiones sin que pierdan sus propiedades. Por lo general, son polímeros lineales o ligeramente ramificados. Los termoplásticos más comunes son el polietileno, el polipropileno, el policloruro de vinilo el poliestireno, los copolímeros de etileno-acetato de vinilo (EVA) y las poliamidas, entre otros.

- **EVA**

Los polímeros o resinas Etilo-vinil-acetato son relativamente nuevos en la modificación de asfaltos, son muy compatibles con estos. La relación acetato de vinilo etileno es muy importante, pudiéndose variar el contenido de acetato de vinilo de algún % hasta 50% o incluso más. Cuando los contenidos de acetato de vinilo son bajos las propiedades se asemejan a las de los asfaltos mencionados anteriormente. Un polímero EVA con contenido del 18% de acetato de vinilo es el más adecuado para ser usado en la construcción de carreteras. Cuando se aumenta la concentración de acetato de vinilo en el polímero (15 a 30%), un excelente poder adherente.

Los asfaltos modificados con EVA poseen las siguientes características:

- Buena estabilidad térmica a un costo razonable.
- Las dosificaciones de polímero oscilan entre 2 hasta un 10% dependiendo de las propiedades que se pretende obtener.
- La temperatura de ablandamiento aumenta entre 6 y 12°C.

- Excelente resistencia al resquebrajamiento en flexión es decir a las fatigas provocadas por las flexiones o vibraciones repetidas. (Infante & Vásquez, 2016)
- Aumentan la cohesión de las mezclas a medida q se aumenta el contenido del polímero.

2.2.3.1.2. POLÍMEROS TERMO ENDURECIBLES.

Se forma por la reacción química de los componentes: la base y el endurecedor, y dan lugar a una estructura entrecruzada, por lo que no pueden recuperarse para volver a transformarse. Entre las más comunes se encuentran las resinas fenólicas, las resinas epoxi, las resinas de poliéster y las resinas de poliuretano.

2.2.3.1.3. ELASTÓMEROS O CAUCHOS.

Son polímeros lineales amorfos, por lo general insaturados. Sometidos a un proceso de vulcanización, adquieren una estructura parcialmente reticulada, la cual les confiere las propiedades elásticas. Los cauchos de uso más común son el caucho natural, los cauchos de butadieno-estireno (SBR), los cauchos de policloropeno y los elastómeros termoplásticos de estireno-butadieno-estireno (SBS).

Los polímeros más utilizados para modificar los cementos asfálticos son el caucho natural (NR), los copolímeros de etileno-acetato de vinilo (EVA) y los elastómeros termoplásticos de estireno-butadieno-estireno (SBS). (Infante & Vásquez, 2016)

2.2.3.2. PROPIEDADES DE LOS POLÍMEROS.

Los materiales poliméricos, en función de su composición química, estructura (lineal, ramificada, entrecruzada), configuración espacial, estado de agregación, peso molecular, aditivos, etc., presentan un abanico de propiedades que hace prácticamente imposible su sistematización. Sin embargo, los polímeros tienen una serie de propiedades generales, que puedan considerarse comunes a todos ellos:

2.2.3.2.1. BAJO PESO ESPECÍFICO.

No presentan un peso específico considerable, el peso por unidad es menor a 0.3 gr

2.2.3.2.2. PROPIEDADES MECÁNICAS.

El comportamiento mecánico de los polímeros a temperaturas ambiente puede variar desde las características de un vidrio rígido y quebradizo, hasta la flexibilidad y elasticidad de una goma. Las características mecánicas de los polímeros se miden generalmente con ensayos de tracción, compresión, flexión, dureza, impacto, desgarró, etc. La mayor parte de los polímeros tienen un comportamiento reológico tipo visco elástico, lo cual hace que sus propiedades mecánicas dependan en gran medida del tiempo de duración de la carga. Si se aplica un esfuerzo constante, habrá una deformación inicial instantánea y una deformación de fluencia (más lenta). Si se mantiene la deformación constante, el esfuerzo necesario para producir dicha deformación disminuirá paulatinamente (relajación de esfuerzos)

2.2.3.2.3. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA.

La variación de la temperatura genera cambios en las propiedades de los polímeros, lo que limita su uso en cierto rango. La elevación de temperatura produce un rápido descenso de la resistencia mecánica en los materiales termoplásticos, que comienza antes de su punto de ablandamiento, mientras que las temperaturas bajas lo hacen más frágiles y quebradizos, con la consiguiente disminución de la resistencia a la tracción y al impacto. En los polímeros termoestables las propiedades mecánicas se mantienen en un mayor rango de temperatura, mientras que, en los elastómeros, cuando baja la temperatura, se produce primero un aumento de la rigidez y finalmente, por debajo de la temperatura de transición vítrea, pierden su capacidad de deformación y se tornan frágiles. Se envejecen a temperaturas elevadas y en presencia de oxígeno, con la consiguiente pérdida de propiedades. (Infante & Vásquez, 2016)

2.2.3.2.4. DURABILIDAD

Se define como la capacidad que tiene todo material para mantener sus propiedades originales a lo largo del tiempo. Las alteraciones de las propiedades de los polímeros se producen por fatiga (aplicación repetida de esfuerzos) o por envejecimiento (acción del medio ambiente), aunque normalmente ambos factores actúan en conjunto. Los agentes que pueden dar lugar a cambios apreciables en las propiedades de los polímeros son los agentes atmosféricos (agua, ozono, oxígeno y humedad), la radiación solar y el calor, los microorganismos, los agentes químicos y la acción del tránsito. Los cambios generados por esos agentes dependerán del tipo del polímero, su composición y estructura química. (Infante & Vásquez, 2016)

2.3. Marco Conceptual:

ENSAYO DE CBR(Californian Bearing Ratio):

Se puede definir como una evaluación de las capacidades portantes de terreno compactado como terraplén, capa de firme, explanada, así como en las clasificaciones de terreno (Pérez, 2018).

CAL:

Componente cementante que se adquiere de las rocas sedimentarias calizas; las cuales son carbonatos de calcio, que, al ser calcinados a temperaturas elevadas, están compuestos como estabilizadores recomendados por MTC (Pérez, 2018).

POLÍMERO RECICLADO:

Transcurso de restauración de desecho de plástico. Los 3 fundamentales objetivos de los plásticos reciclados son las reutilizaciones directas, los aprovechamientos como materias primas para la preparación de un reciente producto y sus conversiones como combustibles o como un nuevo producto químico (Domínguez, 2019).

SUBRASANTE:

Es las superficies establecidas de las carreteras a niveles de los movimientos de la tierra (cortes y rellenos) acerca de la superficie de pavimentos o afirmado, que se construye entre terreno natural allanado (Bustamante, 2017).

SUELOS ARCILLOSOS:

Es el suelo o tierra que por su distribución predominan las arcillas que son conjuntos de partícula mineral muy pequeña, a diferencia de otra como la arena o limo que además se encuentran presentes en esto (López, 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1 Población:

Calles no Pavimentadas que cuentan con baja capacidad portante del Distrito de Mórrope, para beneficio de 26 000 habitantes

3.2 Muestra:

Se obtuvieron muestras de siguientes calles:

- Av. Atenor Orrego y Av. Túpac Amaru
- Av. Atenor Orrego y Tahuantinsuyo
- Av. Atenor Orrego y Ollantay

3.3 Operacionalización de variables:

VARIABLE 1	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES O CATEGORIA	INDICADOR	INSTRUMENTOS
EL USO DE POLIMERO S RECICLADOS	Es la alternativa de intervención en la carretera, que me genere los mayores beneficios económicos y sociales para mejorar a nivel de subrasante	-Ensayo de CBR -Estudio de Calicatas - Estabilizador dePET	Proporción de Botellas reciclados	Clasificación de suelos Límites de Consistencia Proctor CBR	Instrumentos Electrónica

Fuente: elaboración propia

3.4 Técnicas e instrumentos de la recolección de datos:

Esta tesis se planteará a la recolección de datos del laboratorio por medio de la ficha técnica y/o protocolo según lo regulado. El instrumento que se utilizará en este estudio es la ficha técnica de los reglamentos de las normas del MTC, ya que las ramas de este estudio están en suelo para un fin de pavimentos. Este protocolo se validará de manera científica, por tal razón no es preciso que se realice validación a través de un experto, dicho protocolo fue creado por la normativa internacional AASHTO – ASTM.

3.5 Procedimientos:

Se iniciará con la recolección de botellas reciclables en diferentes sitios, después se analiza la bolsa plástica y llevarlo a fábrica con máquina trituradora para luego extraer la muestra de calicata y llevarlo a laboratorio donde se aplica los siguientes ensayos:

Contenidos de humedad. (ASTM D 2216) Se comenzará con extracciones de las muestras para que se determine los contenidos de humedad, el que consiste en que se extraigan pequeñas muestras y se coloque en un recipiente tara y se proceda en las comparaciones del peso tanto en estados naturales como en secos.

Análisis Granulométricos. (ASTM D 422) Es la repartición conveniente de la partícula en función de la característica del suelo. Sus determinaciones están basadas en los tamizados o los pasos de los materiales por malla precisamente seleccionada, hasta que se llegue a las mallas número 200 (diámetros = 0.074mm). - Se usan recipientes con determinadas muestras con peso de 100gr. - Secadas las muestras a temperaturas de 110° por una duración de 16 horas. - Se pesan las muestras naturales sin que se laven y se anotan como P1 (peso de los materiales secados en horno). Se descuenta el peso de las mismas, se dice; $P1 = \text{peso (recipientes más las muestras)} - \text{peso de recipientes}$. - Finalmente, se lava las muestras de las mallas número 200 vertiéndose, eliminando el fino que contienen los agregados.

Límites de Atterberg o Índices de Plasticidades. (ASTM D 4318) Esta prueba trata de qué manera se comportan los materiales plásticos con la humedad. Se solicita que se cambie sus comportamientos como si fueran fluidos viscosos, se usaran las muestras que pasan las mallas número 40 de las cinco calicatas que se realizó en este estudio. Se utilizó 200gr de muestras para todas las calicatas. El equipo

que se usó fue la tara, espátula Copas de casas Grandes, Recipientes pequeños, Balanzas con sensibilidades de 0,01%, horno de 110°. Al ser materiales Arenosos su trabajo fue nulo. 19 En nuestra situación por ser un suelo muy arenoso, en estos ensayos realizados no fue obtenido el dato de los Límites líquidos, así, además; Límites plásticos se debe a ellos las configuraciones de estos ensayos es NO PRESENTAN.

Proctor Modificados. (ASTM D 1557) Se usa la metodología “A” se determina en que se sequen los materiales en los hornos y después se añade el porcentaje de agua, se realizan unos moldes cilíndricos de cuatro pulgadas, sus procedimientos se realizaron en cinco capas de las cuales todas las capas son compactadas con martillos con 25 golpes, consiguiendo su peso específico seca y óptimos contenidos de humedad. Continuando los mismos procedimientos anteriores pero con el porcentaje a agregarse de la bolsa de polietileno al (4, 6 y 8%), para todos los porcentajes se agrega las mismas cantidades de agua en porcentaje (3, 6, 9 y 12%), para que así se obtengan los óptimos contenidos de humedad. CBR “California Baring Ratio (ASTM D 1883) Esta prueba se usó para que se determinen las fortalezas a los cortes de los suelos, considerando tanto su peso específico y humedad por medio de los ensayos de Proctor modificados, de la misma manera el CBR es la conexión del peso que se coloca en cargas en frente de la introducción. Se usó el siguiente instrumento: Moldes de 6” y unos collares de 2”, unos discos espaciadores, unos martillos con peso de un aproximado de 10 libras, deformímetros, pesa anular, pistones, prensas hidráulicas, herramienta.

El método es el posterior. Se usa 20kg de muestras, usada de los materiales retenidos entre las mallas $\frac{3}{4}$ a las mallas N° 4. Se mezclaron por igual y con 3 formas se hicieron diferentes golpes de 12, 26, 55. Se llevan los materiales en condiciones de congestión por 96 horas con sus papeles filtros, separadores, deformímetros y finalmente se procede a evaluar su fortaleza en las prensas hidráulicas adaptándose unas cargas de 10lb. Se ajustan los diales en el acero de las prensas e inician las penetraciones con velocidades estándar de 0.05” /min. Se toma distinta medida cada 0.0025” hasta que se llegue al 0.5”. Se retiran las muestras y se obtiene el dato.

3.6 Diseño de contrastación:

Tipo: Explicativo

Diseño de estudio: experimental

3.7 Procesamiento y análisis de datos:

Para el análisis económico y los cálculos pertinentes, se utilizará el ensayo de CBR (análisis granulométrico, proctor modificado, humedad natural, perfil estratigráfico) cual permite sacar unos valores máximos que determina el aumento de capacidad portante.

Otro medio facilita el cálculo de los costos totales de transporte por calle, considerando los costos en infraestructura que deben afrontar generalmente los organismos viales como es, en este caso, el mejoramiento y conservación respectiva; y los costos de operación de los vehículos que son afrontados por los usuarios viales. Los costos son obtenidos de aplicar los estándares de trabajo

Este estudio requiere, para ser activado, establecer las características físicas de la carretera en estudio y de su entorno; estas son: el clima, la temperatura, la topografía, el tipo de superficie, su estado, características geométricas, historia de su conservación, el tránsito y factores de proyección y/o crecimiento.

3.8 Consideraciones éticas:

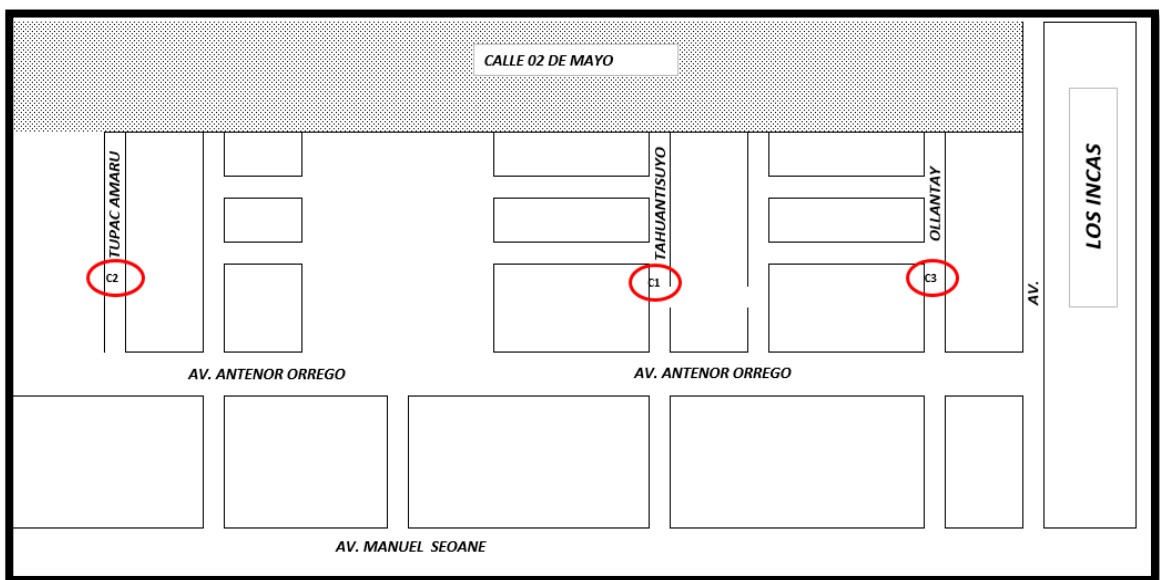
Se relaciona al aspecto ético. “El ingeniero debe fomentar y justificar las integridades, los honores y la honestidad de su empleo”. (Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú, 2018). De esta manera se confirma que el ingeniero debe fomentar y cuidar nuestro honor, también de la honradez de nuestra carrera.

IV. RESULTADOS

- Identificar las calles del distrito de Morrope que tengan baja capacidad portante. Este se identificó calles siguientes:

Se obtuvieron muestras de siguientes calles:

- Av. Atenor Orrego y Av. Túpac Amaru
- Av. Atenor Orrego y Tahuantinsuyo
- Av. Atenor Orrego y Ollantay



- **OBTENCION DE MUESTRAS**

Se realiza este procedimiento con el único objeto de obtener una muestra representativa de la subrasante que posibilite el desarrollo de nuestra investigación, según la Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos indica que para el tipo de vía local en un área de 1800m² le corresponde 01 punto de investigación; para nuestra área de investigación que es 2400m² nos correspondería 02 puntos de investigación. También aclara que para mayor detalle se debe realizar un mínimo de 03 puntos de investigación.

- **Calicata 01 (C – 01):**

Ubicada en la progresiva Km 0+050, A 20 m del jardín Bancapata. Se observó material orgánico hasta una profundidad de 0.20m, de 0.20m hasta 0.40m presencia de arcilla y limo con considerable contenido de materia orgánica y a partir de 0.40m hasta 1.50m material arcilloso.

- **Calicata 02 (C – 02):**

Ubicada en la progresiva Km 0+200. Se observó un mínimo espesor de cobertura vegetal de 0.15m a 1.00m de profundidad presencia de material arcilloso de color rojizo, a partir de 1.00m a 1.50m presencia de arcilla y grava en mínima cantidad.

- **Calicata 03 (C – 03):**

Ubicada en la progresiva Km 0+350. Se observó un estrato considerable de materia orgánica y grava de 0.40m de espesor y a partir de los 0.40m hasta 1.50m de profundidad se observa un suelo arcillo gravoso de color plomo.

ANALISIS GRANULOMETRICO DE CALICATAS

MALLA		PORCENTAJE QUE PASA		
TAMICES ASTM	ABERTURA (MM)	C-01	C-02	C-03
2"	50.80	100. 00	100. 00	100.00
1 ½"	38.10	100. 00	100. 00	100.00
1"	25.40	100. 00	100. 00	100.00
¾"	19.05	100. 00	100. 00	100.00
½"	12.70	100. 00	100. 00	100.00
3/8"	9.53	100. 00	100. 00	100.00
¼"	6.35	100. 00	100. 00	100.00
N° 4	4.76	100. 00	100. 00	98.32
N° 10	2.00	100. 00	100. 00	91.33
N° 40	0.42	99.7 9	100. 00	78.98
N° 100	0.15	63.6	60.7	43.00

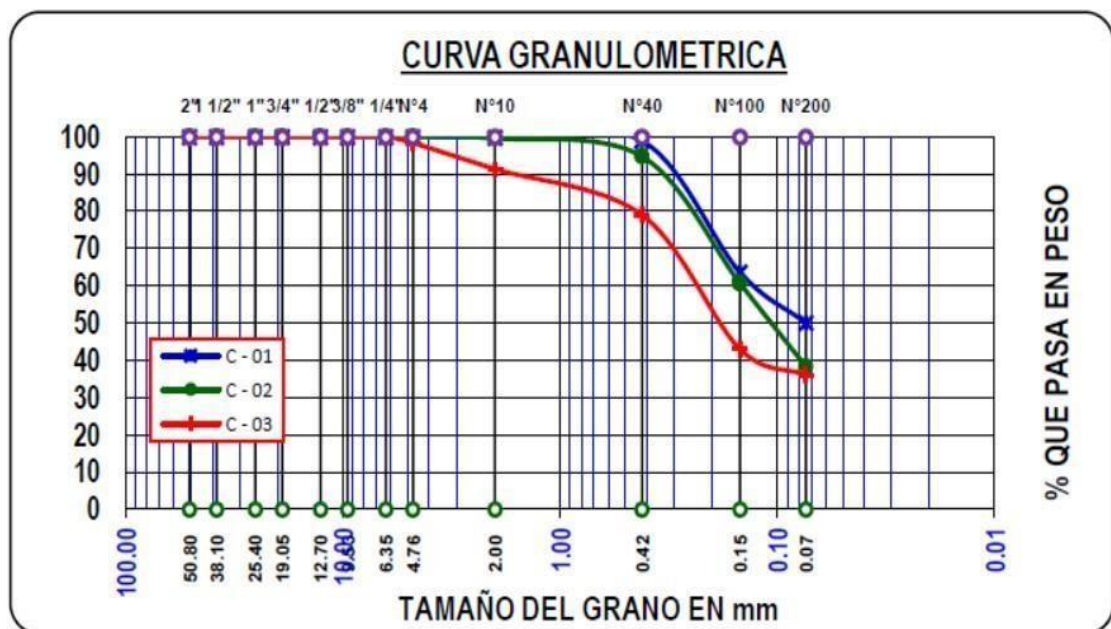
		3	2	
N° 200	0.07	50.0 1	38.2 8	36.01

Según los resultados del análisis granulométrico de suelos como se muestra de la calicata C - 01, C - 02 y C - 03, se puede observar que los porcentajes que pasa por la malla N°200 del E - 03 están en porcentajes de 50.01%, 38.28% y 36.01%, por lo que el suelo de subrasante tiene porcentajes de finos (arenas y arcillas, limos) suelo poco resistente ante el efecto de las cargas. En la siguiente tabla, se muestra el resumen de porcentaje del suelo.

SUELO	C-01	C-02	C-03
	E-01	E-01	E-01
GRAVA(2"-N°4)	0.0 0	0.0 0	1.6 8
ARENA (N°4- N°200)	49. 99	61. 72	62. 31
FINOS(<N°200)	50. 01	38. 28	36. 01

En la tabla 16 se observa que el suelo de estudio de la calicata C - 01, C - 02 y C - 03, presenta un porcentaje mínimo en gravas, los altos porcentajes que se presenta son arenas y arcillas, por lo que se concluye que nos encontramos ante un suelo con contenido de arcillas y limos.

Para el desarrollo de la curva granulométrica se relaciona con el porcentaje de suelo que pasa por cada tamiz de diferentes aberturas.



4.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad nos da referencia para saber si es mayor o menor que el contenido de humedad óptima, se planteará la compactación normal de suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. “Si resulta superior a la humedad óptima y según la situación del suelo se planteará aumentar la energía de compactación, secar el suelo o reemplazar el material saturado” (MTC, 2013).

En la siguiente tabla se muestra el resumen del ensayo de contenido de humedad que se realizó a cada calicata con su respectivo contenido de humedad óptima.

Resumen de los resultados de contenido de humedad

Calicata	Progresi.	Estrato	Muestra	Contenido de Humedad (%)	Humedad Óptima(%)
C – 01	Km 2 + 000	E – 01	M – 01	23.25	14.70
C – 02	Km 2 + 250	E – 01	M – 01	25.47	14.00
C – 03	Km 2 + 500	E – 01	M – 01	27.45	14.50

Contenido de humedad (Elaboración propia)

En la tabla 17 del resumen del contenido de humedad, el resultado natural de las tres calicatas es superior a la humedad óptima.

4..2. Limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad.

En la siguiente tabla se resume los ensayos del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, datos que son de gran importancia para poder clasificar el suelo de estudio y también nos da una referencia de que el suelo pueda requerir de un mejoramiento, ayudando a tomar una mejor decisión sobre el tipo de estabilizador a utilizar y recomendado por el MTC.

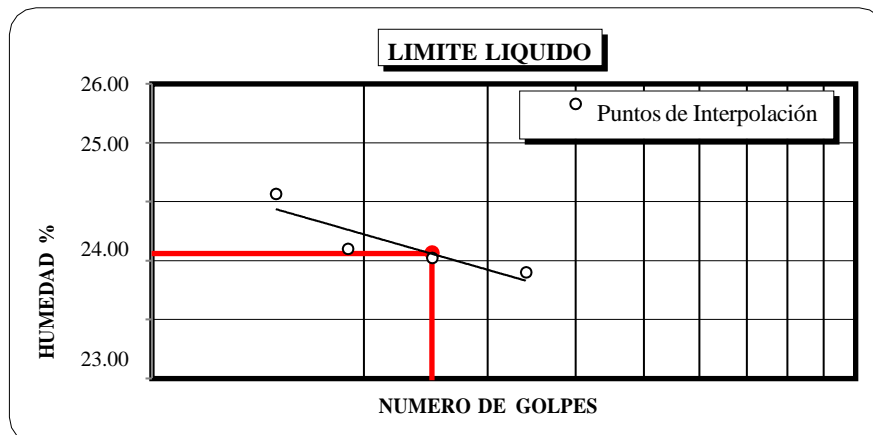
Tabla 18

Resultados de limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad

Calicata	Progresiva	Estrato	Límite líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
C – 01	Km 2 + 000	E – 03	23.12	19.35	3.77
C – 02	Km 2 + 250	E – 03	28.10	17.55	10.55
C – 03	Km 2 + 500	E – 03	33.07	22.31	10.76

Limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad (Elaboración propia)

En la tabla 18 se muestra los resultados de límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de la calicata C – 01, C – 02 y C – 03; el índice de plasticidad determina la mediana intervalo de humedad en la cual el suelo posee una consistencia plástica y de acuerdo a la clasificación de suelo según su índice de plasticidad, se concluye que la C – 01 presenta un suelo de arcilla y limo de baja plasticidad; mientras que la C – 02 y C – 03 se trata de un suelo arcilloso de baja plasticidad. En las siguientes figuras 35,36 y 37 se muestran el diagrama de fluidez de las tres calicatas.



se determinó que a 25 golpes tiene un límite líquido de 23.12%.

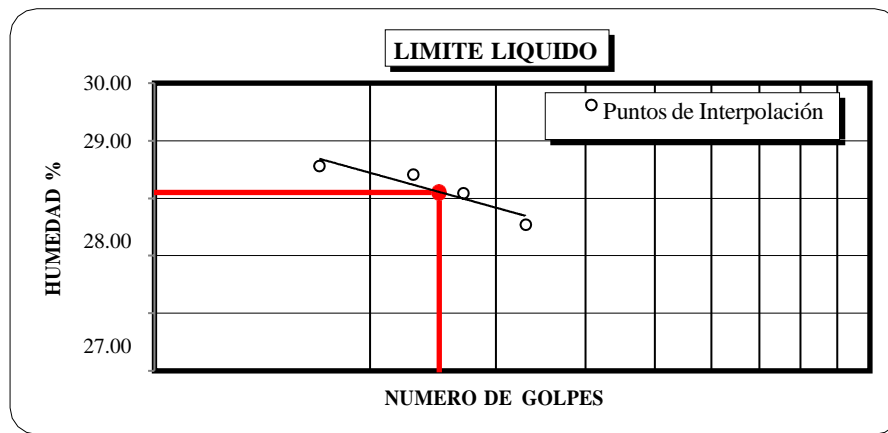


Figura 36. Diagrama de fluidez de la C - 02, E - 03 (Elaboración propia)

La figura 36 se muestra el diagrama de fluidez de la C – 02; la cual se determinó que a 25 golpes tiene un límite líquido de 28.1%.

