



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Uso de polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante del
centro poblado de Marcavelica – Piura 2021.

AUTOR:

Cardoza Cordova, Jonathan Alexzander (ORCID: 0000-0002-7319-0242)

ASESOR:

Dr. Alzamora Román, Hermer Ernesto (ORCID: 0000-0003-2630-6190)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

PIURA – PERÚ

2021

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico a mi
esposa e hijos, porque son mi
motivo de superación.

A mis padres, por sus enseñanzas,
su esfuerzo y dedicación.

A mis hermanos, por estar siempre
presente
con sus consejos.

A mis amigos, compañeros de
clase y compañeros de trabajo por
tiempo y aporte en sus enseñanzas.

CARDOZA C., Jonathan A.

Agradecimiento

A la universidad porque me dio la bienvenida y la oportunidad de salir adelante en el aspecto profesional.

Agradezco al empeño de mis docentes correspondientes a la Facultad de Ingeniería Civil por impartir sus conocimientos que me han otorgado.

Agradezco a mi centro de trabajo por darme las facilidades para hacer realidad mi deseo de lograr una profesión que tanto añoré.

A mis padres y a mis hermanos por toda la motivación y confianza que me brindan a lo largo de la etapa de instrucción universitaria.

Mi eterna gratitud a nuestro asesor DR. HERMER ALZAMORA ROMÁN, por su desinteresada guía, apoyo y comprensión para poder lograr nuestro propósito en el presente informe de investigación.

ÍNDICE

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	24
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	24
3.2 Variables y operacionalización.....	25
3.2.1 Variables.....	25
3.3 Población, muestra y muestreo.....	25
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.5 Procedimientos.....	28
3.6 Método de análisis de datos.....	29
3.7 Aspectos éticos.....	29
IV. RESULTADOS.....	30
4.1 Localización y ubicación de las Muestras.....	30
4.2 Trabajo en campo, excavación, extracción.....	32
4.3 Ensayos de Laboratorio.....	33

4.4 PRIMER OBJETIVO: DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO NATURAL EXISTENTE DEL CENTRO POBLADO DE MARCAVELICA – PIURA 2021	34
4.4.1 Propiedades Físicas que influyen en la clasificación del Suelo natural a nivel de Sub rasante.....	34
4.4.2 Propiedades mecánicas.....	46
4.5 SEGUNDO OBJETIVO: Determinar la dosis correcta de los polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura.	55
4.5.1 Determinación del Tamaño de Partículas del Polímero PET-Triturado.....	57
4.5.2 Ensayos de Proctor modificado y CBR adicionando Polímeros PET - Triturados.....	58
4.6 TERCER OBJETIVO: Determinar el aumento de la capacidad de soporte (CBR) a través de la adición de polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura 2021.	67
V.DISCUSIÓN	71
VI.CONCLUSIONES.....	76
VII.RECOMENDACIONES	78
REFERENCIAS.	79
ANEXO	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características técnicas del PET	15
Tabla 2: Categorías de la subrasante según calidad	19
Tabla 3: Clasificación de los suelos según el índice de Plasticidad.....	20
Tabla 4: Clasificación según S.U.C.S	21
Tabla 5: Clasificación según AASHTO	22
Tabla 6: Correlación de clases de suelos AASHTO - SUCS	23
Tabla 7: Procedimiento metodológico.....	30
Tabla 8: Calicatas	32
Tabla 9: Ubicación de calicatas	32
Tabla 10: Ensayos de laboratorio (Estudio de suelos).....	33
Tabla 11: Resultados del contenido de humedad y OCH	34
Tabla 12: Resultados granulométricos del suelo	35
Tabla 13: Contenido de material en % de muestras	36
Tabla 14: Presumen de Ensayo de Limites de Atterberg.....	40
Tabla 15: Clasificación SUCS.....	44
Tabla 16: Clasificación AASHTO	46
Tabla 17: Resultados del ensayo del Proctor Modificado	47
Tabla 18: Resultados del ensayo de CBR	51
Tabla 19: Resumen de resultados de tamizado de los polímeros PET	57
Tabla 20: Resultado del ensayo de Proctor Modificado.....	58
Tabla 21: Resultados del ensayo de CBR	62
Tabla 22: Comparación del CBR Natural y CBR aplicándole el Polímero PET- TRITURADO.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura de un Pavimento	17
Figura 2: Localización regional y provincial	31
Figura 3: Ubicación de Calicatas.....	31
Figura 4: Gráfico del análisis granulométrico - C1.....	37
Figura 5: Gráfico del análisis granulométrico - C2.....	38
Figura 6: Gráfico del análisis granulométrico - C3.....	38
Figura 7: Gráfico del análisis granulométrico - C4.....	39
Figura 8: Gráfico del análisis granulométrico - C5.....	39
Figura 9: Límite líquido - C1	41
Figura 10: Límite líquido - C2	42
Figura 11: Límite líquido - C3	42
Figura 12: Límite líquido - C4	43
Figura 13: Límite líquido - C5	44
Figura 14: Diagrama Relación Humedad Óptima - Densidad Máxima Seca - C1	48
Figura 15: Diagrama Relación Humedad Óptima - Densidad Máxima Seca – C2	48
Figura 16: Diagrama Relación Humedad Óptima - Densidad Máxima Seca – C3	49
Figura 17: Diagrama Relación Humedad Óptima - Densidad Máxima Seca – C4	49
Figura 18: Diagrama Relación Humedad Óptima - Densidad Máxima Seca – C5	50
Figura 19: Densidad seca vs. CBR (%) – C1	52
Figura 20: Densidad seca vs. CBR (%) – C2	53
Figura 21: Densidad seca vs. CBR (%) – C3	53
Figura 22: Densidad seca vs. CBR (%) – C4	54
Figura 23: Densidad seca vs. CBR (%) – C5	54
Figura 24: Ficha técnica del polímero PET triturado	56
Figura 25: Relación Humedad - Densidad Seca, Muestra N°01 - 3%.....	59
Figura 26: Relación Humedad - Densidad Seca, Muestra N°02 - 6%.....	59
Figura 27: Relación Humedad - Densidad Seca, Muestra N°03 - 9%.....	60
Figura 28: Relación Humedad - Densidad Seca, Muestra N°02 - 3%.....	60
Figura 29: Relación Humedad - Densidad Seca, Muestra N°02 - 6%.....	61
Figura 30: Relación Humedad - Densidad Seca, Muestra N°02 - 9%.....	61
Figura 31: Densidad seca vs. CBR (%) – Calicata 01 - Muestra N°01 (3%)	63
Figura 32: Densidad seca vs. CBR (%) – Calicata 01 - Muestra N°02 (6%)	64

Figura 33: Densidad seca vs. CBR (%) – Calicata 01 - Muestra N°03 (9%)	64
Figura 34: Densidad seca vs. CBR (%) – Calicata 05 - Muestra N°01 (3%)	65
Figura 35: Densidad seca vs. CBR (%) – Calicata 05 - Muestra N°02 (6%)	65
Figura 36: Densidad seca vs. CBR (%) – Calicata 05 - Muestra N°03 (9%)	66

RESUMEN

La presente tesis denominada “Uso de polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante del centro poblado de Marcavelica – Piura 2021” posee como propósito principal la evaluación del nivel de estabilización de la subrasante mediante el uso de polímeros PET triturados en dicho centro poblado para lograr cumplir los lineamientos requeridos en la construcción de vías.

En la metodología se empleó la investigación aplicada con diseño experimental mediante la ejecución de diversos ensayos en laboratorio acerca del suelo de la subrasante en el centro poblado de Marcavelica entre el Km 0+000 al Km 1+000 de la carretera Sullana – Alamor, tales como contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de Atterbert, ensayo de Proctor modificado, ensayo de CBR y ensayo de CBR aplicando el polímero PET triturado para la obtención de resultados verídicos en porcentajes variados (3%, 6% y 9%).

Finalmente, se concluye que el uso de polímeros PET triturados influyen en las propiedades físicas y mecánicas del suelo existente, la dosis adecuada corresponde al 6% de polímeros PET triturados y se demuestra que al usar un porcentaje mínimo de dichos polímeros se aumenta considerablemente la capacidad de soporte de la subrasante estudiada.

Palabras clave: Polímeros PET triturados, estabilización, subrasante.

ABSTRACT

The present thesis called "Use of crushed PET polymers to stabilize the subgrade of the town of Marcavelica - Piura 2021" as the main purpose of evaluating the level of stabilization of the subgrade through the use of crushed PET polymers in said town to achieve compliance with the guidelines required in road construction.

The methodology used applied research with experimental design by carrying out laboratory tests on the subgrade soil in the town center of Marcavelica between Km 0+000 and Km 1+000, the Sullana – Alamor highway such as moisture content, granulometric analysis, Atterbert limits, Modified Proctor test, CBR test and CBR test applying the crushed PET polymer to obtain true results in varied percentages (3%, 6% and 9%).

Finally, it is concluded that the use of crushed PET polymers influence the physical and mechanical properties of the existing soil, the adequate dose corresponding to 6% of crushed PET polymers and it is shown that using a minimum percentage of said polymers considerably increases the capacity of support of the studied subgrade.

KEYWORDS: Crushed PET polymers, stabilization, subgrade

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, existen diversas problemáticas en la construcción de vías, cuya infraestructura mayormente carece de los requerimientos básicos para la circulación de transeúntes y vehículos de carga pesada, mediana y liviana. Dicha situación, impide que todo (a) ciudadano (a) efectúe sus actividades de forma cómoda, rápida y libre de riesgos que eliminen la posibilidad de posibles accidentes.

En el distrito de Marcavelica perteneciente a la provincia de Sullana, se destaca el rol fundamental en la economía local e interprovincial de la Región Piura, ya que, a través de sus vías se propician el transporte de productos derivados de la agricultura, comercio de abarrotos, turismo u otras actividades que generan un aporte a la economía nacional.

En el presente proyecto denominado “Uso de polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante del centro poblado de Marcavelica – Piura 2021” posee como propósito exponer la realidad situacional del área de estudio para implementar una nueva metodología en la estabilización de la subrasante mediante el uso de polímeros PET triturados que fueron extraídos de sintéticos reciclados (botellas de plástico). En relación, el uso de polímeros se destaca desde la antigüedad por su gran capacidad de resistencia a los impactos generados por cualquier fuerza externa logrando cumplir los lineamientos requeridos en la construcción de vías.

No obstante, la realidad actual del centro poblado de Marcavelica entre el Km 0+000 al Km 1+000 de la carretera Sullana - Alamor sitúa a los pobladores en condición de peligro, puesto que, regularmente se efectúan acciones de reparación de la vía señalada por presentar un mal estado y aparición de fallas como baches, ahuellamientos y segregación de la capa asfáltica en dicha zona por

parte del área encargada de dicha labor en la gestión municipal a cargo. Tales acciones de reparación son reiterativas en la zona provocando grave malestar en los peatones, conductores y la población en general que desea ejecutar sus actividades con normalidad. Es preciso mencionar, que el suelo del área señalada se califica como limo arcilloso, es decir, posee cierta tendencia a presentar fallas por su elevada capacidad para retener sustancias líquidas, puesto que, en la Región Norte existe mayores precipitaciones fluviales y presencia de movimientos sísmicos casi regulares que provoca que la estabilización a nivel de la subrasante se considere inestable e inapropiada para la construcción de vías.

A partir del contexto actual explicado anteriormente, se considera el planteamiento de la siguiente interrogante: ¿Cómo influye el uso de polímeros PET triturados en la estabilización de la subrasante del centro poblado de Marcavelica entre el Km 0+000 al Km 1+00 – Piura 2021?

Asimismo, el presente estudio se fundamenta desde la perspectiva teórica en la consulta de distintas fuentes de información verídicas e investigaciones ejecutadas por diversos estudiosos para otorgar mayor comprensión acerca de los polímeros PET como estabilizador de la subrasante. En el aspecto metodológico, se propone el uso de polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante, cuyo uso se considera como alternativa ideal para disminuir la incidencia de problemáticas en relación a la infraestructura de la vía mencionada que sitúa a todo aquel que circula en situación de riesgo, así como, retraso en la entrega de mercadería y posibles daños por los baches u otras fallas estructurales halladas en dicha área. También, en el aspecto práctico se enfatiza el propósito de erradicar las problemáticas mencionadas y lograr que la vía cumpla con los requerimientos establecidos en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial vigente.

Simultáneamente, se propone como objetivo general: Evaluar el nivel de estabilización de la subrasante mediante el uso de polímeros PET triturados en el centro poblado de Marcavelica – Piura 2021. También, se incluye como objetivos específicos: (1) Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural existente del centro poblado de Marcavelica – Piura 2021; (2) Determinar la dosis y textura correcta de los polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura; (3) Determinar el aumento de la capacidad de soporte (CBR) a través de la adición de polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura 2021.

Finalmente, se plantea como hipótesis general: El uso de polímeros PET triturados influye positivamente en la estabilización de la subrasante del centro poblado de Marcavelica – Piura 2021. Además, se proponen como hipótesis específicas: (1) Las propiedades físicas y mecánicas del suelo existente influyen en la estabilización con de polímeros PET triturados de la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura 2021; (2) La dosis y textura correcta de los polímeros PET triturados son determinantes para la estabilización de la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura 2021; (3) La capacidad de soporte (CBR) de la subrasante del suelo posee un incremento positivo mediante la adición de polímeros PET triturados para lograr la estabilización de la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura 2021.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional, en Ecuador se destaca el estudio presentado por Celi (2021) denominado “Estabilización de suelos granulares de subrasante con finos de Tereftalato de Polietileno (PET), Polipropileno (PP) y Polietileno (PE)” con el propósito de efectuar el análisis de capacidad de soporte (CBR) en suelos de subrasante a través de la incorporación de PET, PP y PE para incrementar la estabilidad. Su metodología se basa en el nivel exploratorio, descriptivo, explicativo y experimental en una muestra realizada en cada parroquia en seis muestras de 25 kg para el desarrollo de los ensayos correspondientes. Sus resultados indican que la humedad en la muestra natural en la parroquia Juan Benigno Vela posee 27.1% considerada superior en relación a las otras parroquias que presentan un grado de saturación excesivo equivalente a 69.41%. Asimismo, el suelo se clasifica según el índice de plasticidad en las tres parroquias en 1.03% - 1.97%, es decir, pertenecen a “suelos no plásticos” en granulometrías, por SUCS se clasifica como “suelo de grava y arena limosa o arcillosa” indicado como suelo granular con presencia 14.21% de limo. De tal manera, se añadió porcentajes finos de PET, PP y PE correspondiente a 0%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% donde revela que en el análisis de Proctor modificado disminuye cuando se incrementa el porcentaje de finos, ya que, en el 0% resulta 1.633 g/cm^3 como densidad seca máxima y en el 15% se obtiene 1.559 g/cm^3 y en el contenido de humedad natural (17.83%) decae cuando se incrementa el porcentaje de finos y en el 15% disminuye a 10.78%. El CBR aumenta considerablemente cuando empieza a aumentar el porcentaje de finos, aunque, posteriormente decae, es decir, aumenta desde el 3% al 6% de finos en 11.70% y 15.60% y disminuye en el 9% al 15% de finos con resultados de 16% y 11.20%. El valor de CBR óptimo en la parroquia Montalvo inicia con la adición de 7.8% de finos para obtener un CBR en 95% para densidad máxima seca a 1.509 g/cm^3 . Para la Parroquia Juan Benigno Vela, se indica que para alcanzar un CBR en

17.2% se necesita un 4.2 % en porcentaje de finos para alcanzar densidad seca máxima (95%) resultando 1.549 g/cm^3 . Para la Parroquia Izamba, el CBR debe resultar 13.4% en la adición de 3.6% de finos para obtener la densidad seca máxima al 95% resultando 1.484 g/cm^3 . Al finalizar, concluyen que la adición de finos de Tereftalato de Polietileno (PET), Polipropileno (PP) y Polietileno (PE) en la subrasante se logra el aumento del CBR en 6.9% concretando su estabilización en 57%. Para lograr dicha estabilidad se necesita añadir 3.6%-7.8% de adición de finos de PET, PP y PE que se sustenta con el análisis técnico-económico.

Asimismo, en Colombia se destaca el estudio presentado por Serrano y Padilla (2019) denominado “Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados” con el propósito de efectuar la recopilación de investigaciones relevantes sobre dichas transformaciones en las propiedades de subrasante a través de la incorporación de fibras de origen natural y sintética para fundamentar su indagación. Su metodología se basa en la recopilación de fuentes bibliográficas sobre dichos temas con la finalidad de sintetizarlos y discusión de resultados. En sus resultados, se demuestran que el 65% de estudios hallados corresponde a modificaciones en la resistencia a la compresión, el 30% se orienta en la reacción de esfuerzos de tracción en casos de fibras de polímeros y 5% analiza las propiedades de fatiga o resistencia en la tensión axial. Además, se señala que una excelente resistencia se obtiene con 75% de PET resultando con una resistencia equivalente a 3.5 y 7 Mpa concretando su total viabilidad, puesto que, la normativa en vías de dicho país obliga que se cumpla dicha característica. Finalmente, se concluye que mayormente los estudios requieren un aumento trascendente en resistencia de compresión que suele variar según los elementos adicionados con el cemento y suelo.

En Ecuador, el estudio presentado por Zambrano y Casanova (2016) denominado “Uso de polímeros como estabilizador de suelos aplicado en vías de arcilla (CL) y grava arcillosa (GC)” con el objetivo de lograr la estabilización del suelo arcilloso y grava arcillosa a través del uso de polímeros. Su metodología se basa en la tipología cuantitativa aplicadas a una muestra de 120 Kg. de arcilla de la Provincia de Los Ríos y otra muestra de 120 Kg. De grava arcillosa de la Provincia de Guayas. Además, se recurrió a ensayos tales como contenido de humedad, límites de Atterberg y ensayo de Proctor modificado, así como, el uso de polímeros correspondientes a Global Soil Group como el polímero para mejoramiento de Base (M) y para longevidad de superficie (K) relacionando suelo – polímero, ensayo CBR y ensayo compresión sin confinamiento. En sus resultados se indica que en el análisis granulométrico de grava arcillosa según SUCS pertenece a suelo A-2-7, en límites de consistencia arcilla pertenece según SUCS a A-7, en el Proctor modificado resulta 19.4% en contenido de humedad óptima y densidad seca máxima de 1453 kg/m³ y en la grava arcillosa se obtuvo 17.4% y 1682 kg/m³, respectivamente. En los ensayos CBR, el suelo arcilloso en su estado natural, se realizó un ensayo que resulta 17.4%, en el ensayo con el polímero a 12 ml (0.30%) resulta 16.15%, a 20ml (0.5%) resulta 24.9%, a 30ml (0.75%) resulta 36.5%, a 50ml (1.25%) resulta 39%, a 70 ml (1.75%) resulta 26.2%. En el caso de la grava arcillosa en su estado natural, se realizó un ensayo obteniendo un CBR de 25.7% y en el ensayo con el polímero 12ml (0.30%) resulta 39%, a 20ml (0.5%) resulta 45.3%, a 30 ml (0.75%) resulta 52%, a 50 ml (1.25%) resulta 37% y a 70 ml (1.75%) resulta 32%. Entre otros estudios. Finalmente, concluye que la estabilización con polímeros fue exitosa en L y M incluyendo en el análisis CBR y resistencia a la compresión simple desde su estadio natural. En arcilla, la resistencia de CBR se obtuvo 39% al añadir 1.25% de polímero M y L con 0.17% incrementando 224%. En la grava arcillosa, la resistencia de CBR se obtuvo un 52% mediante la adición de 0.75% de “M” y “L” con 0.17% incrementando en 202%.

Adicionalmente, los autores indican que la integración de polímeros en las vías no demanda costos elevados ni maquinarias extranjeras.

A nivel nacional, se destaca el estudio presentado por Quispe y Sañac (2019) denominado “Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado - PET en el mejoramiento del suelo a nivel de subrasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018” con el propósito de establecer la influencia de la adición de plástico reciclado triturado (PET) para mejorar el suelo en el nivel de la subrasante en la mencionada prolongación. Su metodología se basa en la inducción y deducción mediante la tipología aplicada con nivel descriptivo, explicativo y correlacional a través del diseño experimental en una muestra que consiste en tres muestras de suelo del área de estudio, cuyo procedimiento se basó en ensayos de laboratorio mediante la técnica de observación y se usaron formatos para los resultados de ensayos como instrumentos. En sus resultados, especifican que para obtener cada propiedad física, mecánica y química en el suelo estudiado recurren a determinar el contenido de humedad donde en C-01 se obtiene 16.7%, en C-02 se obtiene 16.8%. En la granulometría por tamices, se obtiene que existe 57.6% pasante por la malla N° 200 en C-01 y C-03 y en C-02 se obtiene 79.10% revelando mayor presencia de contenidos de origen fino. En el contenido de material, en C-01 y C-02 resulta un contenido bajo en gravas con 3.53% y 12.54% y en C-03 resulta 17.22% (arena) y 79.10% (arcillas y limos). En sedimentación, señala que la C-02 presenta muy fina textura a diferencia de las otras muestras. En SUCS, se tipifica como “suelo de subrasante insuficiente o pobre” en C-01 y C-02, y, en C-03 se tipifica como “suelo subrasante regular” descartando su continuación en el estudio. Para las propiedades mecánicas, recurre al ensayo de Proctor modificado determinando 16.80 como contenido de humedad natural en C-02; en el ensayo CBR, indicando que la C-02 es idónea para su estudio por tipificarse como “subrasante pobre”. Para las propiedades químicas, la C-02 se indica que existe baja presencia

de materia orgánica y sales solubles. Asimismo, para obtener las propiedades mecánicas de PRT-PET se recurre al ensayo CBR en tres ensayos de 2% de adición del mencionado polímero resultando que en el ensayo 01, en análisis granulométrico homogéneo y características de partículas superiores de 9.50mm carece de mejoría en CBR en muestra natural, ya que, presenta mayor porosidad y expansión y baja resistencia a la penetración, aunque, el ensayo 02 existe menos porosidad, CBR en 12% y expansión mantenida; y en ensayo 03 con granulometría heterogénea con partículas pequeñas variantes en 9.50 mm y 0.075 mm logrando mejoras significativas en el CBR en un 95% de MDS en 24% y reducción de expansión en 9.09%. De esta forma, ejecutan dos ensayos incorporando el 2% de PRT – PET de textura lisa y PRT – PET de textura ondulada. En el CBR, resulta que el PRT-PET de textura ondulada evidencia excelentes resultados. En la dosis óptima, se ejecutan cinco ensayos en 1%, 2%, 2%, 4% y 5% donde el PRT-PET liso presentó el valor máximo en CBR (29%) y 18% de disminución en expansión. De tal modo, que el PRT-PEY liso se somete a 100°C en 10 min para obtener una textura ondulada por lo que obtiene 129% en aumento de CBR y menos expansión a 45%. Finalmente, se concluye que la adición de PRT-PET influye positivamente en optimizar el suelo en la subrasante según el modo de granulometría, textura y dosis.

También, el estudio presentado por Flores (2019) denominado “Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica USAT, 2018-2019” con el propósito de efectuar una evaluación del efecto de la incorporación de plástico PET derivado del reciclaje de botellas de agua y gaseosas de cada propiedad física-mecánica en suelos con características arcillosas. La metodología se basa en la tipología experimental-aplicada con diseño cuantitativo en una muestra realizada en los suelos arcillosos del estacionamiento de la Clínica USAT en tres calicatas a 1.8m de profundidad mediante la técnica de

observación y la ejecución de ensayos como instrumentos. En el procedimiento se detallan las fases incluyendo ejecución de ensayos de Proctor modificado y distintas mezclas con PET con variaciones en su porcentaje y dimensiones fibras para realizar los ensayos CBR. En sus resultados indican que en la muestra N°01, la granulometría corresponde a “arcilla de baja plasticidad”, 11.11 en contenido de humedad , 25.56% en límite líquido, 15.27% en límite plástico, 10.30% en IP; en la muestra N°02, la granulometría corresponde a “arcilla de baja plasticidad”, 11.11 en contenido de humedad , 23.13% en límite líquido, 14.87% en límite plástico, 8.26% en IP; y, en la muestra N°03, la granulometría corresponde a “arcilla de baja plasticidad”, 11.11 en contenido de humedad , 23.27% en límite líquido, 14.87% en límite plástico, 8.40% en IP. En el ensayo de compactación de Proctor modificado, se obtuvo 1.844g/cm^3 (máxima densidad seca) y 14.1% en (humedad). En el ensayo de compactación de Proctor modificado con incorporación del PET de 1” en 1% obteniendo en máxima densidad seca 1.74 g/cm^3 (M-1), 1.844 g/cm^3 (M-2), 1.71 g/cm^3 (M-3); y, contenido de humedad 15.50% (M-1), 14.14% (M-2) y 15.59% (M-3). En el ensayo de compactación de Proctor modificado con incorporación del PET de 1” en 1.5% obteniendo en máxima densidad seca 1.829 g/cm^3 (M-1), 1.700 g/cm^3 (M-2), 1.849 g/cm^3 (M-3); y, contenido de humedad 15.2% (M-1), 20% (M-2) y 13% (M-3). En el ensayo de compactación de Proctor modificado con incorporación del PET de 1” en 1.15% obteniendo en máxima densidad seca 1.995 g/cm^3 (M-1), 2.04 g/cm^3 (M-2), 1.96 g/cm^3 (M-3); y, contenido de humedad 14.50% (M-1), 17.10% (M-2) y 19.15% (M-3). En el ensayo de compactación de Proctor modificado con incorporación del PET de 1” en 1.25% obteniendo en máxima densidad seca 1.99 g/cm^3 (M-1), 2.03 g/cm^3 (M-2), 2.03 g/cm^3 (M-3); y, contenido de humedad 14.8% (M-1), 14% (M-2) y 13.65% (M-3). Así sucesivamente, se realizaron los mismos ensayos con incorporación del PET de 1” al 2.5%, ½” al 1.15%, ½” al 1.25%, 2.5” al 1%, 2.5” al 1.5%, 2.5” al 1.15%, 2.5” al 1.25%, 2.5” al 2.5%, 4” al 1%, 4” al 1.15”, 4” al 1.25”, entre otros. Finalmente, la subrasante se

considera como “buena” y en la dosis optima durante los ensayos corresponde a fibras de 1” con adición de 1.25% logrando una mejora de 9.36% en densidad máxima seca en relación al suelo natural y en sus propiedades se considera como dosis correcta con adición de 1.15% incrementándose en 8.32%. aumentando el valor de CBR en 1.02% y 4.21% y en máxima densidad seca se obtuvo al 95% y 100%.

El estudio presentado por Condori y Rojas (2020) denominado “Mejoramiento con polímeros reciclados PET fundido en subrasante de suelos arcillosos en la carretera Vilcaniza - Beirut, Amazonas, 2020” posee como propósito el análisis del efecto derivado de la incorporación de polímeros reciclados PET fundido para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos en dicha carretera. Su metodología se basa en el enfoque cuantitativo de tipología aplicada en el nivel explicativo del diseño experimental, cuya muestra se encuentra conformada por la subrasante en la carretera Vilcaniza – Beirut en Amazonas en el tramo Km 1+020 – Km 1+100 mediante la técnica de observación. En sus resultados revelan que existe un alto contenido de finos de mediana a baja plasticidad y con la adición de polímeros PET de origen reciclado en 6% influye sobre la resistencia del suelo reflejado en el CBR a 6.6% y la humedad optima de 12.2%. En la calicata 1 y 2 se clasifica según SUCS como CL, 18% en índice plástico que se traduce como “arcilla arenosa de baja plasticidad” carentes gravas con elevado contenido de finos pasantes y 32.7% en contenido de humedad; en comparación, con el análisis granulométrico con adición de PET se indica la presencia de partículas medianas de 4.75mm traduciéndose como “material granulado de forma sintética resistente” con aspectos óptimos a nivel físico-mecánico. En el Proctor modificado en estado natural resulta 1.452 g/cm³ de máxima densidad seca, 16.7% equivalente de humedad optima, CBR con penetración de 0.1” al 95% de máxima densidad seca obtuvo 16.7% en expansión de 1.32 mm con una índice plasticidad de 18%. Por ello, se efectuó ensayo de Proctor modificado para CBR con adición de 2% de PET

fundido resultando con 1.485 g/cm³ de máxima densidad seca, 15.1% de contenido de humedad, CBR a una penetración de 0.1” en 95% resulta 6.1%; al 4%, resulta una densidad máxima seca de 1.502 g/cm³, 14.0% de contenido de humedad óptimo, CBR en 6.0%; y, al 6%, resulta 1.551 g/cm³ en densidad máxima seca, 12.2% en contenido óptimo de humedad, 6.6% en CBR. Finalmente, concluye que la incorporación de polímeros PET reciclados fundido al 2%, 4% y 6% contribuye a la estabilización de la subrasante en suelos arcillosos en dicha carretera, ya que, mejora considerablemente sus propiedades físicas y mecánicas disminuyendo el contenido de humedad y aumentando la densidad seca.

A nivel regional, se destacan solo dos estudios realizados en la región relacionados al tema central.

Ramos y Seminario (2019) en su estudio denominado “Uso de polímeros PET triturados para mejorar la subrasante del centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica - Sullana – Piura” con el propósito de efectuar una evaluación en el uso de polímeros PET triturados para lograr optimizar la subrasante. Su metodología se basa en la tipología experimental con diseño preexperimental en una muestra de estudio que comprende las progresivas 0+000 hasta 1+000 del Centro Poblado La Golondrina en Marcavelica – Provincia de Sullana – Departamento de Piura donde se indica que dicho tramo no se halla pavimentado. Asimismo, la técnica de estudio que se aplica es la observación y como instrumento se recurre a ensayos de Mecánica de Suelos “Tecmesul Piura” para ejecutar los ensayos de las muestras derivadas de las calicatas según la normativa vigente. En los resultados se detalla que se ejecuta las excavaciones (03 calicatas) en el área mencionada anteriormente a 250 m con 1.50 m de profundidad para caracterizar las propiedades físicas de la subrasante donde en el contenido de humedad que se obtuvo en C-1 corresponde a 8.1%, C-2 corresponde a 7.5% y C-3%

corresponde a 8.2%. En el análisis granulométrico, la totalidad de muestras presentan partículas muy finas, por lo que el autor deduce que la C-1 y C-2 poseen idénticas características y diámetro y en la C-3 presenta un superior porcentaje de dichas partículas. Según la clasificación del suelo, C-1 y C-2 posee 62.7% y 64.2% (finos) y 37.3% 35.8% (arena), y en C-3 posee 80.1% (finos) y 19.9% (arena). En los Límites de Atterberg, C-1 posee un límite líquido calculado de 19.8% en contenido de humedad e índice plástico correspondiente a 19.8% obteniendo 16.7% como índice de plasticidad; en C-2 posee 35.5% de contenido de humedad, 18% de índice plástico, 17.3% equivalente a índice de plasticidad; y, en C-3 posee 43.8% de contenido de humedad, 22.8% de índice plástico y 21% de índice de plasticidad. En SUCS, clasifica como “suelo arcilloso de mediana y baja plasticidad - CL”. En AASHTO, en C-1 y C-2 clasifica como “suelo A-6” y en C-3 como “A-7-6”. Para determinar propiedades mecánicas, recurre al ensayo de Proctor modificado para obtener la humedad y densidad máxima seca resultando que en C-1 posee 11.59% y 1.91 gr/cm³, en C-2 posee 10.16% y 1.90 gr/cm³ y en C-3 posee 12.1% y 2 gr/cm³, correspondientemente; también, se aplicó el ensayo de CBR resultando 0.2 pulgadas de penetración, 2% en capacidad de soporte y con % de expansión variado. De esta forma, el autor procede a determinar las propiedades mecánicas en cada calicata con la adición de 10% y 15% de polímeros PET triturados, en C-3 resultó 9.56 (humedad) y densidad máxima seca equivalente a 2.046 gr/cm³ y 10.98% (humedad) y densidad máxima seca equivalente a 2.071 gr/cm³, correspondientemente; y, en el ensayo CBR de 3% y 4% con un porcentaje de expansión equivalente a 5.1% y 5.3%. Asimismo, efectuó una comparación entre el valor soporte de la subrasante de dicha comunidad y la subrasante derivada de la adición de 10% y 15% polímeros triturados PET resultando 3% y 4% correspondientemente. Finalmente, concluyen que dichos polímeros incrementan el CBR en 33.3% y 50% adicionándolos en 10% y 15% correspondientemente logrando mejorar las propiedades a nivel físico y mecánico en el suelo.

Asimismo, Marquez (2019) en su estudio denominado “Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, Provincia de Morropón – Piura 2019” con el propósito de lograr el mejoramiento de las propiedades en suelos arcillosos mediante la adición de plásticos PET en el distrito La Encantada perteneciente a la provincia de Morropón en Piura. Su metodología de estudio corresponde al enfoque cuantitativo con diseño experimental, cuyos sujetos de indagación corresponden a las calicatas realizadas en el área estudiada, además, el procedimiento se efectuó mediante ensayos en laboratorio mediante la observación (técnica) y el uso de ficha de observación, fichas normadas por ensayo y ensayos normado de laboratorio (instrumentos). En sus resultados, indican que en el análisis granulométrico en M-1 posee 12.8% en arena, 87.2% en finos y 0% grava tipificándose como “suelo arcilloso”; en M-2 con añadidura de plástico PET posee 12.3% en arena, 87.7% en finos y 0% grava que no presenta mejoras notables en las propiedades a nivel físico en el suelo. En el contenido de humedad, en M-1 resulta 4.0% y en M-2 con añadidura de plástico PET resulta 5.0%. En los límites de Atterberg, en M-1 en límite líquido resulta 33, en límite plástico posee de 19 y en IP se indica de 14; y, en M-2 en límite líquido resulta 34, en límite plástico posee de 20 y en IP se indica de 14. En la compactación de suelos con energía modificada según el método MPU en M-1 resultando 1.278 gr./cm³ en máxima densidad seca y 12.1% en humedad, mientras que, en M-2 resultando 1.593 gr./cm³ en máxima densidad seca y 12.3% en humedad. Para el ensayo CBR en M-1 se elaboraron 3 moldes con variaciones de 56, 25 y 10 golpes en la energía de compactación se obtiene una densidad seca de 1.845 gr./cm³, 1.752 gr./cm³, 1.661 gr./cm³; y, en M-2 se obtiene una densidad seca de 1.801 gr./cm³ (56 golpes), 1.710 gr./cm³ (25 golpes), 1.620 gr./cm³ (10 golpes) con una expansión de 0.00315%. Por ello, el CBR (0.1) en la M-2 se obtiene 14.30% (56 golpes), 9.8% (25 golpes) y 7.4% (10 golpes) y en CBR (0.2) se obtiene 19.7%, 13.3% y 11.3% por lo que se evidencia que al

añadirse el 6% de plástico PET se obtiene mejoras en la estabilización. Finalmente, se indica que en suelos arcillosos según la M-2 se mejora el CBR, aunque, no hay cambios significativos en las propiedades del suelo.

De este modo, el Tereftalato de polietileno (PET) es aquel plástico de tipología I, cuyo uso se indica para la fabricación de envases de diversas bebidas. Químicamente, su composición corresponde a: “Polietilenterftalato o poli tereftalato de etileno”, así como, su fórmula es: “[$\text{-CO-C}_6\text{H}_6\text{-CO-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-}$]” (Ramos y Seminario, 2019, p. 19).

Cabe precisar, que la mayoría de plásticos poseen propiedades específicas como baja densidad, fácil procesado, excelentes propiedades mecánicas, resistente, aislante térmico – eléctrico, bajo costo, entre otros que amplifican su consumo a nivel mundial (Sulyman & Formela, 2016, p.100).

De tal modo, que el término “*polymer*” deriva de su traducción al español a “poli” que significa “muchas *mer*” que se señala como “partes”, ya que, químicamente se origina por grandes moléculas repetidas en estructuras pequeñas (Magno & Celis, 2017, p.259).

No obstante, el PET se considera un elemento único, ya que, contiene dos residuos esenciales como componentes “fenol + PET” a nivel mundial (Nabgan & al., 2020, p. 53).

El polímero PET o “PETE” se ejemplifica en todas las botellas de refrescos, depósitos para agua, envases, envolturas, botellas para el condimento, entre otros (Guzmán, 2020, p. 26). Se destaca su uso en las envasadoras de agua para el consumo de bebidas (Coniglio et al., 2020, p.29).

Tabla 1: Características técnicas del PET

PROPIEDADES	UNIDAD	VALOR
Densidad	g/cm ³	1.34-1.39
Resistencia a la tensión	MPA	59-72
Resistencia a la compresión	MPA	76-128
Resistencia al impacto	J/mm	0.01-0.04
Dureza	---	Rockwell M94-M101
Dilatación térmica	10 ⁻⁴ / °C	15.2-24
Resistencia al calor	°C	80-120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780-15750
Constante dieléctrica	---	3.65
Absorción de agua	%	0.02
Velocidad de combustión	Mm/min	Consumo lento
Efecto de luz solar	---	Se decolora ligeramente
calidad de mecanizado	---	Excelente
calidad óptica	---	Transparente a opaco
temperatura de fusión	°C	244-254

FUENTE: Sánchez et al. (2018)

También, PET presenta ciertas características a nivel físico que favorece su uso para acatar los lineamientos técnicos, tales como: Elevado nivel de transparencia, poca capacidad permeable en gases, resistencia superior contra agentes corrosivos y el desgaste, excelente coeficiente en deslizamiento, importancia ambiental considerado como “reciclable” (Choudhary et al., 2018, p.1).

Dichas características aumentan su producción en rubros como la textilería, fabricación de envases u otros (Cuipal, 2018, p. 34). Incluso, su uso en el rubro industrial abarca hilos para neumáticos de autos, cintas transportadoras, refuerzo de mangueras, telas sin tejer empleadas en la estabilización de canalillos de drenaje, desagües y

sistemas ferroviarios, vestimenta médica, entre otros (Gregersen, 2020, s.p). Su resina se considera económica, ligera y transparente por lo que su uso es diario (Leblanc, 2020, s.p).

También, se considera el PET como un termoplástico con mayor relevancia en la ingeniería, ya que, posee propiedades excelentes a la resistencia química, procesamiento rápido, otorga coloración, etc (Carvalho et al., 2021, p.1).

El uso industrial del PET presentó un crecimiento promedio anual equivalente a 4.3% mundial (Choudhary et al., 2018, p.1), ya que, se consume casi 20 millones de toneladas de botellas de PET cuyo aumento es extraordinario resultando 14.5 millones de toneladas durante el año 2018 (United States Environmental Protection, 2021, s.p).

De tal manera, que el uso del PET desde la perspectiva ambientalista se basa en que se considera como uno de los principales materiales con mayor utilidad en la vida cotidiana (Sadler y Wallace, 2021, p.1). Su uso es frecuente y su reciclaje es esencial para disminuir los efectos producidos por la contaminación a nivel mundial y al reutilizarse (Maurya et al., 2020, p.1) mayormente se destina a la industria post-consumo reduciendo la acumulación de residuos a nivel industrial y en el hogar (Zenteno, 2018, p. 92). Su proceso de degradación oscila entre 100 – 1000 años (Chávez-Vega et al., 2018, p. 1).

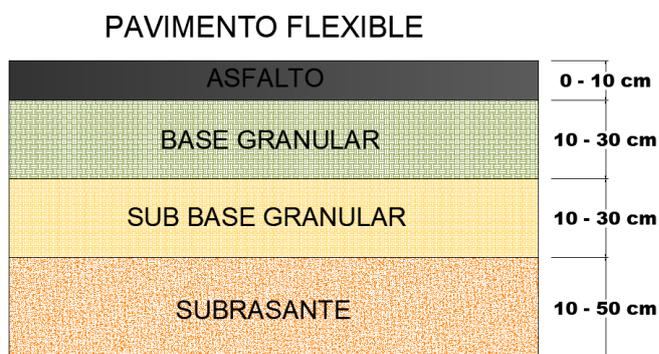
Por lo cual, la gestión de residuos sólidos en muchas ciudades se cataloga de ineficiente generando grave preocupación en relación al cuidado del medio ambiente requiriendo que diversos sectores (Tawfik et al., 2015, p. 21), especialmente, el rubro constructor disponga de sus desechos mediante el uso de polímeros post consumo en la

construcción de vías u otras aplicaciones concernientes a su rubro (Sourav et al., 2018, p.466).

En relación, al término “subrasante” se define como aquella área de fundación superficial de las carreteras en lo que respecta a su corte y relleno y sirve de apoyo el conjunto estructural del pavimento o la capa de afirmado. (Ramos y Seminario, 2019, p. 20).

El termino subrasante consiste en el suelo natural que puede ser de “corte o relleno” que soporta los sistemas de pavimento (Hastari & Zainorabidin, 2020, p.1). Asimismo, se conceptualiza según Cuipal (2018) como toda zona superficial final de la carretera que posee una importancia esencial en la capacidad estructural de pavimento, ya que, favorece a la durabilidad considerando que el suelo que se halla en la parte inferior de la zona superficial del subrasante debe poseer un valor en CBR igual o superior al 6% (p. 17). Toda subrasante, tal y como Guzmán (2020) afirma posee como propiedades: “Resistencia, drenaje, facilidad en el compactado y estabilidad volumétrica” (p. 25).

Figura 1: Estructura de un Pavimento



Fuente: Elaboración propia

Se destaca que una subrasante con características débiles se consideran una preocupación para todo profesional en ingeniería, ya que, una subrasante pobre posee mayor predisposición a una deformación perenne, por lo que su diseño debe considerar tres posibilidades para disminuir o evitar problemáticas en el proceso

constructivo mediante un diseño adaptado a las condiciones del área, eliminación del suelo y reemplazarlo con otro suelo o abandonar el área a construir (Salari et al., 2019, p.235).

Existen diversas causas que condicionan una subrasante pobre tales como las condiciones de humedad (estaciones) recurriendo a ciertos métodos en la construcción del pavimento a nivel superior o capas (Bandara et al., 2016, p.1). Por ello, casi en la mayoría de casos existen pocas posibilidades hallar un suelo perfecto recurriendo a mejorar la situación en el lugar de construcción (Shuhada et al., 2018, p. 4469).

Previamente, se indica que toda infraestructura vial debe presentar ciertos criterios para su uso de forma segura, inclusive, dichos indicadores permiten la medición del índice de desarrollo de toda nación enfatizando que su proceso de construcción es totalmente relevante en el progreso socio-económico (Bala et al., 2016, p.2). Asimismo, la estabilización de dichos suelos con distintos aditivos permite optimizar sus propiedades recurriendo a desechos de origen industrial local logrando dos objetivos que se basa en la reducción del impacto climático y mejorar la resistencia del suelo (Peter et al., 2016, p. 558).

Se afirma que la estabilización de suelos es un procedimiento de carácter mecánico, químico, eléctrico, etc. Que posee como finalidad mejorar las propiedades del suelo que suele ser de origen mecánico acorde a los lineamientos presentados por el ente correspondiente, además, presenta como beneficio la optimización de los materiales del suelo, resistencia, duración, entre otros (Quispe W. , 2020). En síntesis, si existe agrietamiento, desnivel, depresión u otra falla se recurre al procedimiento anteriormente mencionada que puede ser mecánica, química y física contribuyendo también a la reducción del volumen a causa de la temperatura o humedad (Deep et al., 2016, p.123). En el

caso, de estabilización química de suelos en la subrasante se lograr mejorar la resistencia en un plazo mínimo, así como, la capacidad de carga, entre otros (TenCate Geosynthetics Americas, 2019, p.2).

Por otro lado, es preciso indicar que en el Manual de Carreteras se establecen las siguientes categorías para las subrasante según su calidad:

Tabla 2: Categorías de la subrasante según calidad

CATEGORÍA DE SUBRASANTE	CBR
S. Inadecuada	<3%
S. Insuficiente	3% - 5%
S. Regular	6% - 10%
S. Buena	11% - 19%
S. Muy buena	20% - 29%
S. Excelente	30%

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016)

En el caso de la subrasante en suelos arcillosos ostentan gran inestabilidad por la presencia del líquido elemento que favorece su conducta plástica provocando la disminución de la resistencia a cargas derivadas del tránsito (Cuipal, 2018, p. 28-29). Los suelos arcillosos, mayormente presentan rigidez en estado seco, aunque, suelen saturarse cuando pierden dicha rigidez y provoca cuantiosos daños en carreteras, edificaciones, puentes u otras infraestructuras (Akbar et al., 2016, p. 1319).

Ello, incide que la construcción de una subrasante estable y resistente es primordial para un sistema de pavimento realmente eficaz y con largo tiempo de utilidad (Nik et al., 2021, p.1). En especial, en la construcción de carreteras se requiere de una subrasante ideal para el soporte de cargas, rigidez y resistencia (Zainorabidin & Hastari, 2018, p.1).

Por ende, (Ramos y Seminario, 2019, p. 20-22) indican que existen ciertas características imprescindibles de la subrasante tales como: (a) Humedad natural, que posibilita la comparación del contenido óptimo de humedad que se derivan de los ensayos del Proctor obteniendo CBR del suelo (Henderson, 2020, p.2). (b) Granulometría, es una técnica analítica que garantiza una adecuada conducta del suelo durante la acción de las cargas (Min et al., 2020, p.2). (c) Ensayos CBR, o capacidad de soporte de la subrasante permite evaluar el rendimiento del suelo estudiado en relación a su uso como base y subrasante en carreteras u otros (Roesyanto & Lestari, 2019). (d) Índice de plasticidad, depende de las partículas finas y gruesas provenientes del suelo brindando estabilidad y un límite de humedad (Ünver et al., 2017, p.168). (e) Clasificación del suelo según AASHTO y ASTM. (f) Otros.