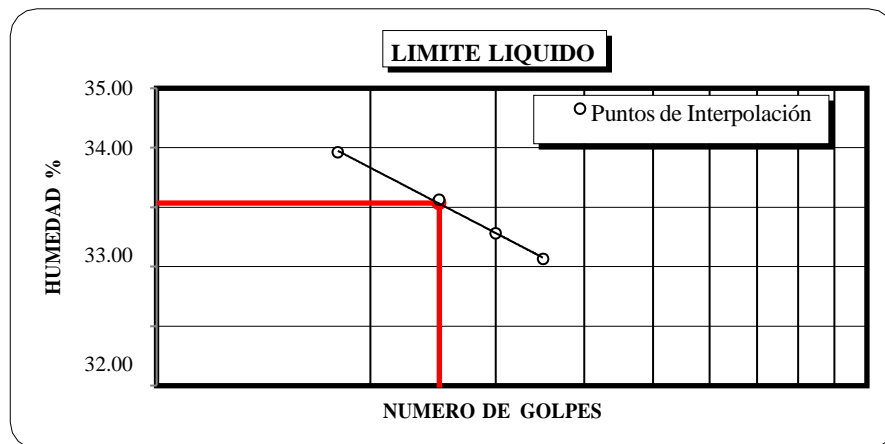


Figura 37. Diagrama de fluidez de la C - 03, E - 03 (Elaboración propia)

Según la figura 37 se observa que el diagrama de fluidez de la C – 03 tiene un límite líquido de 33.07%, la cual fue determinado a 25 golpes.

4..3. Clasificación de suelos método SUCS.

Tabla 19

Clasificación por el método SUCS de las muestras de estudio

CALICATA	C – 01	C – 02	C – 03
Progresiva (Km)	2 + 000	2 + 250	2 + 500
Muestra	M – 01	M – 01	M – 01
Estrato	E – 03	E – 03	E – 03
Profundidad (m)	1.50	1.50	1.50
Grava (2" - N°4)	0.00	0.00	1.68
Arena (N°4 - N°200)	49.99	61.72	62.31
Finos (<N°200)	50.01	38.28	36.01
Límite líquido	23.12	28.10	33.07
Índice de plasticidad	3.77	10.55	10.76
Clasificación SUCS	CL - ML	CL	CL
Denominación	Arcilla y Limo de bajaplasticidad	Arcilla de baja plasticidad	Arcilla de baja plasticidad

Clasificación por el método SUCS (Elaboración propia)

De los resultados que se muestra en la tabla 19 acerca de la clasificación de suelos por el método SUCS, se concluye que las calicatas C – 01, C -02 y C – 03 más de la mitad de la muestra de suelo pasa la malla N°4 y N°200 esto se denomina en arcillas y limos.

4..4. Clasificación de suelos método AASHTO.

Para la clasificación de suelos por el método AASHTO se consideró la granulometría, los porcentajes que pasa la malla N°10, N°40 y N°200; también se consideró el límite líquido e

Para la evaluación de la calidad de un suelo como material para subrasante de carreteras es muy importante conocer el índice de grupo (IG), que está en función del LL, IP y el porcentaje que pasa la malla N°200.

CALICATA	C – 01	C – 02	C – 03
Progresiva (Km)	2 + 000	2 + 250	2 + 500
Muestra	M – 01	M – 01	M – 01
Estrato	E – 03	E – 03	E – 03
Profundidad (m)	1.50	1.50	1.50
Porcentaje que pasa N°10	99.79	99.61	91.33
Porcentaje que pasa N°40	98.89	94.71	78.98
Porcentaje que pasa N°200	50.01	38.28	36.01
Límite líquido	23.12	28.10	33.07
Índice de plasticidad	3.77	10.55	10.76
Índice de grupo	0	1	0
Clasificación AASHTO	A - 4 (0)	A - 6 (1)	A - 6 (0)
Denominación	Suelo s limos os	Suelos arcillos os	Suelos arcillos os

En la siguiente tabla se puede observar la clasificación de suelos por el método AASHTO.

4.4.1 Proctor modificado.

El ensayo de proctor se determinó con la relación de contenido de humedad y peso específico seco mediante una curva de compactación, en donde se determina la humedad óptima y la densidad máxima seca, asimismo la gravedad específica de acuerdo al método Proctor Modificado.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de la densidad máxima seca y humedad óptima.

Tabla 22

Resultados del ensayo de proctor modificado

Calicata	Progresiva	Estrato	Humedad Óptima (%)	Densidad Máxima Seca(gr/cm³)
C - 01	Km 2 + 000	E - 03	14.70	1.857
C - 02	Km 2 + 250	E - 03	14.00	1.868
C - 03	Km 2 + 500	E - 03	14.50	1.852

Proctor modificado (Elaboración propia)

En la figura 40 se muestra la relación del contenido de humedad y la densidad seca de la calicata C - 01, así como también se observa su óptimo contenido de humedad.

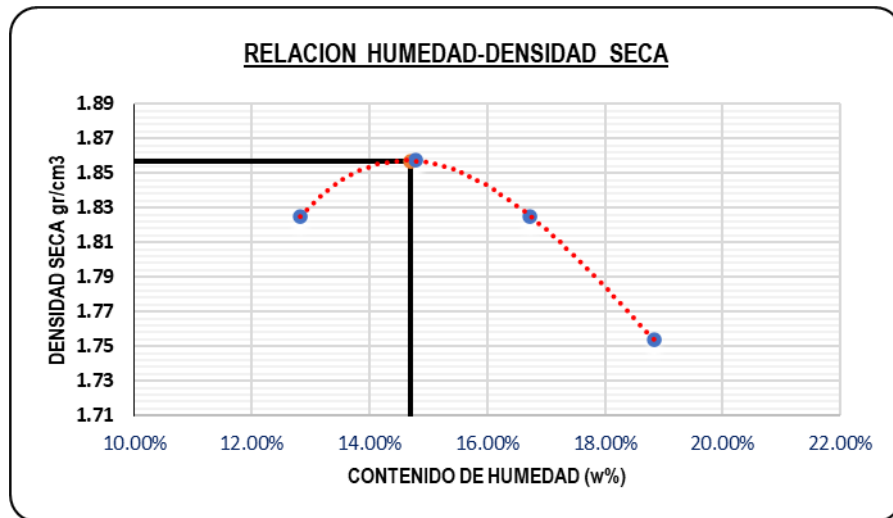


Figura 40. Diagrama relación humedad – densidad seca, C – 01 (Elaboración propia)

En la figura 41 se observa que el porcentaje de la humedad óptima para dicho suelo es 14.00 % teniendo una densidad máxima seca 1.868 gr/cm³.

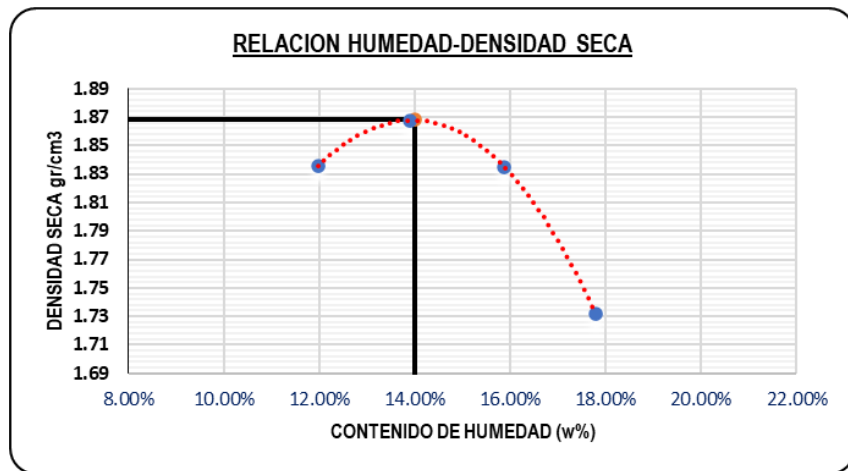


Figura 41. Diagrama relación humedad – densidad seca, C – 02 (Elaboración propia)

Como se observa en la figura 42 el porcentaje de humedad óptimo para dicho suelo es 14.50 % teniendo una densidad máxima seca 1.852 gr/cm³

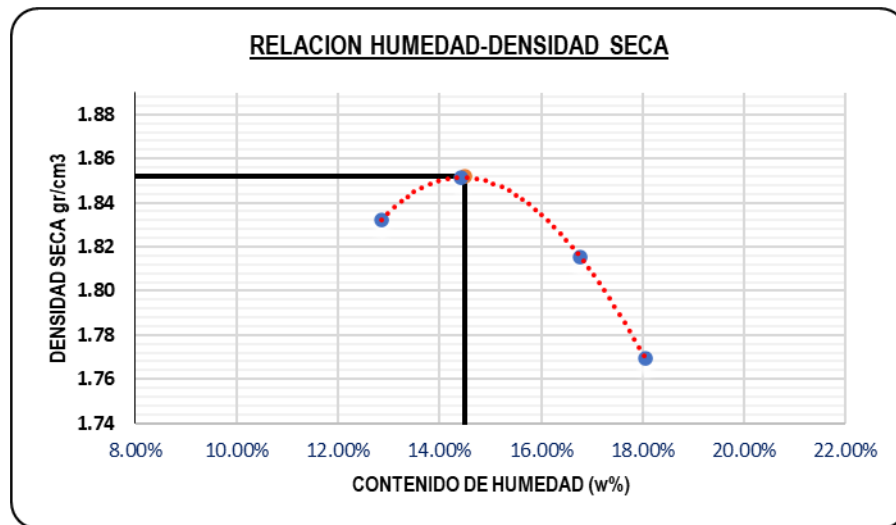


Figura 42. Diagrama relación humedad – densidad seca, C – 03 (Elaboración propia)

4..5. CBR (California Bearing Ratio)

Es el ensayo que se considera más importante para la investigación, puesto que en él se determinará el comportamiento de adición de polímero reciclado PET en la muestra de suelo. Se realizaron ensayos de CBR (California Bearing Ratio) para las tres calicatas seleccionadas del tramo km 2 + 000 hasta km 2 + 500.

4.5.1. Ensayo de CBR con suelo natural.

Para determinar la capacidad portante de cada muestra de las calicatas 1, 2 y 3, se preparó tres moldes de CBR la cual se realizó a diferentes energías de compactación de 12, 25 y 56 golpes.

En la tabla 23 se muestra el resumen de los resultados del ensayo de CBR de las muestras de suelos de cada calicata, sumergidos a 96 horas con una sobrecarga de 4.5 kg. Determinada el porcentaje de expansión y el valor del CBR al 95% de la D.M.S. a una penetración de 0.1”.

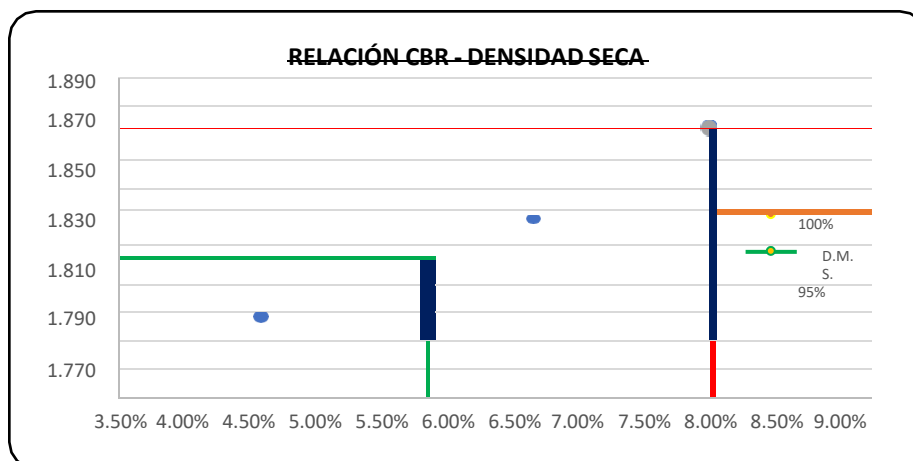
Tabla 23

Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio)

GOLPES		C – 01			C – 02			C – 03		
		12	25	56	12	25	56	12	25	56
D. M. Seca	gr/cm	1.7	1.803	1.85	1.7	1.82	1.8	1.7	1.7	1.853
		26		7	55	2	67	24	85	
3	Expansión	2.1	2.00	1.35	1.0	1.04	0.5	1.5	1.2	1.15
		3%	%	%	8%	%	6%	6%	5%	%
Esfuerzo de	gr/cm	3.2	4.27	5.14	3.8	4.8	5.7	3.1	4.4	5.45
		9			1	1	1	1	7	

Ensayo de CBR (California Bearing Ratio) Elaboración propia

En la figura 43 se muestra el valor de CBR al 95% de su densidad máxima seca a 0,1” para el ensayo de CBR de la calicata C – 01. El resultado al 95% de la densidad máxima seca tiene un valor de CBR = 5.41% con una densidad 1.765



Resumen de los resultados del ensayo de CBR al 95% D.M.S.

CBR	C - 01	C -02	C -03
100 % D.M.S.	7.27%	8.1%	7.8%
95 % D.M.S.	5.41%	5.8%	5.7%

Resultados del ensayo de CBR al 95% M.D.S. (Elaboración propia)

Según los resultados que se muestra la tabla 24 del CBR al 95% de su D.M.S. son inferiores al 6 % y sabiendo que una subrasante de buena capacidad portante debe ser superior; caso contrario se recomienda estabilizar la subrasante inestable con cualquier método o adición de aditivos que recomienda el MTC, así como el método que plantea la presente investigación.

El resultado de CBR está muy relacionado con las distribuciones granulométricas de suelo entre las 3 calicatas realizadas del estrato 3; donde se observa mayor presencia de partículas finas (limo arcillosas) y escasa presencia de grava (agregado grueso).

El suelo de estudio carece de gravas, por lo que en los siguientes ensayos se adicionará polímeros reciclados PET mayores a 4.76 mm para que cumpla la función de grava, esto le dará mayor fricción y por ende mayor resistencia al corte.

- Determinación de la Dosificación y Uso de Polímeros Reciclados PET como Aditivo

Puesto que las muestras de estudio carecen de gravas, se sustituyó con el aditivo propuesto para esta investigación, adicionando polímeros reciclados PET en diferentes dimensiones y en porcentajes 1%, 3% y 5% con respecto del suelo seco, con el objetivo de encontrar una dosificación óptima cuantificando en valor de soporte (CBR).



En la tabla 25 se muestra las dimensiones adecuadas para realizar el ensayo de CBR; clasificamos el material que se utilizará, sabiendo que grava se considera a todas las partículas de 4.76 mm hasta 50.80 mm.

Tabla 25

Resumen de los resultados de tamizado de polímeros reciclados PET

TAM IZ AST M	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumula do	% que pasa
1/2"	12 .7	9.55	3.18	3.1	96.82
3/8"	9. 53	22.22	7.41	10.5 9	89.41
1/4"	6. 35	109.02	36.34	46.9 3	53.07
N°4	4. 76	146.51	48.84	95.7 7	4.23
	BASE	12.70	4.23	100. 00	

Resultados de tamizado de polímeros reciclados PET (Elaboración propia)

Como se observa en la tabla anterior, para el tamizado del polímero reciclado PET se tomó una muestra de 300 gr. la cual retiene mayor porcentaje en la malla N°4 (95.77%) lo que significa que el material tiene una dimensión de 4.76 mm hasta 12.70 mm y será utilizado para los ensayos; lo que se quiere conseguir es reemplazar la grava por el polímero reciclado PET a la muestra de suelo con mayor porcentaje en finos.

4.2. Ensayos de CBR más polímeros reciclados PET.

Para los ensayos de CBR se separó polímeros reciclados PET con dimensiones de aproximadamente (4.76 mm a 12.70 mm), como adición para las muestras.

En la tabla 26 se detalla el resumen de los ensayos realizados a las tres calicatas con contenido de polímeros reciclados PET en dosificaciones de 1%, 3% y 5% respecto al peso seco de la muestra con 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

Tabla 26

Resultados del ensayo de CBR de suelo más 1% de polímero reciclado PET

CALICATAS	C - 01			C - 02			C - 03		
	1% Polímero reciclado PET			1% Polímero reciclado PET			1% Polímero reciclado PET		
GOLPES	12	25	56	12	25	56	12	25	56
D. M. Seca gr/c m3	1.699	1.755	1.834	1.745	1.794	1.844	1.628	1.759	1.843
Expansión %	2.48%	2.39%	1.91%	1.70%	1.67%	1.42%	2.30%	2.13%	1.61%
Esfuerzo de Penetración	3.70	4.32	5.14	3.96	4.89	5.89	3.42	4.55	5.56
Valor de CBR al 100%	5.28%	6.13%	7.42%	5.71%	6.99%	8.42%	4.85%	6.49%	8.00%

Ensayo de CBR de suelo más 1% de polímero reciclado PET (Elaboración propia)

Según los resultados del ensayo de CBR que se muestra en la tabla anterior, para la dosificación de 1% de polímero reciclado PET tiene un aumento mínimo en su resistencia, por lo que no se puede determinar que existen mejoras en porcentajes mínimas de resistencia.

En la figura 46 se observa que la calicata C – 01, según la gráfica de densidad seca vs. CBR para muestras de suelo más 1% de polímero reciclado PET aumenta 0.53% de CBR al 95% de su densidad máxima seca del suelo sin adición

4.3. Módulo de resiliencia (Mr).

$$Mr = 2555 * CBR^{0.64}$$

Tabla 30

Módulo de resiliencia para diseño de pavimento flexible

Tratamiento	CBR (%)	Mr (psi)
Subrasante de suelo natural	7.75	9474.2
Subrasante con polímero reciclado PET	8.47	10028.5

Módulo de resiliencia para diseño de pavimento flexible (Elaboración propia)

4.4. Tráfico.

El estudio de tráfico realizado para el diseño es: 3.63E+06, considerados para 20 años.

4.5. Confiabilidad (R).

La confiabilidad es un parámetro relacionado con el grado de incertidumbre, la variación en las predicciones del tráfico y la importancia de la vía. Según el tráfico TP7 el valor de confiabilidad es 85% para resto de caminos (ver tabla 31).

Tabla 31

Valores recomendables de nivel de confiabilidad para solo una etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes	Equivalentes	Nivel	de
	o	Acumulados		Confiability	
	TP0	100000	150000	65.00%	
	TP1	150001	300000	70.00%	
Caminos de bajo volumen de transito	TP2	300001	500000	75.00%	
	TP3	500001	750000	80.00%	
	TP4	750001	1000000	80.00%	
	TP5	1000001	1500000	85.00%	
	TP6	1500001	3000000	85.00%	
	TP7	3000001	5000000	85.00%	
	TP8	5000001	7500000	90.00%	
	TP9	7500001	1000000	90.00%	
			0		
Resto de caminos	TP10	1000000	1250000	90.00%	
		1	0		
	TP11	1250000	1500000	90.00%	
		1	0		
	TP12	1500000	2000000	95.00%	
		1	0		
	TP13	2000000	2500000	95.00%	
		1	0		
	TP14	2500000	3000000	95.00%	
		1			
	TP15		>300000		
			00		

Valores recomendables de nivel de confiabilidad para solo una etapa de diseño (10 o 20 años) MTC,

4.6. Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Zr).

Presenta el valor de confiabilidad seleccionada para un conjunto de datos en una distribución normal, siendo el Zr igual a -1.036 como se muestra en la tabla 32.

Tabla 32

Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Zr) para una sola etapa de diseño (10o 20 años) según el nivel de confiabilidad seleccionado y el rango de trafico

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes s Acumulados	Equivalente	Desviación ar Normal	Estánd
	TP0	100000	150000	-0.385	
	TP1	150001	300000	-0.524	
Caminos de bajo volumen	TP2	300001	500000	-0.674	
de transito	TP3	500001	750000	-0.842	
	TP4	750001	1000000	-0.842	
	TP5	1000001	1500000	-1.036	
	TP6	1500001	3000000	-1.036	
	TP7	3000001	5000000	-1.036	
	TP8	5000001	7500000	-1.282	
	TP9	7500001	10000000	-1.282	
Resto de Caminos	TP10	10000001	12500000	-1.282	
	TP11	12500001	15000000	-1.282	
	TP12	15000001	20000000	-1.645	
	TP13	20000001	25000000	-1.645	
	TP14	25000001	30000000	-1.645	

TP15

>300
00
0

-1.645

Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Zr) MTC, 2013

4.7. Desviación estándar combinada (So).

La desviación estándar combinada (So), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento. La guía de AASHTO adopta para los pavimentos flexibles, valores de 0.40 y 0.50, en la presente investigación se usará un valor de 0.45 como recomienda el MTC, 2013.

4.8. Índice de serviciabilidad presente (PSI)

- **Serviciabilidad inicial (Pi).**

Es la condición de una vía recientemente construida como se muestra en la tabla 33 del MTC, siendo el valor de 4.00 para nuestro diseño

Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) según rango de tráfico

Tipo de Caminos	Traffic	Ejes	Equivalent	Índice de Serviciabilidad Inicial
	o	es		
		Acumulados		
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP1	150001	300000	3.80
	TP2	300001	500000	3.80
	TP3	500001	750000	3.80
	TP4	750001	1000000	3.80
	TP5	1000001	1500000	4.00
	TP6	1500001	3000000	4.00
	TP7	3000001	5000000	4.00
	TP8	5000001	7500000	4.00
Resto de caminos	TP9	7500001	10000000	4.00
	TP10	10000001	12500000	4.00
	TP11	12500001	15000000	4.00
	TP12	15000001	20000000	4.20
	TP13	20000001	25000000	4.20
	TP14	25000001	30000000	4.20
	TP15	>300000		4.20

Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) MTC, 2013.

Tabla 35

Diferencial de serviciabilidad (PSI) según rango de tráfico

Tipo de Caminos	Trafi co	Ejes	Equivalent es	Diferencia de Serviciabilidad
Caminos de bajo volumen de tránsito	TP1	150001	300000	1.80
	TP2	300001	500000	1.80
	TP3	500001	750000	1.80
	TP4	750001	1000000	1.80
	TP5	1000001	1500000	1.50
	TP6	1500001	3000000	1.50
	TP7	3000001	5000000	1.50
	TP8	5000001	7500000	1.50
	TP9	7500001	10000000	1.50
Resto de caminos	TP10	10000001	12500000	1.50
	TP11	12500001	15000000	1.50
	TP12	15000001	20000000	1.20
	TP13	20000001	25000000	1.20
	TP14	25000001	30000000	1.20
	TP15			1.20

Diferencial de serviciabilidad (PSI) según rango de tráfico (MTC, 2013)

4.9 Numero estructural requerido (SN).

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño de AASHTO y se obtiene el número estructural con la ecuación 8 en donde los resultados nos dan:

El número estructural requerido para suelo natural es $SN = 3.87$

El número estructural requerido para suelo más polímero reciclado PET es $SN = 3.79$.

4.10 Coeficiente de drenaje (mi).

El drenaje está considerado dentro del diseño como un factor que afecta directamente al coeficiente de capa y se estima en función del porcentaje de tiempo que la estructura está próxima a la saturación, de acuerdo a la calidad del drenaje de las estructuras del pavimento de la presente investigación, el coeficiente para las capas de base y subbase, según el manual m2

= m3 = 1.0 (ver tabla 36).

Tabla 36

Valores recomendados del coeficiente de drenaje (mi) para bases y sub bases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

Calidad del Drenaje	P=% Del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercano a la saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5%- 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Valores de coeficiente de drenaje (mi) MTC,

4.3 Establecer las propiedades mecánicas y físicas que influyen en la baja capacidad portante de resistencia del nivel de subrasante en las calles del distrito de la Victoria. Este se estableció las propiedades mecánicas y físicas que influyen en la baja capacidad portante de resistencia del nivel de subrasante en las calles del distrito de la Victoria: El Análisis mecánico por tamizado, El Ensayo del límites líquido, El Ensayo del límites plástico.

4.4 Diseñar para determinar la capacidad portante, a través de ensayos. 35 En la determinación de la clasificación y empleo adecuado de los polímeros reciclados para el mejoramiento de la capacidad portante en la subrasante en las calles del distrito la Victoria temenos los siguientes: Registro de excavacion, Informe de ensayo(1), Ensayo C.B.R, Analisis mecanico por tamizado, Ensayo del limite liquido, Ensayo del limite plastico, Hamedan natural, Compactacion (1), Compactacion (2), Determinacion de porcentaje de sal, Informe de ensayo(2), Determinacion de limite plastico e indice de plasticidad, Determinacion de limite liquido de los suelos, Relacion de humedad de densidad (Proctor modificado), Etapa de compactacion, Etapa de absorcion, Etapa de expansion, Proyecto de investigacion (1), Golpes (1), Informe de ensayo(3), Etapa de compactacion, Etapa de absorcion, Etapa de expansion, Proyecto de investigacion(2), Golpes(2)

4.5 Evaluar los resultados obtenidos y verificar la efectividad del manual de diseño según MTC 2016. RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS: Con la adición de los polímeros reciclados (PR) se logró incrementar porcentualmente la capacidad portante en términos de CBR en 26% y disminución de la expansión del suelo en 1.5%, la expansión disminuye porque la mezcla suelo- polímero es menos denso e incrementa la capacidad de filtración del suelo mezclado. En tramos con la adición de los PRse logró el objetivo de incrementar el CBR a más del 6% como estipula la norma para suelos de subrasante, en tramos se incrementó el CBR a 4.8% siendo menor a lo normado, por tal razón se utilizó otro método de estabilización como es el suelo -cal, obteniendo así un suelo cuyo CBR es de16.9% y para poder comprobar el efecto de los polímeros reciclados se hizo un último ensayo con laadición de cal y polímeros, en la tabla 1 se resume el incremento de CBR y el porcentaje de disminución de la expansión para suelos con polímeros y cal

V. DISCUSIÓN

Este estudio tuvo por objetivo general el mejoramiento de subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de polímero reciclados en el distrito de Morrope 2021 con el proposito de que se establezca una evaluacion de la subrasante dedeterminadas calles en el distrito y despues una propuesta de mejoramiento de subrasante en estas calles, se establecio la variable independiente mejoramiento de subrasante de baja capacidad portante y la variable dependiente mediante el uso de polimeros reciclados en el distrito de la victoria 2020. En este estudio se empleo la tecnica e instrumento de recoleccion de datos que es el Ensayo CBR, este tambien se establecio identificar las calles del distrito de la victoria que tengan baja capacidad portante, se determino la clasificacion y empleo adecuado de los polimeros reciclados para el mejoramiento de la capacidad portante en la subrasante en las calles del distrito de la victoria, se establecio las propiedades mecanicas y fisicas que influyen en la baja capacidad portante de resistencia del nivel de subrasante en las calles del distrito de la victoria, se diseño para determinar la capacidad portante a través de ensayos, se evaluó los resultados obtenidos y verifiqué la efectividad del manual de diseño según MTC 2016, se propuso recomendaciones económicas entre la diferencia entre el empleo de polimeros reciclados y el recomendado por el Ministerio de transporte y comunicaciones. En el primer resultado de este estudio se identificó las calles en el distrito de la victoria que tengan baja capacidad portante en donde se estableció evaluar determinadas calles del distrito entre estas tenemos la calle Carabelas y avenida Antenor Orrego, la calle 12 de octubre y avenida Antenor Orrego, la calle Ollantay y la avenida Antenor Orrego. Este resultado de este estudio se compara con el estudio Ramos Hinojosa, Gabriel J (2014). En su tesis titulada “Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de bolsas de polietileno reciclados en carretera de Pomalca, esto porque se evaluó la baja capacidad portante en la carretera Pomalca Chiclayo. En el segundo resultado de este estudio se determinó la clasificación y empleo adecuado de los polimeros reciclados para el mejoramiento de la capacidad

portante en la subrasante en las calles del distrito de la victoria en donde se establecio que es 40 un polimero reciclado y que tipos de polimeros se tienen, tambien se establecio el empleo adecuado, dosificacion de polimeros reciclados como aditivo, en donde se calculo el CBR con aditivo del primer tramo y del segundo tramo. Este resultado de este estudio se compara con el estudio de Infante, C y Vasquez, D (2016) en su tesis titulada “Estudio comparativo del metodo convencional y uso de los polimeros EVA y SBS en la aplicacion de mezclas asfalticas, en donde se evaluo los polimeros para establecer si mejoran las propiedades mecanicas del asfalto y demostrar mediante ensayos que se pueden emplear. En el tercer resultado de este estudio se establecio las propiedades mecanicas y fisicas que influyen en la baja capacidad portante de resistencia del nivel de subrasante en las calles del distrito de la victoria. Este para esto se realizo el analisis mecanico por tamizado, el ensayo de limite liquido, el ensayo de limite plastico, la compactacion de la calicata 1, calicata 2, calicata 3, calicata 4, calicata 5, calicata 6, esto para evaluar determinados elementos y propiedades en la baja capacidad portante de resistencia del nivel de subrasante en las calles del distrito de la victoria, este resultado de este estudio se compara con el estudio de Laica, J(2016) en su tesis titulada “Influencia de la inclusion de polimero reciclado en las propiedades mecanicas de una sub base (Caucho) en donde se evaluo la carretera Panamericana norte kilometro 12 sector la Avelina, en sus propiedades fisico mecanicas de la sub base para determinar si el material cumple con los parametros establecidos. En el cuarto resultado de este estudio se diseño para determinar la capacidad portante a traves de ensayos para esto se realizo el empleo en la subrasante de polimeros reciclados, cal y de polimeros con cal empleando para esto el ensayo CBR. Este resultado de este estudio se compara con el estudio de Aucchahuaqui I, Corahua R(2016), en su tesis titulada “Evaluacion del sistema de pavimentos flexibles en la prolongacion en la A.V. La cultura tramo 4to paradero de san Sebastian -Grifo mabil de san Jeronimo, en donde se evaluo la A.V. La cultura esta via donde se empleo los ensayos de CBR, para establecer el motivo de sus deformaciones en cuanto a la resistencia al corte de la base y sub base los valores obtenidos mediante el CBR, estan por debajo de las condiciones estipuladas en relacion a los espesores teniendo una sub

base (promedio 7%) al no cumplir con el CBR, siendo este el principal motivo 41 que genera las deformaciones probablemente a una deficiente compactacion y aspectos constructivos. En el Quinto resultado de este estudio se evaluo los resultados obtenidos y verificar la efectividad del manual de diseño segun MTC 2016, para esto se realizo la adicion de polimeros reciclados (P.R) se logro incrementar porcentualmente la capacidad portante en terminos de CBR en 26% y disminucion de la expansion del suelo en 1.5%, la expansion disminuye porque la mezcla suelo-polimero es menos densa e incrementa la capacidad de filtracion del suelo mezclado . Este resultado de este estudio se compara con el estudio de Aucacahuaqui I, Corahua R(2016), en su tesis titulada “Evaluacion del sistema de pavimentos flexibles en la prolongacion en la A.V. La cultura tramo 4to paradero de san Sebastian -Grifo mabil de san Jeronimo, en donde se evaluo la A.V. Cultura empleando los ensayos de CBR en donde los resultados obtenidos fueron comparados para su valides con las normas nacionales. En cuanto a la resistencia al corte de la base y sub base los valores obtenidos mediante el CBR, estan por debajo de la condiciones estipuladas en relacion a los espesores se concluye que el paquete estructural en cuanto a la carpeta de rodadura tiene un contenido de asfalto en promedio del 7.14% y eso deberia hacer que la via funcione en optimas condiciones, por otra parte la estabilidad se encuentra por encima de 816 kg, ya que contando con estos valores el pavimento debe ser mas rigido y durable en cuanto a la resistencia al corte de la base (promedio 30%) y sub base (promedio 7%) al no cumplir con el CBR siendo este el principal motive que genera las deformaciones probablemente a una deficiente compactacion y aspectos constructivos. En el sexto resultado de este estudio se propuso recomendaciones economicas entre la diferencia entre el empleo de polimeros reciclados y el recomendado por el ministerio de transportey comunicaciones, para esto se realizo el costo de la obtencion de aditivo PET reciclado es de s/ 0.50 x kg de manera artesanal y s/ 0.86 x kg de manera industrial con la máquina trituradora PET G-34, para el mejoramiento de la subrasante de un kilómetro se necesita aprox. 1578.7 kg para un ancho de vía de 4m y una profundidad a mejorar de 15 cm, con una dosificación de 1.5% con respecto al 42 peso seco del suelo. El costo de la cal es de 1.2 x kg y para poder mejorar la subrasante, el costo de mejoramiento

de la subrasante de un 1km empleando polimero reciclado es de S/.6.186 soles, el costo de mejoramiento de subrasante de un 1km empleando cal es de S/.6.832 y el costo de mejoramiento de la subrasante de un 1km empleando polimero reciclado y cal es de S/.7.386 soles, este resultado de este estudio se compara con el estudio de Ramos Hinojosa, Gabriel J. (2014) En su tesis titulada: “Mejoramiento de Subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de Bolsas de Polietileno reciclados en carreteras de Pomalca, en donde se obtuvieron resultados un análisis de costos unitarios nos muestra que en términos económicos no hay un ahorro durante la ejecución de un proyecto de pavimentación no obstante, se extiende la vida útil del pavimento permitiendo economizar gastos en la etapa de operación y mantenimiento

VI. CONCLUSIONES

- La subrasante con presencia importante de arcilla presenta algunas características particulares que conllevan a tener una baja capacidad portante e inestabilidad volumétrica. Esto se debe a su composición física, mecánica y química. La problemática se debe a que la subrasante es un suelo plástico y de mala granulometría, conviene que sea bien graduada, con una granulometría continua y no uniforme, con presencia de gravas, arenas y material fino, cada uno cumple una función determinada.
- Con la adición de polímeros reciclados (PR), obtenidos de las botellas descartables PET, solo se mejora las propiedades físicas mecánicas del suelo como material para subrasante, el suelo estudiado presenta gran presencia de arcillas, siendo su granulometría muy fina y carente de partículas de mayor diámetro que son muy importantes para una buena capacidad portante, razón por la cual al adicionar los PR al 1.5% del peso seco del suelo, con dimensiones entre 5 y 1 O mm de forma rectangular, se aprecia un incremento porcentual en promedio del CBR en 26% debido a que el PET es un material resistente y al adicionar al suelo hace que tenga mayor fricción y por ende presente mayor resistencia al corte.

- El suelo estudiado presenta dos tipos de problemas, la plasticidad y baja capacidad portante, con la adición de polímeros reciclados solo se mejoró el segundo componente, con la adición de la cal sólo modifica la textura y no hace efecto en el incremento de la resistencia. Para lo cual se puede adicionar los polímeros reciclados y así incrementar la capacidad portante, como se demostró en el ensayo suelo – cal – polímero además también se reduce la formación de etringita ocasionado por la cal y sulfatos de la arcilla, de esta forma se eliminaría o se reduciría a niveles no problemáticos la patología de ataques por sulfatos

VII. RECOMENDACIONES

- En suelos arcillosos con gran presencia de impurezas como la materia orgánica y sulfatos, mayores a los valores que determina la norma del Ministerio de Transporte y Comunicaciones para una estabilicen de suelo cal, se recomienda que se use la cal solo para modificar la plasticidad y textura del suelo, y los polímeros reciclados para aumentar la resistencia. Así se puede evitar la formación de etringita como producto de la reacción de los sulfatos y la alúmina ocasionado por la presencia importante de cal, el principal problema de esta patología es la expansión volumétrica hasta en un 250% en presencia de agua.
- Debido a que las propiedades de los suelos que se encuentran a nivel de subrasante, son datos importantes en el diseño de un pavimento. Ya que definen el espesor y tipo de estructura de pavimento que se debe utilizar, se recomienda minimizar y compensar al máximo posible el movimiento de tierras debido a consideraciones económicas, ambientales y técnicas, es por eso que antes de cambiar la subrasante de baja capacidad portante se recomienda realizar estudios y optar por el mejor método para poder mejorar las características físicas mecánicas y evitar movimientos de tierra.
- Para determinar el porcentaje optimo suelo- polímero reciclado PET, se recomienda realizar ensayos CBR del suelo - polímero con 1.3%, 1.5% y 1.8% de PET reciclado con respecto al peso seco del suelo.

- Finalmente se recomienda que se realice más investigaciones con otros objetos reciclados de elementos descartables de PVC, HDPE, LDPE, etc. y también con fibras fibriladas de polipropileno

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HANSER LÓPEZ, JOSÉ ÁNGEL.

2018 Análisis de la Evaluación Técnica y Económica de Proyectos viales con el Modelo Estándares de Conservación y Diseño de Carreteras.

BARRERA, GUERNICA LORENZO

2017 Introducción a la mecánica de suelos no saturados en vías terrestres.

CALLE, S., & ARCE, M.

2018 Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

CORTEZ DIAZ, SAMUEL

2018 Desempeño de suelos estabilizados con polímeros reciclados en el Perú, Piura

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.

2016 Manual de carreteras: diseño geométrico. Lima - PERU

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.

2016 Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

lima-Perú.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.

- 2013 Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial-Perú.

MAMANI DIAZ HUMBERTO

- 2017 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN, MEDIANTE EL USO DE POLÍMEROS RECICLADOS. Manuscrito no publicado, Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú

MANRIQUE, G. J., & FERNÁNDEZ, G. G.

- 2018 Ingeniería de pavimentos utilizando polímeros reciclados: Diseño y gestión de pavimentos flexible.

LÓPEZ HERNÁNDEZ JUAN

- 2016 Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas, Revista Iberoamericana de Polímeros

ALTAMIRANO NAVARRO GENARO JOSE

- 2019 Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías.
 obtener grado de bachiller, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Potosí

IX. ANEXOS







UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS

(MTC E - 107; ASTM D - 422)

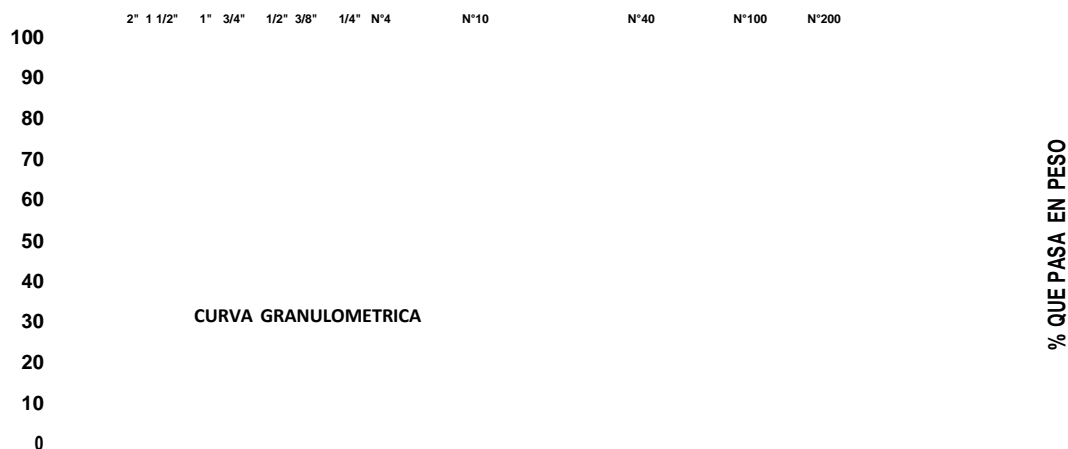
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMA N MONTENE GRO

Progresiva : Km 2 + 000 | **Calicata** : C - 01 | **Muestra** : M - 01 | **Clasificación SUCS** : CL
Sondaje : Arcilla | **Prof.** : 0.60 m. | **Estrato** : E - 01 | **Clasificación AASHTO** : A - 6 (2)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Inicial : 300.00 gr.
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Lavado : 66.28 gr.
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Perdido : 233.72 gr.
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00		Limite Liquido : 34.71 %
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00		Limite Plastico : 23.22 %
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00		Indice Plasticidad : 11.49 %
N°4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00		CARACT. GRANULOMETRICAS
N°10	2.00	1.10	1.66	1.66	98.34		D10 = NP
N°40	0.42	1.25	1.89	3.55	96.45		D30 = NP
N°100	0.15	23.14	34.91	38.46	61.54		D60 = 0.14
N°200	0.07	11.94	18.01	56.47	43.53		
BASE		28.85	43.53	100.00			CU = NP
TOTAL		66.28					CC = NP

CURVA GRANULOMETRICA





UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS

(MTC E - 107; ASTM D - 422)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENE GRO

Progresiva : Km 2 + 000	Calicata : C - 01	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : ML
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.00 m.	Estrato : E - 02	Clasificación AASHTO : A - 2 - 4 (0)

Ubicación : Coordenadas: 15°26'21.20"; 70°5'57.00" **Fecha** : 24/09/22 **Ing. Responsable** : Yesenia Apaza

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°4	4.76	0.48	1.48	1.48	98.52	
N°10	2.00	2.66	8.19	9.66	90.34	
N°40	0.42	6.49	19.98	29.64	70.36	
N°100	0.15	10.73	33.03	62.67	37.33	
N°200	0.07	1.33	4.09	66.76	33.24	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 300.00 gr.
 Peso Lavado : 32.49 gr.
 Peso Perdido : 267.51 gr.

LIMITES DE CONSISTENCIA

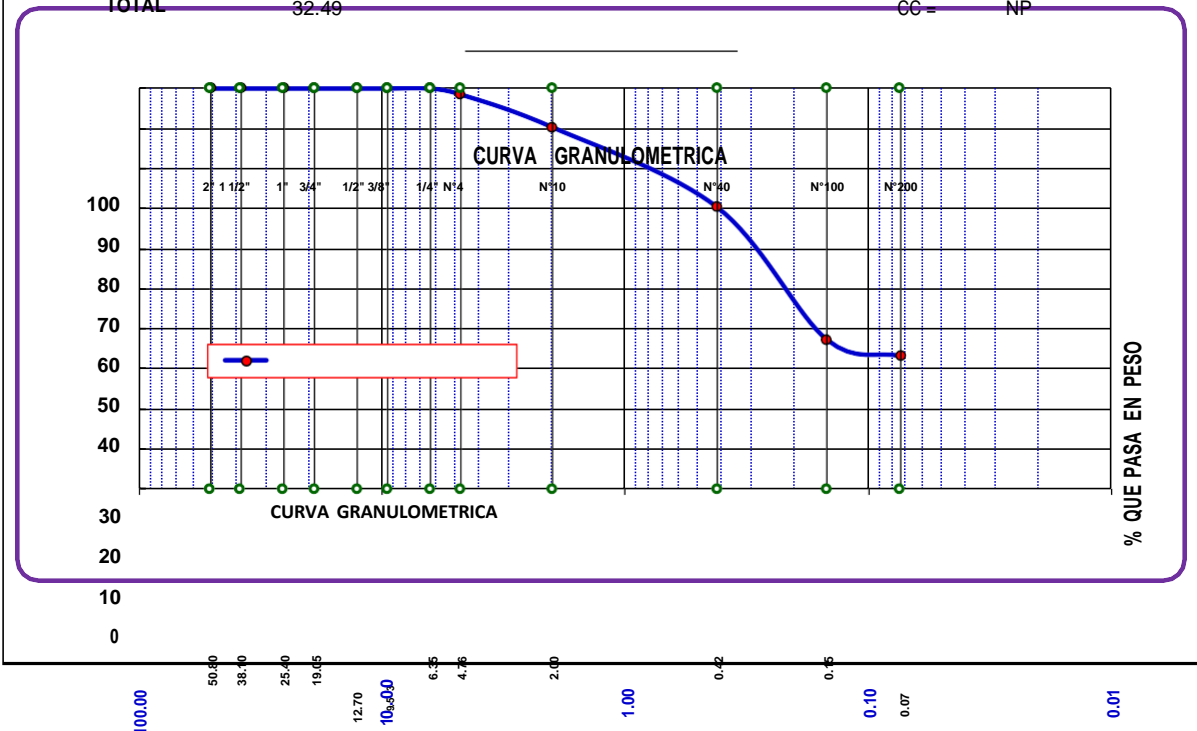
Limite Liquido : 28.02 %
 Limite Plastico : 22.31 %
 Indice Plasticidad : 5.71 %

CARACT. GRANULOMETRICAS

D10 = NP
 D30 = NP
 D60 = 0.34

BASE 10.80 33.24 100.00
TOTAL 32.49

CU = NP
 CC = NP





UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS

(MTC E - 107; ASTM D - 422)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENE GRO

Progresiva : Km 2 + 000	Calicata : C - 01	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : CL - ML
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.50 m.	Estrato : E - 03	Clasificación AASHTO : A - 4 (0)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°10	2.00	0.09	0.21	0.21	99.79	
N°40	0.42	0.39	0.90	1.11	98.89	
N°100	0.15	15.27	35.26	36.37	63.63	
N°200	0.07	5.90	13.62	49.99	50.01	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

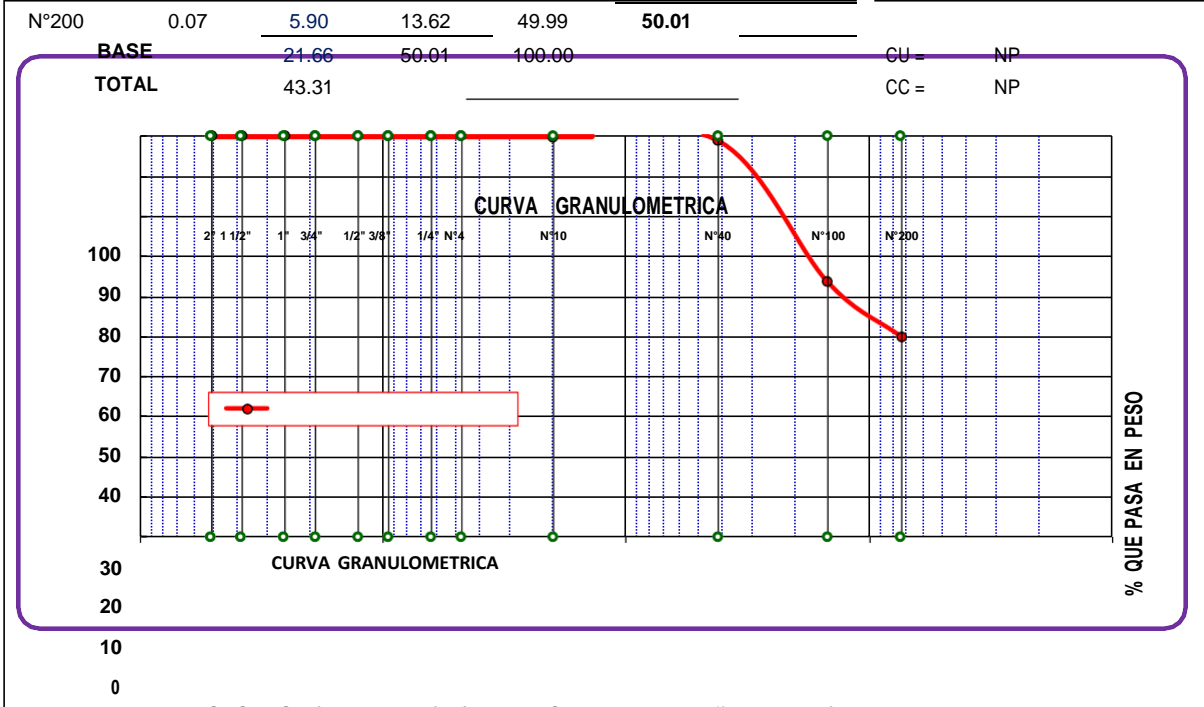
Peso Inicial : 300.00 gr.
 Peso Lavado : 43.31 gr.
 Peso Perdido : 256.69 gr.

LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Liquido : 23.12 %
 Limite Plastico : 19.35 %
 Indice Plasticidad : 3.77 %

CARACT. GRANULOMETRICAS

D10 = NP
 D30 = NP
 D60 = 0.13





UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS

(MTC E - 107; ASTM D - 422)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENE GRO

Progresiva : Km 2 + 250	Calicata : C - 02	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : CL
Sondaje : Arcilla	Prof. : 0.70 m.	Estrato : E - 01	Clasificación AASHTO : A - 4 (0)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°10	2.00	1.87	3.32	3.32	96.68	
N°40	0.42	6.09	10.82	14.14	85.86	
N°100	0.15	21.02	37.34	51.48	48.52	
N°200	0.07	6.44	11.44	62.92	37.08	
BASE		20.87	37.08	100.00		

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

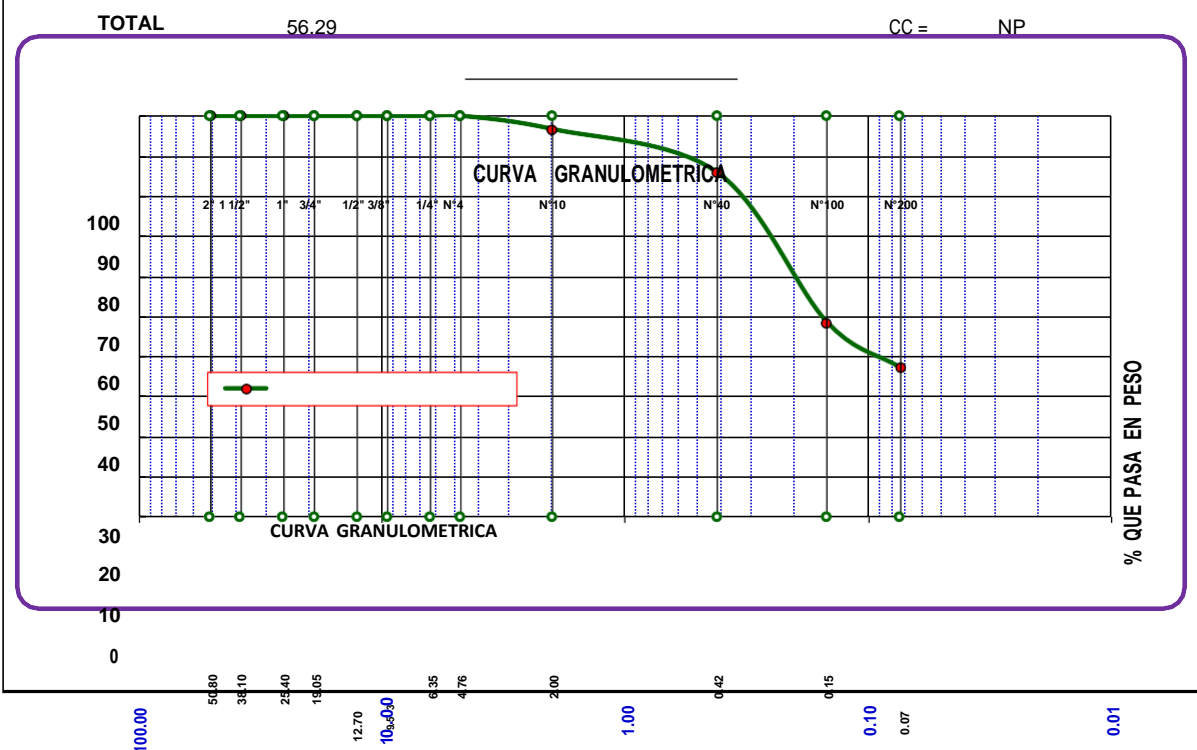
Peso Inicial : 300.00 gr.
 Peso Lavado : 56.29 gr.
 Peso Perdido : 243.71 gr.

LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Liquido : 27.84 %
 Limite Plastico : 19.86 %
 Indice Plasticidad : 7.98 %

CARACT. GRANULOMETRICAS

D10 = NP
 D30 = NP
 D60 = 0.23
 CU = NP



UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DESUELOS

(MTC E - 107; ASTM D - 422)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENE GRO

Progresiva : Km 2 + 250	Calicata : C - 02	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : ML
Sondaje : Arcilla	Prof. : 0.90 m.	Estrato : E - 02	Clasificación AASHTO : A - 2 - 4 (0)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido		% que pasa	Observaciones
			Parcial	Acumulado		
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°10	2.00	0.45	0.18	0.18	99.82	
N°40	0.42	25.26	10.24	10.42	89.58	
N°100	0.15	135.12	54.78	65.20	34.80	
N°200	0.07	35.81	14.52	79.72	20.28	
		50.03	20.28	100.00		

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

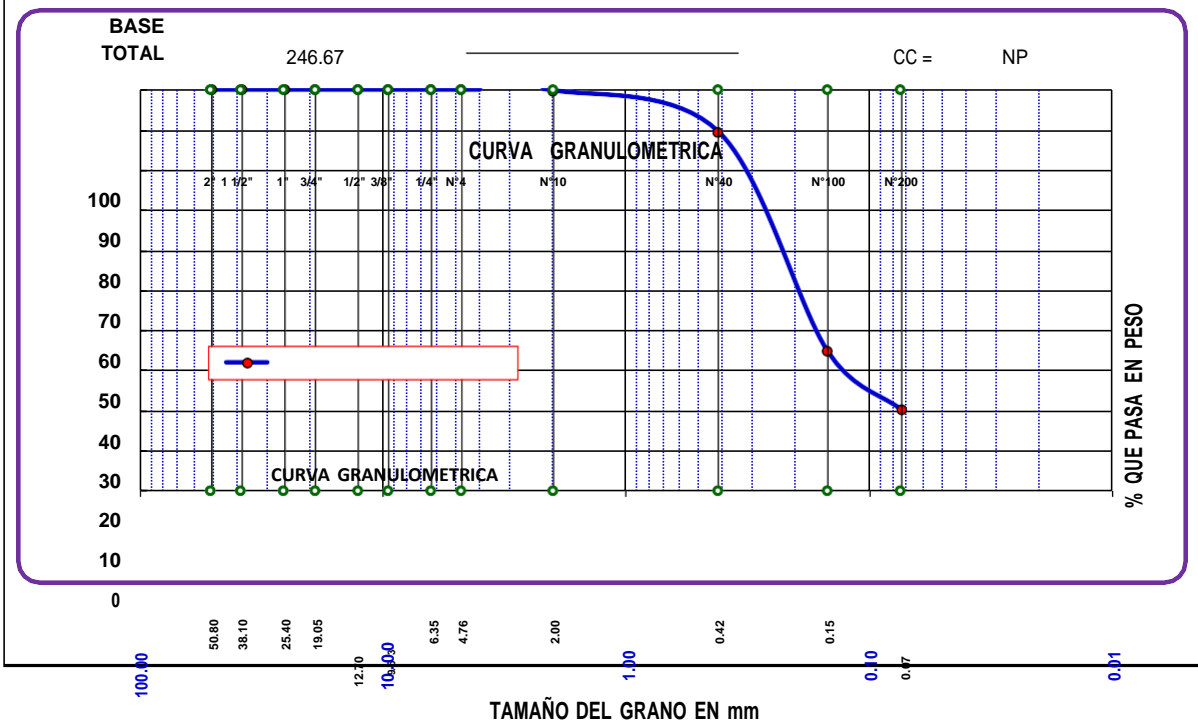
Peso Inicial : 300.00 gr.
 Peso Lavado : 246.67 gr.
 Peso Perdido : 53.33 gr.

LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Liquido : NP
 Limite Plastico : NP
 Indice Plasticidad : NP

CARACT. GRANULOMETRICAS

D10 = NP
 D30 = 0.12
 D60 = 0.27
 CU = NP





UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS

(MTC E - 107; ASTM D - 422)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A DICCIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 250	Calicata : C - 02	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : CL
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.50 m.	Estrato : E - 03	Clasificación AASHTO : A - 6 (1)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°10	2.00	0.37	0.39	0.39	99.61	
N°40	0.42	4.69	4.91	5.29	94.71	
N°100	0.15	32.50	33.99	39.28	60.72	
N°200	0.07	21.45	22.43	61.72	38.28	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 300.00 gr.
 Peso Lavado : 95.61 gr.
 Peso Perdido : 204.39 gr.

LIMITES DE CONSISTENCIA

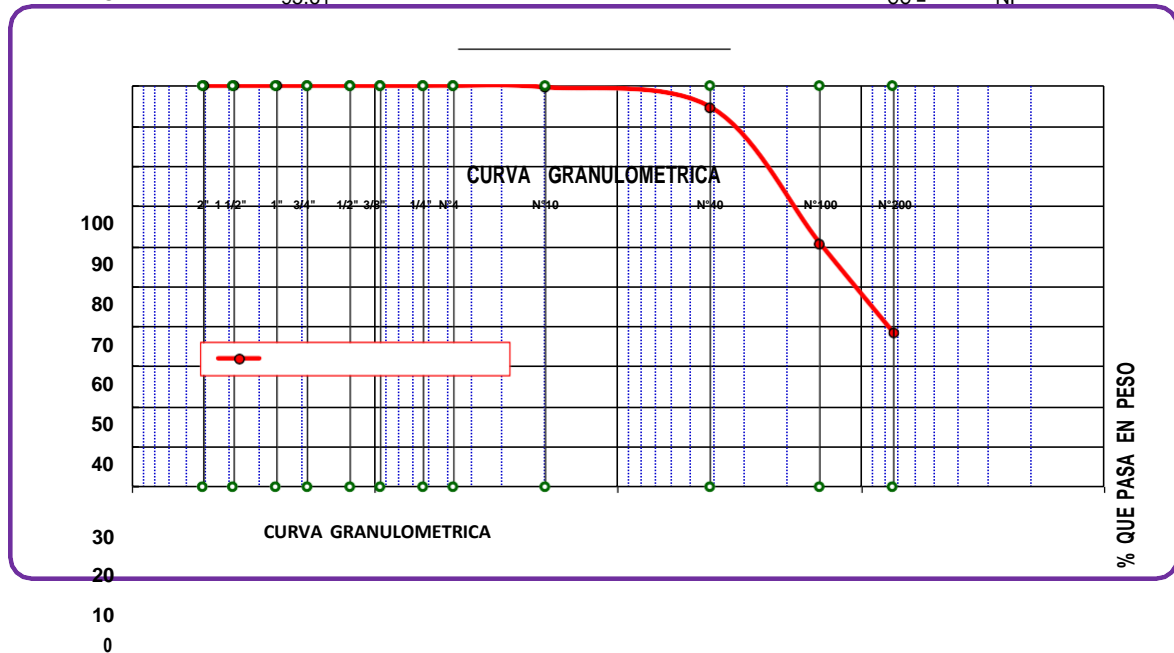
Limite Líquido : 28.10 %
 Limite Plástico : 17.55 %
 Indice Plasticidad : 10.55 %

CARACT. GRANULOMÉTRICAS

D10 = NP
 D30 = NP
 D60 = 0.15

BASE	36.60	38.28	100.00
TOTAL	95.61		

CU = NP
 CC = NP



100.00 50.80 38.10 25.40 19.05 12.70 6.35 4.76 2.00 0.42 0.15 0.10 0.07 0.01



UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DESUELOS

(MTC E - 107; ASTM D - 422)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 500 **Calicata** : C - 03 **Muestra** : M - 01 **Clasificación SUCS** : ML

Sondaje : Arcilla **Prof.** : 0.70 m. **Estrato** : E - 01 **Clasificación AASHTO** : A - 4 (0)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº10	2.00	0.33	0.31	0.31	99.69	
Nº40	0.42	4.55	4.30	4.61	95.39	
Nº100	0.15	34.65	32.75	37.36	62.64	
Nº200	0.07	19.57	18.50	55.85	44.15	
BASE		46.71	44.15	100.00		
TOTAL		105.81				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 300.00 gr.
 Peso Lavado : 105.81 gr.
 Peso Perdido : 194.19 gr.

LIMITES DE CONSISTENCIA

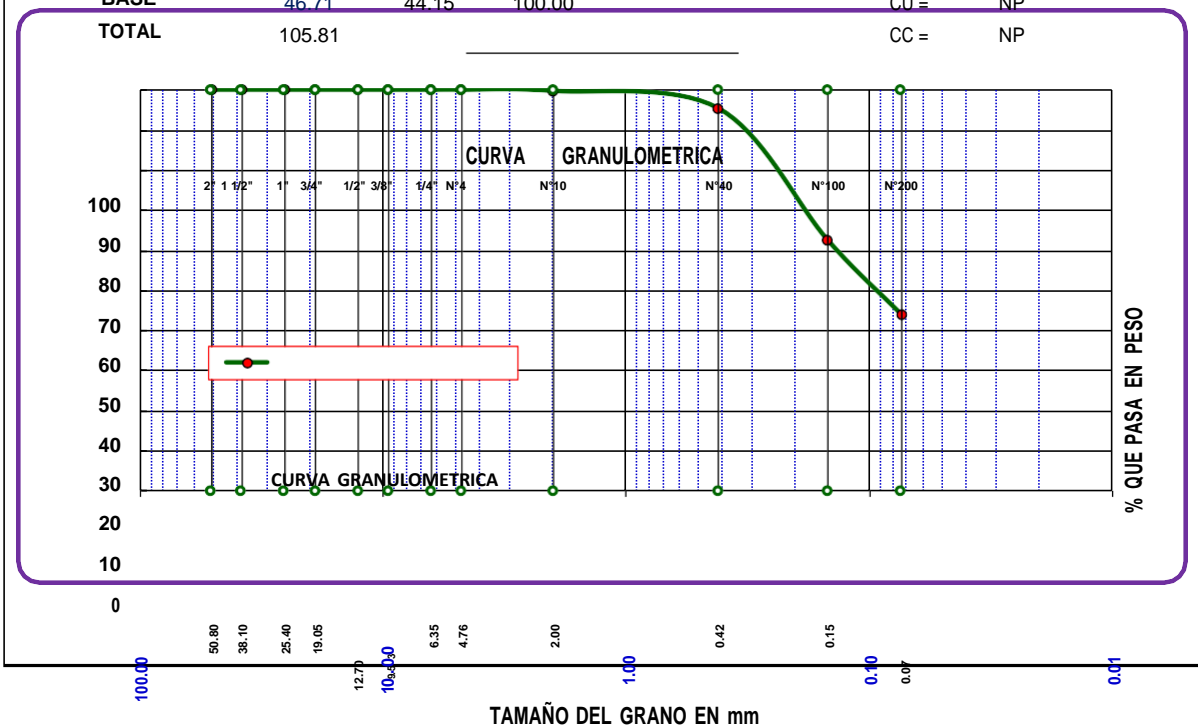
Limite Liquido : NP
 Limite Plastico : NP
 Indice Plasticidad : NP

CARACT. GRANULOMETRICAS

D10 = NP
 D30 = NP
 D60 = 0.14

CU = NP

CC = NP





UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
PROYECTO DE TESIS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DESUELOS
 (MTC E - 107; ASTM D - 422)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENE GRO

Progresiva : Km 2 + 500	Calicata : C - 03	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : CL
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.10 m.	Estrato : E - 02	Clasificación AASHTO : A - 2 - 6 (0)

TAMICES ASTM	ABERTURA				% que pasa	Observaciones
	(mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido		
		(gr)	Parcial	Acumulado		
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°4	4.76	3.19	9.17	9.17	90.83	
N°10	2.00	5.70	16.39	25.57	74.43	
N°40	0.42	2.77	7.97	33.53	66.47	
N°100	0.15	11.37	32.70	66.24	33.76	
N°200	0.07	2.60	7.48	73.71	26.29	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

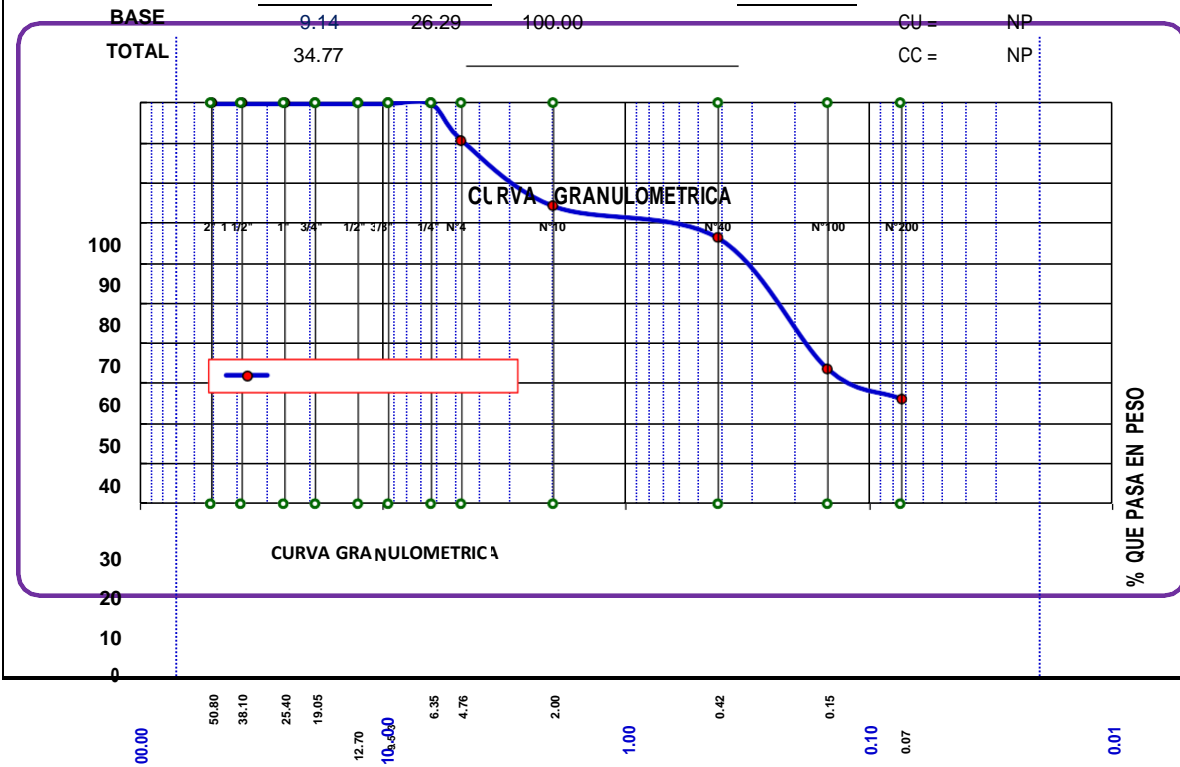
Peso Inicial : 300.00 gr.
 Peso Lavado : 34.77 gr.
 Peso Perdido : 265.23 gr.

LIMITES DE CONSISTENCIA

Limite Liquido : 34.79 %
 Limite Plastico : 21.66 %
 Indice Plasticidad : 13.13 %

CARACT. GRANULOMETRICAS

D10 = NP
 D30 = 0.11
 D60 = 0.37





UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DESUELOS

(MTC E - 107; ASTM D - 422)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A DICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 500	Calicata : C - 03	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : CL
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.50 m.	Estrato : E - 03	Clasificación AASHTO : A - 6 (0)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Observaciones
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
N°4	4.76	0.61	1.68	1.68	98.32	
N°10	2.00	2.54	6.99	8.67	91.33	
N°40	0.42	4.49	12.35	21.02	78.98	
N°100	0.15	13.08	35.98	57.00	43.00	
N°200	0.07	2.54	6.99	63.99	36.01	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial : 300.00 gr.
 Peso Lavado : 36.35 gr.
 Peso Perdido : 263.65 gr.

LIMITES DE CONSISTENCIA

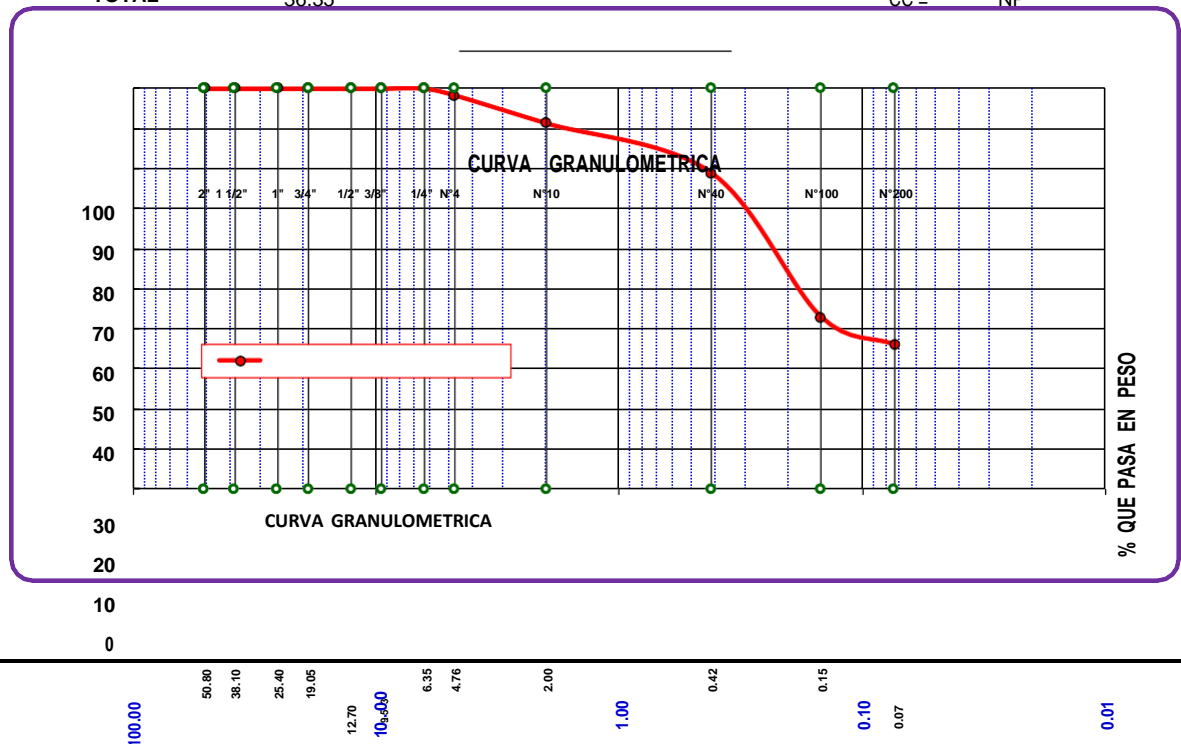
Limite Liquido : 33.07 %
 Limite Plastico : 22.31 %
 Indice Plasticidad : 10.76 %

CARACT. GRANULOMETRICAS

D10 = NP
 D30 = NP
 D60 = 0.28

BASE	13.09	36.01	100.00
TOTAL	36.35		

CU = NP
 CC = NP





INGENIERÍA, CONSTRUCCIÓN Y SERVICIOS GENERALES

*EXPEDIENTES Y PROPUESTAS TECNICAS, TOPOGRAFÍA, ESTUDIOS DE SUELOS,
CONCRETO Y MATERIALES, EJECUCION Y ACABADOS, SERVICIOS GENERALES.*

TAMAÑO DEL GRANO EN mm



UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E - 108; ASTM D - 2216)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTE NEGRO

Progresiva	: Km 2 + 000	Calicata: C - 01	Muestra: M - 01	Clasificación SUCS	: CL	
Sondaje	: Arcilla	Prof.	: 0.60 m.	Clasificación AASHTO	: A - 6 (2)	
Ubicación	: Coordenadas: 15°26'21.20"; 70°5'57.00"		Fecha	: 19/09/22	Ing. Responsable	: Yesenia Apaza Pinto

DESCRIPCION		CONTROL DE HUMEDAD		
		1	2	3
Ensayo N°				
N° de tara		T-012	T-011	T-005
Peso de tara	gr	23.25	22.40	18.65
Peso de tara + suelo húmedo	gr	83.34	90.47	80.73
Peso de tara + suelo seco	gr	72.19	77.75	69.35
Peso del agua	gr	11.15	12.72	11.38
Peso del suelo seco	gr	48.94	55.35	50.70
Contenido de humedad	%	22.78%	22.98%	22.45%
Contenido de humedad promedio	%	22.74%		

DESCRIPCION		CONTROL DE HUMEDAD		
		1	2	3
Ensayo N°				
N° de tara				
Peso de tara	gr			
Peso de tara + suelo húmedo	gr			
Peso de tara + suelo seco	gr			
Peso del agua	gr			
Peso del suelo seco	gr			
Contenido de humedad	%			
Contenido de humedad promedio	%			

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE TESIS

PROYECTO DE TESIS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E - 108; ASTM D - 2216)

PROYECTO ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTE NEGRO

Progresiva	: Km 2 + 000	Calicata	: C - 01	Muestra	: M - 01	Clasificación SUCS	: ML
Sondaje	: Arcilla	Prof.	: 1.00 m.	Estrato	: E - 02	Clasificación AASHTO	: A - 2 - 4 (0)
Ubicación	: Coordenadas: 15°26'21.20"; 70°5'57.00"			Fecha	: 19/09/22	Ing. Responsable	: Yesenia Apaza Pinto

DESCRIPCION		CONTROL DE HUMEDAD		
		1	2	3
Ensayo N°				
N° de tara		T-034	T-015	T-036
Peso de tara	gr	16.51	16.00	16.48
Peso de tara + suelo húmedo	gr	78.72	84.67	82.37
Peso de tara + suelo seco	gr	66.12	71.67	69.73
Peso del agua	gr	12.60	13.00	12.64
Peso del suelo seco	gr	49.61	55.67	53.25
Contenido de humedad	%	25.40%	23.35%	23.74%
Contenido de humedad promedio	%	24.16%		

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E - 108; ASTM D - 2216)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva	: Km 2 + 000	Calicata	: C - 01	Muestra	: M - 01	Clasificación SUCS	: CL - ML
Sondaje	: Arcilla	Prof.	: 1.50 m.	Estrato	: E - 03	Clasificación AASHTO	: A - 4 (0)
Ubicación	: Coordenadas: 15°26'21.20"; 70°5'57.00"			Fecha	: 19/09/22	Ing. Responsable	: Yesenia Apaza Pinto

DESCRIPCION		CONTROL DE HUMEDAD		
		1	2	3
Ensayo N°				
N° de tara		T-001	T-018	T-007
Peso de tara	gr	24.01	16.50	18.47
Peso de tara + suelo húmedo	gr	88.75	78.56	95.65
Peso de tara + suelo seco	gr	75.82	67.05	81.72
Peso del agua	gr	12.93	11.51	13.93
Peso del suelo seco	gr	51.81	50.55	63.25
Contenido de humedad	%	24.96%	22.77%	22.02%
Contenido de humedad promedio	%	23.25%		

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E - 108; ASTM D - 2216)

PROYECTO ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENE GRO

Progresiva	: Km 2 + 250	Calicata	: C - 02	Muestra	: M - 01	Clasificación SUCS	: CL
Sondaje	: Arcilla	Prof.	: 0.70 m.	Estrato	: E - 01	Clasificación AASHTO	: A - 4 (0)
Ubicación	: Coordenadas: 15°26'13.00"; 70°5'56.30"			Fecha	: 19/09/22	Ing. Responsable	: Yesenia Apaza Pinto

DESCRIPCION		CONTROL DE HUMEDAD		
		1	2	3
Ensayo N°				
N° de tara		T-032	T-017	T-022
Peso de tara	gr	16.33	16.24	16.17
Peso de tara + suelo húmedo	gr	77.44	81.16	74.89
Peso de tara + suelo seco	gr	65.39	68.36	62.93
Peso del agua	gr	12.05	12.80	11.96
Peso del suelo seco	gr	49.06	52.12	46.76
Contenido de humedad	%	24.56%	24.56%	25.58%
Contenido de humedad promedio	%	24.90%		

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E - 108; ASTM D - 2216)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENE GRO

Progresiva	: Km 2 + 250	Calicata	: C - 02	Muestra	: M - 01	Clasificación SUCS	: ML
Sondaje	: Arcilla	Prof.	: 0.90 m.	Estrato	: E - 02	Clasificación AASHTO	: A - 2 -4 (0)
Ubicación	: Coordenadas: 15°26'13.00"; 70°5'56.30"			Fecha	: 19/09/22	Ing. Responsable	: Yesenia Apaza Pinto

DESCRIPCION		CONTROL DE HUMEDAD		
		1	2	3
Ensayo N°				
N° de tara		T-026	T-038	T-004
Peso de tara	gr	16.28	16.25	16.36
Peso de tara + suelo húmedo	gr	78.51	82.46	76.93
Peso de tara + suelo seco	gr	74.28	78.04	72.91
Peso del agua	gr	4.23	4.42	4.02
Peso del suelo seco	gr	58.00	61.79	56.55
Contenido de humedad	%	7.29%	7.15%	7.11%
Contenido de humedad promedio	%	7.19%		



UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E - 108; ASTM D - 2216)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENE GRO

Progresiva : Km 2 + 250	Calicata : C - 02	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : CL
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.50 m.	Estrato : E - 03	Clasificación AASHTO : A - 6 (1)
Ubicación : Coordenadas: 15°26'13.00"; 70°5'56.30"	Fecha : 19/09/22	Ing. Responsable : Yesenia Apaza Pinto	

DESCRIPCION	CONTROL DE HUMEDAD		
	1	2	3
Ensayo N°			
N° de tara	T-003	T-014	T-019
Peso de tara	gr 16.40	16.62	16.32
Peso de tara + suelo húmedo	gr 81.33	83.91	85.91
Peso de tara + suelo seco	gr 68.26	70.32	71.60
Peso del agua	gr 13.07	13.59	14.31
Peso del suelo seco	gr 51.86	53.70	55.28
Contenido de humedad	% 25.20%	25.31%	25.89%
Contenido de humedad promedio	% 25.47%		

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E - 108; ASTM D - 2216)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTE NEGRO

Progresiva : Km 2 + 500	Calicata : C - 03	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : ML
Sondaje : Arcilla	Prof. : 0.70 m.	Estrato : E - 01	Clasificación AASHTO : A - 4 (0)
Ubicación : Coordenadas: 15°26'4.80"; 70°5'55.60"	Fecha : 19/09/22	Ing. Responsable : Yesenia Apaza Pinto	

DESCRIPCION	CONTROL DE HUMEDAD		
	1	2	3
Ensayo N°			
N° de tara	T-042	T-041	T-040
Peso de tara	gr 21.02	21.75	22.03
Peso de tara + suelo húmedo	gr 78.53	81.23	85.11
Peso de tara + suelo seco	gr 65.31	66.40	71.66
Peso del agua	gr 13.22	14.83	13.45
Peso del suelo seco	gr 44.29	44.65	49.63
Contenido de humedad	% 29.85%	33.21%	27.10%
Contenido de humedad promedio	% 30.05%		

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E - 108; ASTM D - 2216)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTE NEGRO

Progresiva : Km 2 + 500 **Calicata** : C - 03 **Muestra** : M - 01 **Clasificación SUCS** : CL

Sondaje : Arcilla **Prof.** : 1.10 m. **Estrato** : E - 02 **Clasificación AASHTO** : A - 2 - 6 (0)

Ubicación : Coordenadas: 15°26'4.80"; 70°5'55.60" **Fecha** : 19/09/22 **Ing. Responsable** : Yesenia Apaza Pinto

DESCRIPCION		CONTROL DE HUMEDAD		
		1	2	3
Ensayo N°				
N° de tara		T-046	T-047	T-044
Peso de tara	gr	29.01	28.54	28.14
Peso de tara + suelo húmedo	gr	93.11	91.99	93.57
Peso de tara + suelo seco	gr	76.86	77.14	78.80
Peso del agua	gr	16.25	14.85	14.77
Peso del suelo seco	gr	47.85	48.60	50.66
Contenido de humedad	%	33.96%	30.56%	29.16%
Contenido de humedad promedio	%	31.22%		



UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E - 108; ASTM D - 2216)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTE NEGRO

Progresiva : Km 2 + 500 **Calicata** : C - 03 **Muestra** : M - 01 **Clasificación SUCS** : CL

Sondaje : Arcilla **Prof.** : 1.50 m. **Estrato** : E - 03 **Clasificación AASHTO** : A - 6 (0)

Ubicación : Coordenadas: 15°26'4.80"; 70°5'55.60" **Fecha** : 19/09/22 **Ing. Responsable** : Yesenia Apaza Pinto

DESCRIPCION		CONTROL DE HUMEDAD		
		1	2	3
Ensayo N°				
N° de tara		T-045	T-043	T-049
Peso de tara	gr	28.44	22.04	28.51
Peso de tara + suelo húmedo	gr	95.29	72.62	89.90
Peso de tara + suelo seco	gr	79.65	61.81	77.77
Peso del agua	gr	15.64	10.81	12.13
Peso del suelo seco	gr	51.21	39.77	49.26
Contenido de humedad	%	30.54%	27.18%	24.62%
Contenido de humedad promedio	%	27.45%		



UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E - 110, 111; ASTM D - 4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

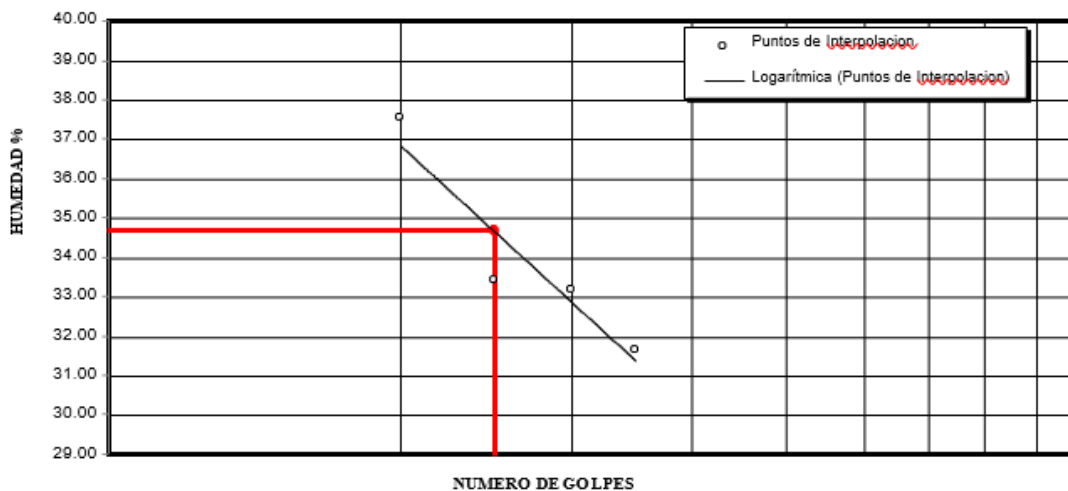
SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 000	Calicata : C - 01	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : CL
Sondaje : Arcilla	Prof. : 0.60 m.	Estrato : E - 01	Clasificación AASHTO : A - 6 (2)
Ubicación : Coordenadas: 15°26'21.20"; 70°5'57.00"	Fecha : 04/10/19	Ing. Responsable : Yesenia Apaza Pinto	