En relación, al contenido de arcilla de un suelo es indispensable según su proporción se considera como “elemento riesgoso” para todo suelo de subrasante y a nivel estructural del pavimento, a causa de, su elevada sensibilidad al elemento líquido “agua” (Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2016). De esta forma, en la siguiente tabla, se especifican los rangos o parámetros idóneos según el índice de Plasticidad su clasificación y características:

Tabla 3: Clasificación de los suelos según el índice de Plasticidad

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICAS
IP >20	ALTA	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	MEDIA	Suelos arcillosos
IP < 7	BAJA	Suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	NO PLÁSTICO (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016)

También, es importante reconocer los valores adecuados en los sistemas de clasificación con mayor reconocimiento como AASHTO Y ASTM (SUCS), ya que, según la perspectiva geotécnica a través de sus resultados es posible deducir la conducta del suelo. En la siguiente tabla, se especifican las principales clasificaciones según S.U.C.S y AASTHO:

Tabla 4: Clasificación según S.U.C.S

SUCS	DESCRIPCIÓN
GW	Gravas bien mezcla arena, grava con poco o nada de material fina, variación en tamaños granulares.
GP	Gravas mal graduadas, mezcla de arena – grava con poco nada de material fino.
GM	Gravas limosas mezcla de grava arena limosa.
GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla gravas con material fino cantidad apreciable de material fino.
SW	Arena fina graduadas, arenas con grava, poco o nada de material fino.
SP	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino.
SM	Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja
SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena – arcillosa.
ML	Limos orgánicos y arenas muy finos, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas o limas arcillosas con ligera plasticidad.
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja o mediana, arcillas gravas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas magras.
OL	Lima orgánicas y arcillas limosas organizas, baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos suelos finos limosos.
CH	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas

	grasosas.
OH	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limos orgánicos.
PL	Turba, suelos considerablemente orgánicos.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016)

Tabla 5: Clasificación según AASHTO

AASHTO	DESCRIPCIÓN
A-1-a	Suelos con grava o piedras, arena gruesa y fina y ligante de suelo no plástico o baja plasticidad.
A-1-b	Incluye materiales como fragmentos de grava o roca con o sin ligante de suelo bien graduado.
A-3	Presencia de arena fina de playa o desierto, sin finos de arcilla, limo o pequeñas cantidades de limo no plástico.
A-2-4	35% o menos de material que pasa por tamiz 75mm o N° 200 y con porción que pasa por tamiz 425 mm o N° 40 con características de grupos A-4.
A-2-5	35% o menos de material que pasa por tamiz 75mm o N° 200 y con porción que pasa por tamiz 425 mm o N° 40 con características de grupos A-5.
A-2-6	Incluye materiales semejantes a A-2-4 y A-2-5 con excepción de la porción fina que contiene arcilla plástica con características de A-6.
A-2-7	Incluye materiales semejantes a A-2-4 y A-2-5 con excepción de la porción fina que contiene arcilla plástica con características de A-7.
A-4	Presencia de suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, 75% o más de material que pasa por tamiz de 75 mm o N°200, incluye suelo limoso fino y 64 % de arena y grava retenida en tamiz 75 mm o N° 200.
A-5	Se asemeja al anterior grupo, regularmente posee carácter diatomáceo o micáceo, puede ser elástico, según su alto LL.

A-6	Presencia de arcilla plástica con 75% o más del mismo que pasa por tamiz de 75 mm o N° 200, incluye, mezclas de suelo arcilloso y 64% de arena y grava que se retiene en el tamiz N° 200.
A-7-5	Presencia de materiales con IP moderados relacionados con el LL y presenta un alto potencial de expansión,
A-7-6	Presencia de materiales con IP alto en relación al LL y presenta alto potencial de expansión.

Asimismo, existe una correspondencia entre la categorización de suelos según AASHTO y SUCS:

Tabla 6: Correlación de clases de suelos AASHTO - SUCS

Clasificación de suelos AASHTO	Clasificación de suelos SUCS
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GP, SM, SP
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El estudio del tipo aplicada, se orienta a la resolución de problemáticas mediante la mejora, perfeccionamiento u optimización de procedimientos acorde a la vanguardia tecnológica (Esteban, 2018, p. 3). Es decir, su propósito esencial es la adquisición de nuevos conocimientos en problemáticas prácticas (Marotti y Wood, 2019, pág. 338).

El presente estudio se basa en la tipología aplicada, ya que, a través de las teorías expuestas se aplicarán de forma práctica y real, es decir, se recurre al uso de polímeros PET triturados para lograr la estabilización de la subrasante en el centro poblado de Marcavelica entre el Km 0+000 al Km 1+000 de la carretera Sullana – Alamor – Piura 2021.

En el diseño de estudio, se indica al diseño experimental que permite determinar el efecto que se deriva de una causa que es manipulada, es decir, existe una manipulación voluntaria de una o varias variables independientes (Hernández, et al., 2014, p.130). También, su propósito se centra en el diseño activo experimental que produzca evidencias relevantes y defendibles en el fenómeno o hecho de estudio (Seltman, 2018, pág. 3).

Por ello, en la presente indagación se realizan diversos ensayos en laboratorio acerca del suelo de subrasante en el centro poblado de Marcavelica entre el Km 0+000 al Km 1+000 para la obtención de resultados verídicos acerca del uso de polímeros PET en porcentajes variados.

3.2 Variables y operacionalización

3.2.1 Variables

A) Polímeros PET triturados

El Tereftalato de polietileno (PET) es aquel plástico de tipología I, cuyo uso se indica para la fabricación de envases de diversas bebidas (Ramos y Seminario, 2019, p. 19).

B) Subrasante

Se define como toda zona superficial final de la carretera que posee una importancia esencial en la capacidad estructural de pavimento, ya que, favorece a la durabilidad considerando que el suelo que se halla en la parte inferior de la zona superficial del subrasante debe poseer un valor en CBR igual o superior al 6% (Cuipal, 2018, p. 17).

3.3 Población, muestra y muestreo

A) Población

La población se define como la agrupación o reunión de unidades que se emplearan para un estudio (Shulka, 2020, p. 2). De este modo, la población del estudio se encuentra integrada por la carretera Sullana Alamor, tramo de pasa por el centro poblado de Marcavelica – Provincia de Sullana – Departamento Piura.

B) Muestra

La muestra se extrae de la población con la finalidad de comprobar la veracidad de la hipótesis planteada (De Sousa et al., 2017, pág. 620). De tal modo, que la muestra que representa el presente estudio está integrada entre el Km 0+000 al Km 1+000 de la carretera Sullana- Alamor en el centro poblado de Marcavelica – Sullana.

C) Muestreo

En este proyecto se tomo como muestreo los 5 cinco puntos de investigación; las cuales fueron extraídas las muestras para luego ser analizados; guiándose de la norma del manual de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A) Técnicas

La técnica principal de estudio se basa en la observación de la realidad situacional para recolectar eficientemente los datos requeridos (Cuipal, 2018, p. 47).

De este modo, se efectuó una visita de campo para la ubicación de los tramos que se hallen en estado deficiente y suelos arcillosos. Por ello, se optó por el Km 0+000 al Km 1+000 en el centro poblado de Marcavelica, facilitando la ubicación para la elaboración de las calicatas, las cuales fueron ubicados cada 200 metros.

Seguidamente se realizó las excavaciones de las calicatas en los puntos seleccionados, a una profundidad de 1.50 metros del nivel del suelo natural con un ancho de 0.80 por

largo de 0.60m, para luego extraer la muestra del suelo la que fue trasladada al laboratorio donde se realizaron los ensayos físicos y mecánicos de acuerdo a los lineamientos del manual de Ensayos de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

B) Instrumentos

Los instrumentos que fueron utilizados en campo para las excavaciones y extracción de muestra del suelo son pala, bolsas herméticas, pico y Wincha.

Los instrumentos son los siguientes:

- Ficha de observación.
- F. T. de análisis Granulométricas por tamizado, (MTC E107).
- F.T. de contenido de Humedad Natural, (MTC E 108).
- F. T. de límites de Atterberg (MTC em 110,11).
- F. T. ensayos de Proctor modificado (MTC E 115-2000).
- F.T. ensayo de CBR (MTC E 132-2000).
- Ensayos normados para laboratorio.
- Equipos para los ensayos físicos y mecánicos de Suelos.
- Computadora (para el proceso de datos).
- Cámara Fotográfica.

C) Validez

La validez de un Instrumento de medición se evalúa sobre la base de todos los tipos de evidencia, cuando más evidencia tenga un instrumento de medición, este se acercará más a representar a variable que se quiera medir (Hernández, 2014, pág. 204).

Los instrumentos utilizados para la recopilación de datos establecidos y el desarrollo de la investigación tendrán la certificación de validez firmada por un especialista o técnico experto en el tema.

3.5 Procedimientos

El procedimiento del estudio se inicia con la ubicación y extracción de las calicatas que se sitúan en el tramo de estudio de acuerdo con ASTM D 2448 (Descripción e identificación de suelos mediante un procedimiento visual y manual), las cuales son transportadas en bolsas especiales para evitar daños relacionados a mantener la conservación de su humedad natural; para luego ser transportadas al laboratorio donde se analizarán mediante los siguientes ensayos determinados en el Manual de Ensayo de materiales:

Los ensayos de laboratorio que se efectúan son:

- Contenido de humedad.
- Análisis granulométrico
- Límites de Atterbert.
- Ensayo de Proctor modificado
- Ensayo de CBR
- Ensayo de CBR aplicando el Polímero PET Triturado a los porcentajes de 3%, 6% y 9%.

Posteriormente, se determina la dosis de polímero PET triturado que se añade para estabilizar la subrasante en las muestras extraídas. Asimismo, se especifica el método de obtención del material plástico, así como, el costo derivado del mismo. También, se efectúa un ensayo de CBR con las dosis de polímero PET triturado para luego ser analizados mediante

formatos y cuadros estadísticos, también se contó con un profesional especialista en estudios de Suelo.

3.6 Método de análisis de datos

En el presente estudio, se efectuará a través del desarrollo de cada objetivo planteado acorde a la normativa vigente.

3.7 Aspectos éticos

Se consideran como aspectos éticos que data en toda acción de investigación son:

- Beneficencia y no maleficencia.
- Justicia
- Integridad científica
- Consentimiento informado y expreso.

IV. RESULTADOS

A continuación, se explica el procedimiento metodológico efectuado según los objetivos de indagación:

Tabla 7: Procedimiento metodológico

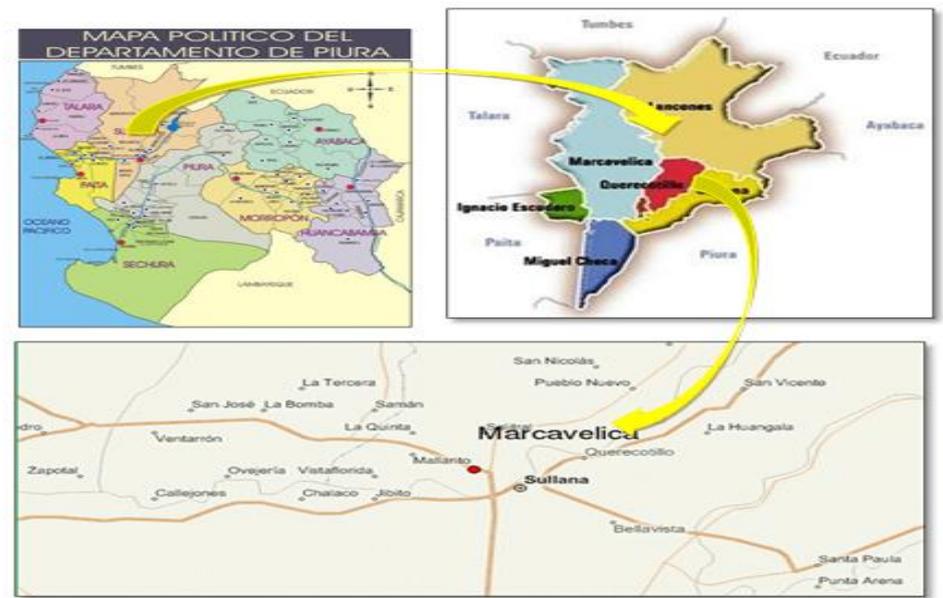
Paso N°1	Localización y ubicación de la Calicatas.
Paso N°2	Trabajo en campo, excavación y extracción de muestras.
Paso N°3	Ensayos de Laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.
Paso N°4	Recaudación de Polímeros PET (Botellas de plásticos)
Paso N°5	Tratamiento del suelo con Polímeros PET.
Paso N°6	Comparación de las propiedades del suelo.

Fuente: Elaboración Propia (2021).

4.1 Localización y ubicación de las Muestras.

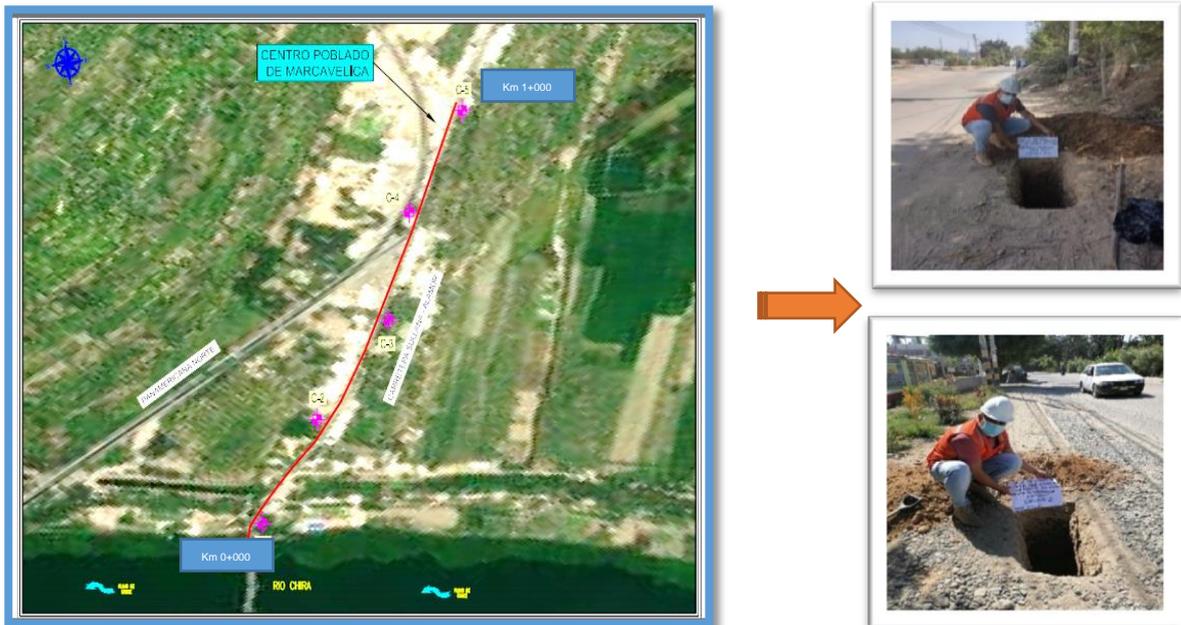
El proyecto se ubica en el centro Distrito de Marcavelica, provincia de Sullana, la longitud lineal de la vía de estudio es de un 1.00 km que corresponde entre las progresivas Km 0+000 al km 1+000 de la carretera Sullana - Alamor con coordenadas UTM referenciales en el N 9459823.553, 533567.772 a una altura aproximada de 50 msnm (metros sobre el nivel del mar).

Figura 2: Localización regional y provincial



Fuente: Elaboración Propia (2021).

Figura 3: Ubicación de Calicatas



Fuente: Elaboración Propia (2021).

Tabla 8: Calicatas

Cuadro de Calicatas			
Calicata N°	Progresiva Km.	Prof. (mts)	Lado
1	0+200	1.50 m	Derecho
2	0+400	1.50 m	Izquierdo
3	0+600	1.50 m	Derecho
4	0+800	1.50 m	Izquierdo
5	1+000	1.50 m	Derecho

Fuente: Elaboración Propia (2021).

4.2 Trabajo en campo, excavación, extracción.

Para la identificación y muestreo de los puntos de investigación (calicatas), se evaluó el proyecto de estudio bajo los lineamientos del manual de suelos, geología, geotécnica y pavimentos del MTC; teniendo en cuenta que la vía de estudio está clasificada como tipo carretera de segundo nivel por considerarse una calzada de dos carriles; por lo tanto, el número total de calicatas a explorar son 5 de una profundidad 1.50 m.

Tabla 9: Ubicación de calicatas

Cuadro de ubicación de Perforaciones d Tajo Abierto					
Calicata N°	Progresiva Km.	Prof. (mts)	Lado	Coordenadas UTM Datum WGS 84	
				Norte	Sur
1	0+200	1.50 m	Derecho	533734.698	9459449.607
2	0+400	1.50 m	Izquierdo	533687.922	9459580.726
3	0+600	1.50 m	Derecho	533629.166	9459725.384
4	0+800	1.50 m	Izquierdo	533549.58	9459845.001
5	1+000	1.50 m	Derecho	533470.133	9459994.299

Fuente: Elaboración Propia (2021).

4.3 Ensayos de Laboratorio.

Los trabajos de exploración de suelo se tomaron de los diferentes extractos de cada calicata excavada para su posterior clasificación. A continuación, para establecer cada propiedad mecánica y física en las muestras extraídas, se recurre a los ensayos establecidos en el Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).

Tabla 10: Ensayos de laboratorio (Estudio de suelos)

Ensayos	Norma
Propiedades Físicas	
Análisis Granulométrico por Tamizado	NTP.339.128-1999
Contenido de Humedad	NTP.339.127-1999
Límites de Atterberg	AASHTO T-8-, T-90, ASSHTO D 4318.
Clasificación de Suelos (SUCS) y ASSHTO	ASTM 2487 Y AASHTO M 145
Propiedades Mecánicas	
Ensayo de Compactación (Proctor Modificado)	ASTM D-698, D-1557
Ensayo de CBR	NTP.339.145 – 1999

Fuente: Elaboración Propia (2021).

4.4 PRIMER OBJETIVO: DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO NATURAL EXISTENTE DEL CENTRO POBLADO DE MARCAVELICA – PIURA 2021

4.4.1 Propiedades Físicas que influyen en la clasificación del Suelo natural a nivel de Sub rasante.

A) Contenido de Humedad Natural.

Este ensayo nos determina la Humedad natural de un suelo existente (ensayo MTC E 108), el cual facilitará la comparación entre la humedad óptima resultante del ensayo y de los ensayos de Proctor para obtener el CBR del suelo, si la humedad natural posee valores similares o inferiores a la humedad óptima. También, se planteará la compactación normal de suelo y un aporte adecuado de cantidad de agua, pues, en caso de que la humedad natural es superior a la humedad óptima y acorde a la saturación del suelo se propondrá al incrementar la energía de compactación, airear el suelo o sustituir el material saturado. (MTC, 2014, p.33)

En la siguiente tabla N°11 se muestra el resumen del ensayo de contenido de Humedad realizados en cada calicata.

Tabla 11: Resultados del contenido de humedad y OCH

Muestra	Progresiva (Km)	%w	Optimo Contenido de Humedad
C 1	0+200	11.1%	11.8%
C 2	0+400	10.3%	11.4%
C 3	0+600	9.5%	10.0%
C 4	0+800	9.5%	9.7%
C 5	1+000	10.9%	11.7%

Fuente: Elaboración Propia (2021).

En la tabla 11, se menciona los resultados del ensayo de humedad natural en las muestras extraídas de las 5 calicatas excavadas en la zona de estudio, donde observamos que dichos resultados tienen diferencias significativas que varían el 0.2% al 0.8% de su óptimo contenido de humedad; teniendo como resultados de la C-01 el 11.1% W y 11.8% OCH; C-02 10.3% W y 11.4% OCH; C-03 9.5% W y 10.0% OCH; C-04 9.5% W y 9.7% OCH y la ; C-05 10.9% W y 11.7% OCH, lo que indica que los resultados de la humedad natural de las cinco calicatas estudiadas son menores a su óptimo contenido de humedad, el cual se planteará a compactar de forma normal con el aporte del porcentaje de agua conveniente.

B) Análisis Granulométrico

Estos análisis realizados según la Normas ASTM, mediante lavado o en seco permite determinar el tipo de suelo, que conjuntamente con los ensayos de límites permite la clasificación geotécnica de los suelos, habiéndose establecido, según el SUCS y ASSTHO en la siguiente tabla, se muestra los porcentajes pasantes de las muestras acorde a sus diámetros de sus mallas (malla de 2" - 50.80 mm a la N°200 - 0.0745).

Tabla 12: Resultados granulométricos del suelo

Tamiz	mm.	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
2"	50.800		100.0%			
1 1/2"	37.500	100.0%	98.9%		100.0%	
1"	25.400	98.6%	97.2%	100.0%	97.7%	
3/4"	19.000	97.1%	94.7%	98.4%	96.2%	100.0%
1/2"	12.700	95.1%	91.8%	96.9%	94.5%	98.1%

3/8"	9.520	94.1%	88.6%	95.1%	92.6%	96.3%
N.º 4	4.750	87.5%	83.6%	89.6%	87.1%	90.3%
Nº10	2.000	85.6%	78.6%	79.7%	78.0%	86.5%
Nº20	0.850	82.7%	70.3%	71.2%	69.2%	83.2%
Nº30	0.600	81.1%	67.3%	66.3%	64.9%	81.7%
Nº40	0.420	79.2%	64.4%	62.7%	61.4%	79.8%
Nº60	0.250	75.3%	60.6%	56.8%	57.5%	75.9%
Nº100	0.150	71.0%	55.6%	53.7%	54.4%	70.8%
Nº200	0.075	68.0%	51.9%	51.0%	51.8%	65.8%

Fuente: Elaboración Propia (2021).

En la tabla N°12 se identifica los porcentajes obtenidos en los pasantes de las muestras extraídas de las cinco calicatas por sus respectivas mallas; notándose que todas las muestras estudiadas contienen más del 50% de partículas finas (pasante de la malla N°200, abertura 0.074), por lo que se concluye que el suelo de la subrasante contiene altos índices de Finos, suelo poco resistente ante el efecto de cargas y mayor retención de agua.

En la tabla N°13, se indica el resumen del porcentaje de material correspondiente a grava, arena y limo o arcillas obtenidos de las muestras estudiadas.