DESCRIPCION		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
		01	02	03	04	01	02
Ensayo N°		T-025	T-023	T-013	T-030	TT-039	TT-024
Numero de tara		35	30	25	20		
Numero de Golpes		16.33	16.21	16.04	16.10	9.06	7.89
Peso de tara	gr	43.39	44.77	42.69	45.55	11.13	9.80
Peso de tara + suelo húmedo	gr	36.88	37.66	36.01	37.51	10.74	9.44
Peso de tara + suelo seco	gr	6.51	7.11	6.68	8.04	0.39	0.36
Peso del agua	gr	20.55	21.45	19.97	21.41	1.68	1.55
Peso de suelo seco	gr	31.68	33.15	33.45	37.55	23.21%	23.23%
Contenido de humedad	%						

RESULTADO

LIMITE LIQUIDO



Limite Liquido : 34.71 % Limite Plástico : 23.22 % Índice de Plasticidad : 11.49 %

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E - 110, 111; ASTM D - 4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

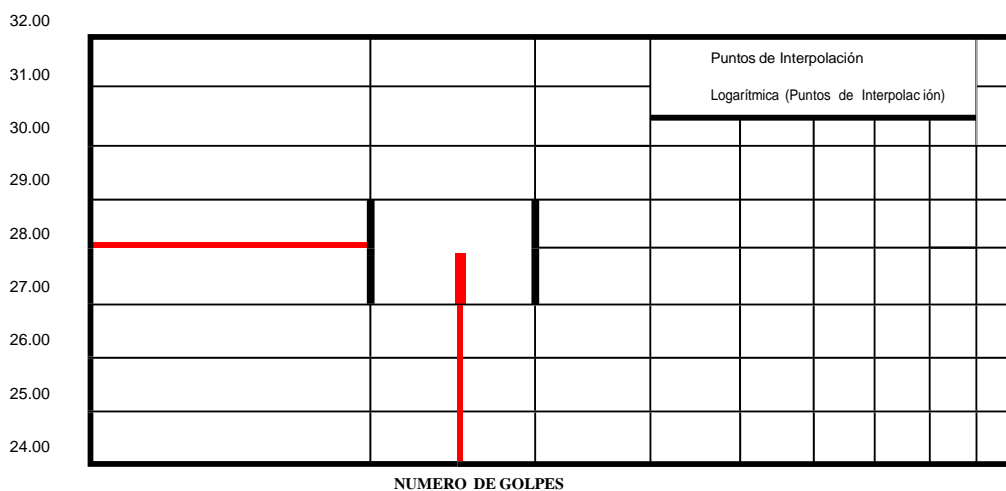
SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 000	Calicata : C - 01	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : ML
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.00 m.	Estrato : E - 02	Clasificación AASHTO : A - 2 - 4 (0)
Ubicación : Coordenadas: 15°26'21.20"; 70°55'7.00"	Fecha : 04/10/19	Ing. Responsable : Yesenia Apaza Pinto	

DESCRIPCION		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
		01	02	03	04	01	02
Ensayo N°							
Nu mero de tara		T-034	T-026	T-004	T-008	TT-005	TT-028
Nu mero de Golpes		33	27	23	15		
Peso de tara	gr	16.53	16.28	16.36	16.26	7.97	7.90
Peso de tara + suelo húmedo	gr	48.13	53.93	45.44	52.20	9.73	9.54
Peso de tara + suelo seco	gr	41.28	45.72	39.08	44.15	9.41	9.24
Peso del agua	gr	6.85	8.21	6.36	8.05	0.32	0.30
Peso de suelo seco	gr	24.75	29.44	22.72	27.89	1.44	1.34
Contenido de humedad	%	27.68	27.89	27.99	28.86	22.22 %	22.39 %

RESULTADO

LIMITE LIQUIDO



Limite Liquido : **28.02 %** Limite Plastico : **22.31 %** Indice de Plasticidad : **5.71 %**

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E - 110, 111; ASTM D - 4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

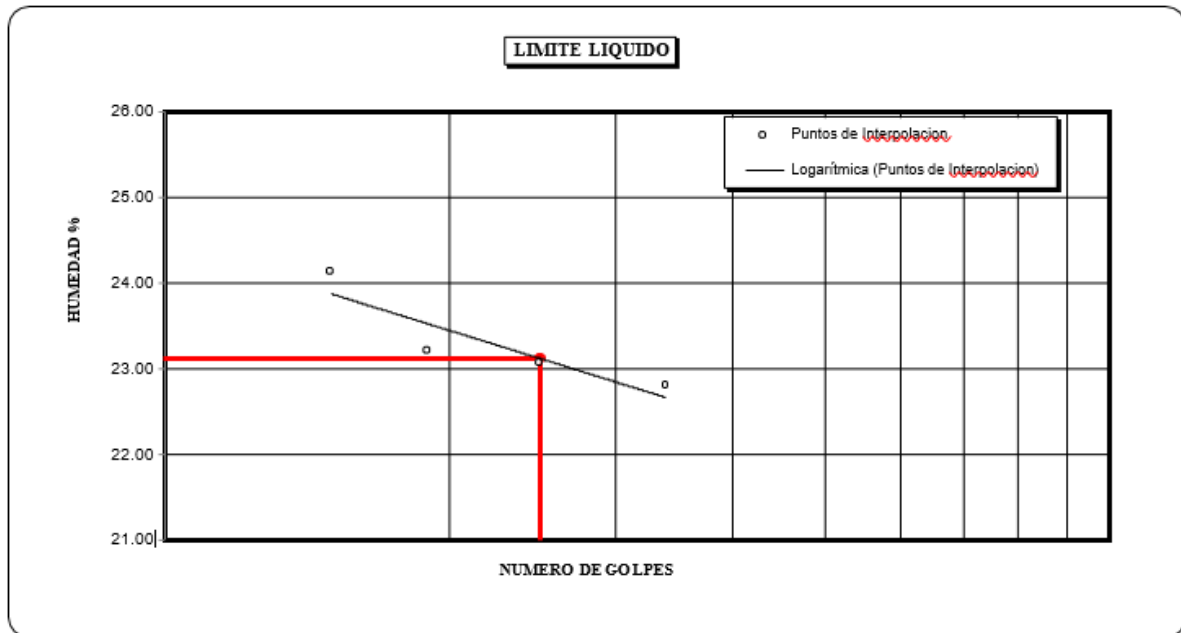
Progresiva : Km 2 + 000 **Calicata** : C - 01 **Muestra** : M - 01 **Clasificación SUCS** : CL - ML

Sondaje : Arcilla **Prof.** : 1.50 m. **Estrato** : E - 03 **Clasificación AASHTO** : A - 4 (0)

Ubicación : Coordinadas: 15°26'21.20"; 70°5'57.00" **Fecha** : 04/10/19 **Ing. Responsable** : Yessenia Apaza Pinto

DESCRIPCION		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
		01	02	03	04	01	02
Ensayo N°		T-029	T-016	T-010	T-001	TT-034	TT-032
Nu mero de tara		34	25	19	15		
Nu mero de Golpes		20.82	16.76	17.25	24.02	8.09	7.85
Peso de tara	gr	56.91	53.44	49.33	50.87	9.64	9.63
Peso de tara + suelo húmedo	gr	50.21	46.57	43.29	45.65	9.39	9.34
Peso de tara + suelo seco	gr	6.70	6.87	6.04	5.22	0.25	0.29
Peso del agua	gr	29.39	29.81	26.04	21.63	1.30	1.49
Peso de suelo seco	gr	22.80	23.05	23.20	24.13	19.23 %	19.46 %
Contenido de humedad	%						

RESULTADO



Limite Liquido : 23.12 % Limite Plastico : 19.35 % Indice de Plasticidad : 3.77 %

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E - 110, 111; ASTM D - 4318)

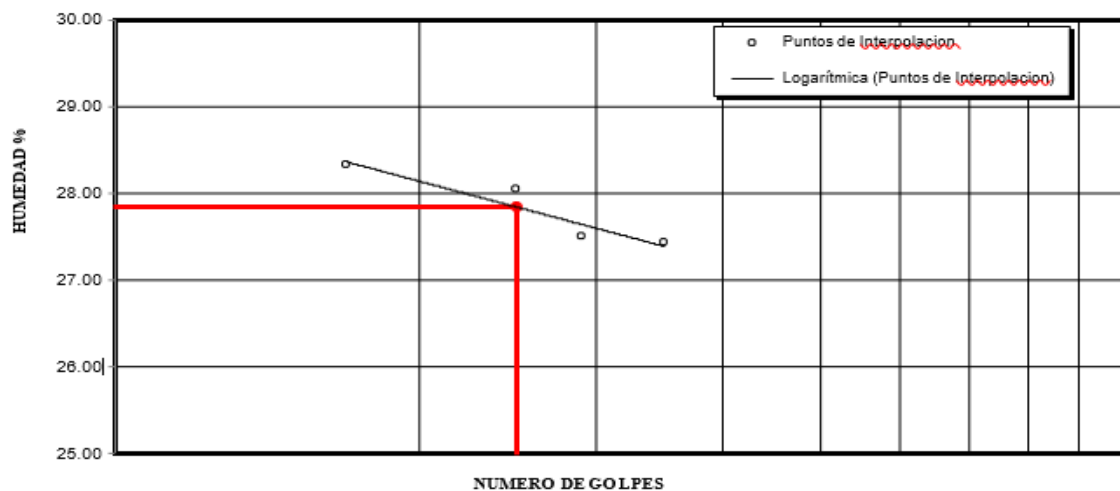
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 250	Calicata : C - 02	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : CL
Sondaje : Arcilla	Prof. : 0.70 m.	Estrato : E - 01	Clasificación AASHTO : A - 4 (0)
Ubicación : Coordenadas: 15°26'13.00"; 70°5'56.30"	Fecha : 02/10/19	Ing. Responsable : Yesenia Apaza Pinto	

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	01	02	03	04	01	02
Ensayo N°						
Numero de tara	T-050	T-046	T-045	T-044	TT-006	TT-020
Numero de Golpes	35	29	25	17		
Peso de tara	gr 16.24	29.02	28.45	28.16	10.98	8.63
Peso de tara + suelo húmedo	gr 43.85	59.08	56.13	57.31	12.42	10.33
Peso de tara + suelo seco	gr 37.91	52.60	50.07	50.88	12.18	10.05
Peso del agua	gr 5.94	6.48	6.06	6.43	0.24	0.28
Peso de suelo seco	gr 21.67	23.58	21.62	22.72	1.20	1.42
Contenido de humedad	% 27.41	27.48	28.03	28.30	20.00%	19.72%
RESULTADO						

LIMITE LIQUIDO



Limite Liquido : 27.84 % Limite Plastico : 19.86 % Indice de Plasticidad : 7.98 %



UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

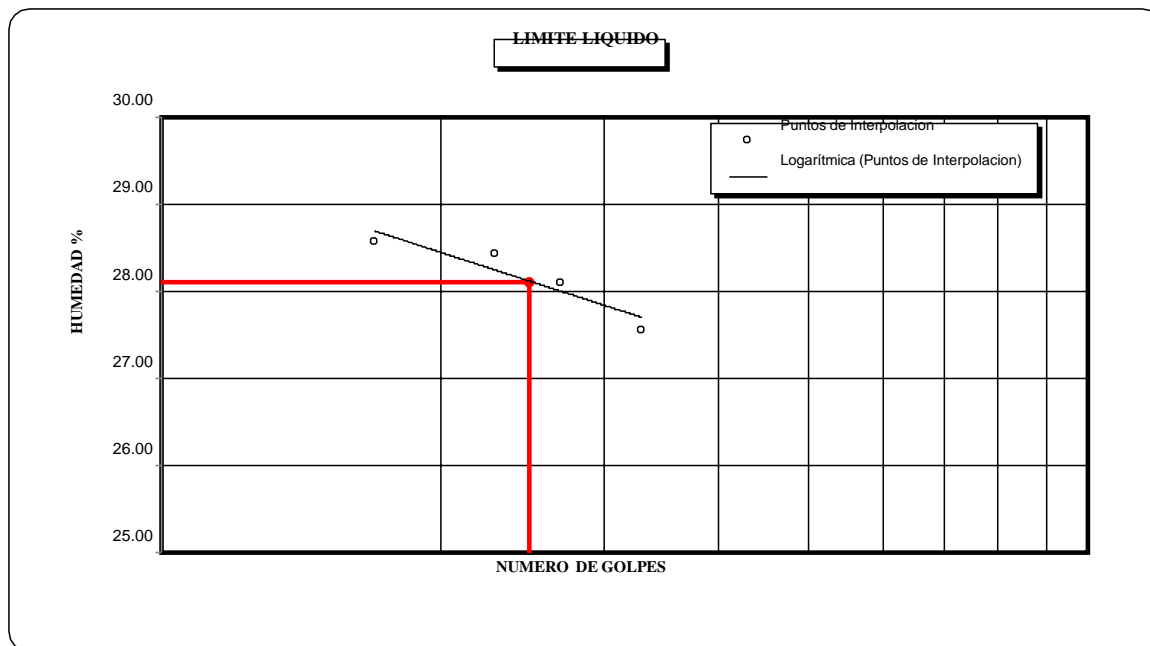
(MTC E - 110, 111; ASTM D - 4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 250	Calicata : C - 02	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : CL
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.50 m.	Estrato : E - 03	Clasificación AASHTO : A - 6 (1)
Ubicación : Coordenadas: 15°26'13.00"; 70°5'56.30"	Fecha : 02/10/19	Ing. Responsable : Yesenia Apaza Pinto	

DESCRIPCION		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
		01	02	03	04	01	02
Ensayo N°							
Numero de tara		T-017	T-016	T-036	T-004	TT-002	TT-023
Numero de Golpes		33	27	23	17		
Peso de tara	gr	16.38	16.73	16.49	16.36	8.37	7.80
Peso de tara + suelo húmedo	gr	40.69	42.77	41.39	43.55	11.13	9.80
Peso de tara + suelo seco	gr	35.44	37.06	35.88	37.51	10.72	9.50
Peso del agua	gr	5.25	5.71	5.51	6.04	0.41	0.30
Peso de suelo seco	gr	19.06	20.33	19.39	21.15	2.35	1.70
Contenido de humedad	%	27.54	28.09	28.42	28.56	17.45%	17.65%
RESULTADO							



Limite Liquido : 28.10 % Limite Plastico : 17.55 % Indice de Plasticidad : 10.55 %



UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

LÍMITES DECONSISTENCIA

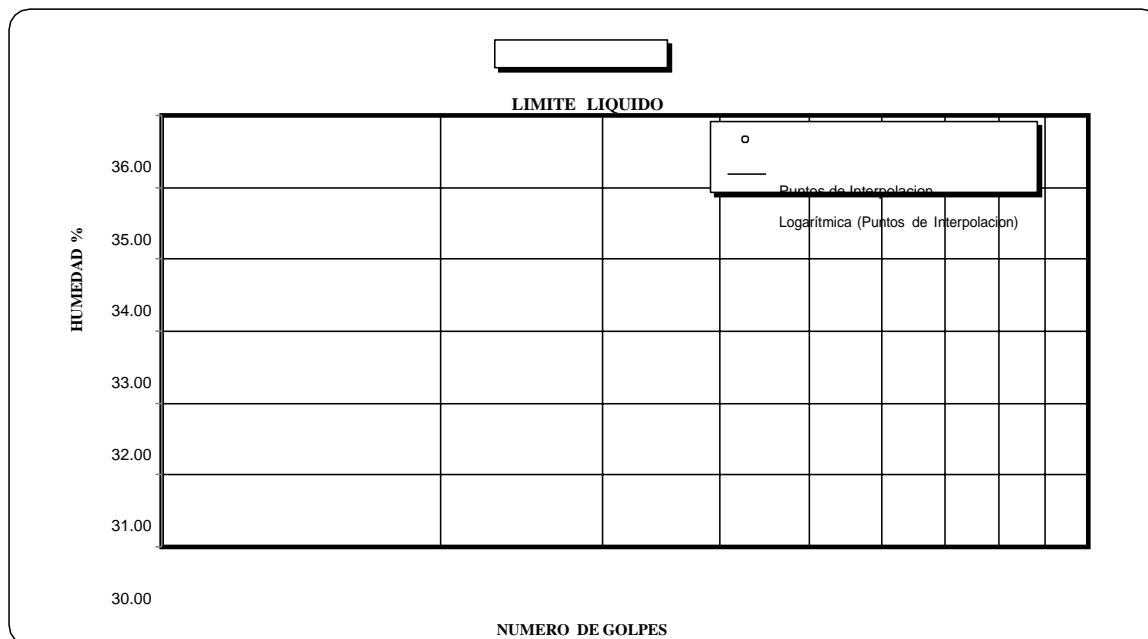
(MTC E - 110, 111; ASTM D - 4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 500	Calicata : C - 03	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : ML
Sondaje : Arcilla	Prof. : 0.70 m.	Estrato : E - 01	Clasificación AASHTO : A - 4 (0)
Ubicación : Coordenadas: 15°26'4.80"; 70°5'55.60"	Fecha : 02/10/19	Ing. Responsable : Yesenia Apaza Pinto	

DESCRIPCION		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
		01	02	03	04	01	02
Ensayo N°							
Numero de tara							
Numero de Golpes							
Peso de tara	gr						
Peso de tara + suelo húmedo	gr						
Peso de tara + suelo seco	gr						
Peso del agua	gr						
Peso de suelo seco	gr						
Contenido de humedad	%	NP	NP	NP	NP	NP	NP
RESULTADO							



Limite Liquido : NP Limite Plastico : NP Indice de Plasticidad : NP

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E - 110, 111; ASTM D - 4318)

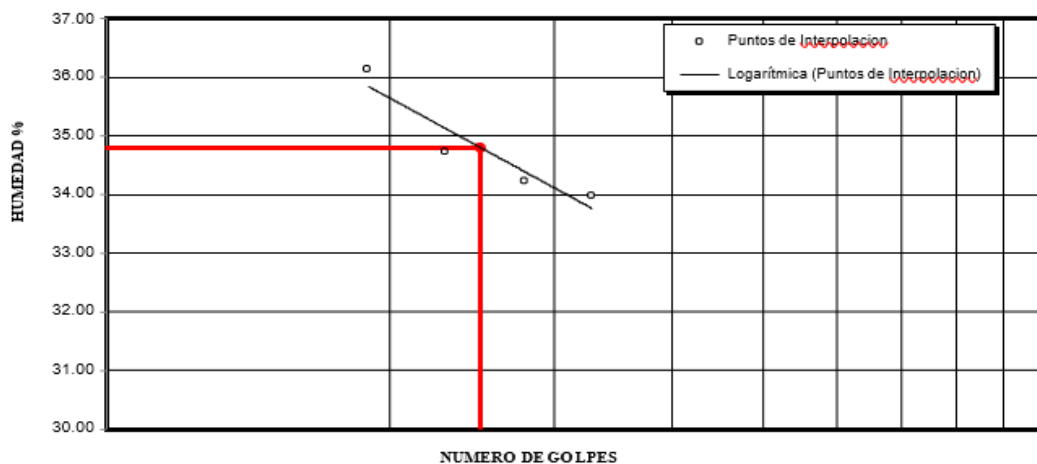
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 500	Calicata : C - 03	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : CL
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.10 m.	Estrato : E - 02	Clasificación AASHTO : A - 2 - 6 (0)
Ubicación : Coordenadas: 15°26'4.80"; 70°5'55.60"	Fecha : 02/10/19	Ing. Responsable : Yesenia Apaza Pinto	

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	01	02	03	04	01	02
Ensayo N°						
Numero de tara	T-040	T-047	T-049	T-041	TT-023	TT-002
Numero de Golpes	33	28	23	19		
Peso de tara	gr 22.04	28.52	28.55	21.76	7.80	8.37
Peso de tara + suelo húmedo	gr 44.87	56.44	51.13	50.62	8.91	9.28
Peso de tara + suelo seco	gr 39.08	49.32	45.31	42.96	8.71	9.12
Peso del agua	gr 5.79	7.12	5.82	7.66	0.20	0.16
Peso de suelo seco	gr 17.04	20.80	16.76	21.20	0.91	0.75
Contenido de humedad	% 33.98	34.23	34.73	36.13	21.98%	21.33%
RESULTADO						

LIMITE LIQUIDO



Limite Liquido : 34.79 % Limite ~~Plastico~~ : 21.66 % Índice de Plasticidad : 13.13 %

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

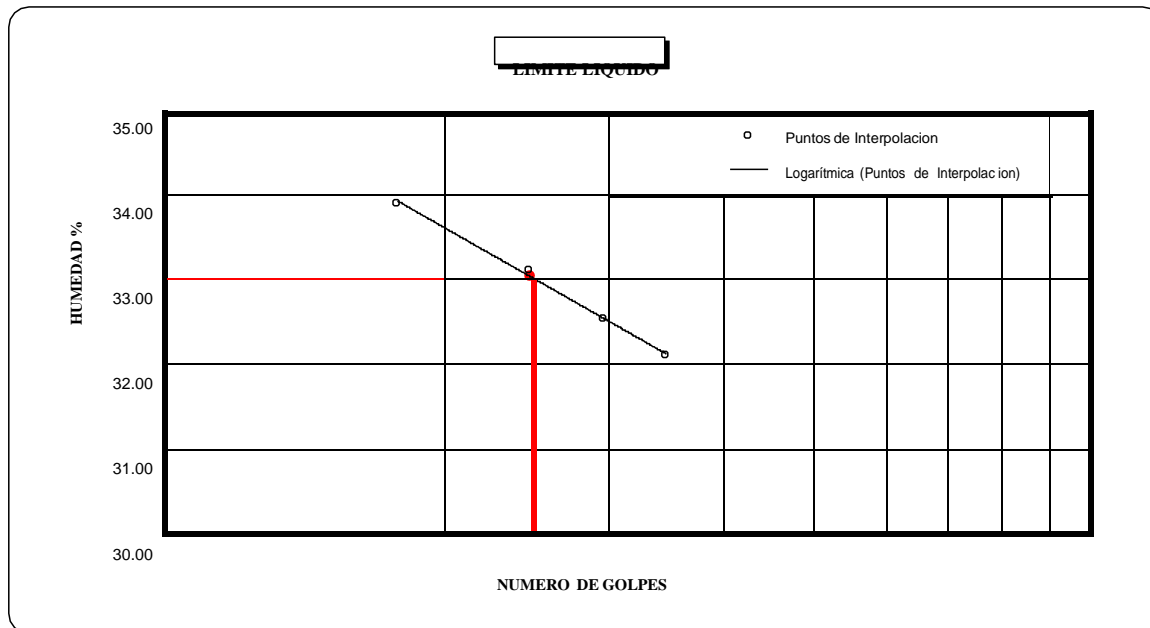
(MTC E - 110, 111; ASTM D - 4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 500	Calicata : C - 03	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : CL
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.50 m.	Estrato : E - 03	Clasificación AASHTO : A - 6 (0)
Ubicación : Coordenadas: 15°26'4.80"; 70°5'55.60"	Fecha : 02/10/19	Ing. Responsable : Yesenia Apaza Pinto	

DESCRIPCION		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
		01	02	03	04	01	02
Ensayo N°							
Nu mero de tara		T-042	T-036	T-043	T-028	TT-012	TT-025
Nu mero de Golpes		35	30	25	18		
Peso de tara	gr	21.03	16.48	22.04	20.79	7.94	8.04
Peso de tara + suelo húmedo	gr	52.20	42.05	51.10	45.86	8.93	8.86
Peso de tara + suelo seco	gr	44.62	35.77	43.87	39.51	8.75	8.71
Peso del agua	gr	7.58	6.28	7.23	6.35	0.18	0.15
Peso de suelo seco	gr	23.59	19.29	21.83	18.72	0.81	0.67
Contenido de humedad	%	32.13	32.56	33.12	33.92	22.22 %	22.39 %
RESULTADO							



Limite Liquido : 33.07 % Limite Plastico : 22.31 % Indice de Plasticidad : 10.76 %

**UNIVERSIDAD PRIVADA
 ATENOR ORREGO**



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

PENETRACIÓN DINÁMICA DECONO

(ASTM D - 6951 - 03)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS
 RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE
 MORROPE, 2021

SOLICITANTE MARTIN GUZMAN MONTENEGRO i

Progresiva : Km 2 + 150 **Ensayo** : N°01 **Muestra** : M - 01

Sondaje : Arcilla **Prof.** : 1.43 m. **Fecha** : 02/04/22

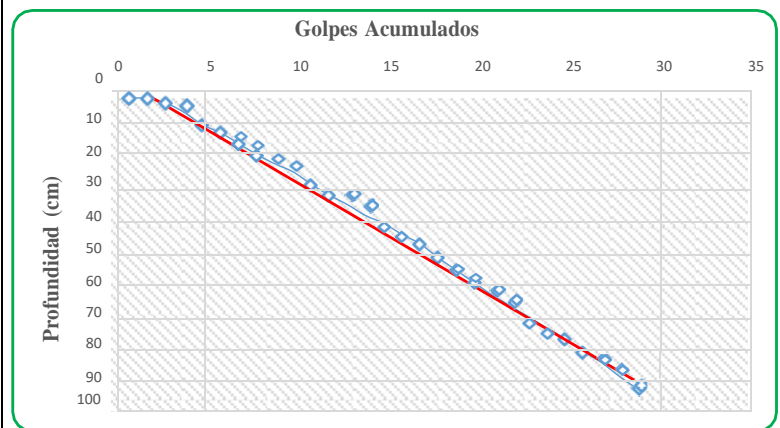
Ubicación : Coordenadas: 15°26'16.40"; 70°5'56.60" **Ing. Responsable** : Yesenia Apaza Pinto

ENSAYO N°01


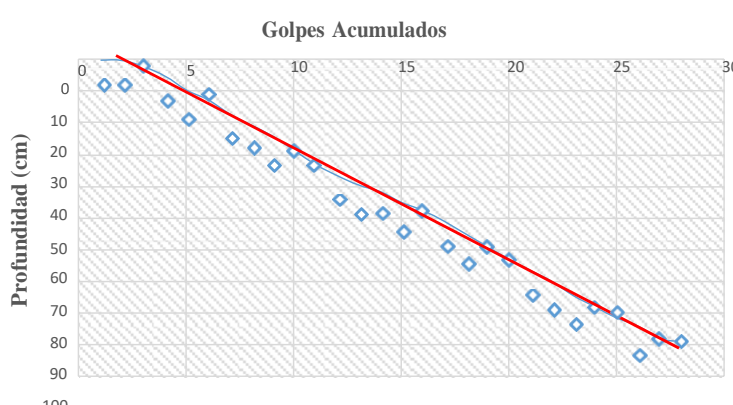
Nivel de inicio Resp T.N.