Tabla 13: Contenido de material en % de muestras

Material	C1	C2	C3	C4	C5
Grava	12.5%	16.4%	10.4%	12.9%	9.7%
Arena	19.5%	31.7%	38.6%	35.3%	24.5%
Finos > N°200	68.00%	51.90%	51.00%	51.80%	65.80%

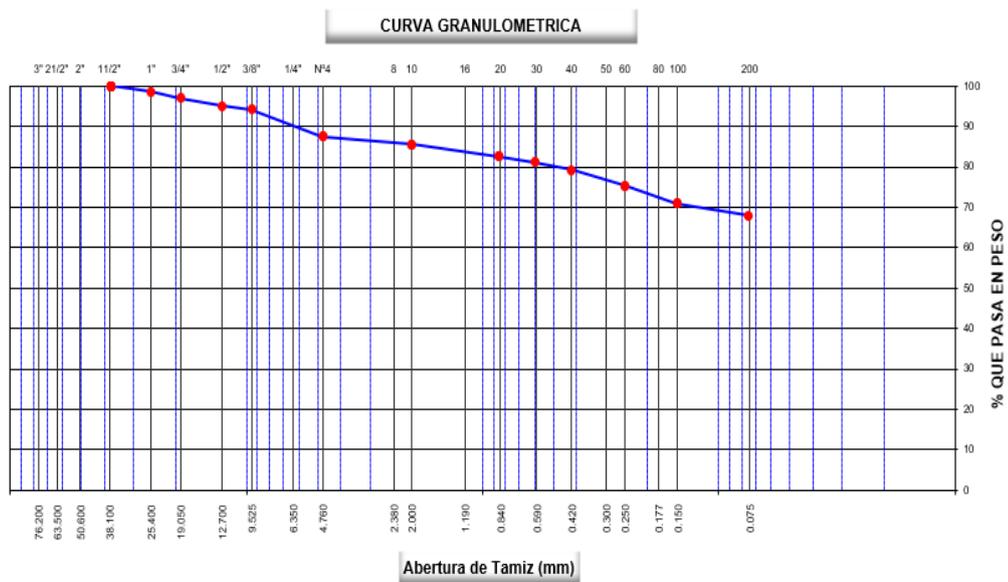
Fuente: Elaboración Propia (2021).

La tabla 13, menciona el porcentaje de material correspondiente a grava, arena y arcilla de las muestras C01,

C-02, C-03, C-04 Y C-05 donde se observan que la calicata C-03 y C-05 tienen el menor porcentaje de gravas, con un valor de 10.4 y 9.7%; la C-01 y C-04 tiene porcentaje similar de gravas de 12.5% y 12.7%; la C-05 es la muestra donde se encontró mayor porcentaje de gravas con un 16.4% de grava, también evidenciamos que los porcentajes de arena son menores al porcentaje de finos, partículas que se definen por presentar baja permeabilidad y mayor retención del agua.

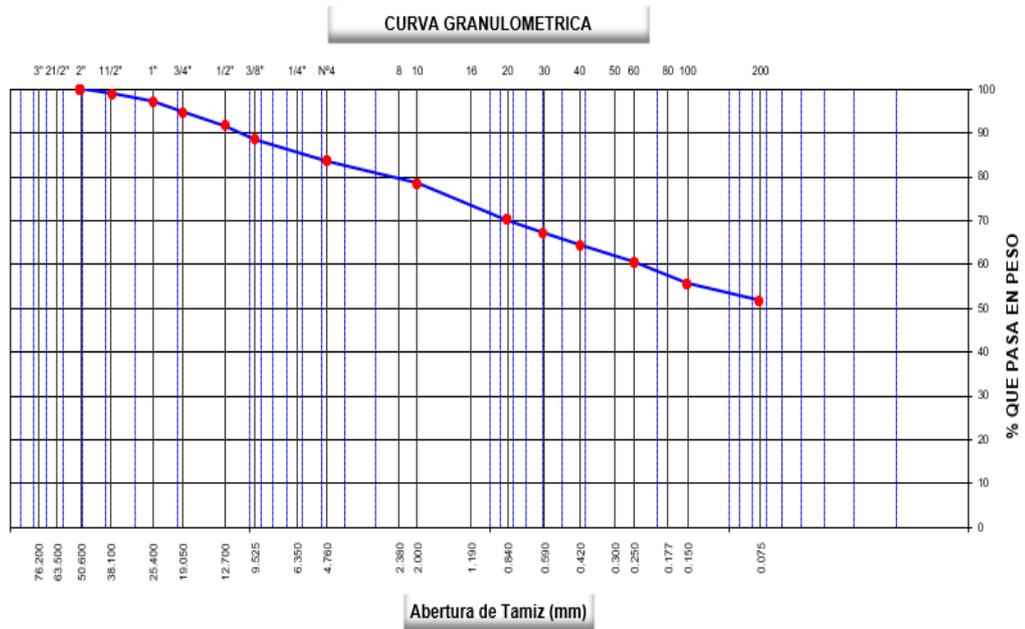
En los siguientes gráficos, se distinguen las curvas granulométricas de las calicatas C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05.

Figura 4: Gráfico del análisis granulométrico - C1



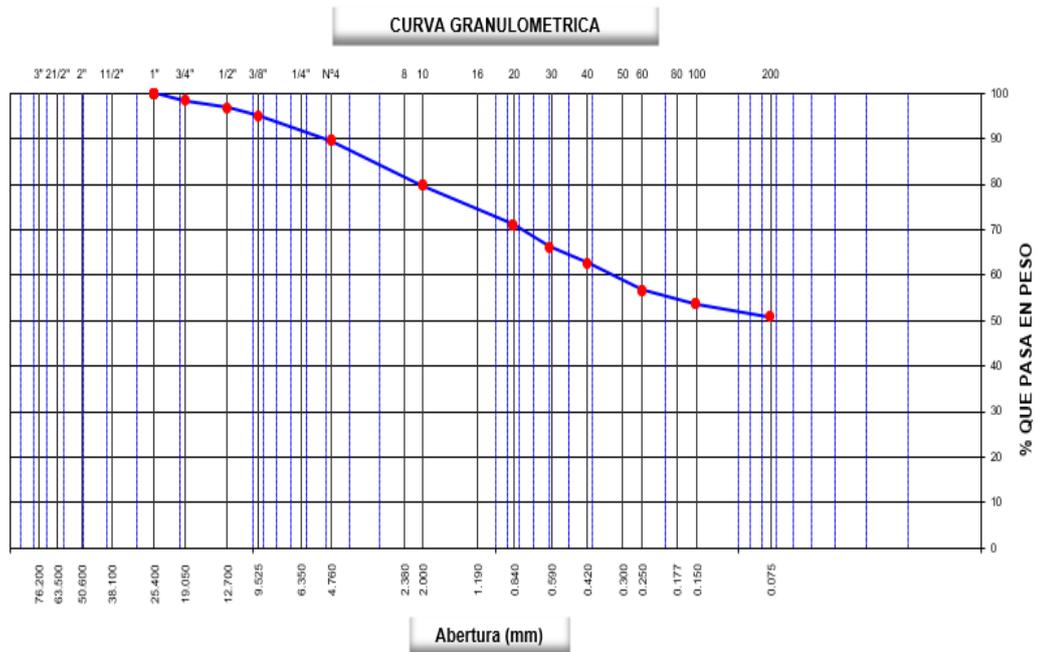
Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

Figura 5: Gráfico del análisis granulométrico - C2



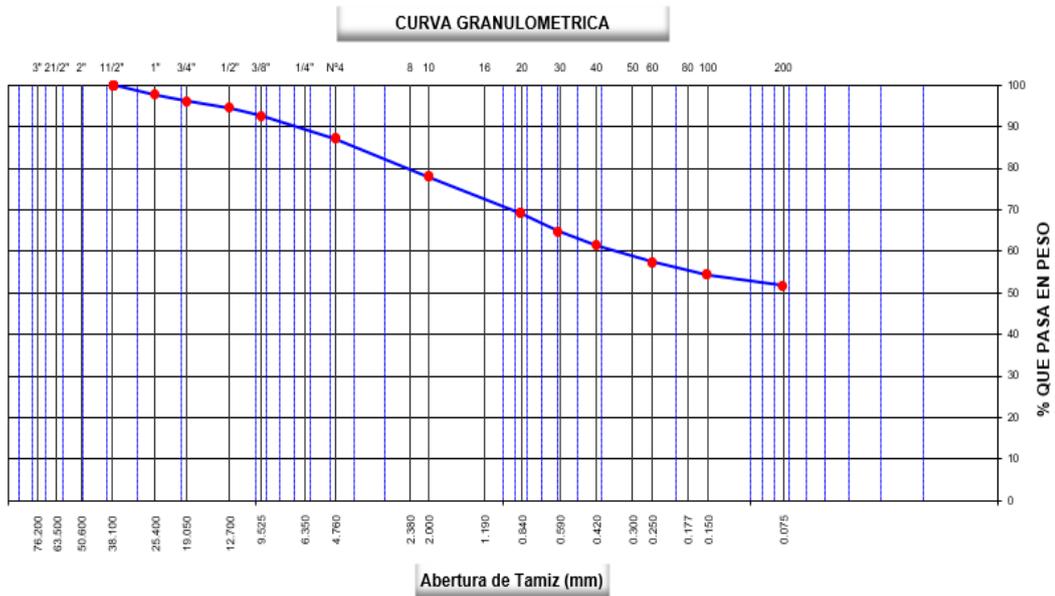
Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

Figura 6: Gráfico del análisis granulométrico - C3



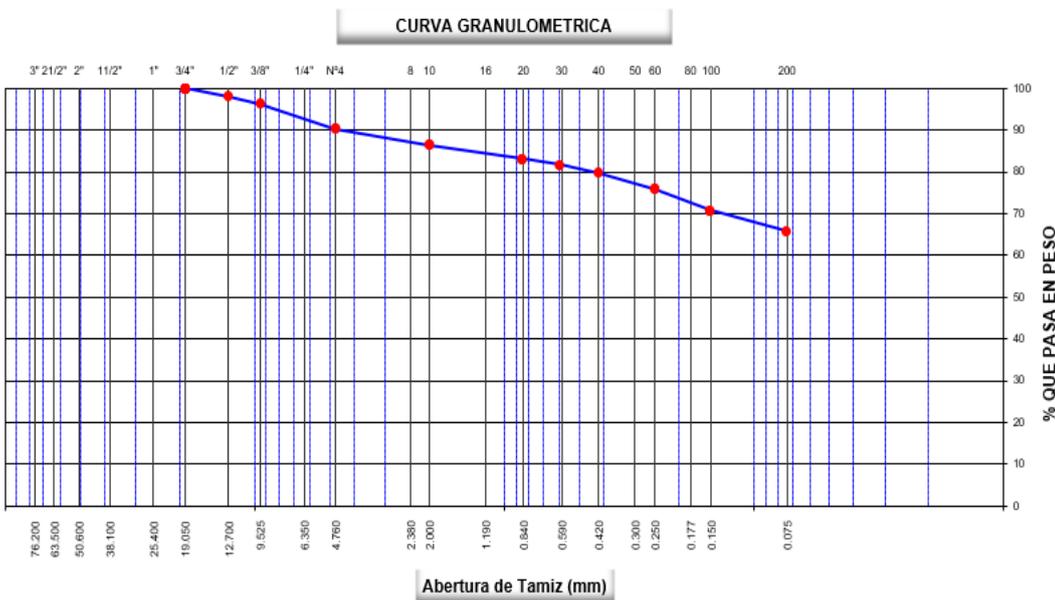
Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

Figura 7: Gráfico del análisis granulométrico - C4



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

Figura 8: Gráfico del análisis granulométrico - C5



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En las gráficas de granulometría de las calicatas mencionadas, se puede observar que las curvas del porcentaje que pasan por las diferentes mallas tienen a descender con un porcentaje mayor al 50% de la muestra pasante a la

malla N°200; lo que podemos definir que nos encontramos con un suelo con contenido de arcillas y limos.

D) Índice de Plasticidad (Límites de Atterberg: Límite Líquido y Límite Plástico).

En la tabla 14, se encuentra sintetizado cada dato derivado del ensayo de los Límites de Atterberg (LL= Límite Líquido, L.P.= Límite plástico y I.P.=Índice de Plasticidad). Este ensayo se realiza con el material pasante de la malla N°40.

Tabla 14: Presumen de Ensayo de Límites de Atterberg

CALICATA	PROGRESIVA	L.L.	L.P.	I.P.
		%	%	%
C1	0+200	42	21	21
C2	0+400	41	22.0	19
C3	0+600	32.5	19.0	13.5
C4	0+800	32.9	20.0	12.9
C5	1+000	35.3	21.0	14.3

Fuente: Elaboración Propia (2021).

Acorde al Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, se deduce que los valores del Índice Plástico de las Calicatas “C01, C02, C03, C04 y C05” se encuentran en el rango de $7 < IP \leq 20$, clasificándolo como un suelo arcillo de mediana plasticidad; de los datos obtenidos se decidió a dividir la zona de estudio en dos tramos por tener resultados parecidos, quedando la C-01, C-02 en el primer tramo y la calicata C-03; C-04, C-05 en el segundo tramo para

luego aplicar el aditivo del PET-Triturado en los porcentajes propuestos (3%, 6%, 9%).

En los siguientes gráficos se muestran los diagramas de fluidez de cada calicata 1, 2, 3, 4, y 5, esta grafica tiene como propósito encontrar el contenido de humedad de un suelo a 25 golpes, los resultados se obtienen del ensayo con la Copa de Casagrande.

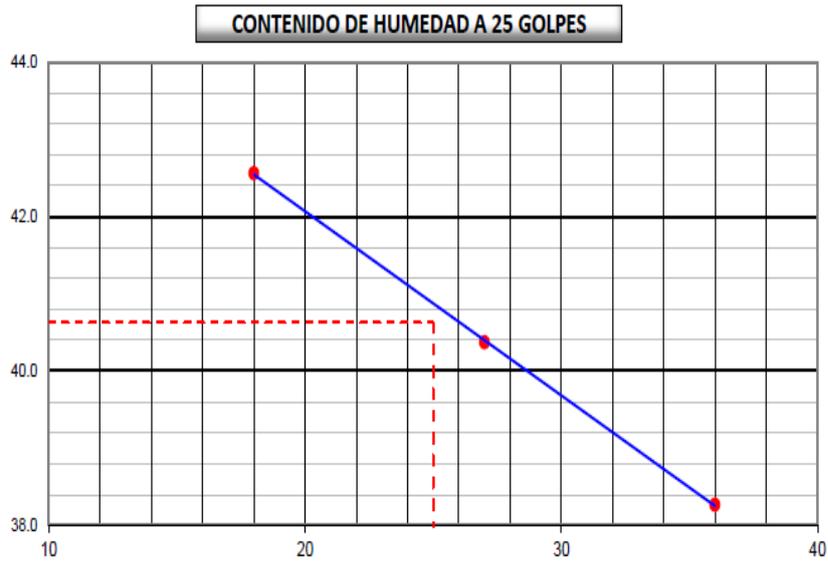
Figura 9: Límite líquido - C1



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

La figura 9, presenta el diagrama de fluidez de la calicata C-01, donde se evidencia que, en 25 golpes, la muestra adquiere su límite líquido de un valor de 41.8% dicho diagrama se realiza con la copa de casa grande.

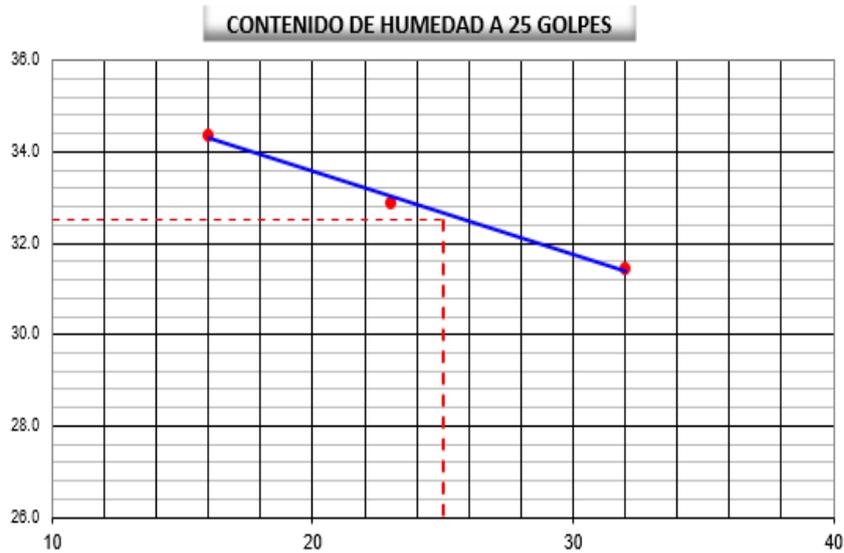
Figura 10: Límite líquido - C2



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 10, se observa el diagrama de fluidez de la calicata C-02, la cual se determinó que a 25 golpes se obtiene un límite líquido de 41%.

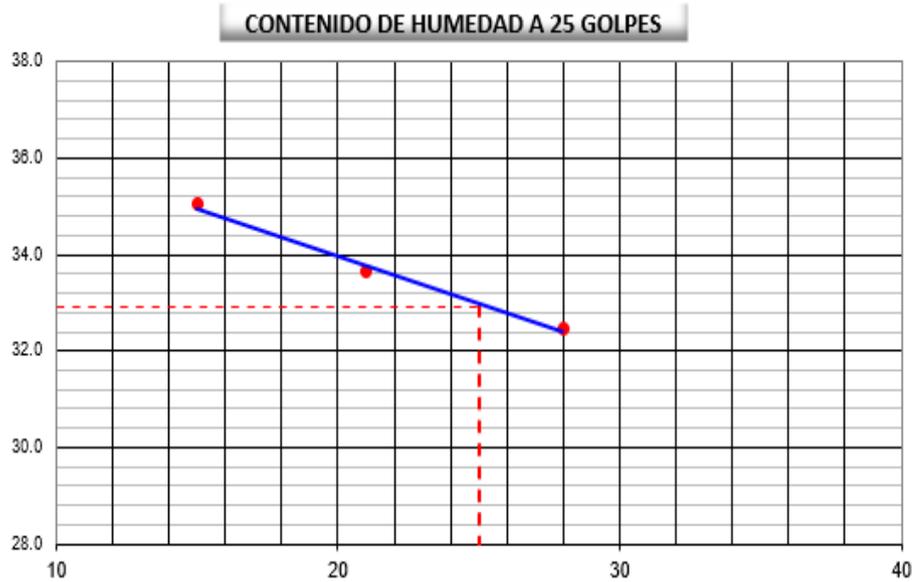
Figura 11: Límite líquido - C3



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

La figura 11, muestra el diagrama de fluidez de la calicata C-03, la cual se determinó que a 25 golpes se obtiene un límite líquido de 32.5%.

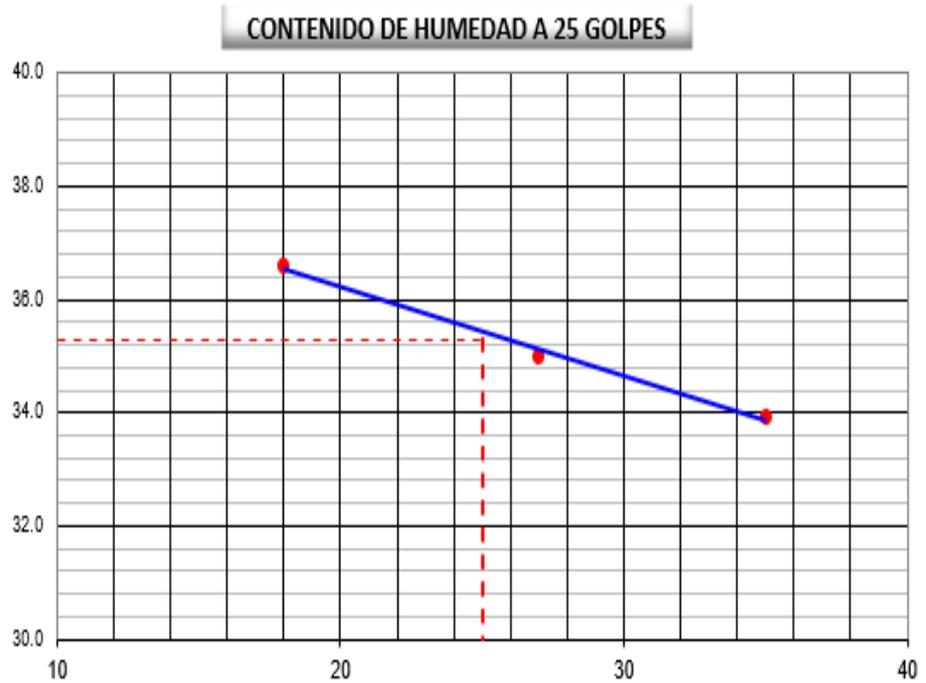
Figura 12: Límite líquido - C4



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

La figura 12, se observa el diagrama de fluidez de la calicata C-04, la cual se determinó que a 25 golpes se obtiene un límite líquido de 32.9%.

Figura 13: Límite líquido - C5



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

La figura 13, presenta el diagrama de fluidez de la calicata C-02, la cual se determinó que a 25 golpes se obtiene un límite líquido de 35.3%.

E) Clasificación de suelos.

Luego de obtener los datos de los ensayos de contenido de Humedad; granulometría y límites de Atterberg, podemos clasificar los suelos por los métodos de SUCS y AASHTO.

- Clasificación SUCS

Tabla 15: Clasificación SUCS

Calicata	C1	C2	C3	C4	C5
Profundidad (m)	1.50 m				
Progresiva (Km)	0+200	0+400	0+600	0+800	1+000

Arena N°4 - N°200	19.50%	31.78%	38.60%	35.30%	24.50%
Finos >N°200	68.00%	51.90%	51.00%	51.80%	65.0%8
Limite Liquido	42%	41%	33%	33%	35.30%
Índice de Plasticidad	21%	19.0%	14%	13%	14%
Clasificación de SUCS	CL	CL	CL	CL	CL
Denominación	Arcilla Inorgánica de mediana y baja plasticidad	Arcilla Inorgánica de baja y mediana plasticidad	Arcilla Inorgánica de mediana y baja plasticidad	Arcilla Inorgánica de mediana y baja plasticidad	Arcilla Inorgánica de mediana y baja plasticidad

Fuente: Elaboración Propia (2021).

En la tabla N°15, a través del Sistema Unificado de Clasificación de suelos SUCS, se evidencia que todas las muestras se tipifican como “CL”, es decir, suelo arcilloso de mediana y baja plasticidad; también podemos observar que los resultados de los índices de plasticidad se encuentran entre el rango de $7 \geq IP \leq 20$, lo que lo caracteriza de un suelo arcilloso de plasticidad media resultado que se evidencia en el porcentaje de muestra pasante de la malla N° 200 (0.074 mm). Acorde al manual de Suelos y pavimentos se indica que un suelo con contenido de arcillas, puede ser riesgoso para un suelo de subrasante; debido a su gran sensibilidad al agua

- **Clasificación AASHTO**

Para la clasificación AASHTO, se considera el suelo pasante de la malla N° 200; sus características plásticas y el índice de grupo; para evaluar la calidad del material del suelo para subrasante es relevante reconocer el índice de grupo (IG), que se asocia al LL, IP y el porcentaje pasante de la malla N° 200. En la siguiente tabla, se observa el resumen para la clasificación de AASHTO.

Tabla 16: Clasificación AASHTO

Calicata	C1	C2	C3	C4	C5
Profundidad (m)	1.50 m	1.50 m	1.50 m	1.50 m	1.50 m
Progresiva (Km)	0+200	0+400	0+600	0+800	1+000
% que pasa por malla N°10	85.6%	78.6%	79.7%	78.0%	86.5%
% que pasa por malla N°40	79.2%	64.4%	62.7%	61.4%	65.8%
% que pasa por malla N°200	68.0%	51.9%	51.0%	51.8%	65.8%
Limite Liquido	42%	41%	33%	33%	35%
Índice de Plasticidad	21%	19%	14%	13%	14%
Índice de Grupo (IG)	11	7	5	4	8
Clasificación de AASTHO	A-7-6 (11)	A-7-6 (7)	A-6 (5)	A-6 (4)	A-6 (8)
Denominación	Arcillas de alta compresión	Arcillas de alta compresión.	Suelos Arcillosos	Arcillas de mediana y baja compresión	Arcillas de mediana y baja compresión

Fuente: Elaboración Propia (2021).

En la tabla N° 16, a través de la clasificación AASTHO se tipificó que la C1 y C2 como “A-7-6 (11) y A-7-6 (7)”, respectivamente, es decir, se denominan arcillas de alta compresión; C3 pertenecen a “A-1-b (0)” denominado suelos arcillosos; C4 pertenece a “A-6 (4)” denominado arcillas de mediana y baja compresión; y, C5 pertenece a “A-6 (8)” denominado arcillas de mediana y baja compresión.

4.4.2 Propiedades mecánicas

A) Ensayo de Proctor Modificado

En el siguiente ensayo, se estableció la relación contenida de humedad y peso unitario seco (Diagrama de la curva de compactación) que permite estimar la humedad

optima y la densidad máxima seca de cada calicata, este ensayo consiste en la compactación del suelo en un molde de 4 o 6 pulga. de diámetro sometido a la fuerza de un pistón de 10 lbf que cae a una altura de 457mm.; en la siguiente tabla se encuentra el resumen de la densidad seca y su humedad óptima.

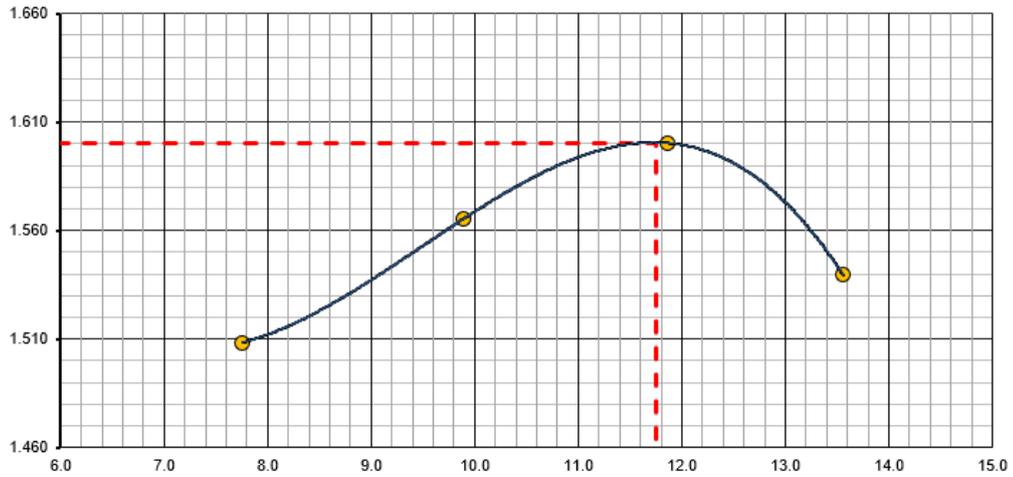
Tabla 17: Resultados del ensayo del Proctor Modificado

Calicata	C1	C2	C3	C4	C5
Profundidad (m)	1.50 m				
Progresiva (Km)	0+200	0+400	0+600	0+800	1+000
Humedad óptima	11.8%	11.4%	10.0%	9.7%	11.7%
Densidad Máxima Seca (grs/cm³)	1.601	1.599	1.705	1.699	1.631

Fuente: Elaboración Propia (2021).

El resumen de la tabla N° 17, determina el porcentaje de humedad por el cual el suelo será compactado teniendo como resultados de la calicata 1 una humedad optima de 11.8% y una densidad máxima seca de 1.601 gr/cm³; asimismo, la C2 muestra 11.4% en humedad optima y 1.599 gr/cm³ en densidad máxima seca; C3 el 10.0% como humedad optima y 1.705 gr/cm³ en densidad máxima seca; C4 9.7% en humedad optima y 1.699 gr/cm³ en densidad máxima seca; y C5, 11.7% como humedad optima y 1.631 gr/cm³. En los siguientes gráficos se muestra la relación del contenido de humedad y la densidad seca según los ensayos de Proctor que se les desarrollaron a las calicatas.

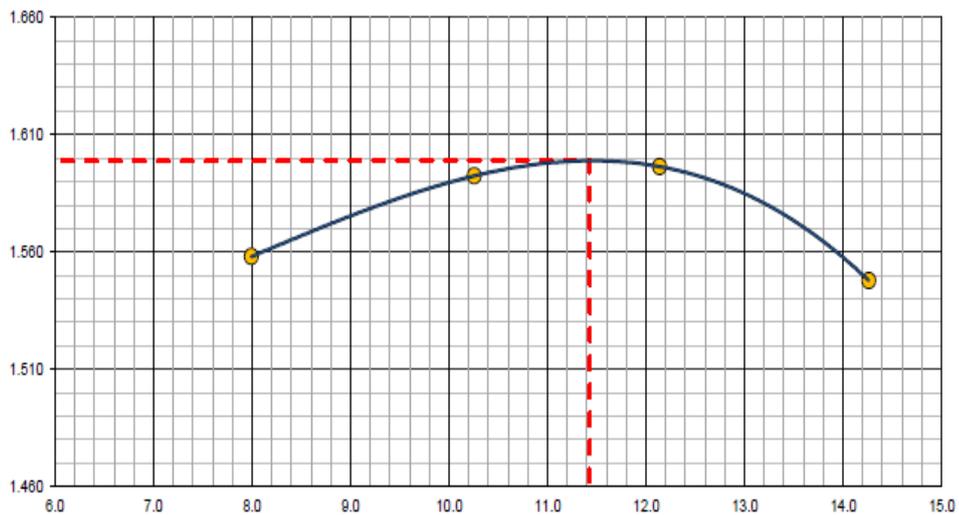
Figura 14: Diagrama Relación Humedad Óptima - Densidad Máxima Seca - C1



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 14, observamos que la C-01 alcanza su máximo contenido de humedad Óptima de 11.8% con una máxima densidad seca de 1.601 gr/cm³.

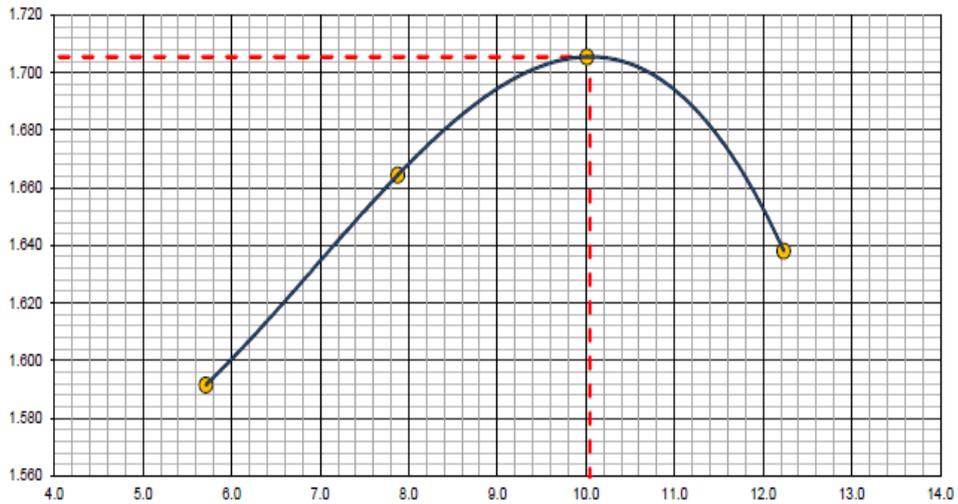
Figura 15: Diagrama Relación Humedad Óptima - Densidad Máxima Seca – C2



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 15, observamos que la C-02 alcanza su máximo contenido de humedad Óptima de 11.4% con una máxima densidad seca de 1.599 gr/cm³.

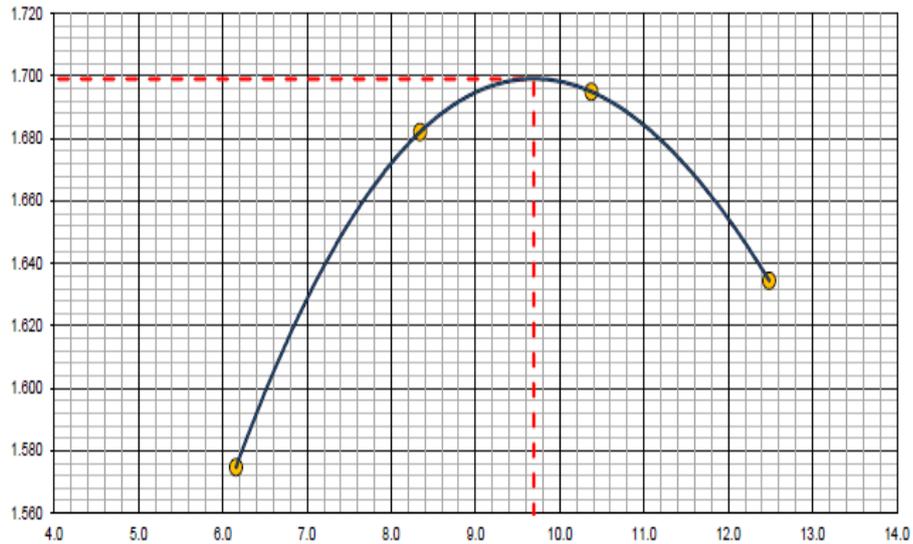
Figura 16: Diagrama Relación Humedad Óptima - Densidad Máxima Seca – C3



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 16, el porcentaje de humedad óptima es de 10.00% a una densidad seca de 1.705 gr/cm³.

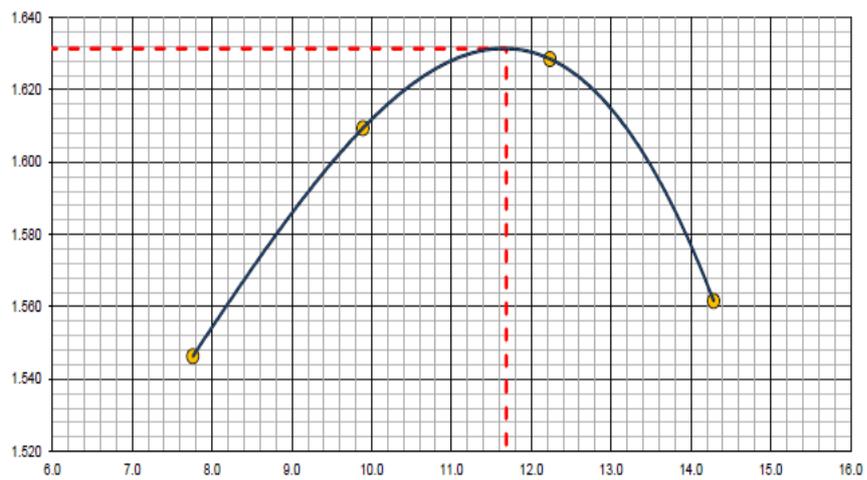
Figura 177: Diagrama Relación Humedad Óptima - Densidad Máxima Seca – C4



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 17, el porcentaje de humedad óptima es de 9.7% a una densidad seca de 1.699 gr/cm³.

Figura 18: Diagrama Relación Humedad Óptima - Densidad Máxima Seca – C5



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 18, el porcentaje de humedad óptima es de 11.7% a una densidad seca de 1.631 gr/cm³.

B) Ensayo de CBR

El ensayo de CBR se considera el más importante de la investigación, puesto que se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos utilizados como sub rasante, sub base y base en la estructura de un pavimento de una carretera; puesto que se determina la capacidad portante del suelo existente.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los ensayos de CBR sometidos a una carga de 4.5 kg y sumergidos a 96 horas, también se determinó el porcentaje de expansión, además del valor de CBR al 95% y 100% de la densidad máxima seca (DMS) a una penetración de 0.1”, estos resultados nos ayudaran a comprar con los resultados adicionando los porcentajes de PET triturado al porcentaje de 3%, 6% y 9%.

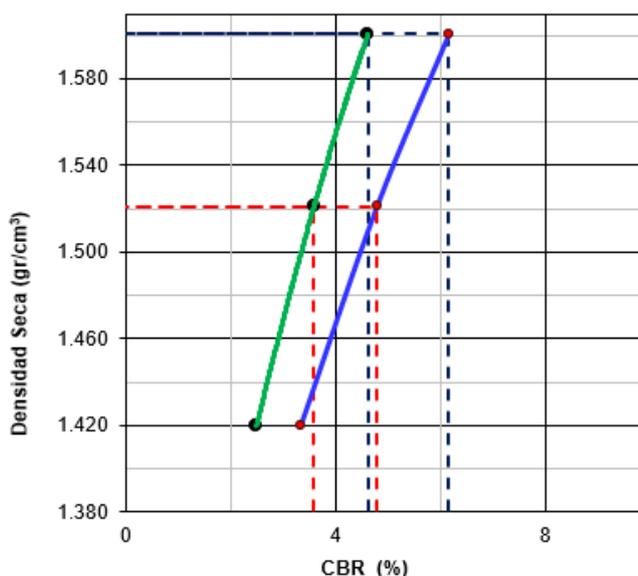
Tabla 18: Resultados del ensayo de CBR

GOLPES		C1			C2			C3			C4			C5		
		56	25	12	56	25	12	56	25	12	56	25	12	56	25	12
D.M. SECO	g/cm ³	1.601	1.521	1.420	1.599	1.519	1.418	1.705	1.620	1.523	1.699	1.614	1.507	1.631	1.550	1.455
EXPANSIÓN	%	1.369	1.458	1.502	0.177	0.199	0.243	0.265	0.353	0.420	0.353	0.420	0.398	0.707	0.729	0.773
ESFUERZO CORREGIDO	Kg/cm ² 0.1”	4.6%	3.6%	2.5%	5.5%	4.2%	3.5%	5.9%	4.5%	3.5%	5.9%	4.5%	3.5%	5.9%	4.7%	3.7%
	0.2”	6.2%	4.8%	3.3%	7.3%	5.6%	4.7%	7.8%	6.1%	4.7%	7.9%	6.1%	4.7%	7.8%	6.3%	5.0%
VALOR DE CBR	95% 0.1”	3.6%			4.2%			4.5%			4.6%			4.7%		
	100% 0.1”	4.6%			5.5%			5.9%			5.9%			5.9%		

Fuente: Elaboración Propia (2021).

En la tabla N° 18, presenta los resultados del CBR de cada calicata que se sometieran a una penetración de 0.1" con su densidad seca del 95% y 100%", determinando que la C1 exhibe 3.6% y 4.6% respectivamente; asimismo, se obtuvo en calicata 2, 4.2% y 5.5%; C3, se obtuvo 4.5% y 5.9%; C4, 4.6% y 5.9%; y, C-5, 4.7% y 5.9%. Según el manual de suelos y pavimentos del Ministerio de Transporte, el valor mínimo de un CBR para subrasante regular se define entre el rango del 6% al 10%; analizando nuestros resultados tenemos valores menores al 6% categorizados como una subrasante como lo determina la norma del manual; en estos casos se buscan métodos de estabilización que mejoren la capacidad portante del suelo.

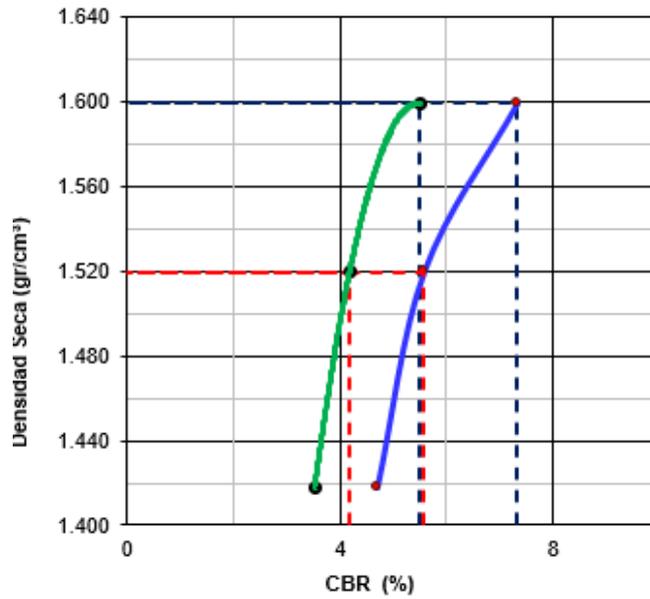
Figura 199: Densidad seca vs. CBR (%) – C1



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 19, observamos que los valores obtenidos en 1" de penetración y al 100% MDSC tiene un valor de 4.6% y al 95% tiene un valor de 3.6%, donde podemos deducir que es una sub rasante inestable que debe ser mejorada.

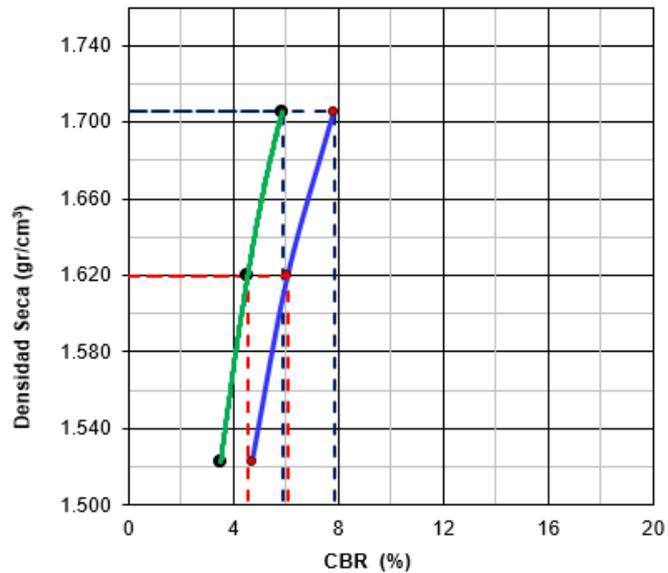
Figura 20: Densidad seca vs. CBR (%) – C2



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 20, determina que los valores obtenidos en 1" de penetración al 100% MDSC tiene como resultado un CBR de 5.5% y al 95% MDSC tiene un valor de 4.2%.

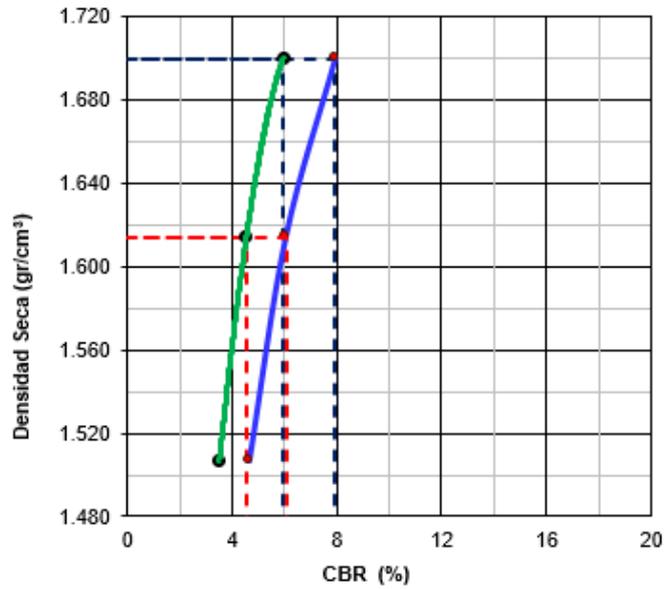
Figura 21: Densidad seca vs. CBR (%) – C3



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 21, se muestra la gráfica del CBR donde sus valores son de 5.9% al 100% y 4.5% al 95%.

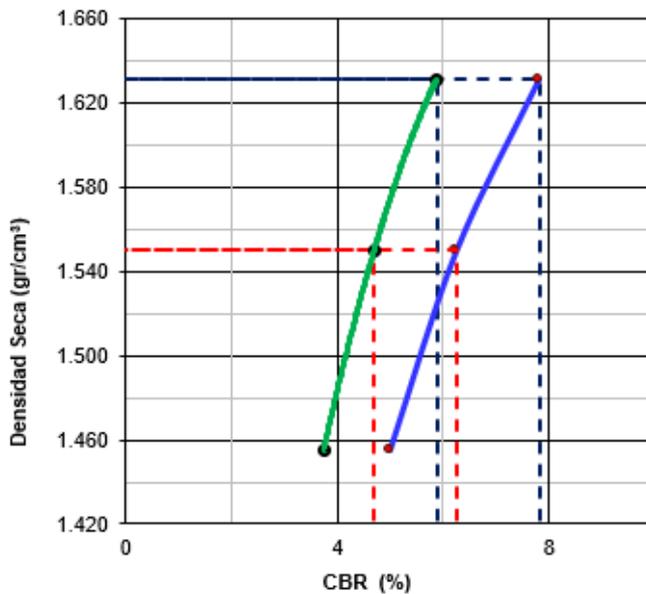
Figura 22: Densidad seca vs. CBR (%) – C4



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 22, se muestra la gráfica del CBR donde sus valores son de 5.9% al 100% y 4.6% al 95%. Con una máxima densidad seca de 1.699 g/cm³.

Figura 23: Densidad seca vs. CBR (%) – C5



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 23, observamos los valores obtenidos al 1" de penetración y al 95% y 100% MDSC teniendo un valor de 4.7% y 5.9%.