N° de Golpes	Lectura PDC	Penetracion (cm)	Npdc (mm/gol)	
0	100.00	0.00	0.00	0.00
2	98.50	1.50	15.00	
4	95.50	4.50	30.00	
6	91.50	8.50	40.00	
8	89.00	11.00	25.00	
10	85.50	14.50	35.00	
12	82.00	18.00	35.00	
14	79.00	21.00	30.00	
16	76.50	23.50	25.00	
18	72.50	27.50	40.00	
20	69.00	31.00	35.00	
22	66.00	34.00	30.00	
24	62.50	37.50	35.00	
26	60.00	40.00	25.00	
28	56.50	43.50	35.00	
30	53.50	46.50	30.00	
32	49.00	51.00	45.00	
34	45.00	55.00	40.00	
36	41.00	59.00	40.00	
38	37.00	63.00	40.00	
40	33.50	66.50	35.00	
42	30.00	70.00	35.00	
44	26.50	73.50	35.00	
46	23.00	77.00	35.00	
48	19.00	81.00	40.00	
50	15.50	84.50	35.00	
52	11.00	89.00	45.00	
54	7.00	93.00	40.00	

35.77



CBR **5.31** **%**

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO					
					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
PROYECTO DE TESIS					
PENETRACIÓN DINÁMICA DE CONO					
(ASTM D - 6951 - 03)					
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MORROPE, 2021					
SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO					
Progresiva : Km 2 + 350	Ensayo : N°02	Muestra : M - 01			
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.40 m.	Fecha : 02/04/22			
Ubicación : Coordena das: 15°26'9.50"; 70°5'56.00"		Ing. Responsable : Yesenia Apaza Pinto			
ENSAYO N°02					
Nivel de inicio		Res p T.N.			
N° de Golpes	Lectura PDC	Penetración (cm)	Npdc (mm/gol)		
0	100.00	0.00	0.00	0.00	
2	98.00	2.00	20.00	35.60	
4	95.00	5.00	30.00		
6	90.50	9.50	45.00		
8	87.50	12.50	30.00		
10	83.00	17.00	45.00		
12	79.50	20.50	35.00		
14	76.00	24.00	35.00		
16	71.50	28.50	45.00		
18	67.00	33.00	45.00		
20	63.50	36.50	35.00		
22	60.50	39.50	30.00		
24	58.50	41.50	20.00		
26	55.00	45.00	35.00		
28	52.50	47.50	25.00		
30	49.00	51.00	35.00		
32	45.00	55.00	40.00		
34	41.00	59.00	40.00		
36	37.00	63.00	40.00		
38	33.50	66.50	35.00		
40	30.00	70.00	35.00		
42	25.50	74.50	45.00		
44	22.00	78.00	35.00		
46	18.50	81.50	35.00		
48	16.00	84.00	25.00		
50	12.00	88.00	40.00		
52	11.00	89.00	10.00		
					
CBR 5.34 %					

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

PROCTOR MODIFICADO

(MTC E- 115; ASTM D - 1557)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

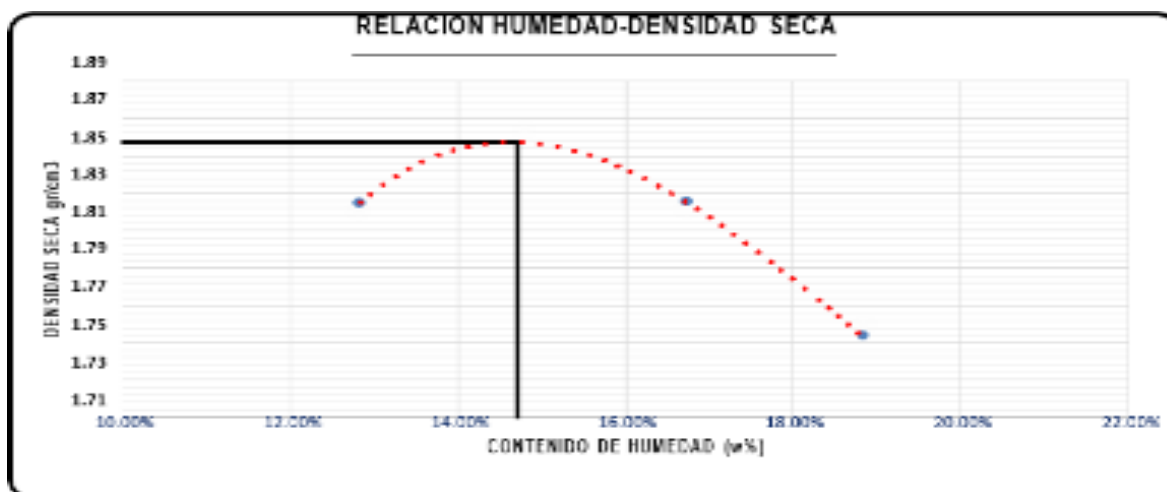
SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTE NEGRO

Progresiva : Km 2 + 000 **Calicata** : C - 01 **Muestra** : M - 01 **Clasificación SUCS** : CL - ML

Sondaje : Arcilla **Prof.** : 1.50 m. **Estrato** : E - 03 **Clasificación AASHTO** : A - 4 (0)

Ubicación : Coordenadas: 15°26'21.20"; 70°5'57.00" **Fecha** : 01/10/22 **Ing. Responsable** : Yesenia Apaza Pinto

Molde N° 01	Diámetro molde	4"	6"			N° de capas	5		
	Método	A	B	C		N° de golpes	25	Golpes	
DESCRIPCION		CONTROL DE DENSIDAD							
Ensayo N°		1	2	3	4				
Peso del molde	gr	4372	4372	4372	4372				
Volumen del molde	cm3	929.37	929.37	929.37	929.37				
Peso del suelo humedo + molde	gr	6285	6353	6352	6309				
Peso del suelo humedo	gr	1913	1981	1980	1937				
Densidad de suelo humedo	gr/cm3	2.06	2.13	2.13	2.08				
DESCRIPCION		CONTROL DE HUMEDAD							
N° de tara		T-003	T-029	T-030	T-016	T-015	T-034	T-008	T-014
Peso de tara	gr	16.06	20.81	16.10	16.75	15.98	16.52	16.26	16.63
Peso de tara + suelo húmedo	gr	71.74	81.19	67.01	69.60	63.76	66.28	63.99	73.32
Peso de tara + suelo seco	gr	65.40	74.35	60.54	62.71	56.87	59.19	56.44	64.32
Peso del agua	gr	6.34	6.84	6.47	6.89	6.89	7.09	7.55	9.00
Peso del suelo seco	gr	49.34	53.54	44.44	45.96	40.89	42.67	40.18	47.69
Contenido de humedad	%	12.85%	12.78%	14.56%	14.99%	16.85%	16.62%	18.79%	18.87%
Promedio de humedad	%	12.81%		14.78%		16.73%		18.83%	
Densidad del suelo seco	gr/cm3	1.82		1.86		1.83		1.75	



UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

PROCTOR MODIFICADO

(MTC E - 115; ASTM D - 1557)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021
SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 250 **Calicata** : C - 02 **Muestra** : M - 01 **Clasificación SUCS** : CL

Sondaje : Arcilla **Prof.** : 1.50 m. **Estrato** : E - 03 **Clasificación AASHTO** : A - 6 (1)

Ubicación : Coordenadas: 15°26'13.00"; 70°5'56.30" **Fecha** : 01/10/22 **Ing. Responsable** : Yesenia Apaza Pinto

DESCRIPCION	Método	CONTROL DE DENSIDAD			N° de golpes	Golpes
		1	2	3		
Molde N° 01	Diámetro molde	4"	6"		5	
		A	B	C	25	
Ensayo N°		1	2	3		4
Peso del molde	gr	4372	4372	4372		4372
Volumen del molde	cm ³	929.37	929.37	929.37		929.37
Peso del suelo humedo + molde	gr	6282	6349	6348		6268
Peso del suelo humedo	gr	1910	1977	1976		1896
Densidad de suelo humedo	gr/cm ³	2.06	2.13	2.13		2.04

DESCRIPCION		CONTROL DE HUMEDAD							
		T-011	T-005	T-010	T-002	T-032	T-007	T-003	T-019
N° de tara									
Peso de tara	gr	22.42	18.66	17.24	23.59	16.33	18.48	16.40	16.32
Peso de tara + suelo húmedo	gr	75.31	77.32	74.46	81.46	58.87	70.71	63.75	63.20
Peso de tara + suelo seco	gr	69.65	71.06	67.45	74.43	53.05	63.55	56.58	56.14
Peso del agua	gr	5.66	6.26	7.01	7.03	5.82	7.16	7.17	7.06
Peso del suelo seco	gr	47.23	52.40	50.21	50.84	36.72	45.07	40.18	39.82
Contenido de humedad	%	11.98%	11.95%	13.96%	13.83%	15.85%	15.89%	17.84%	17.73%
Promedio de humedad	%	11.97%		13.89%		15.87%		17.79%	
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.84		1.87		1.83		1.73	

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD SECA

1.89
 1.87
 1.85
 1.83
 1.81
 1.79
 1.77
 1.75
 DENSIDAD SECA gr/cm³

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

PROCTOR MODIFICADO

(MTC E - 115; ASTM D - 1557)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 500 **Calicata** : C - 03 **Muestra** : M - 01 **Clasificación SUCS** : CL

Sondaje : Arcilla **Prof.** : 1.50 m. **Estrato** : E - 03 **Clasificación AASHTO** : A - 6 (0)

Ubicación : Coordenadas: 15°26'4.80"; 70°5'55.60" **Fecha** : 01/10/19 **Ing. Responsable** : Yesenia Apaza Pinto

Molde N° 01	Diámetro molde Método	4"	6"	N° de capas		5	Golpes
		A	B	C	N° de golpes	25	
DESCRIPCION		CONTROL DE DENSIDAD					
Ensayo N°		1	2	3	4		
Peso del molde	gr	4372	4372	4372	4372		
Volumen del molde	cm3	929.37	929.37	929.37	929.37		929.37
Peso del suelo humedo + molde	gr	6294	6341	6342	6313		
Peso del suelo humedo	gr	1922	1969	1970	1941		
Densidad de suelo humedo	gr/cm3	2.07	2.12	2.12	2.09		

DESCRIPCION		CONTROL DE HUMEDAD							
		T-023	T-004	T-013	T-022	T-018	T-039	T-001	T-012
N° de tara		16.20	16.36	16.04	16.13	16.51	15.82	24.01	23.25
Peso de tara	gr	55.06	59.96	63.13	65.77	67.69	68.72	76.18	71.93
Peso de tara + suelo húmedo	gr	50.65	54.97	57.21	59.49	60.35	61.11	68.21	64.48
Peso del agua	gr	4.41	4.99	5.92	6.28	7.34	7.61	7.97	7.45
Peso del suelo seco	gr	34.45	38.61	41.17	43.36	43.84	45.29	44.20	41.23
Contenido de humedad	%	12.80%	12.92%	14.38%	14.48%	16.74%	16.80%	18.03%	18.07%
Promedio de humedad	%	12.86%		14.43%		16.77%		18.05%	
Densidad del suelo seco	gr/cm3	1.83		1.85		1.82		1.77	

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD SECA

1.88
1.86
1.84
1.82
1.80
1.78

DENSIDAD SECA gr/cm3

1.74

8.00% 10.00% 12.00% 14.00% 16.00% 18.00% 20.00% 22.00%

CONTENIDO DE HUMEDAD (w%)



MAXIMA DENSIDAD SECA: 1.852 gr/cm3
 HUMEDAD OPTIMA: 14.50%





**UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR
 ORREGO**

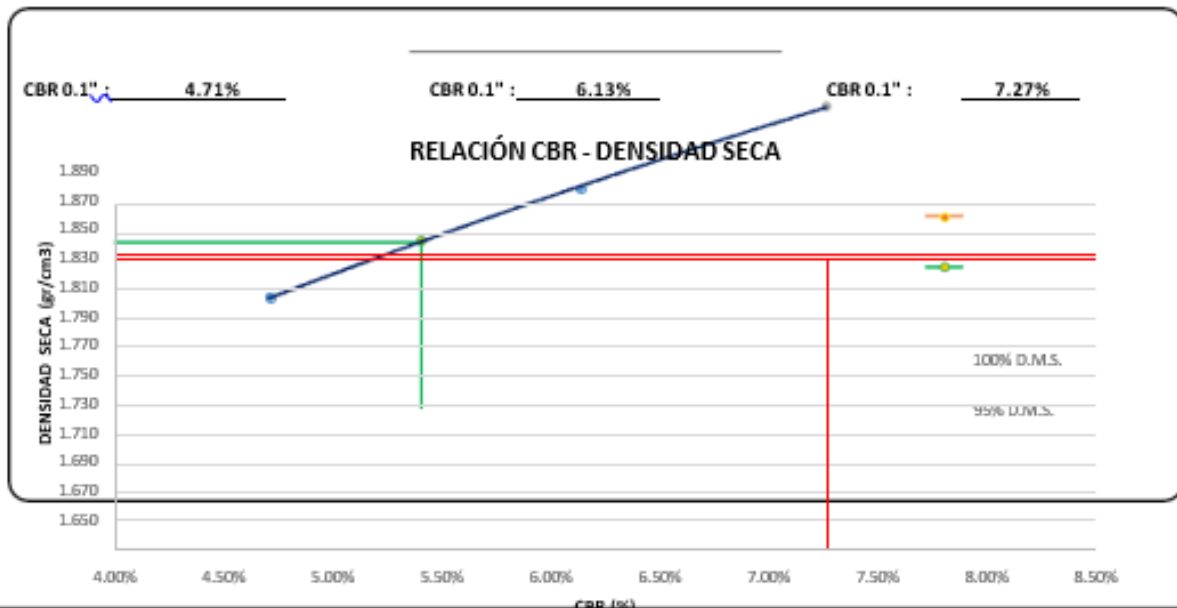
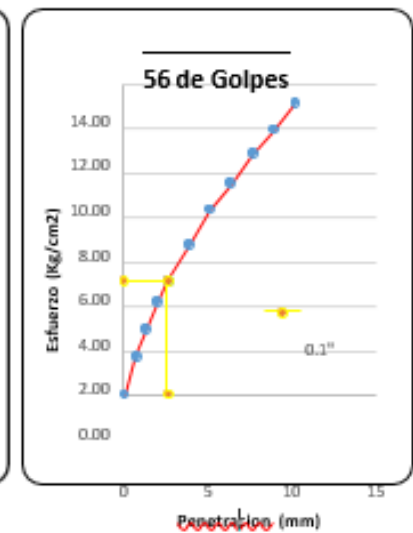
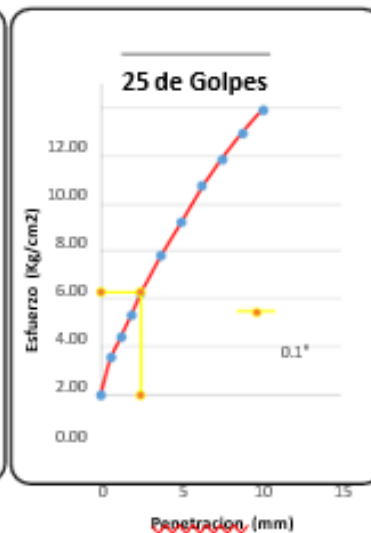
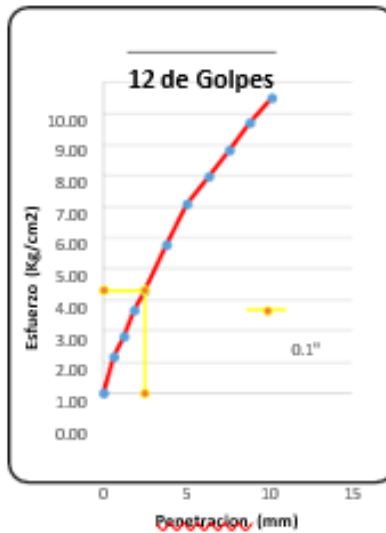
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

(MTC E - 132; ASTM D - 1883)

PROYECTO	: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021						
SOLICITANTE	: MARTÍN GUZMÁN MONTENEGRO						
Progresiva	: Km 2 + 000	Calicata	: C - 01	Muestra	: M - 01	Clasificación SUCS	: CL - ML
Sondaje	: Arcilla	Prof.	: 1.50 m.	Estrato	: E - 03	Clasificación AASHTO	: A - 4 (0)
Ubicación	: Coordenadas: 15°20'21.20"; 70°5'57.00"		Fecha	: 11/10/19		Ing. Responsable	: Yesenia Apaza Pinto



CBR 01" AL 100 %	1.857 gr/cm3	CBR: 7.27%
CBR 01" AL 95% M.D.S.	1.765 gr/cm3	CBR: 5.41%



UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CALIFORNIABEARINGRATIO (CBR)

(MTC E - 132; ASTM D - 1883)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 250	Calicata : C - 02	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : CL
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.50 m.	Estrato : E - 03	Clasificación AASHTO : A - 6 (1)
Ubicación : Coordenadas: 15°26'13.00"; 70°5'56.30"	Fecha : 07/10/22	Ing. Responsable : Yesenia Apaza Pinto	

DESCRIPCIÓN		CONTROL DE DENSIDAD					
Número del molde		CBR-03		CBR-04		CBR-07	
Numero por capas		5		5		5	
Golpes por capa		12		25		56	
Volumen de molde	cm3	2169.48		2123.06		2141.21	
Peso del molde	gr	8343		7486		8744	
Condición de la muestra		No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso del material + molde	gr	12699	12747	11904	11953	13301	13341
Peso del suelo húmedo	gr	4356	4404	4418	4467	4557	4597
Densidad del suelo húmedo	gr/cm3	2.01	2.03	2.08	2.10	2.13	2.15

DESCRIPCIÓN		CONTROL DE HUMEDAD					
Nº de tara		T-032	T-022	T-039	T-020	T-015	T-038
Peso de tara	gr	16.33	16.13	15.82	20.80	15.99	16.26
Peso de tara + suelo húmedo	gr	61.22	62.28	59.82	69.60	61.65	66.77
Peso de tara + suelo seco	gr	55.56	56.47	54.35	63.51	56.03	60.58
Peso del agua	gr	5.66	5.81	5.47	6.09	5.62	6.19
Peso del suelo seco	gr	39.23	40.34	38.53	42.71	40.04	44.32
Contenido de humedad	%	14.43%	14.40%	14.20%	14.26%	14.04%	13.97%
Promedio de humedad	%	14.42%		14.23%		14.00%	
Densidad del suelo seco	gr/cm3	1.755		1.822		1.867	

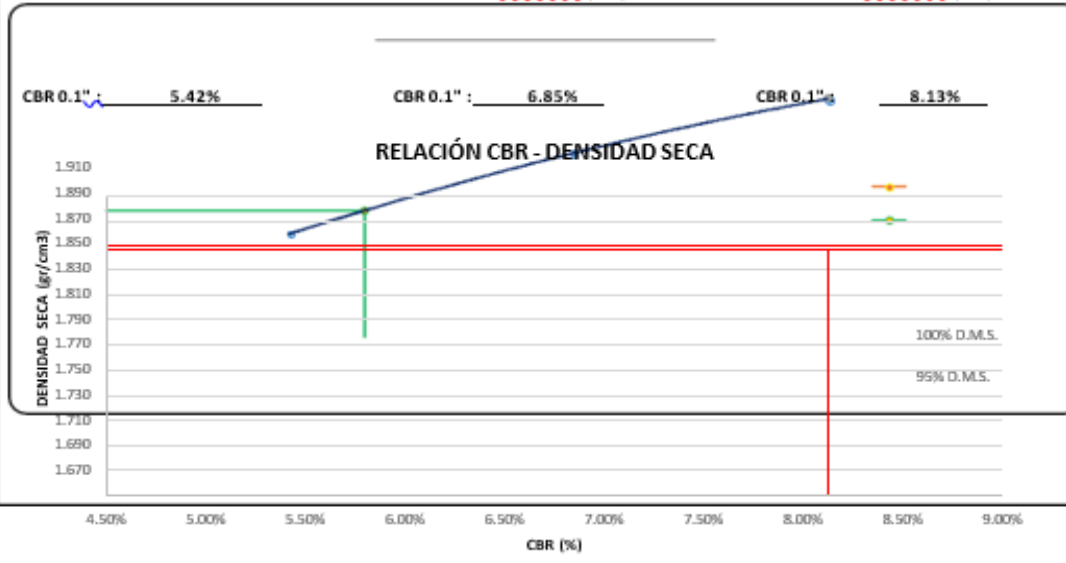
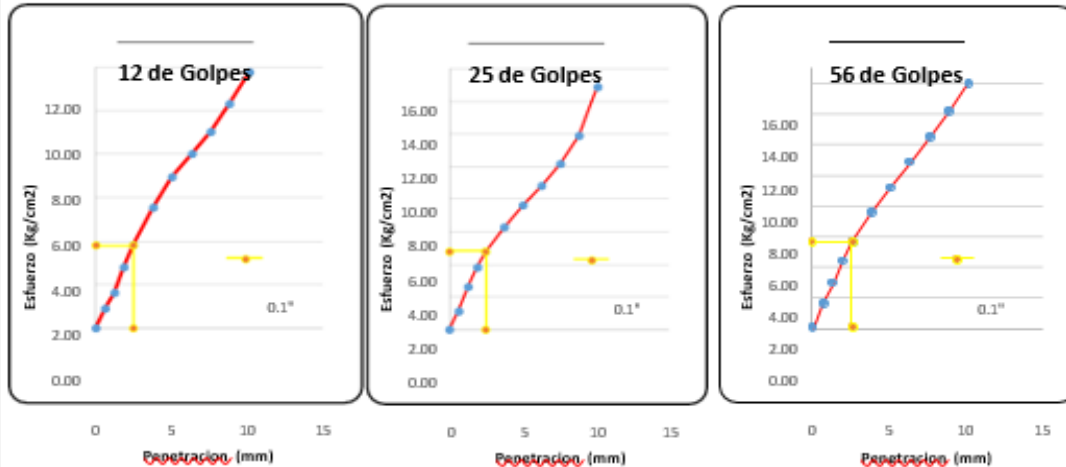
DESCRIPCIÓN			CONTROL DE LA EXPANSIÓN					
Altura de la muestra								
Fecha	Hora	Tiempo	Lectura (")	Expansion (%)	Lectura (")	Expansion (%)	Lectura (")	Expansion (%)
07/10/2019	4:00 p. m.	0	0.375	0.000	0.357	0.000	0.021	0.000
08/10/2019	4:00 p. m.	24	0.394	0.409	0.383	0.564	0.031	0.215
09/10/2019	4:00 p. m.	48	0.413	0.818	0.394	0.803	0.038	0.366
10/10/2019	4:00 p. m.	72	0.425	1.076	0.405	1.042	0.047	0.560

DESCRIPCIÓN			CONTROL DE LA PENETRACIÓN					
Penetracion (mm)	Tiempo(min)	Carga Estatica	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0:30		17.50	0.90	22.50	1.16	31.50	1.62
1.27	1:00		31.50	1.62	51.00	2.62	57.00	2.93
1.91	1:30		54.50	2.80	75.00	3.86	85.50	4.40
2.54	2:00		74.00	3.81	93.50	4.81	111.00	5.71
3.81	3:00		107.50	5.53	122.50	6.30	147.50	7.59
5.08	4:00		135.50	6.97	149.00	7.66	179.00	9.21
6.35	5:00		155.50	8.00	172.50	8.87	210.00	10.80
7.62	6:00		175.50	9.03	198.00	10.18	241.50	12.42
8.89	7:00		200.50	10.31	231.50	11.91	275.50	14.17
10.16	8:00		229.50	11.80	290.00	14.91	310.00	15.95

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



PROYECTO	: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MORROPE, 2024						
SOLICITANTE	: MARTIN GUZMAN MONTENEGRO						
Progresiva	: Km 2 + 250	Calicata	: C - 02	Muestra	: M - 01	Clasificación SUCS	
Sondaje	: Arcilla	Prof.	: 1.50 m.	Estrato	: E - 03	Clasificación AASHTO	
Ubicación	: Coordenadas: 15°26'13.00"; 70°5'54.30"		Fecha	: 07/10/19		Ing. Responsable	: Yesenia Apaza Pinto



CBR 01" AL 100%	1.867 gr/cm3	CBR: 8.13%
CBR 01" AL 95% M.D.S.	1.774 gr/cm3	CBR: 5.80%



UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

(MTC E - 132; ASTM D - 1883)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 500	Calicata : C - 03	Muestra : M - 01	Clasificación SUCS : CL
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.50 m.	Estrato : E - 03	Clasificación AASHTO : A - 6 (0)
Ubicación : Coordinad as: 15°26'4.80"; 70°5'55.60"	Fecha : 07/10/19	Ing. Responsable : Yesenia Apaza Pinto	

DESCRIPCIÓN		CONTR OL DE DENSIDAD					
Nú mero del molde		CBR-04		CBR-01		CBR-08	
Nu mero por capas		5		5		5	
Golpes por capa		12		25		56	
Volumen de molde	cm3	2123.06		2169.48		2123.06	
Peso del molde	gr	7486		7279		7600	
Condición de la muestra		No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso del material + molde	gr	11679	11701	11713	11739	12105	12152
Peso del suelo hú medo	gr	4193	4215	4434	4460	4505	4552
Densidad del suelo hú medo	gr/cm3	1.97	1.99	2.04	2.06	2.12	2.14

DESCRIPCIÓN		CONTR OL DE HUMEDAD					
Nº de tara		T-017	T-039	T-036	T-019	T-005	T-011
Peso de tara	gr	16.23	15.83	16.48	16.32	18.66	22.42
Peso de tara + suelo hú medo	gr	58.09	57.31	54.45	55.59	67.28	67.92
Peso de tara + suelo seco	gr	52.78	52.05	49.63	50.62	61.12	62.16
Peso del agua	gr	5.31	5.26	4.82	4.97	6.16	5.76
Peso del suelo seco	gr	36.55	36.22	33.15	34.30	42.46	39.74
Contenido de hu meda d	%	14.53 %	14.52 %	14.54 %	14.49 %	14.51 %	14.49 %
Pro medio de hu meda d	%	14.53 %		14.51 %		14.50 %	
Densidad del suelo seco	gr/cm3	1.724		1.785		1.853	