4.5 SEGUNDO OBJETIVO: Determinar la dosis correcta de los polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura.

El polímero PET triturado, es extraído por el proceso de reciclaje provenientes de las botellas plásticas, su costo es de S/. 39.00 nuevos soles por cada cinco kilos (ANEXO N°03: Comprobante de pago) y pertenece a la empresa Pet-Papel triturado Estoquero - Razzetti. A continuación, se detallan las características técnicas del polímero PET triturado empleado en el presente estudio:



Figura 24: Ficha técnica del polímero PET triturado

www.lorkindustrias.com

LORK INDUSTRIAS, S.L.
 CARACAS, 11
 08030—BARCELONA
 Teléfono: 93 346 82 12
 Fax: 93 311 30 60
 Email: lork@lorkindustrias.com

FICHA TÉCNICA

PET

Denominación química

Poliéstereno Tereftalato

Características técnicas

Densidad		ISO 1183	g/cm ³	1,38
Temperatura de Servicio			°C	- 40 + 110
Temperatura máxima de servicio en periodos breves			°C	≤160
Esfuerzo en el punto de fluencia		ISO 527	MPa	80
Elongación a la rotura		ISO 527	%	20
Modulo de elasticidad a la tensión		ISO 527	Mpa	3200
Resistencia al impacto		ISO 179MeU	kJ/m ²	82
Dureza		ISO 13000-2	Shore D	81
Tiempo límite de rendimiento 5 1/1000	23°C/50%RH 100°C	ISO 899	Mpa	12
Temperatura de distorsión térmica	Método A	ISO 75	°C	67
	Método B	ISO 75	°C	185
Punto de Fusión	Método A	ISO 3146	°C	255
Coefficiente de expansión lineal térmica		DIN 53752	1/K 10 ⁻³	8
Constante dieléctrica	1 MHz	IEC 250		3,3
Factor de disipación	1 MHz	IEC 250		0,02
Resistencia dieléctrica		IEC 243	KV/mm	50
Resistividad volumétrica		IEC 243	Ω-cm	10 ¹⁴
Absorción de humedad a 23°C, 50% RH		ISO 62	%	-0,29
Absorción de Agua a 23°C		ISO 62	%	- 0,5

Fuente: Elaboración propia.

4.5.1 Determinación del tamaño de partículas del Polímero PET – Triturado.

Para adicionar la dosificación del Polímero PET-TRITURADO en los ensayos de Proctor y CBR, se procedió al tamizo de las partículas desde la malla 1/2" hasta la malla N°4; con el fin de utilizar las partículas retenidas en la malla N°4.

En la tabla 19; se muestra los porcentajes retenidos en cada determinada malla, para el tamizado del Polímero se consideró una muestra de 400 gr donde se observa que el porcentaje retenido entre la malla de 1/2" y la malla N°4 suman 382 gr; esto significa que el 95.5% de material tiene partículas de plástico de dimensiones de 4.76 mm hasta 12,7 mm. por lo que se considera utilizar estas partículas como reemplazo de la carencia de grava ya que las muestras de estudio contienen porcentajes elevados de finos.

Tabla 19: Resumen de resultados de tamizado de los polímeros PET

TAMICES	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PESO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
1/2"	12.7	27.5	6.9	6.9	93.1
3/8"	9.525	44.6	11.2	18.0	82.0
1/4"	6.35	128.5	32.7	50.2	49.8
N°4	4.76	181.4	45.4	95.5	4.5
PASANTE		18.0	4.5	100	0

Fuente: Elaboración Propia (2021).

4.5.2 Ensayo de Proctor modificado y CBR adicionando Polímero PET - Triturado.

Para determinar la dosificación idónea de polímeros PET triturados se recurrió dividir la zona de estudio en dos tramos considerando la semejanza en sus características físicas-mecánicas del suelo existente ; dividiendo a la C-01 y C-02 como muestra M-1 y C-03, C-04, C-05 como muestra M2, a las cuales se les aplico el Polímero PET triturado en porcentajes de 3%, 6% y 9% para la ejecución del ensayo de compactación (Proctor) y CBR, donde se obtuvieron 18 muestras de CBR a los diferentes Golpes de Compactación (56, 25 y 12).

- **Ensayo de Proctor Modificado**

La siguiente Tabla indica los valores resultantes del ensayo de Proctor modificado adicionando a cada muestra los porcentajes del 3%, 6% y 9%.

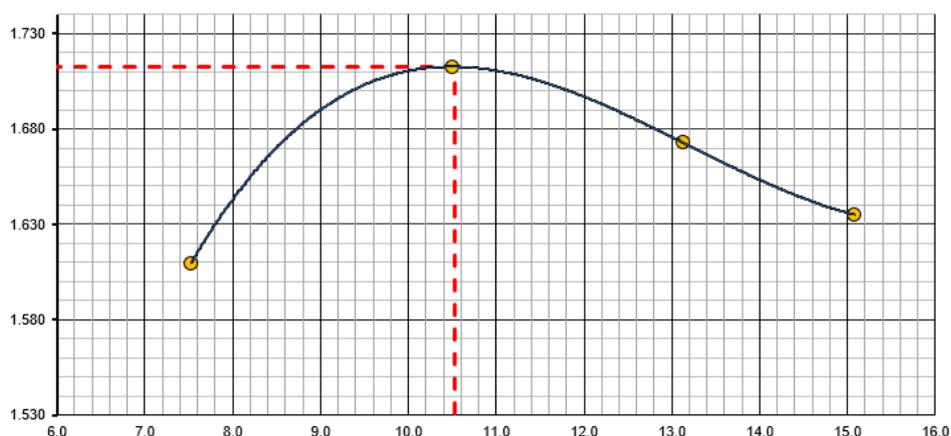
Tabla 20: Resultado del ensayo de Proctor Modificado

MUESTRA	M-1			M-2		
	N°1	N°2	N°3	N°1	N°2	N°3
ENSAYOS						
DOSIS	3%	6%	9%	3%	6%	9%
Humedad óptima	10.5%	11.6%	10.1%	10.7%	11.4%	10.1%
Densidad Máxima Seca (grs/cm3)	1.713	1.745	1.772	1.725	1.748	1.775

Fuente: Elaboración Propia (2021).

A continuación, se presentan los gráficos de fluidez de la relación de Humedad con su densidad seca de la muestra **M-01** aplicando los porcentajes de 3%, 6% y 9%.

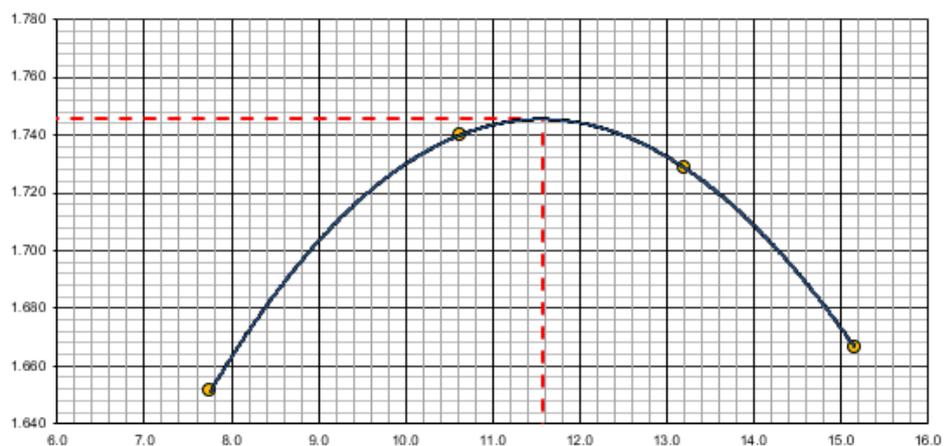
Figura 25: Relación Humedad - Densidad Seca, Muestra N°01 - 3%



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 24, correspondiente a la muestra M-01; adicionando el porcentaje de 3% de Polímero; donde se obtuvo un resultado de humedad óptima de 10.5% a una densidad de 1,713 gr/cm³.

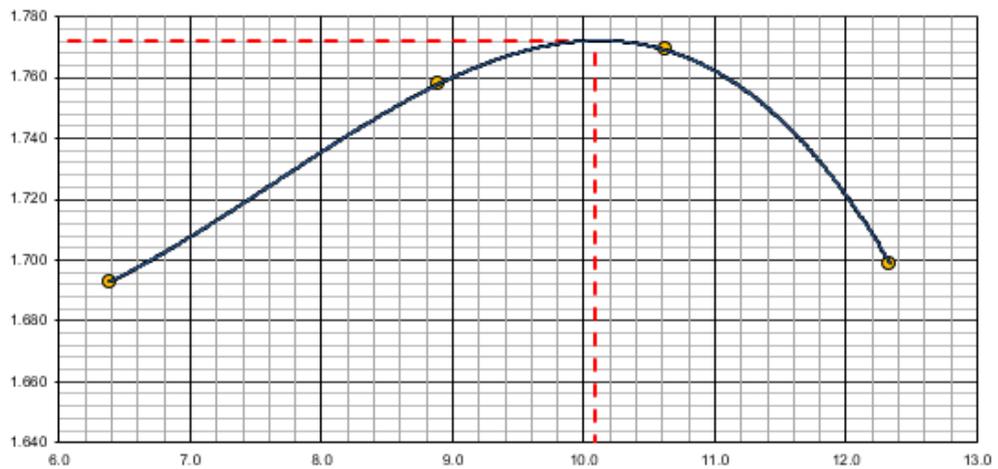
Figura 26: Relación Humedad - Densidad Seca, Muestra N°02 - 6%



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 25, correspondiente a la muestra M-01; aplicando el porcentaje de 6% de Polímero; donde se obtuvo un resultado de humedad óptima de 11.6% a una densidad de 1,745 gr/cm³.

Figura 27: Relación Humedad - Densidad Seca, Muestra N°03 - 9%

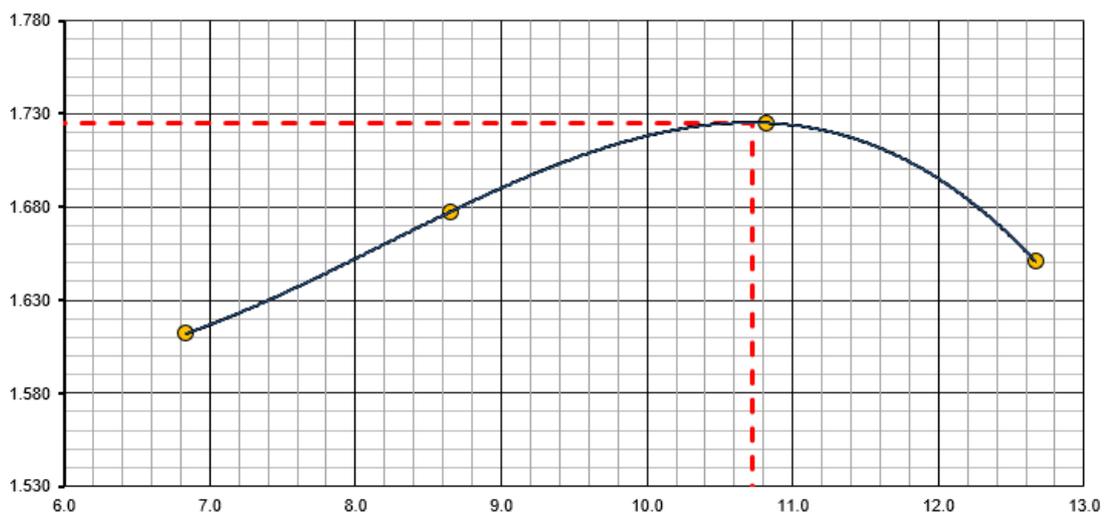


Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 26, se observa el gráfico de relación de húmeda y densidad seca de la muestra M-01; aplicando el porcentaje de 9% de Polímero, donde se obtuvo un resultado de humedad óptima de 10% a una densidad de 1,772 gr/cm3.

Gráficos de fluidez de la relación de Humedad con su densidad seca de la muestra **M-02** aplicando los porcentajes de 3%, 6% y 9%.

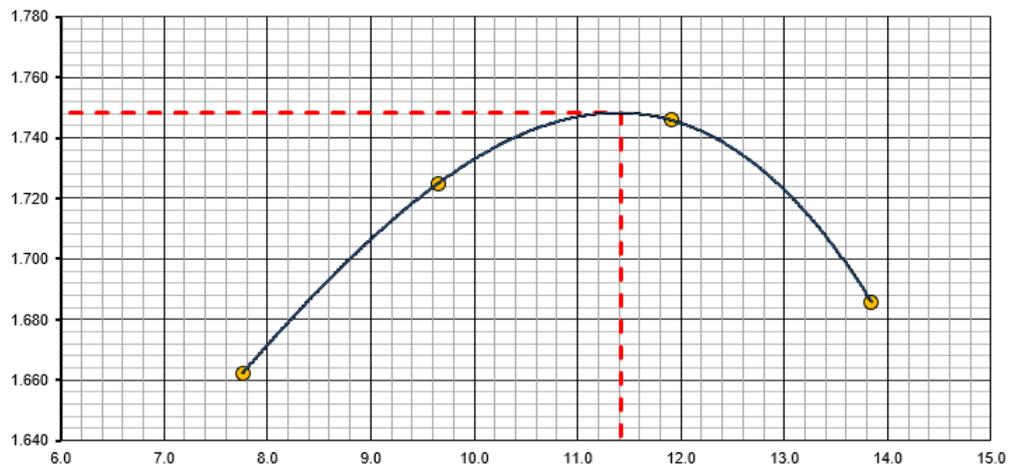
Figura 28: Relación Humedad - Densidad Seca, Muestra N°02 - 3%



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 27 se observa el grafico de relación de húmeda y densidad seca de la muestra M-02; adicionando el porcentaje de 3% de Polímero, donde se obtuvo un resultado de humedad optima de 10.7% a una densidad de 1,725 gr/cm3.

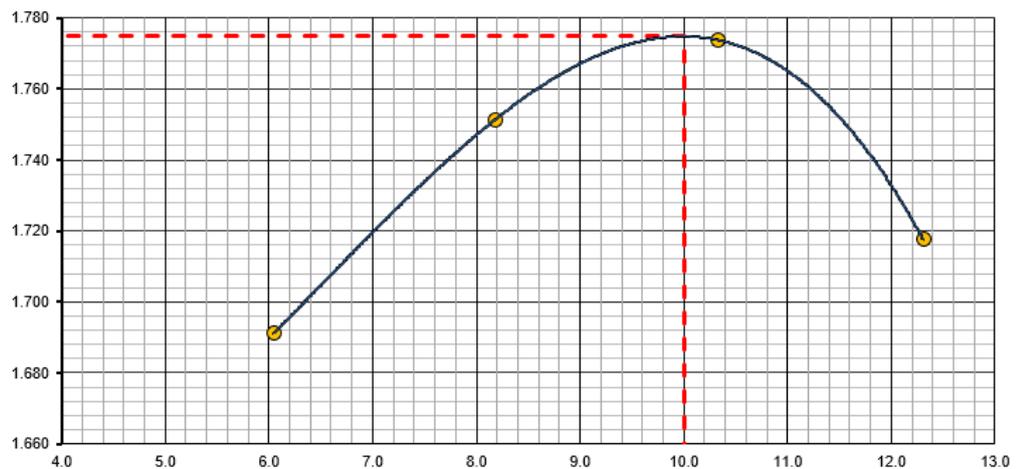
Figura 29: Relación Humedad - Densidad Seca, Muestra N°02 - 6%



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 28 correspondiente al grafico de muestra M-02 aplicando el porcentaje de 6% de Polímero se obtuvo un resultado de humedad optima de 11.4% a una densidad de 1,748 gr/cm3.

Figura 30: Relación Humedad - Densidad Seca, Muestra N°02 - 9%



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

En la figura 28 correspondiente al gráfico de muestra M-02 aplicando el porcentaje de 9% de Polímero se obtuvo un resultado de humedad óptima de 10.1% a una densidad de 1,775 gr/cm³.

- **Ensayo de CBR**

En la tabla N°21 se detalla el resumen de los ensayos de CBR realizados en las dos muestras tomadas de las calicatas C-01 y C-05 adicionando el porcentaje de polímero del 3%, 6% y 9%.

Tabla 21: Resultados del ensayo de CBR

GOPES			C1								
			3%			6%			9%		
			56	25	12	56	25	12	56	25	12
D.M. SECO	g/cm ³		1.713	1.627	1.524	1.745	1.658	1.554	1.772	1.684	1.577
EXPANSIÓN	%		0.353	0.398	0.42	0.287	0.309	0.331	0.243	0.265	0.265
ESFUERZO CORREGIDO	Kg/cm ²	0.1"	6.20%	4.90%	3.60%	7.50%	6.00%	4.70%	8.70%	7.10%	5.70%
		0.2"	8.20%	6.60%	4.80%	10.00%	8.00%	6.30%	11.60%	9.50%	7.60%
VALOR DE CBR	95%	0.1"	4.90%			6.00%			7.10%		
	100%	0.1"	6.10%			7.50%			8.70%		

GOPES			C5								
			3%			6%			9%		
			56	25	12	56	25	12	56	25	12
D.M. SECO	g/cm ³		1.725	1.639	1.552	1.748	1.661	1.55	1.775	1.686	1.578
EXPANSIÓN	%		0.331	0.375	0.398	0.243	0.287	0.309	0.221	0.243	0.265
ESFUERZO CORREGIDO	Kg/cm ²	0.1"	7.40%	5.70%	4.20%	8.50%	6.60%	5.50%	9.70%	7.60%	6.20%
		0.2"	10.00%	7.70%	5.60%	11.40%	8.80%	7.30%	12.90%	10.20%	8.30%
VALOR DE CBR	95%	0.1"	5.70%			6.60%			7.60%		
	100%	0.1"	7.40%			8.50%			9.70%		

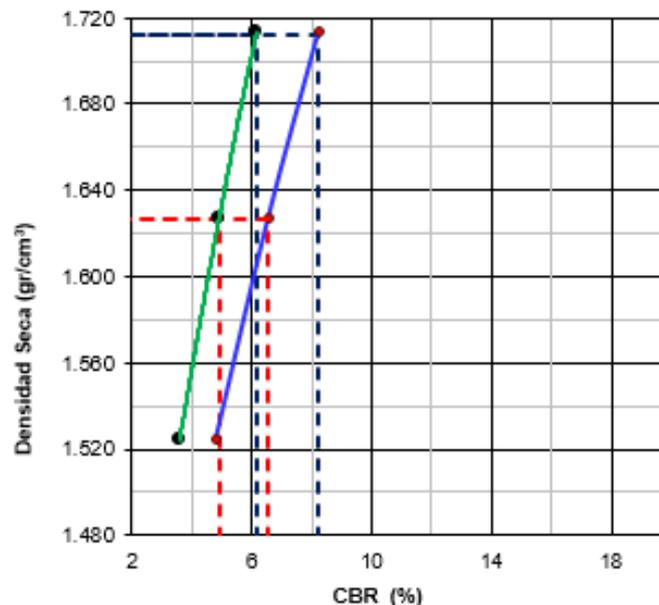
Fuente: Elaboración Propia (2021).

En la tabla 26, observamos los resultados de los ensayos de CBR realizados a las muestras referenciales de las calicatas seleccionadas, donde se realizar los analisis aplicando el polimero en sus determinados porcentajes, como resultado tenemos que en la C-01 aplicando el 3% de polimeros alcanza un valor de 4.9% al 95% y 6.1% al 100%; con el 6% de Polimero

tiene un valor de 6.0% al 95% y 7.5% al 100%; con el 9% tiene un valor de 7.1% al 95% y 8.7% al 100%; asimismo la muestra de la C-05 aplicando una dosis de 3% resulta un CBR de 5.7% al 95% y 7.4% al 100%; con el 6%, 6.6% al 95% y 8.5% al 100%, con el 9% de polimeros 7.6% al 95% y 9.7% al 100%; según los resultados obtenidos podemos decir que en el terreno de la calicata C-01 al aplicarle el 6% y 9% de polimeros aumenta significativamente el valor del CBR al 95 % MDSC considerandola una Sub rasante regular; por otro lado los resultados de la muestra de la C-05 al aplicarle los porcentajes del 6% y 9% tiene un aumento del valor del CBR mas favorable manteniendose en la misma caracterización de una subrasante Regular.en los siguientes graficos podemos observar la Relacion de Humedad optica con el Densidad Seca.