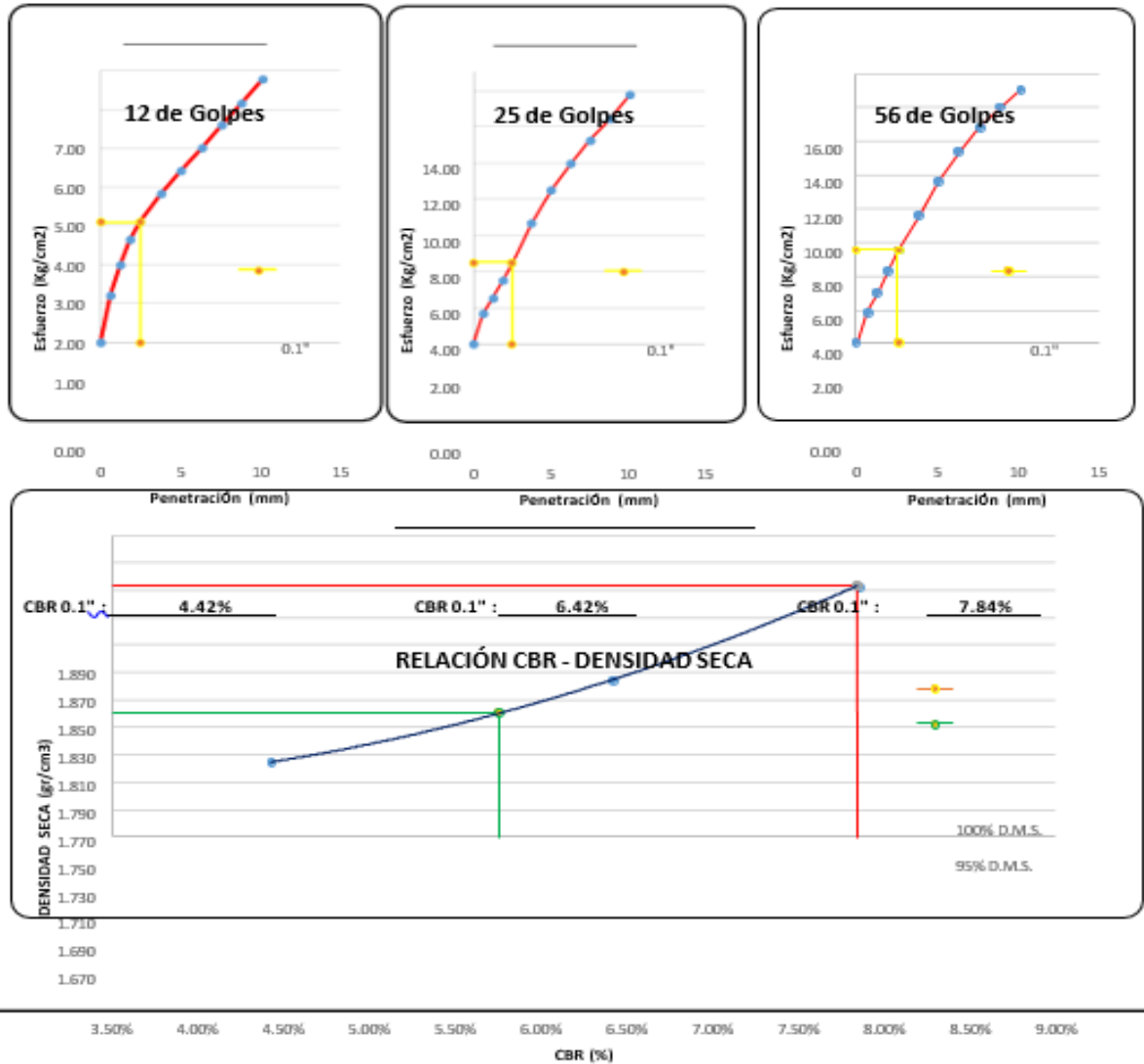
DESCRIPCIÓN			CONTR OL DE LA EXPANSIÓN					
Altura de la muestra								
Fecha	Hora	Tiempo	Lectura (")	Exp ansion (%)	Lectura (")	Exp ansion (%)	Lectura (")	Exp ansion (%)
07/10/2019	3:40 p. m.	0	0.041	0.000	0.341	0.000	0.393	0.000
08/10/2019	3:40 p. m.	24	0.064	0.499	0.361	0.431	0.411	0.391
09/10/2019	3:40 p. m.	48	0.086	0.977	0.380	0.839	0.428	0.760
10/10/2019	3:40 p. m.	72	0.113	1.563	0.399	1.248	0.446	1.151

DESCRIPCIÓN			CONTR OL DE LA PENETRACIÓN					
Penetracion (mm)	Tiempo(min)	Carga Estatica	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0:30		23.50	1.21	32.50	1.67	35.50	1.83
1.27	1:00		39.00	2.01	49.50	2.55	57.50	2.96
1.91	1:30		51.50	2.65	68.00	3.50	82.00	4.22
2.54	2:00		60.50	3.11	87.00	4.47	106.00	5.45
3.81	3:00		74.50	3.83	130.00	6.69	145.50	7.48
5.08	4:00		86.00	4.42	165.50	8.51	185.50	9.54
6.35	5:00		97.50	5.01	194.50	10.00	219.00	11.27
7.62	6:00		109.00	5.61	218.50	11.24	248.50	12.78
8.89	7:00		119.50	6.15	241.50	12.42	270.50	13.91
10.16	8:00		131.50	6.76	267.00	13.73	290.50	14.94

**UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR
 ORREGO**



PROYECTO	: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MORROPE, 2021		
SOLICITANTE	: MARTIN GUZMAN MONTENEGRO		
Progresiva	: Km 2 + 500	Calicata	: C - 03
Sondaje	: Arcilla	Prof.	: 1.50 m
		Muestra	: M - 01
		Estrato	: E - 03
		Clasificación SUCS	: CL
		Clasificación AASHTO	: A - 6 (0)
Ubicación	: Coordenadas: 15°20'4.80"; 70°5'55.00"	Fecha	: 07/10/19
		Ing. Responsable	: Yesenia Apaza Pinto



CBR 0.1" AL 100 %
 CBR 0.1" AL 95% M.D.S.

1.853 gr/cm³
 1.761 gr/cm³

CBR: 7.84%
 CBR: 5.75%



UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

PROCTOR MODIFICADO

(MTC E - 115; ASTM D - 1557)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ENEL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 000 **Calicata** : C - 01 **Dosific.** : 1% Polímero **Clasificación SUCS** : CL - ML

Sondaje : Arcilla **Prof.** : 1.50 m. **Estrato** : E - 03 **Clasificación AASHTO** : A - 4 (0)

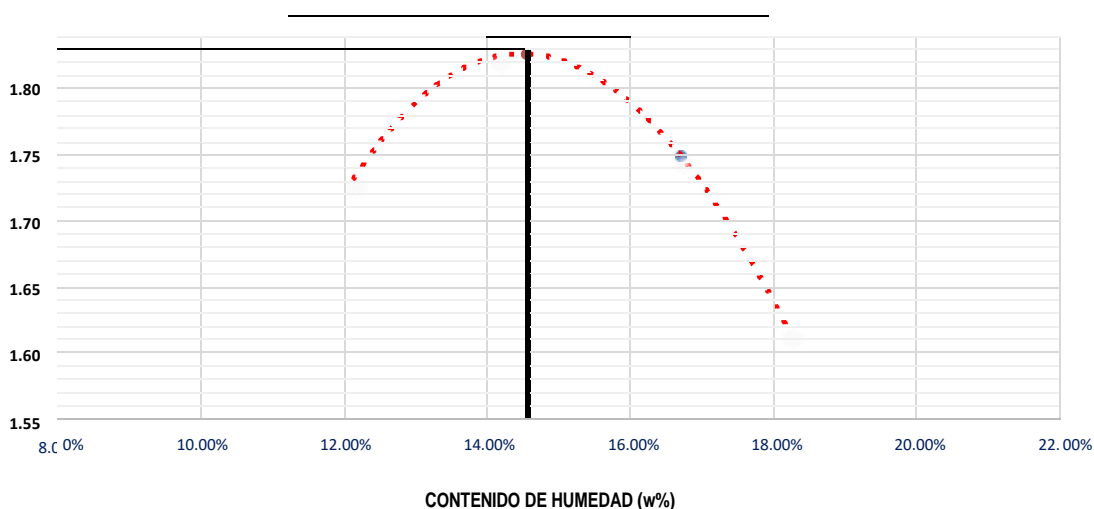
Ubicación : Coordenadas: 15°26'21.20"; 70°5'57.00" **Fecha** : 14/10/19 **Ing. Responsable** : Yesenia Apaza Pinto

Molde N° 01	Diámetro molde	4"	6"		N° de capas	5	
	Método	A	B	C	N° de golpes	25	Golpes

DESCRIPCION	CONTROL DE DENSIDAD				
Ensayo N°		1	2	3	4
Peso del molde	gr	4372	4372	4372	4372
Volumen del molde	cm3	929.37	929.37	929.37	929.37
Peso del suelo húmedo + molde	gr	6185	6316	6278	6157
Peso del suelo húmedo	gr	1813	1944	1906	1785
Densidad de suelo húmedo	gr/cm3	1.95	2.09	2.05	1.92

DESCRIPCION	CONTROL DE HUMEDAD									
N° de tara		T-017	T-014	T-044	T-047	T-007	T-036	T-002	T-015	
Peso de tara	gr	16.22	16.61	28.11	28.52	18.46	16.46	23.57	15.96	
Peso de tara + suelo húmedo	gr	53.87	51.82	63.04	70.17	61.17	53.19	65.30	66.89	
Peso de tara + suelo seco	gr	49.72	48.07	58.74	64.96	55.12	47.86	58.79	59.11	
Peso del agua	gr	4.15	3.75	4.30	5.21	6.05	5.33	6.51	7.78	
Peso del suelo seco	gr	33.50	31.46	30.63	36.44	36.66	31.40	35.22	43.15	
Contenido de humedad	%	12.39%	11.92%	14.04%	14.30%	16.50%	16.97%	18.48%	18.03%	
Promedio de humedad	%	12.15%		14.17%		16.74%		18.26%		
Densidad del suelo seco	gr/cm3	1.74		1.83		1.76		1.62		

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD SECA



MAXIMA DENSIDAD SECA: 1.834 gr/cm3

HUMEDAD OPTIMA: 14.56%

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

(MTC E - 132; ASTM D - 1883)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 000	Calicata : C - 01	Dosificación : 1% Polímero	Clasificación SUCS : CL - ML
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.50 m.	Estrato : E - 03	Clasificación AASHTO : A - 4 (0)
Ubicación : Coordinadas: 15°26'21.20"; 70°5'57.00"	Fecha : 22/10/19	Ing. Responsable : Ye senia Ap aza Pinto	

DESCRIPCIÓN		CONTR OL DE DENSIDAD					
Nú mero del molde		CBR-08		CBR-05		CBR-03	
Golpes por capa		5		5		5	
Golpes por capa		12		25		56	
Volu men de molde	cm3	2123.06		2151.09		2169.48	
Peso del molde	gr	7600		7349		8343	
Condicion de la muestra		No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso del material + molde	gr	11740	11785	11677	11735	12902	12951
Peso del suelo hú medo	gr	4140	4185	4328	4386	4559	4608
Densidad del suelo hú me do	gr/cm3	1.95	1.97	2.01	2.04	2.10	2.12

DESCRIPCIÓN		CONTR OL DE HUMEDAD					
Nº de tara		T-030	T-038	T-035	T-027	T-011	T-005
Pes o de tara	gr	16.10	16.26	16.68	16.65	22.43	18.67
Pes o de tara + suelo hú medo	gr	55.26	50.95	45.60	51.89	53.10	55.59
Pes o de tara + suelo seco	gr	50.22	46.49	41.90	47.39	49.20	50.90
Peso del agua	gr	5.04	4.46	3.70	4.5	3.90	4.69
Peso del suelo seco	gr	34.12	30.23	25.22	30.74	26.77	32.23
Contenido de hu med ad	%	14.77 %	14.75 %	14.67 %	14.64 %	14.57 %	14.55 %
Pro medio de hu med ad	%	14.76 %		14.65 %		14.56 %	
Densidad del suelo seco	gr/cm3	1.699		1.755		1.834	

DESCRIPCIÓN			CONTR OL DE LA EXPANSIÓN					
Altura de la muestra								
Fecha	Hora	Tiempo	Lectura (")	Exp ansion (%)	Lectura (")	Exp ansion (%)	Lectura (")	Exp ansion (%)
22/10/2019	3:00 p.m.	0	0.406	0.000	0.008	0.000	0.793	0.000
23/10/2019	3:00 p.m.	24	0.448	0.904	0.048	0.861	0.824	0.673
24/10/2019	3:00 p.m.	48	0.489	1.787	0.086	1.679	0.854	1.324
25/10/2019	3:00 p.m.	72	0.521	2.475	0.119	2.389	0.881	1.910

DESCRIPCIÓN			CONTR OL DE LA PENETRACIÓN					
Penetracion (mm)	Tiempo(min)	Carga Estatica	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0:30		21.50	1.11	30.00	1.54	35.00	1.80
1.27	1:00		40.00	2.06	49.00	2.52	59.00	3.03
1.91	1:30		58.00	2.98	65.00	3.34	81.50	4.19
2.54	2:00		72.00	3.70	84.00	4.32	100.00	5.14
3.81	3:00		96.00	4.94	114.00	5.86	134.00	6.89
5.08	4:00		121.00	6.22	143.00	7.35	165.50	8.51
6.35	5:00		142.00	7.30	170.00	8.74	194.50	10.01
7.62	6:00		162.00	8.33	195.00	10.03	222.00	11.42
8.89	7:00		181.50	9.33	219.50	11.29	245.00	12.60
10.16	8:00		200.00	10.29	241.00	12.39	267.00	13.73

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



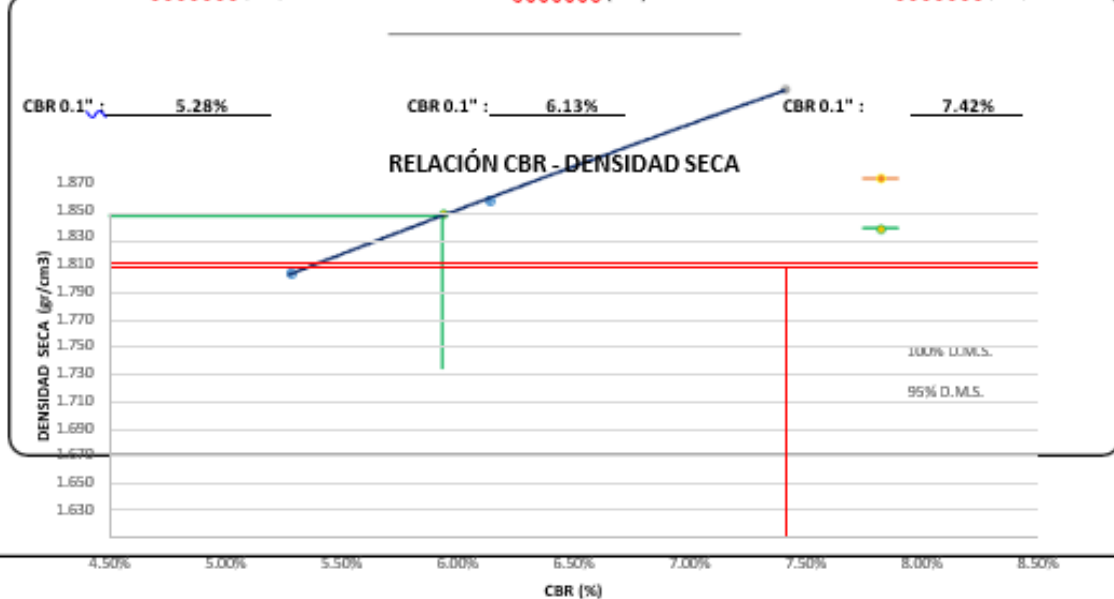
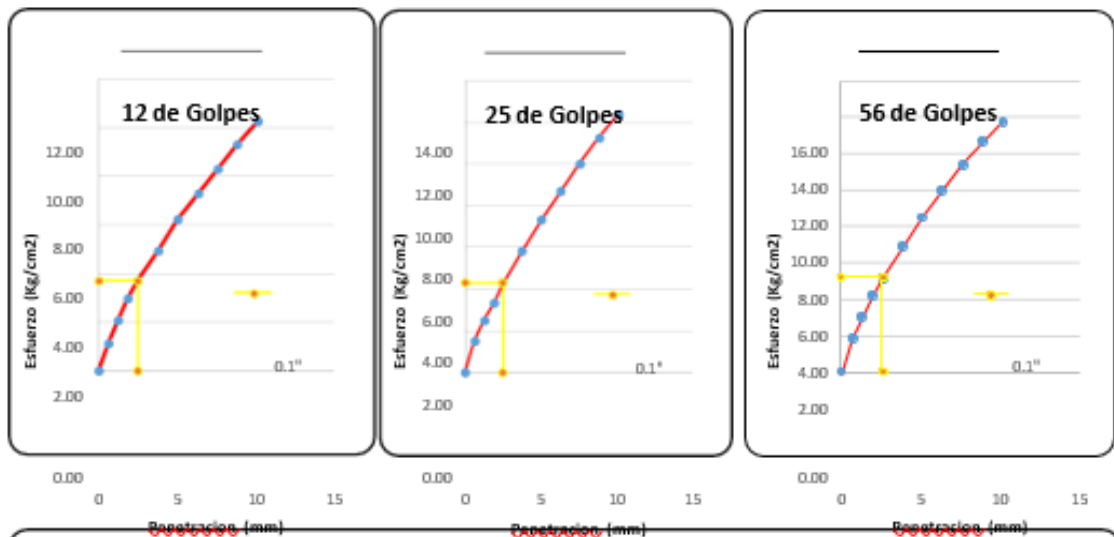
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MORROPE, 2021

SOLICITANTE : *Ing. Yessica Apaza Pinto*

Progresiva : Km 2 + 000 **Calicata** : C - 01 **Dosificación** : 1% Polimer **Clasificación SUCS** : CL - ML

Sondaje : Arcilla **Prof.** : 1.50 m. **Estrato** : E - 03 **Clasificación AASHTO** : A - 4 (0)

Ubicación : Coordenadas: 15°20'21.20"; 70°5'57.00" **Fecha** : 22/10/22/ **Ing. Responsable** : Yessica Apaza Pinto



CBR 01" AL 100% 1.834 gr/cm3 CBR: 7.42%
 CBR 01" AL 95% M.D.S. 1.743 gr/cm3 CBR: 5.94%



UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

PROCTOR MODIFICADO

(MTC E - 115; ASTM D - 1557)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTE NEGRO

Progresiva : Km 2 + 000 **Calicata** : C - 01 **Dosific.** : 3% Polímero **Clasificación SUCS** : CL - ML

Sondaje : Arcilla **Prof.** : 1.50 m. **Estrato** : E - 03 **Clasificación AASHTO** : A - 4 (0)

Ubicación : Coordenadas: 15°26'21.20"; 70°5'57.00" **Fecha** : 14/10/19 **Ing. Responsable** : Yesenia Apaza Pinto

Molde N° 01	Diámetro molde	4"	6"	N° de capas		5	Golpes
	Método	A	B	C	N° de golpes	25	
DESCRIPCION		CONTROL DE DENSIDAD					
Ensayo N°		1	2	3	4		
Peso del molde	gr	4372	4372	4372	4372		
Volumen del molde	cm ³	929.37	929.37	929.37	929.37		
Peso del suelo humedo + molde	gr	6243	6298	6294	6292		
Peso del suelo humedo	gr	1871	1926	1922	1920		
Densidad de suelo humedo	gr/cm ³	2.01	2.07	2.07	2.07		

DESCRIPCION		CONTROL DE HUMEDAD							
N° de tara		T-024	T-016	T-038	T-017	T-035	T-003	T-027	T-013
Peso de tara	gr	16.44	16.73	16.25	16.38	16.65	16.38	16.65	16.03
Peso de tara + suelo húmedo	gr	60.74	50.26	52.78	51.39	49.92	55.18	53.41	52.21
Peso de tara + suelo seco	gr	55.65	46.41	48.22	46.99	45.08	49.60	47.64	46.71
Peso del agua	gr	5.09	3.85	4.56	4.40	4.84	5.58	5.77	5.50
Peso del suelo seco	gr	39.21	29.68	31.97	30.61	28.43	33.22	30.99	30.68
Contenido de humedad	%	12.98%	12.97%	14.26%	14.37%	17.02%	16.80%	18.62%	17.93%
Promedio de humedad	%	12.98%		14.32%		16.91%		18.27%	
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.78		1.81		1.77		1.75	

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

(MTC E - 132; ASTM D - 1883)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 000	Calicata : C - 01	Dosificación : 3% Polimero	Clasificación SUCS : CL - ML
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.50 m.	Estrato : E - 03	Clasificación AASHTO : A - 4 (0)
Ubicación : Coordenadas: 15°26'21.20"; 70°5'57.00"	Fecha : 21/10/19	Ing. Responsable : Yesenia Apaza Pinto	

DESCRIPCIÓN		CONTROL DE DENSIDAD					
Número del molde		CBR-06		CBR-01		CBR-02	
Numero por capas		5		5		5	
Golpes por capa		12		25		56	
Volumen de molde	cm3	2141.21		2169.48		2104.92	
Peso del molde	gr	8499		7279		7641	
Condición de la muestra		No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso del material + molde	gr	12631	12665	11587	11645	12007	12048
Peso del suelo húmedo	gr	4132	4166	4308	4366	4366	4407
Densidad del suelo húmedo	gr/cm3	1.93	1.95	1.99	2.01	2.07	2.09

DESCRIPCIÓN		CONTROL DE HUMEDAD					
Nº de tara		T-016	T-013	T-017	T-036	T-007	T-004
Peso de tara	gr	16.76	16.05	16.23	16.49	18.49	16.36
Peso de tara + suelo húmedo	gr	67.13	60.88	54.29	57.12	61.48	49.77
Peso de tara + suelo seco	gr	60.71	55.17	49.45	51.96	56.05	45.55
Peso del agua	gr	6.42	5.71	4.84	5.16	5.43	4.22
Peso del suelo seco	gr	43.95	39.12	33.22	35.47	37.56	29.19
Contenido de humedad	%	14.61%	14.60%	14.57%	14.55%	14.46%	14.46%
Promedio de humedad	%	14.60%		14.56%		14.46%	
Densidad del suelo seco	gr/cm3	1.684		1.733		1.812	

DESCRIPCIÓN			CONTROL DE LA EXPANSIÓN					
Altura de la muestra								
Fecha	Hora	Tiempo	Lectura (")	Expansión (%)	Lectura (")	Expansión (%)	Lectura (")	Expansión (%)
21/10/2019	4:10 p.m.	0	0.452	0.000	0.487	0.000	0.156	0.000
22/10/2019	4:10 p.m.	24	0.510	1.248	0.540	1.141	0.215	1.281
23/10/2019	4:10 p.m.	48	0.543	1.959	0.567	1.722	0.245	1.932
24/10/2019	4:10 p.m.	72	0.572	2.583	0.595	2.325	0.261	2.279

DESCRIPCIÓN			CONTROL DE LA PENETRACIÓN					
Penetración (mm)	Tiempo (min)	Carga Estática	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0:30		32.00	1.65	37.00	1.90	42.00	2.16
1.27	1:00		48.00	2.47	55.50	2.85	65.50	3.37
1.91	1:30		61.00	3.14	74.50	3.83	84.50	4.35
2.54	2:00		74.00	3.81	88.00	4.53	109.00	5.61
3.81	3:00		99.00	5.09	120.00	6.17	142.50	7.33
5.08	4:00		121.00	6.22	148.00	7.61	169.50	8.72
6.35	5:00		150.50	7.74	171.00	8.79	197.50	10.16
7.62	6:00		184.50	9.49	192.50	9.90	219.00	11.27
8.89	7:00		208.00	10.70	224.00	11.52	245.00	12.60
10.16	8:00		221.00	11.37	249.50	12.83	285.50	14.69

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

(MTC E - 132; ASTM D - 1583)

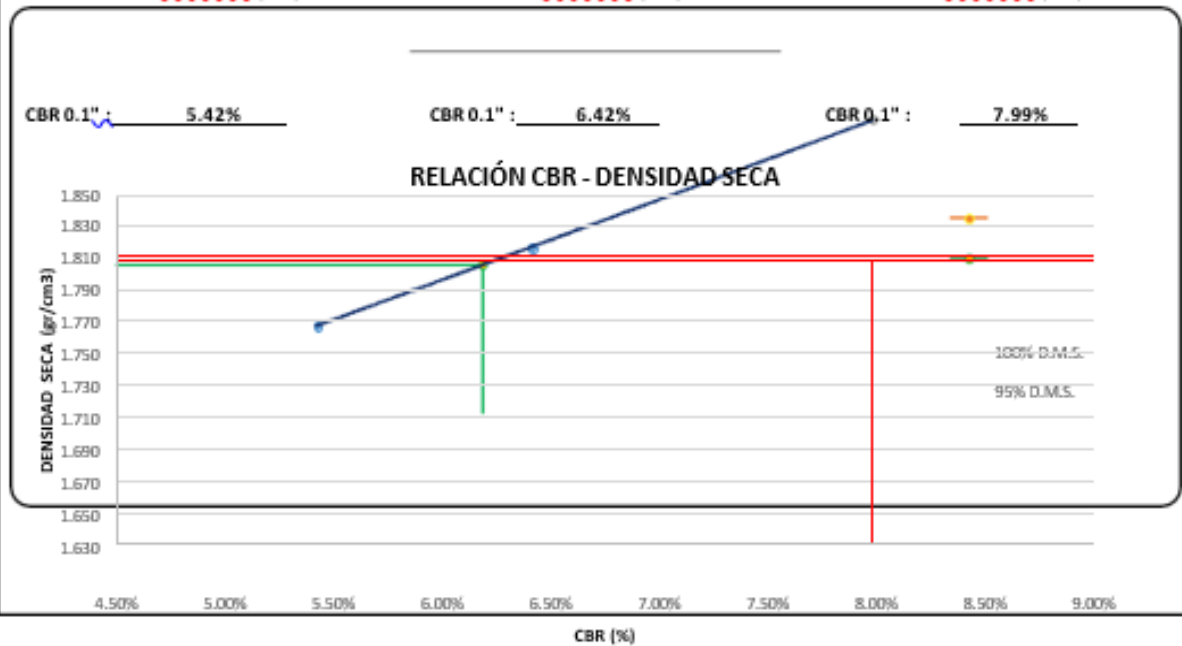
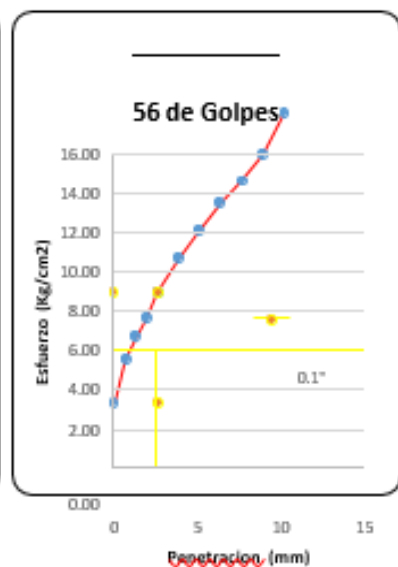
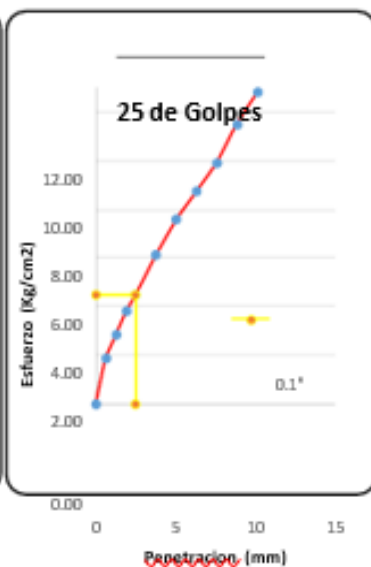
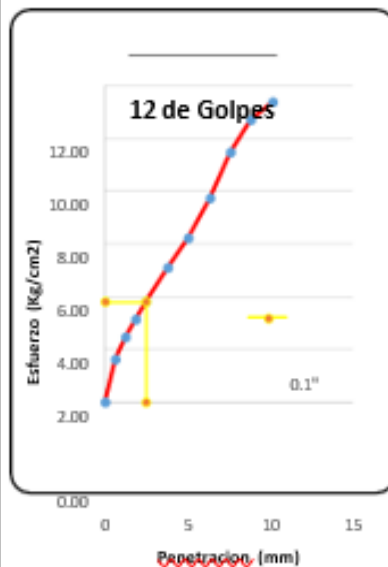
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLÍMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMÁN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 000 **Calicata** : C - 01 **Dosificación** : 3% ~~CaCl₂~~ **Clasificación SUCS** : CL - ML