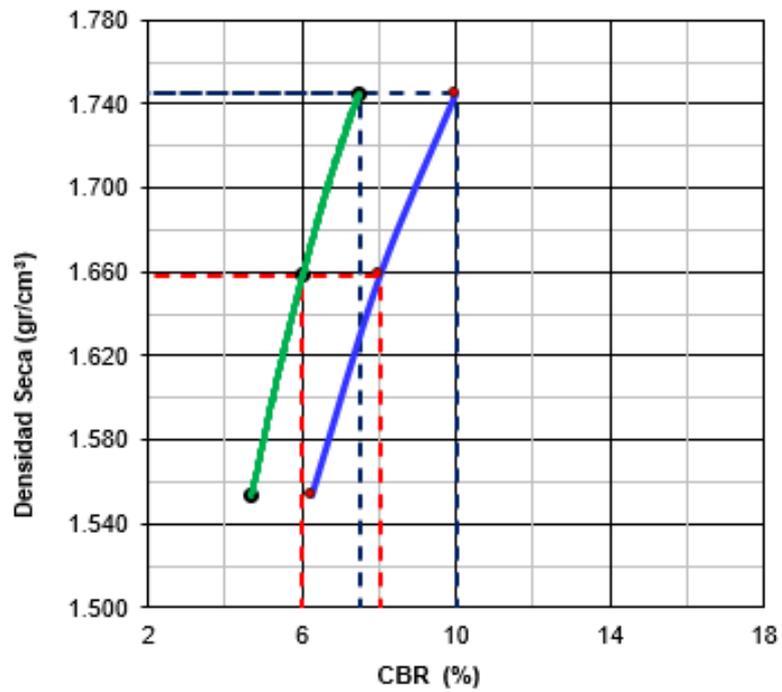
- **Gráficos de la Diagrama de Fluidez de la Muestra del a C- 01**

Figura 31: Densidad seca vs. CBR (%) – Calicata 01 - Muestra N°01 (3%)



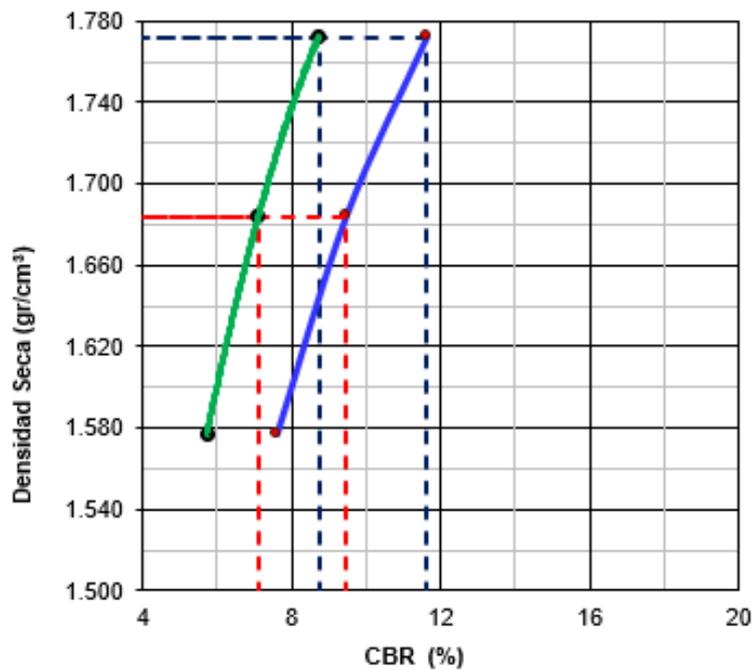
Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

Figura 32: Densidad seca vs. CBR (%) – Calicata 01 - Muestra N°02 (6%)



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

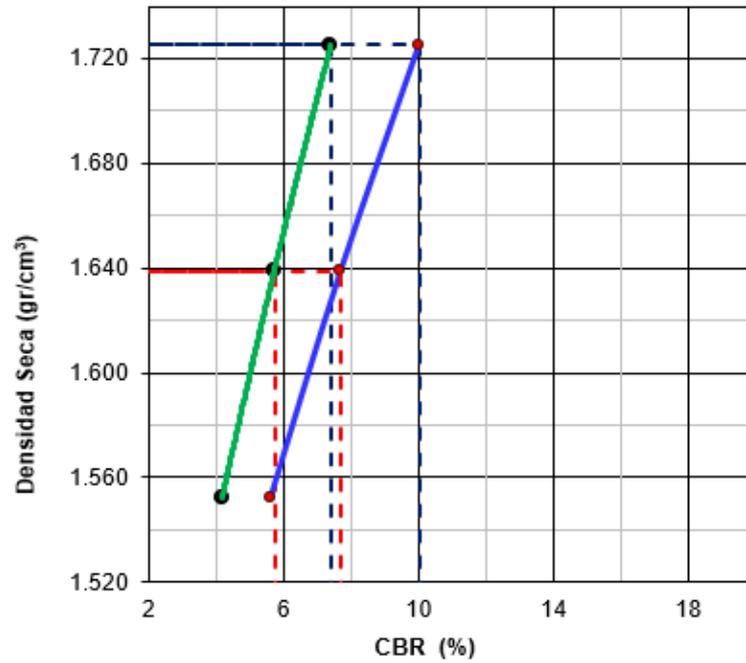
Figura 33: Densidad seca vs. CBR (%) – Calicata 01 - Muestra N°03 (9%)



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

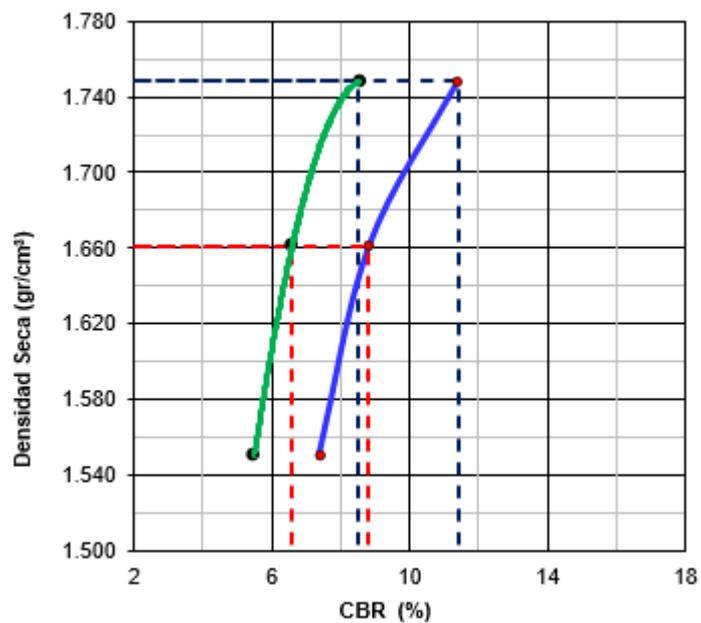
Gráficos de la Diagrama de Fluidez de la Muestra del a C- 05.

Figura 344: Densidad seca vs. CBR (%) – Calicata 05 - Muestra N°01 (3%)



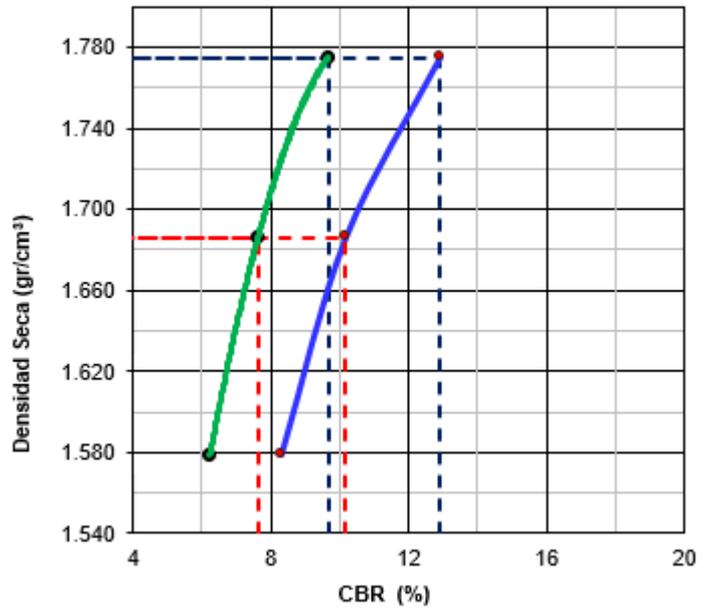
Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

Figura 35: Densidad seca vs. CBR (%) – Calicata 05 - Muestra N°02 (6%)



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

Figura 36: Densidad seca vs. CBR (%) – Calicata 05 - Muestra N°03 (9%)



Fuente: Formato de Excel del Laboratorio (2021).

4.6 TERCER OBJETIVO: Determinar el aumento de la capacidad de soporte (CBR) a través de la adición de polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura 2021.

En la siguiente tabla podemos observar los resultados del CBR natural de las muestras extraídas de las C-01 y C-05, las cuales fueron tomadas como muestras representativas; también observamos los valores del CBR aplicando el Polímero PET – Triturado; para luego ser comparados y determinar el efecto que obtuvieron al aplicar los polímeros en los porcentajes del 3%,6% y 9%.

Tabla 22: Comparación del CBR Natural y CBR aplicándole el Polímero PET- TRITURADO

CAL	M	%	DOSIS	PROCTOR NATURAL		PROCTOR Estabilizado		C.B.R a 0.1" al 100% Natural		C.B.R a 0.1" al 100% Estabilizado		INCREMENTO (%)
			POLIMERO ACRILICOS	MDS	OCH (%)	MDS	OCH (%)	95%	100%	95%	100%	%
CAL-01	N°01	3%	0.180 kg/m3	1.601	11.800	1.713	10.500	3.6	4.6	4.9	6.1	32.6%
CAL-01	N°02	6%	0.360 kg/m3	1.601	11.800	1.745	11.600	3.6	4.6	6.0	7.5	63.0%
CAL-01	N°03	9%	0.540 kg/m3	1.601	11.800	1.772	10.100	3.6	4.6	7.1	8.7	89.1%
CAL-05	N°01	3%	0.180 kg/m3	1.631	11.700	1.725	10.700	4.7	5.9	5.7	7.4	25.4%
CAL-05	N°02	6%	0.360 kg/m3	1.631	11.700	1.748	11.400	4.7	5.9	6.6	8.5	44.1%
CAL-05	N°03	9%	0.540 kg/m3	1.631	11.700	1.775	10.100	4.7	5.9	7.6	9.7	64.4%

De esta forma, en los resultados detallados en las tabla 20 (Proctor) y, Tabla 21 (CBR), se revela que el uso de polímeros PET triturados en dosis de 3%, 6% y 9% en tres muestras respectivas derivadas de la calicata N°01 y N°05, posee una variación significativa en sus resultados, especialmente, en sus densidad máxima seca, humedad óptima y CBR en relación al suelo natural.

En primer lugar, las propiedades físicas – mecánicas naturales que resultan de los ensayos de laboratorio de cinco calicatas revelan que existen diferencias significativas. Inicialmente, en el ensayo de los Límites de Atterberg se determina que todas las calicatas se encuentran en el rango de $7 < IP \leq 20$, es decir, clasifica como “suelo arcilloso de mediana plasticidad”

En este sentido, la clasificación de suelos según SUCS revela que todas las calicatas tipifican como “CL” o “suelo arcillosos de mediana y baja plasticidad” y según la clasificación AASTHO, la C1 pertenece a “A-7-6 (11)” y C2 como “A-7-6 (7)” y ambas se denominan “arcillas de alta compresión”; a diferencia de la C3 que clasifica como “A-6 (5)” o “suelos arcillosos”; C4 se tipifica como “A-6 (4)” o “arcillas de mediana y baja compresión”; y, C5 pertenece a “A-6 (8)” o “arcillas de mediana y baja compresión”.

En relación, a las propiedades mecánicas se especifica al ensayo de Proctor modificado en el cual se expresa que la C1 exhibe una humedad óptima de 11.8% y densidad máxima seca de 1.601 gr/cm^3 ; la C2 presenta 11.4% en humedad óptima y 1.599 gr/cm^3 en densidad máxima seca; en C3 se identifica 10.0% como humedad óptima y 1.705 gr/cm^3 en densidad máxima seca; en C4, 9.7% en humedad óptima y 1.699 gr/cm^3 en densidad máxima seca; y, en C5, 11.7% como humedad

optima y 1.631 gr/cm^3 . En cambio, en la muestra C-01 N°01 con 6% de polímeros PET triturados se identifica 10.5% en humedad optima y 1.713 gr/cm^3 en densidad máxima seca. En la muestra N°02 con adición al 6% de polímeros PET triturados presenta 11.6% en humedad optima y 1.745 gr/cm^3 . En la última muestra, se obtiene 10.1% en humedad optima y 1.722 gr/cm^3 en densidad máxima seca; comparando la máxima densidad seca del suelo natural con los polímeros utilizados se observa que hay un considerable aumento entre el 0.11 gr/cm^3 hasta 0.17 gr/cm^3 respectivamente; asimismo en la muestra C-05 N°01 con 6% de polímeros PET triturados se identifica 10.7% en humedad optima y 1.725 gr/cm^3 en densidad máxima seca. En la muestra N°02 con adición al 6% de polímeros PET triturados presenta 11.4% en humedad optima y 1.748 gr/cm^3 . En la última muestra, se obtiene 10.1% en humedad optima y 1.775 gr/cm^3 en densidad máxima seca; comparando la máxima densidad seca del suelo natural con los polímeros utilizados se observa que hay un considerable aumento entre el 0.09 gr/cm^3 hasta 0.14 gr/cm^3 respectivamente

Finalmente, en el ensayo de CBR sometida a una penetración de 0.1" al 95% y 100% se especifica lo siguiente: C1, presenta 3.6% y 4.6%; C2 exhibe 4.2% y 5.5%; C3 obtuvo 4.5% y 5.9%; C4 presenta 4.6% y 5.9%; y, C5 presenta 4.7% y 5.9%, respectivamente. Dichas cifras revelan que la subrasante pertenece a la categoría "insuficiente". Sin embargo, al usar el polímero PET triturado en suelo de la calicata 01 al 3% en la muestra N°01, sometidos a la misma penetración se obtuvo 4.9% y 6.1%; al 6% de polímero PET triturado, presenta 6.0% y 7.5%; y al 9% de PET triturados, exhibe 7.1% y 8.7%. Ello, simboliza que desde la adición del 6% de polímeros PET triturados se aumenta relativamente la capacidad de soporte de la subrasante alcanzando categorías tales como "Muy Regular";

asimismo al usar el polímero PET triturado en suelo de la calicata C-05 al 3% en la muestra N°01, sometidos a la misma penetración se obtuvo 5.7% y 7.4%; al 6% de polímero PET triturado, presenta 6.6% y 8.5%; y al 9% de PET triturados, exhibe 7.6% y 9.7%. Ello, simboliza que desde la adición del 6% de polímeros PET triturados se aumenta relativamente la capacidad de soporte de la subrasante alcanzado categorías tales como “Muy Regular”;

V. DISCUSIÓN

El presente estudio detalla a través de un análisis riguroso la evaluación del nivel de estabilización de la subrasante a través del uso de polímeros PET triturados en el centro poblado de Marcavelica – Piura 2021 mediante la realización de sus objetivos específicos anteriormente señalados. De tal manera, que se ejecutan distintos ensayos de laboratorio para la obtención de las propiedades físicas – mecánicas, dosis correcta y el aumento de la capacidad de soporte (CBR) óptima para estabilizar la subrasante del mencionado centro poblado. Ello, conlleva a comparar los resultados de otros estudios similares para cotejar la información que se relaciona al tema central:

En el primer objetivo, “Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural existente del centro poblado de Marcavelica – Piura 2021” que al compararlo con el estudio presentado por Quispe y Zaña en el año 2019 denominado “Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado - PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018”, donde emplearon 3 calicatas para estudiar las propiedades físicas y mecánicas del suelo; en su granulometría por tamices; se obtiene que existe 57.6% pasante por la malla N° 200 en C-01 y C-03 y en C-02 se obtiene 79.10% revelando mayor presencia de contenidos de origen fino; describiendo el suelo bajo el método SUCS, como “suelo de subrasante insuficiente o pobre” en C-01 y C-02, y, en C-03 se tipifica como “suelo subrasante regular”; dichos resultados mantienen relación con los resultados obtenidos de nuestro estudio donde contamos con más del 50% de pasante en la malla N°200 con valores de C-01, 68.0%, C-02 51.9%, C-03 51%; C-04 51.8% y C-05 65.8%, tipificando al suelo estudiado como una subrasante “insuficiente o pobre”; esto se debe que los suelos estudiados en cada caso de evidencia gran cantidad de arcillas de baja plasticidad.

Asimismo en comparación al estudio presentado por Ramos y Seminario en el año 2019 denominado “Uso de polímeros PET triturados para mejorar la subrasante del centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica - Sullana – Piura” donde emplearon 3 calicatas y al caracterizar las propiedades físicas de la subrasante identificaron que el contenido de humedad optima en la C-1 posee 11.59%; C-2, 10.16% y C-3 presenta 12.1% que al adicionar al 10% y 15% polímeros PET triturados resaltando que en la calicata N°03 posee 9.56% y 10.98% en su optimo contenido de humedad, respectivamente permitiendo visualizar una disminución ligera en los valores de dichas características. No obstante, coincide con el presente estudio en el aumento relativo de dichos resultados, ya que, en el suelo natural mediante las cinco calicatas se obtuvieron los siguientes valores: “11.8%, 11.4%, 10.0%, 9.7% y 11.7%” que al adicionar polímeros PET triturados al 3%, 6 % y 9% en la muestra extraída de la calicata C-01 y C-05 en tres muestras dichos valores disminuyeron relativamente: C-01 “10.5%, 11.6% y 10.1%” y C-05 “10.7%, 11.4% y 10.10%”, esto se debe, que dichos estudios se realizaron en el distrito de Marcavelica, aunque, en diferentes centros poblados. Adicionalmente, Serrano y Padilla en el año 2019 en su estudio denominado “Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados” a través de su recopilación bibliográfica concluye que la adición de PET incrementa significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante acorde a la normativa.

En el segundo objetivo, “Determinar la dosis correcta de los polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura” en comparación con el estudio denominado “Uso de polímeros PET triturados para mejorar la subrasante del centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica –Sullana - Piura” presentado por Ramos y Seminario en el año 2019 concluyen que a través de la dosis de 10% y 15% de polímeros PET triturados logran mejorar diversas características

físico – mecánicas del suelo e incrementar el valor del CBR. También, el estudio denominado “Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado - PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018” presentado por Quispe y Sañac en el año 2019, cuya decisión en relación a la dosis óptima se basó en cinco ensayos en 1%, 2%, 2%, 4% y 5% donde el PRT-PET liso donde ambos autores concluyen que la adición de dichos polímeros influyen de forma positiva a nivel de la subrasante, en sus propiedades físicas – mecánicas y textura. Además, en el estudio presentado por Celi en el año 2021 con denominación “Estabilización de suelos granulares de subrasante con finos de Tereflatato de Polietileno (PET), Polipropileno (PP) y Polietileno (PE)” concluye que es oportuno añadir 3.6%-7.8% de adición de finos de PET, PP y PE. De tal manera, que en el presente estudio se optó por realizar dos muestras aplicándole diverso porcentaje de 3%, 6% y 9% de polímeros PET triturados para visualizar el aumento o influencia en la subrasante del centro poblado de Marcavelica – Piura; resultando incrementos significativos del CBR al aplicarle el 6% y 9%

También, relacionado al segundo objetivo se destaca el estudio “Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica USAT, 2018-2019” presentado por Flores en el año 2019 a través de sus ensayos revela que la dosis idónea para obtener una subrasante “buena” corresponde a 1.25% de afición de fibras de 1” indicando que logró optimizar dichas propiedades físico – mecánicas en caso de suelos, cuya granulometría correspondan a arcillas de baja plasticidad. Cabe resaltar que, el estudio que posee mayor coincidencia en resultados mediante la dosificación de polímeros PET reciclados es presentado por Condori y Rojas en el año 2020 mediante el título “Mejoramiento con polímeros reciclados PET fundido en subrasante de suelos arcillosos en la carretera Vilcaniza - Beirut, Amazonas, 2020” que refieren que en suelos con características arcillosas en carreteras, es apropiado incorporar 2%,

3% y 6% de PET reciclados con el propósito de estabilizar la subrasante considerando la disminución de la humedad y el incremento de la densidad seca. También, el estudio "Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, Provincia de Morropón – Piura 2019" presentado por Márquez en el año 2019 exhibe coincidencias en relación a la adición de 6% de polímeros PET triturado, ya que, en su muestra M-2 mejoró el CBR, aunque, no transformó significativamente cada propiedad del suelo estudiado; en comparación, en la presente indagación en la muestra N°03 (6% de polímeros PET triturados) que se deriva de la calicata N°05 que en su estado natural se obtuvo 11.7% como humedad óptima y 1.631 gr/cm³, y después de añadir 6% de polímeros PET triturados se obtuvo 11.4% en humedad óptima y 1.748 gr/cm³ en densidad máxima seca, cuyas variaciones no se consideran significativas como propiedades del suelo estudiado.

Por último, en el tercer objetivo, "Determinar el aumento de la capacidad de soporte (CBR) a través de la adición de polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura 2021" en comparación con el estudio realizado en Ecuador presentado por Celi en el año 2021 con la denominación "Estabilización de suelos granulares de subrasante con finos de Tereftalato de Polietileno (PET), Polipropileno (PP) y Polietileno (PE)" que en los resultados indica que el CBR aumenta considerablemente en 6.9% logrando su estabilización en un 57% al añadir PET, PP y PE en 3.6% y 7.8%. Dichos resultados no coinciden en el incremento de CBR con el presente estudio, ya que, el valor de la capacidad de soporte de la subrasante en las seis muestras adicionados con polímeros PET triturados al 3% (4.9% y 6.1% - 5.7% y 7.4%), 6% (6.0% y 7.5% - 6.6% y 8.5%) y 9% (7.1% y 8.7% - 7.6% y 9.7%) lograron superar significativamente la categoría inicial de la subrasante estudiada (Subrasante Inadecuada o pobre a una subrasante Regular). También, el

estudio presentado por Zambrano y Casanova en el año 2016 denominado “Uso de polímeros como estabilizador de suelos aplicado en vías de arcilla (CL) y grava arcillosa (GC)” refuerza la afirmación, ya que, en suelos arcillosos se fortificó la resistencia del CBR en un 39% en la adición de 1.25% de polímero M y L incrementando de forma elevada en 224%, inclusive, según señalan sus autores durante su adición no se requiere de maquina especializada y costos elevados.

VI. CONCLUSIONES

De tal modo, en el presente estudio se efectuaron diversos ensayos que permitieron establecer las características físicas – mecánicas de cada calicata extraída del Km 0+000 al Km 1+000 de la carretera Sullana – Alamor, del centro poblado de Marcavelica – Sullana con el propósito fundamental de obtener resultados verídicos y comprobar si el uso de polímeros PET triturados influyen positivamente en la estabilización de la subrasante del mencionado centro poblado, por lo que se concluye que:

- La incorporación del PET-Triturado influye significativamente en el mejoramiento de las propiedades del suelo a nivel de subrasante, dependiendo del tipo de textura y dosificación con el que es incorporado al suelo, incrementando el valor del CBR; logrando pasar de una sub rasante inadecuada o pobre con un CBR promedio de 4.3% a una sub rasante regular con un valor promedio de 6.3%.
- Luego de la realización de ensayos y evaluación minuciosa al material del terreno natural existente a nivel de suelos de fundación o capas subyacentes a la superficie de la zona de estudio obtenidos mediante calicatas exploratorias, se determinó y comprobó la existencia de suelos inadecuados conformados básicamente por suelos tipo CL según la clasificación SUCS y A-4(6) según clasificación ASSHTO, con un índice de plasticidad entre el rango de $7 \geq IP \leq 20$; que son suelos conformado por arenas con arcilla y limo, con una compresibilidad media a alta plasticidad y un CBR de 3.6% a 4.7% al 95% de su MDS a 1" se considera como una sub rasante inadecuada o pobre; no presenta nivel freática a 1.50 m.

- Asimismo, la dosis seleccionada corresponde a, 6% y 9% en el uso de polímeros PET triturados lográndose resultados satisfactorios en los porcentajes ensayados, ya que, se evidencia influencia positiva en la estabilización del suelo a nivel de la subrasante donde se adiciono partículas retenidas en la malla N°4; de dimensiones de (4.76 mm a 12.7 mm) a un suelo que contiene mayor porcentaje de finos y carencia de gravas.
- La calicata N°1 y N°5 extraídas del km 0+200 y km 1+000; cuya muestra representativa fue tomada para los ensayos adicionando el polímero en esta investigación, después de realizar los ensayos respectivos tienen un CBR de 3.6 % al 95% MDS y 4.7% al 95% MDS ambas a una penetración del 1" se categorizan como una sub rasante insuficiente.
- Se determinó la capacidad portante del suelo (CBR) adicionando polímero PET triturado en dosis de 3%, 6% y 9% correctamente, lográndose un aumento significativo al aplicar el 6% de polímeros con la textura idónea dando como resultado el incremento de 4.3% al 6.3% de su capacidad portante pasando de una sub rasante inadecuada a una subrasante regular esto quiere decir que esta metodología tiene factibilidad para su uso, ya que el suelo tiende a incrementar su estabilidad y resistencia permitiendo un mejor trabajo a nivel de subrasante.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda analizar en el costo – beneficio para emplear polímeros PET triturados en el Km en el 0+000 al Km 1+000 del centro poblado de Marcavelica – Sullana y solucionar la problemática que suscita continuamente en dicha vía que demanda constantes reparaciones que no solucionan el mal estado del área estudiada.
- Es recomendable que el método de estabilización de Polímeros PET Triturados se utilice en tipos de subrasante que presenten suelos arcillosos de baja y media plasticidad y que cumplan con una capacidad portante de 5 % en una adición del 6% de polímeros con dimensiones de 4 a 8 mm.
- Se considera realizar un ensayo de compresión simple a la muestra con el aditivo para ver su resistencia y fuerza cortante.
- Analizar, evaluar y continuar con las investigaciones en relación al uso de polímeros PET triturados en construcciones de grandes y mega proyectos para el bien común y el medio ambiente, así como, analizar la factibilidad y rentabilidad a través de su costo – beneficio.
- Debido al efecto positivo en el valor del CBR, se recomienda emplear otros materiales derivados de polímeros de origen reciclado para lograr la estabilización de la subrasante como aditivo previo análisis de los estudios de suelos para determinar la dosificación correcta de adición en el cual el suelo mejorar sus propiedades.