Sondaje : Arcilla **Prof.** : 1.50 m. **Estrato** : E - 03 **Clasificación AASHTO** : A - 4 (0)

Ubicación : Coordenadas: 15°26'21.20"; 70°5'57.00" **Fecha** : 21/10/19 **Ing. Responsable** : Yesenia Apaza Pinto



CBR 0.1% AL 100% 1.812 gr/cm3 CBR: 7.99%
 CBR 0.1% AL 95% M.D.S. 1.722 gr/cm3 CBR: 6.19%

UNIVERSIDAD PRIVADA
ATENOR ORREGO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

PROCTOR MODIFICADO

(MTC E - 115; ASTM D - 1557)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

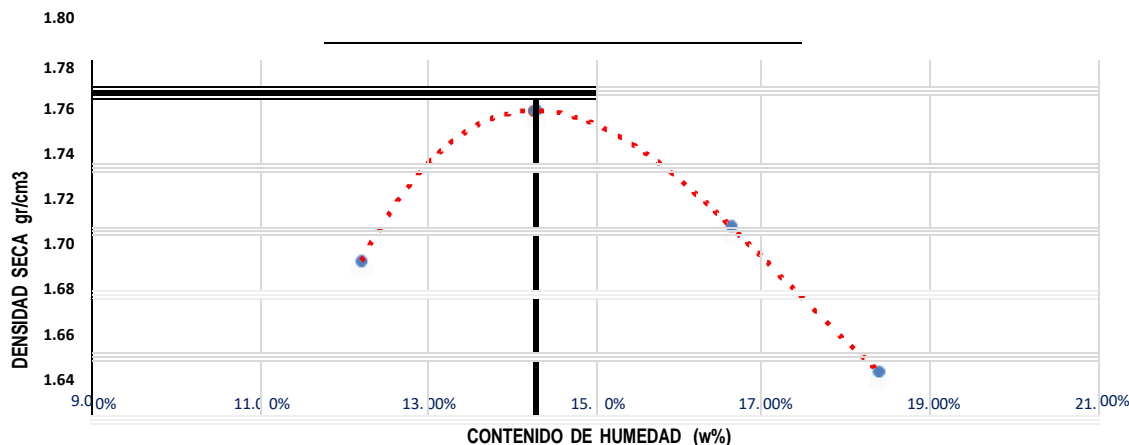
SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva	: Km 2 + 000	Calicata	: C - 01	Dosific.	: 5% Polímero	Clasificación SUCS	: CL - ML
Sondaje	: Arcilla	Prof.	: 1.50 m.	Estrato	: E - 03	Clasificación AASHTO	: A - 4 (0)
Ubicación	: Coordenadas: 15°26'21.20"; 70°5'57.00"	Fecha	: 14/10/19	Ing. Responsable	: Yesenia Apaza Pinto		

Molde N° 01	Diámetro molde	4"	6"	N° de capas				
		Método	A	B	C	N° de golpes	25	Golpes
DESCRIPCION	CONTROL DE DENSIDAD							
Ensayo N°		1	2	3	4			
Peso del molde	gr	4372	4372	4372	4372			
Volumen del molde	cm ³	929.37	929.37	929.37	929.37			
Peso del suelo húmedo + molde	gr	6173	6277	6260	6218			
Peso del suelo húmedo	gr	1801	1905	1888	1846			
Densidad de suelo húmedo	gr/cm ³	1.94	2.05	2.03	1.99			

DESCRIPCION	CONTROL DE HUMEDAD										
N° de tara		T-042	T-041	T-010	T-028	T-029	T-022	T-040	T-050		
Peso de tara	gr	20.01	21.74	17.23	20.77	20.81	16.13	22.01	16.22		
Peso de tara + suelo húmedo	gr	51.87	60.90	63.19	63.52	65.44	50.40	65.32	66.46		
Peso de tara + suelo seco	gr	48.49	56.51	57.41	58.19	59.04	45.53	58.61	58.62		
Peso del agua	gr	3.38	4.39	5.78	5.33	6.40	4.87	6.71	7.84		
Peso del suelo seco	gr	28.48	34.77	40.18	37.42	38.23	29.40	36.60	42.40		
Contenido de humedad	%	11.87%	12.63%	14.39%	14.24%	16.74%	16.56%	18.33%	18.49%		
Promedio de humedad	%	12.25%		14.31%		16.65%		18.41%			
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.73		1.79		1.74		1.68			

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD SECA



MAXIMA DENSIDAD SECA: 1.793 gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA: 14.29%



**UNIVERSIDAD PRIVADA
 ATENOR ORREGO**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

(MTC E - 132; ASTM D - 1883)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO POLIMEROS RECICLADOS PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MÓRROPE, 2021

SOLICITANTE : MARTIN GUZMAN MONTENEGRO

Progresiva : Km 2 + 000	Calicata : C - 01	Dosificación : 5% Poli mero	Clasificación SUCS : CL - ML
Sondaje : Arcilla	Prof. : 1.50 m.	Estrato : E - 03	Clasificación AASHTO : A - 4 (0)
Ubicación : Coordinad as: 15°26'21.20"; 70°5'5 7.00"	Fecha : 21/10/19	Ing. Responsable : Ye senia Ap aza Pinto	




















DESCRIPCIÓN		CONTR OL DE DENSIDAD					
Nú mero del molde		CBR-04		CBR-07		CBR-09	
Nu mero por capas		5		5		5	
Golpes por capa		12		25		56	
Volu men de molde	cm3	2123.06		2141.21		2132.70	
Peso del molde	gr	7486		8744		7811	
Condición de la muestra		No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso del material + molde	gr	11515	11561	12968	12998	12182	12221
Peso del suelo hú medo	gr	4029	4075	4224	4254	4371	4410
Densidad del suelo hú me do	gr/cm3	1.90	1.92	1.97	1.99	2.05	2.07

DESCRIPCIÓN		CONTR OL DE HUMEDAD					
Nº de tara		T-037	T-008	T-035	T-039	T-020	T-005
Peso de tara	gr	16.40	16.26	16.67	15.83	20.80	18.67
Peso de tara + suelo hú medo	gr	57.06	55.51	51.29	52.40	64.58	53.28
Peso de tara + suelo seco	gr	51.89	50.52	46.93	47.80	59.10	48.96
Peso del agua	gr	5.17	4.99	4.36	4.6	5.48	4.32
Peso del suelo seco	gr	35.49	34.26	30.26	31.97	38.3	30.29
Contenido de hu medad	%	14.57 %	14.57 %	14.41 %	14.39 %	14.31 %	14.26 %
Pro medio de hu med ad	%	14.57 %		14.40 %		14.29 %	
Densidad del suelo seco	gr/cm3	1.656		1.724		1.793	

DESCRIPCIÓN			CONTR OL DE LA EXPANSIÓN					
Altura de la muestra								
Fecha	Hora	Tiempo	Lectura (")	Exp ansion (%)	Lectura (")	Exp ansion (%)	Lectura (")	Exp ansion (%)
21/10/2019	4:00 p.m.	0	0.067	0.000	0.063	0.000	0.336	0.000
22/10/2019	4:00 p.m.	24	0.124	1.237	0.115	1.119	0.378	0.920
23/10/2019	4:00 p.m.	48	0.169	2.214	0.156	2.002	0.417	1.774
24/10/2019	4:00 p.m.	72	0.197	2.822	0.183	2.583	0.446	2.409

DESCRIPCIÓN			CONTR OL DE LA PENETRACIÓN					
Penetración (mm)	Tiempo(min)	Carga Estatica	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Lectura (kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0:30		15.00	0.77	28.50	1.47	28.00	1.44
1.27	1:00		31.00	1.59	47.50	2.44	54.50	2.80
1.91	1:30		45.00	2.31	62.00	3.19	75.00	3.86
2.54	2:00		60.00	3.09	78.00	4.01	97.00	4.99
3.81	3:00		88.00	4.53	102.00	5.25	130.00	6.69
5.08	4:00		110.00	5.66	128.50	6.61	160.00	8.23
6.35	5:00		131.00	6.74	151.50	7.79	189.00	9.72
7.62	6:00		146.00	7.51	176.00	9.05	212.00	10.91
8.89	7:00		162.00	8.33	201.00	10.34	235.00	12.09
10.16	8:00		180.00	9.26	226.00	11.62	250.00	12.86

Anexo F. Estudio de tráfico.

UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR ORREGO																								
AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO																								
TRAMO DE LA VIA										ESTACION														
SENTIDO					ENTRADA					E ←					SALIDA					S →				
UBICACIÓN										DIA Y FECHA														
										domingo 3 11 2019														
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMION NETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYER				TRAYLER				TOTAL			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3				
DIAGRAMA VEH.																								
00-01	E																			0				
00-01	S																			0				
01-02	E																			0				
01-02	S																			0				
02-03	E																			0				
02-03	S																			0				
03-04	E																			0				
03-04	S																			0				
04-05	E																			0				
04-05	S																			0				
05-06	E																			0				
05-06	S																			0				
06-07	E	10	15	15	12	19	18				2									91				
06-07	S	9	13	14	15	13	16													80				
07-08	E	12	14	14	12	18	21		1											92				
07-08	S	12	12	16	11	15	15			1	2									84				
08-09	E	2	2	4	6	6	4													24				
08-09	S	1	3	11	3	3	11													32				
09-10	E	4	3	6	4	3	9													29				
09-10	S	2	3	12	1	6	14													38				
10-11	E	8	8	9	5	4	13			2										49				
10-11	S	4	6	11	2	6	11													40				
11-12	E	10	8	15	3	6	12													54				
11-12	S	11	7	21	2	4	15													60				
12-13	E	9	5	9	4		6													33				
12-13	S	2	4	3	2	5	2		1	1										20				
13-14	E	11	9	8	1	1	11				2									43				
13-14	S	12	10	2	3	4	11													42				
14-15	E	14	10	9	11	13	15			2										74				
14-15	S	6	4	3	4	2	10													29				
15-16	E	16	11	15	12	14	17				1									86				
15-16	S	7	3	4	5	6	12			1										38				
16-17	E	18	13	17	17	16	13													94				
16-17	S	8	6	6	6	6	13		1											46				
17-18	E	9	11	11	5	8	14													58				
17-18	S	4	3	5	2	3	12				1									30				
18-19	E	4	8	4	4	3	7													30				
18-19	S	2	2	2	1	2	8			1	2									20				
19-20	E																			0				
19-20	S																			0				
20-21	E																			0				
20-21	S																			0				
21-22	E																			0				
21-22	S																			0				
22-23	E																			0				
22-23	S																			0				
23-24	E																			0				
23-24	S																			0				
TOTAL		207	193	246	153	186	310	0	3	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1316				

**UNIVERSIDAD PRIVADA
 ATENOR ORREGO**



AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA VIA		ENTRADA				SALIDA				ESTACION		CODIGO DE LA ESTACION				DIA Y FECHA						
SENTIDO		E ←				S →										lunes 4 11 2019						
UBICACIÓN																						
HO RA	SENTIDO	AUTO	STATIO N WAGO N	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	BUS		CAMIO N			SEMITRAYER				TRAYLER				TOTAL	
								2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
00-01	E																					0
	S																					0
01-02	E																					0
	S																					0
02-03	E																					0
	S																					0
03-04	E																					0
	S																					0
04-05	E																					0
	S																					0
05-06	E																					0
	S																					0
06-07	E	1	2	2	3	4	2															14
	S	2	2	2	2	2	3			1	1											15
07-08	E	3	5	5	3	5	13															34
	S	6	2	3	1	2	15		1		1											31
08-09	E	2	2	3	5	2	11			2												27
	S	4	2	2	1	3	11															23
09-10	E	1	3	2	2	3	19															30
	S	4	5	7	3	7	12	1														39
10-11	E	1	3	3	3	5	18															33
	S	3	4	9	1	3	11															31
11-12	E	2	3	2	3	1	12			1												24
	S	5	1	6	2	2	12															28
12-13	E	4	2	2	4	3	16			1	1											33
	S	2	3	3	1	3	14															26
13-14	E	3	3	2	2	4	13															27
	S	2	2	2	3	4	11			2												26
14-15	E	2	3	1	3	4	17		1	1												32
	S	3	1	4	2	3	6															19
15-16	E	2	4	3	3	2	7				2											23
	S	1	3	2	2	7	3			1												19
16-17	E	3	5	3	2	3	2				2											18
	S	2	3	5	2	4	1															19
17-18	E	1	1	2	2	3	18			1												28
	S	2	3	2	3	4	11	1														26
18-19	E	1	2	1	1	2	4				1											12
	S	1	3	1	2	3	6			1	1											18
19-20	E																					0
	S																					0
20-21	E																					0
	S																					0
21-22	E																					0
	S																					0
22-23	E																					0
	S																					0
23-24	E																					0
	S																					0
TOTAL		63	72	79	61	88	268	2	2	11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	655



**UNIVERSIDAD PRIVADA
 ATENOR ORREGO**

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA VIA		ENTRADA				SALIDA				ESTACION		DIA Y FECHA											
SENTIDO		E ←				S →				CODIGO DE LA ESTACION		martes 5 11 2019											
UBICACIÓN																							
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMION NETAS				MICRO	BUS			CAMION N				SEMITRAYER				TRAYLER				TOTAL
			STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
DIAGRA. VEH.																							
00-01	E																					0	
00-01	S																						0
01-02	E																						0
01-02	S																						0
02-03	E																						0
02-03	S																						0
03-04	E																						0
03-04	S																						0
04-05	E																						0
04-05	S																						0
05-06	E																						0
05-06	S																						0
06-07	E	2	1	2	3	5	2			3	1												19
06-07	S	2	2	2	2	2	1																11
07-08	E	3	5	5	3	5	13			2													36
07-08	S	6	2	2	1	3	14				1												29
08-09	E	2	2	5	5	3	15			1													33
08-09	S	4	2	2	1	2	11	1															23
09-10	E	1	3	1	2	3	20			2													32
09-10	S	4	5	6	3	7	12			1	2												40
10-11	E	1	3	3	3	5	18																33
10-11	S	3	4	11	1	3	11		1	1													35
11-12	E	2	3	2	3	1	12			1													24
11-12	S	5	1	12	2	2	12																34
12-13	E	4	2	2	4	3	16			1	1												33
12-13	S	2	3	1	1	3	14				1												25
13-14	E	3	3	2	2	4	13																27
13-14	S	2	2	1	3	4	11				2												25
14-15	E	2	3	1	3	4	17			1													31
14-15	S	3	1	4	2	3	6				1												20
15-16	E	2	4	3	3	2	7			1	1												23
15-16	S	1	3	2	2	7	3	1															19
16-17	E	3	5	3	2	3	2			1													19
16-17	S	2	3	5	2	4	1																17
17-18	E		1	2	6	3	17																29
17-18	S	2	3	2		4	11																22
18-19	E			1	1	2	4																8
18-19	S		4	1	2	3	5			1	1												17
19-20	E																						0
19-20	S																						0
20-21	E																						0
20-21	S																						0
21-22	E																						0
21-22	S																						0
22-23	E																						0
22-23	S																						0
23-24	E																						0
23-24	S																						0
TOTAL		61	70	83	62	90	268	2	1	16	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	664



UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR
 ORREGO

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA VIA		ENTRADA				SALIDA				ESTACION		DIA Y FECHA										
SENTIDO		E				S				CODIGO DE LA ESTACION		miércoles 6 11 2019										
UBICACIÓN																						
HO RA	SENTIDO	AUTO	STATIO N WAGO N	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	BUS		CAMIO N			SEMITRAYER				TRAYLER				TOTAL	
DIAGRA. VEH.								2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
00-01	E																					0
00-01	S																					0
01-02	E																					0
01-02	S																					0
02-03	E																					0
02-03	S																					0
03-04	E																					0
03-04	S																					0
04-05	E																					0
04-05	S																					0
05-06	E																					0
05-06	S																					0
06-07	E	2	1	4	3	5	2			1	1											19
06-07	S	4	1	2	2	4	4				1											18
07-08	E	3	5	5	3	5	13															34
07-08	S	6	2	2	1	3	14			2	1											31
08-09	E	2	2	5	5	3	21															38
08-09	S	4	1	2	1	2	18			1	1											30
09-10	E	2	3	1	2	3	21															32
09-10	S	4	5	6	4	7	17				1											44
10-11	E	1	3	3	3	5	15		1	1												32
10-11	S	8	2	11	1	3	11			1	2											39
11-12	E	2	3	2	3	1	10															21
11-12	S	5	1	12	2	2	12															34
12-13	E	4	2	2	4	3	16			1												32
12-13	S	2	2	1	1	3	14				1											24
13-14	E	3	3	2	2	4	12															26
13-14	S	2	2	1	3	4	12			2												26
14-15	E	2	3	2	3	4	15			1												30
14-15	S	3	1	4	2	3	6				1											20
15-16	E	2	4	3	3	2	7	1		2												24
15-16	S	1	3	2	2	7	3			1												19
16-17	E	3	5	3	2	3	2															18
16-17	S	2	3	5	2	4	1															17
17-18	E		1	2	6	3	17															29
17-18	S	2	3	2		4	19															30
18-19	E	1		1	1	2	4															9
18-19	S	1	2	3	2	3	5			1												17
19-20	E																					0
19-20	S																					0
20-21	E																					0
20-21	S																					0
21-22	E																					0
21-22	S																					0
22-23	E																					0
22-23	S																					0
23-24	E																					0
23-24	S																					0
TOTAL		71	63	88	63	92	291	1	1	13	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	693

**UNIVERSIDAD PRIVADA ATENOR
 ORREGO**






















AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA VIA		ENTRADA		SALIDA		ESTACION		DIA Y FECHA																
SENTIDO		E ←		S →		CODIGO DE LA ESTACION		jueves	7	11	2019													
UBICACIÓN																								
HO RA	SENTIDO	AUTO	STATIO N WAGO N	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	BUS		CAMIO N		SEMITRAYER				TRAYLER				TOTAL				
								2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3				
DIAGRA. VEH.																								
00-01	E																						0	
00-01	S																							0
01-02	E																							0
01-02	S																							0
02-03	E																							0
02-03	S																							0
03-04	E																							0
03-04	S																							0
04-05	E																							0
04-05	S																							0
05-06	E																							0
05-06	S																							0
06-07	E	3	1	3	3	2	3				1													16
06-07	S	2	2	4	1	4	2																	15
07-08	E	3	5	5	3	5	14																	35
07-08	S	4	1	3	1	2	12																	23
08-09	E	8	2	5	5	3	22			1														46
08-09	S	1	1	2	1	1	24																	30
09-10	E	2	3	1	2	3	21			3	1													36
09-10	S	4	2	4	4	12	17																	43
10-11	E	1	3	3	3	5	16			2	3													36
10-11	S	8	2	11	1	3	15																	40
11-12	E	1	2	2	3	1	10			1	1													21
11-12	S	6	2	12	2	2	12				1													37
12-13	E	4	2	2	4	3	16			1														32
12-13	S	2	2	1	1	3	14																	23
13-14	E	3	3	2	2	4	12				2													28
13-14	S	2	2	1	3	4	12			2														26
14-15	E	2	3	2	3	4	14			1														29
14-15	S	3	3	4	2	3	6																	21
15-16	E	2	4	3	3	2	7	1	2															24
15-16	S	1	3	2	1	7	3																	17
16-17	E	3	5	3	2	3	2			1	1													20
16-17	S	2	3	4	2	4	1																	16
17-18	E	5	2	4	6	3	17	1																38
17-18	S	2	3	2	3	4	19			1														34
18-19	E	2		1		2	4																	9
18-19	S		2	3	2	3	5			2														17
19-20	E																							0
19-20	S																							0
20-21	E																							0
20-21	S																							0
21-22	E																							0
21-22	S																							0
22-23	E																							0
22-23	S																							0
23-24	E																							0
23-24	S																							0
TOTAL		76	63	89	63	92	300	0	2	17	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	712

UNIVERSIDAD PRIVADA
 ATENOR ORREGO













AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO











TRAMO DE LA VIA		SENTIDO				ENTRADA		SALIDA		ESTACION		CODIGO DE LA ESTACION				DIA Y FECHA							
						E ←		S →								viernes 8 11 2019							
HO RA	SENTIDO	AUTO	STATIO N WAGO N	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	TOTAL		
DIAGRA. VEH.																							
00-01	E																					0	
00-01	S																						0
01-02	E																						0
01-02	S																						0
02-03	E																						0
02-03	S																						0
03-04	E																						0
03-04	S																						0
04-05	E																						0
04-05	S																						0
05-06	E																						0
05-06	S																						0
06-07	E	2	1	2	2	1	2																10
06-07	S	4	1	1		3	1				1												11
07-08	E	5	3	5	3	5	15			1													37
07-08	S	9	2	6	4	3	11		1		1												37
08-09	E	6	4	4	3	6	21																44
08-09	S	8	3	4	3	4	22				1												45
09-10	E	4		5	5	6	19				1												40
09-10	S	11	3	18	1	9	17																59
10-11	E	3		3	3	5	16	1															31
10-11	S	9	2	15	2	5	13			1													47
11-12	E	2	1	1	2	3	15			1	1												26
11-12	S	8	1	11	1	3	11																35
12-13	E	4	2	3	5	4	18			1													37
12-13	S	3	1	3	2	2	15																26
13-14	E	2	3	3	2	3	12																25
13-14	S	1	1	1	1	4	11			1	2												22
14-15	E	1	2	2	3	3	14			1													26
14-15	S	2	3	1	4	3	9				1												23
15-16	E	2	4	3	3	2	7																21
15-16	S	1	3	2	1	2	6				1												16
16-17	E	3	5	3	5	3	2			1													22
16-17	S	2	3	6	2	4	1			2													20
17-18	E	5	2	4	6	3	17																37
17-18	S	4	3	4	3	4	19																37
18-19	E	1		1	1	2	4																9
18-19	S	1	2	3	2	1	5				2												16
19-20	E																						0
19-20	S																						0
20-21	E																						0
20-21	S																						0
21-22	E																						0
21-22	S																						0
22-23	E																						0
22-23	S																						0
23-24	E																						0
23-24	S																						0
TOTAL		103	55	114	69	93	303	1	1	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	759

**AFORO VEHICULAR PARA
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA VIA		ENTRADA E ←				SALIDA S →				ESTACION													
SENTIDO		ENTRADA E ←				SALIDA S →				CODIGO DE LA ESTACION													
UBICACIÓN						DIA Y FECHA				sabado 9 11 2019													
HO RA	SENTIDO	AUTO	STATIO N WAGO N	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	BUS		CAMIO N			SEMITRAYER				TRAYLER				TOTAL		
DIAGRA. VEH.																							
00-01	E																						0
	S																						0
01-02	E																						0
	S																						0
02-03	E																						0
	S																						0
03-04	E																						0
	S																						0
04-05	E																						0
	S																						0
05-06	E																						0
	S																						0
06-07	E	11	13	14	21	21	17			1	1												99
	S	9	13	14	15	13	16																80
07-08	E	12	14	14	12	18	21				1												92
	S	12	12	16	11	15	15																81
08-09	E	2	2	8	6	6	4			2													30
	S	1	3	6	3	3	11				1												28
09-10	E	4	3	9	4	3	9			1													33
	S	2	3	12	1	6	14	1		1													40
10-11	E	8	8	9	5	4	13																47
	S	4	6	11	2	6	11			1	1												42
11-12	E	10	8	15	3	6	12																54
	S	11	7	21	2	4	15																60
12-13	E	9	5	9	1	2	6			1													33
	S	2	4	3	2	5	2				1												19
13-14	E	11	9	8	1	1	11																41
	S	11	10	2	3	4	11																41
14-15	E	13	10	9	11	13	15																71
	S	4	4	3	4	2	10																27
15-16	E	15	11	15	12	14	17			1	1												86
	S	8	3	4	5	6	12																38
16-17	E	19	13	17	17	16	13		1	1													97
	S	7	6	6	6	6	13				1												45
17-18	E	6	11	11	5	8	14																55
	S	5	3	5	2	3	12																30
18-19	E	2	8	4	4	3	4																25
	S	1	2	2	3	4	3			1													16
19-20	E																						0
	S																						0
20-21	E																						0
	S																						0
21-22	E																						0
	S																						0
22-23	E																						0
	S																						0
23-24	E																						0
	S																						0
TOTAL		199	191	247	161	192	301	1	1	10	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1310

vehículo		domingo	lunes	martes	miercoles	jueves	viernes	sábado	total	%
auto		207	63	61	71	76	103	199	780	12.77%
station wagon		193	72	70	63	63	55	191	707	11.57%
pick up		246	79	83	88	89	114	247	946	15.49%
panel		153	61	62	63	63	69	161	632	10.35%
combi rural		186	88	90	92	92	93	192	833	13.64%
Micro		310	268	268	291	300	303	301	2041	33.41%
bus 2E		0	2	2	1	0	1	1	7	0.11%
bus 3E		3	2	1	1	2	1	1	11	0.18%
camion 2E		8	11	16	13	17	10	10	85	1.39%
camion 3E		10	9	11	10	10	10	7	67	1.10%
TOTAL		1316	655	664	693	712	759	1310	6109	100.00%

vehiculo	IMDA
auto 	135
station wagon 	123
pick up 	164
panel 	110
combi rural 	144
Micro 	354
bus 2E 	1
bus 3E 	2
camion 2E 	15
camion 3E 	12
TOTAL	1059

Tipo de vehículo		Cargas por ejes en Tn				IMDa	FD					Esal
		Eje delantero	Ejes posteriores				Eje delantero	Ejes posteriores			Total	
			Simple	Tandem	Tridem	Simple		Tandem	Tridem			
auto		1.5	1.5			135	0.003	0.003			0.005	6.81E+03
station wagon		1.75	1.75			123	0.005	0.005			0.010	1.14E+04
pick up		2.5	2.5			164	0.021	0.021			0.041	6.38E+04
panel		2.5	2.5			110	0.021	0.021			0.041	4.26E+04
combi rural		3.5	3.5			144	0.079	0.079			0.158	2.16E+05
Micro		5	5			354	0.329	0.329			0.659	2.20E+06
bus 2E		7	11			1	1.265	3.238			4.504	5.16E+04
bus 3E		7		16		2	1.265		1.366		2.631	4.74E+04
camion 2E		7	11			15	1.265	3.238			4.504	6.27E+05
camion 3E		7		18		12	1.265		2.019		3.285	3.60E+05
											Total	3.63E+06