REFERENCIAS

- AKBAR, Ali et al. A review of clayey soils en línea[en línea]. Asian Journal of Applied Sciences. 2016. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/312027428_A_Review_of_Clayey_Soils
- BALA, El et al. Soil subgrade's Characterization and Classification of Thies (Senegal, West Africa) on a Radius of 2.5 Kilometers along Five Roads 2016[en línea]. 2016. Geomaterials [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.scirp.org/pdf/GM_2015122415405380.pdf
- BANDARA, Nishantha et al. Performance evaluation of subgrade stabilization with recycled materials[en línea]. 2016. Department of Civil and Architectural Engineering. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.michigan.gov/documents/mdot/RC-1635_REPORT_522701_7.pdf
- CARVALHO, Daniella et al. Characterization of Poly (Ethylene Terephthalate) by Torque Rheometry[en línea]. 2021. Materials Research. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/mr/a/qFtvhdDWLfnBkQ8QMw369pm/?format=pdf&lang=en>
- CELI, Kevin. Estabilización de suelos granulares de subrasante con finos de Tereftalato de Polietileno (PET), Polipropileno (PP) y Polietileno (PE)2021[en línea]. 2021. Trabajo experimental. Universidad Técnica de Ambato. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32376>
- CHÁVEZ-VEGA, Nancy et al. Design of a plastic bottle crusher for the obtaining of recycled PET applicable in 3D Printing[en línea]. 2018. Revista de Tecnologías en Procesos Industriales. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Tecnologias_en_Proceso

s_Industriales/vol2num2/Revista_de_Tecnolog%c3%adas_en_Procesos_Industriales_V2_N2_1.pdf

- CHOUDHARY, Rajan et al. Properties of Waste Polyethylene Terephthalate (PET) Modified Asphalt Mixes: Dependence on PET Size, PET Content, and Mixing Process[en línea]. 2018. Periodica Polytechnica Civil Engineering. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://pp.bme.hu/ci/article/download/10797/7964/>
- CONDORI, William y ROJAS, Aurelio. Mejoramiento con polímeros reciclados PET fundido en subrasante de suelos arcillosos en la carretera Vilcaniza - Beirut, Amazonas, 2020[en línea]. 2020. Tesis de pregrado. Universidad César Vallejo. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55418>
- CONIGLIO, Maria et al. Polyethylene Terephthalate[en línea]. 2020. Springer briefs in molecular science Chemistry of foods. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/338347848_Polyethylene_Terephthalate
- CUIPAL, Betty. Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas - Huancas, Amazonas, 2018[en línea]. 2018. Tesis. Universidad César Vallejo. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25124>
- DE SOUSA, Célio et al. Importance of using basic statistics adequately in clinical research[en línea]. 2017. Revista Brasileira de Anestesiologia. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rba/a/N5PgBCrzhDkfRbX8QXsctHx/?format=pdf&lang=en>
- DEEP, Mostafa et al. Stabilization of expansive subgrade soil by using additives[en línea]. 2016. Journal of Engineering Sciences Assiut University. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://jesaun.journals.ekb.eg/article_117591_218384f767a8cb5163eb6f1f6e34621b.pdf

- ESTEBAN, Nicomedes. Tipos de investigación[en línea].2018. Repositorio Institucional de la Universidad Santo Domingo de Guzmán. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.usdg.edu.pe/bitstream/USDG/34/1/Tipos-de-Investigacion.pdf>
- FLORES, Paola. Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica USAT, 2018-2019[en línea]. 2019, Tesis. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/2125>
- GREGERSEN, Erik. Polyethylene terephthalate[en línea]. 2020, The Editors of Encyclopaedia Britannica. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://www.britannica.com/science/polyethylene-terephthalate>
- GUZMÁN, Martín. Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de La Victoria, 2020[en línea]. 2020. Tesis. Universidad Particular de Chiclayo. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.udch.edu.pe/handle/UDCH/944>
- HASTARI, Dian y ZAINORABIDIN, Adnan. Evaluation of resilient modulus and unconfined compressive strength of subgrade[en línea]. 2020. E3S Web of Conferences. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/16/e3sconf_iceedm2020_01009.pdf
- HENDERSON, Matthew. Effects of subgrade-Compaction moisture content on performance of the asphalt road in Minnesota[en línea]. 2020. University Digital Conservancy Home. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/212346/Henderson%20Matthew%20Effects%20of%20Subgrade->

- Compaction%20Moisture%20Content%20on%20Performance%20of%20Asphalt%20Roads%20in%20Minnesota.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- HERNÁNDEZ, Roberto et al. Metodología de la investigación[en línea]. 2014. Sexta edición. México D.F: McGrawHill Education. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- LEBLANC, Rick. Recycling Polyethylene Terephthalate[en línea]. 2020. The Balance Small Business. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://www.thebalancesmb.com/recycling-polyethylene-terephthalate-pet-2877869>
- MAGNO, José y CELIS, Oscar. A study on thermo-catalytic degradation of PET (Polyethylene Terephthalate) waste for fuel production and chemical products[en línea]. 2017. Chemical Engineering Transactions, [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://www.aidic.it/cet/17/57/044.pdf>
- MAROTTI, Adriana y WOOD, Thomaz. What is applied research anyway[en línea]. 2019. Revista de Gestao, Vol. 26, págs. 338-339. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/337780309_What_is_applied_research_anyway
- MARQUEZ, Diana. Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, Provincia de Morropón – Piura 2019[en línea]. Tesis. Universidad Nacional de Piura. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2241/CIV-MAR-MAR-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MAURYA, Ankita et al. Enzymatic Remediation of polyethylene terephthalate (PET) - Based polymers for effective management of plastic Wastes: An Overview[en línea]. 2020, Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2020.602325/full>

- rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018[en línea]. 2019.Tesis. Universidad Tecnológica de Los Andes. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/206>
- QUISPE, Waldir. Estabilización de subrasante de vías en suelos expansivos con cloruro de sodio - Avenida Jacinto Ibarra, distrito de Chilca - Huancayo 2020[en línea]. 2020. Trabajo de investigación. Universidad Continental. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8216/1/IV_FIN_105_TI_%20Quispe_Chuquillanqui_2020.pdf
- RAMOS, Yanella y SEMINARIO, Wilmer. Uso de polímeros PET triturados para mejorar la subrasante del centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica - Sullana - Piura[en línea]. 2019. Tesis de pregrado. Universidad César Vallejo, 2019. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33852>
- ROESYANTO y LESTARI, P. Study of CBR (California Bearing Ratio) value on peat soil of Asahan Regency Sumatera Utara Province[en línea]. 2019. Talenta CEST II. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/801/1/012019/pdf>
- SADLER, Joanna y WALLACE, Stephen. Microbial synthesis of vanillin from waste poly(ethylene terephthalate) [en línea]. 2021.Greeb Chemistry. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/gc/d1gc00931a#!divCitation>
- SALARI, Pouya et al. Presenting new models to determine subgrade reaction modulus (ks) for optimizinf foundation calculation in coarse grained soils[en línea]. 2019. Scientific Electronic Library Online. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rconst/v19n2/0718-915X-rconst-19-02-235.pdf>
- SÁNCHEZ, Cristian et al. Identificación de los usos actuales del tereftalato de polietileno (PET) Reciclado en la Ingeniería Civil[en línea]. 2018. Análisis

sistemático de literatura. Universidad Cooperativa de Colombia. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/4232/1/2018_identificacion_usos_actuales.pdf

SELTMAN, Howard. Experimental design and analysis[en línea]. 2018. CMU Statistics. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <http://www.stat.cmu.edu/~hseltman/309/Book/Book.pdf>

SERRANO, Erika y PADILLA, Edgar. Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados[en línea]. 2019. Revista Ingeniería Solidaria. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/download/2695/2671/>

SHUHADA, Nur et al. Conceptual Review of Subgrade Stregthening for Low Bearing Capacity Soil and U-Shaped Subgrade Panel[en línea]. 2018. Advance Science Letters. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/324827995_Conceptual_Review_of_Subgrade_Stregthening_for_Low_Bearing_Capacity_Soil_and_U-Shaped_Subgrade_Panel

SHULKA, Satishprakash. Concept of population and sample[en línea]. 2020. Conference: How to write a rearch Paper. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/346426707_CONCEPT_OF_POPULATION_AND_SAMPLE

SOURAV, B et al. Study of polyethylene terephlate (PET) plastic bottles in threaded form as micro level reinforcement in fly ash concrete 2018[en línea]. 2018. Global Journal of Engineering Science and Researches. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329801469_STUDY_OF_POLYETHYLENE_TEREPHTHALATE_PET_PLASTIC_BOTTLES_IN_THREADED_FORM_AS_MICRO_LEVEL_REINFORCEMENT_IN_FLY_ASH_CONCRETE

- SULYMAN, M y FORMELA, K. Utilization of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) in Engineering Material: A Review[en línea]. 2016. International Journal of Environmental Science and Development. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <http://www.ijesd.org/vol7/749-A707.pdf>
- TAWFIK, Magda et al. Recycling of Polyethylene Terephthalate Plastic Wastes based on unsaturated Diol[en línea]. 2015. Elastomere und Kunststoffe. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.kgk-rubberpoint.de/wp-content/uploads/migrated/paid_content/artikel/10282.pdf
- TENCATE GEOSYNTHETICS AMERICAS. Benefits of subgrade stabilization using geosynthetics versus chemical stabilization (Lime/cement treated Soil) [en línea]. 2019. Technical Note. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.tencategeo.us/media/81acbc61-78a3-4d04-b081-80bef1d88657/41_fVw/TenCate%20Geosynthetics/Documents%20AMER/Technical%20Notes/General%20Technical%20Notes/TN_Chem%20Stab.pdf
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION. Facts and Figures about Materials, Waste and Recycling[en línea]. 2021. EPA. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/plastics-material-specific-data>
- ÜNVER, Nermin et al. Determination of the Plasticity Index of Soils with Fine-Grained Soils Using Methylene Blue Test[en línea]. 2017. Journal and Geoscience and environment protection. Scientific Research Publishing. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.scirp.org/pdf/gep_2017032915270983.pdf
- ZAINORABIDIN, Adnan y HASTARI, Dian. Effect of moisture content of cohesive subgrade soil[en línea]. 2018. MATEC Web of Conferences. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en: https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2018/54/matecconf_icrmce2018_03010.pdf
- ZAMBRANO, Alejandra y CASANOVA, Manuel. Uso de polímeros como estabilizador de suelos aplicado en vías de arcilla (CL) y grava arcillosa (GC) [en línea]. 2016. Trabajo de titulación. Universidad de Especialidades

Espíritu Santo. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en:
<http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/567>

ZENTENO, Sidney. Efecto de la estabilización de suelos finos con tereftalato de poliestileno como material de refuerzo en la estructura de pavimentos flexibles del distrito de Puno[en línea]. 2018. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano. [Fecha de consulta 30 de junio del 2021]. Disponible en:
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8150>

ANEXO

ANEXO N°01: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Polímeros PET triturados	El Tereftalato de polietileno (PET) es aquel plástico de tipología I, cuyo uso se indica para la fabricación de envases de diversas bebidas (Ramos y Seminario, 2019, p. 19).	En el estudio se recurre al uso de diferentes envases plásticos como botellas de agua, gaseosas, entre otros.	Granulometría	Dimensiones de las partículas.	mm.
			Textura	Nivel de superficie	Razón.
			Dosificación	Porcentaje	%.
Subrasante	Se define como toda zona superficial final de la carretera que posee una importancia esencial en la capacidad estructural de pavimento, ya que, favorece a la durabilidad considerando que el suelo que se halla en la parte inferior de la zona superficial del subrasante debe poseer un valor en CBR igual o superior al 6% (Cuipal, 2018, p. 17).	La subrasante es el suelo natural en estudio donde se experimentará diversas modificaciones en sus propiedades físico-mecánicas.	Características del suelo	Análisis granulométrico	Intervalo
				Contenido de humedad	
				Límite líquido	
				Límite plástico	
			Valor de soporte (CBR)	Ensayos de CBR	Intervalo
Incremento de densidad	Ensayo de Proctor	Intervalo			

ANEXO N°02: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
TEMA	PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	MÉTODO
Uso de polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante del centro poblado de Marcavelica – Piura 2021.	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	
	¿Cómo influye el uso de polímeros PET triturados en la estabilización de la subrasante del centro poblado de Marcavelica – Piura 2021?	Evaluar el nivel de estabilización de la subrasante mediante el uso de polímeros PET triturados en el centro poblado de Marcavelica – Piura 2021.	El uso de polímeros PET triturados influye positivamente en la estabilización de la subrasante del centro poblado de Marcavelica entre el Km 1030 al Km 1032 – Piura 2021.	
		OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	

		<p>(1) Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural existente del centro poblado de Marcavelica – Piura 2021.</p> <p>(2) Determinar la dosis correcta de los polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura.</p> <p>(3) Determinar el aumento de la capacidad de soporte (CBR) a través de la adición de polímeros PET triturados para estabilizar la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura 2021.</p>	<p>(1) Las propiedades físicas y mecánicas del suelo existente influyen en la estabilización con de polímeros PET triturados de la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura 2021.</p> <p>(2) La dosis correcta de los polímeros PET triturados influye positivamente en la estabilización de la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura.</p> <p>(3) La capacidad de soporte (CBR) de la subrasante del suelo posee un incremento positivo mediante la adición de polímeros PET triturados para lograr la estabilización de la subrasante en el centro poblado de Marcavelica – Piura 2021.</p>	<p>TIPO: Aplicada</p> <p>DISEÑO: Experimental</p>
--	--	---	---	---



Declaratoria de Originalidad del Autor/ Autores

Yo.....,
egresado de la Facultad / Escuela de posgrado y Escuela
Profesional / Programa académico de la Universidad César
Vallejo sede Tarapoto, declaro bajo juramento que todos los datos e
información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado:
“
.....
.....”

, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación / Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha,

Apellidos y Nombres del Autor	
DNI:	Firma
ORCID:	



Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo,....., docente de la
Facultad / Escuela de posgrado..... y Escuela
Profesional / Programa académico de la Universidad César
Vallejo (filial o sede), asesor (a) del Trabajo de Investigación / Tesis titulada:
“
.....
.....
.....”

(los) autor (autores)....., constato que la investigación
tiene un índice de similitud de% verificable en el reporte de originalidad
del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias
detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de
investigación / tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y
referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier
falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información
aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas
vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha,

Apellidos y Nombres del	
DNI	Firma
ORCID	

ANEXO 3: Factura de la compra del Polímero PET- Triturado.



ESTOQUIERO.COM E.I.R.L.
 Av. Bolívar Nro. 850 Int. 244 Pueblo Libre
 (magdalena Vieja) - Lima
 Telf: 2616573 / Cel: 987960035 / 993264690
 razzettovrp@hotmail.com / www.estoquierno.com
 Domingo Astete y Moscoso 1649
 Cipreses - Lima

R.U.C. 20602205593

FACTURA

001 - **Nº 000381**

Señor(es): *Cardoza Cordero Jonathan Alexander*

Dirección: *Jorno Arcambuto #255 Bellavista - Sullana* Guía:

R.U.C.: *10461764423* N° Orden.: Fecha de Emisión: *12/05/2021*

Cant.	Descripción	P. Unit.	Importe
<i>01</i>	<i>porsea de pol triturado (5kilos)</i>		<i>39.-</i>
			
SON: <i>Treinta y nueve con 00/100</i>			<i>S/39.-</i>

CANCELADO
30 06 2021

SUB-TOTAL *33.05*

I.G.V. *5.95*

TOTAL *39.-*

GRAFICA FULL SERVICES E.I.R.L. RUC. 2054101942 TEL: 4233750 SERIE 0001 DEL 0001 AL 1000 N. AUT. 12992965023 F.I. 13/07/2017

ADQUIRENTE O USUARIO

ANEXO 4: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO CALICATA N° 01



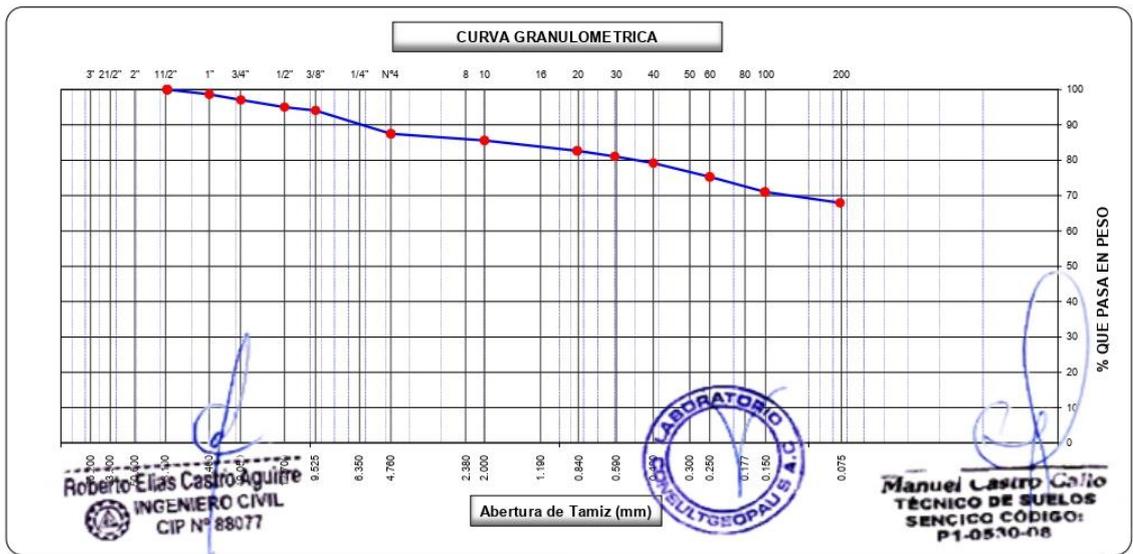
CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos

Tel: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsultgeopav@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021		ING. RESP.	R.C.A.
MATERIAL	TERRENO NATURAL		TÉCNICO	M.C.G.
KILOMETRO	Km 00+200		REALIZADO POR	E.C.G.
CARRIL	DERECHO		FECHA	15/05/2021
CALICATA	C-1		N° ENSAYO	TE-02
MUESTRA	M-2			
PROF. (mts)	0.25 - 1.50			

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificacion	Descripcion
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) 16,908.0
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 200.0
2 1/2"	60.300						2. Caracteristicas
2"	50.800						Tamaño Maximo 1 1/2"
1 1/2"	37.500				100.0		Tamaño Maximo Nominal 1"
1"	25.400	232.0	1.4	1.4	98.6		Grava (%) 12.5
3/4"	19.000	264.0	1.6	2.9	97.1		Arena (%) 19.5
1/2"	12.700	337.0	2.0	4.9	95.1		Finos (%) 68.0
3/8"	9.520	162.0	1.0	5.9	94.1		Modulo de Fineza (%)
1/4"	6.350						3. Clasificación del Material según Geología y Geotécnica y Pavimentos MTC.
N° 4	4.750	1,122.0	6.6	12.5	87.5		Limite Liquido (%) 42
N° 8	2.360						Limite Plastico (%) 21
N° 10	2.000	4.3	1.9	14.4	85.6		Indice de Plasticidad (%) 21
N° 16	1.190						Clasificación según Indice de plasticidad: Alta
N° 20	0.850	6.7	2.9	17.3	82.7		<i>Suelos muy arcillosos</i>
N° 30	0.600	3.6	1.6	18.9	81.1		Clasificación SUCS CL
N° 40	0.420	4.4	1.9	20.8	79.2		Clasificación AASHTO A-7-6 (11)
N° 50	0.300						Clasificación por Indice de Grupo: Pobre
N° 60	0.250	8.9	3.9	24.7	75.3		Categoría Subrasante Subrasante pobre
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	9.8	4.3	29.0	71.0		
N° 200	0.075	6.9	3.0	32.0	68.0		
Pasante		155.4	68.0	100.0			



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

PROYECTO	POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	R.C.A.
MATERIAL	TERRENO NATURAL	TÉCNICO	M.C.G.
KILOMETRO	Km. 00+200	REALIZADO POR	E.C.G.
CARRIL	DERECHO	FECHA	17/05/2021
CALICATA	C° 1	N° ENSAYO	TE-02
MUESTRA	M 2		
PROF. (mts)	0.25 - 1.50		

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		54	51	53	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	31.50	31.01	31.40	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	27.84	27.55	27.94	
Peso de Tarro	gr.	19.33	19.23	19.36	
Peso de Agua	gr.	3.66	3.46	3.46	
Peso del Suelo Seco	gr.	8.51	8.32	8.58	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	43.01	41.59	40.33	42
Numero de Golpes		18	28	35	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		52	55	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	16.60	20.84	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	16.30	20.61	
Peso de Tarro	gr.	14.91	19.51	
Peso de Agua	gr.	0.30	0.23	
Peso de Suelo seco	gr.	1.39	1.10	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	21.58	20.91	21



Constantes Físicas de la Muestra	
Limite Liquido	42
Limite Plastico	21
Indice de Plasticidad	21
Observaciones	
Pasante Taniz N° 40	

Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077



Manuel Castro Callo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO	:	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	:	R.C.A.
MATERIAL	:	TERRENO NATURAL	TÉCNICO	:	M.C.G.
KILOMETRO	:	Km. 00+200	REALIZADO POR	:	E.C.G
CARRIL	:	DERECHO	FECHA	:	15/05/2021
CALICATA	:	C 1	Nº ENSAYO	:	TE-02
MUESTRA	:	M 2			
PROF. (mts)	:	0.25 - 1.50			

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	300.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	270.0	
Peso del agua contenida (gr)	30.0	
Peso de la muestra seca (gr)	270.0	
Contenido de Humedad (%)	11.1	
Contenido de Humedad Promedio (%)	11.1	


 Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP Nº 88077




 Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)

(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)

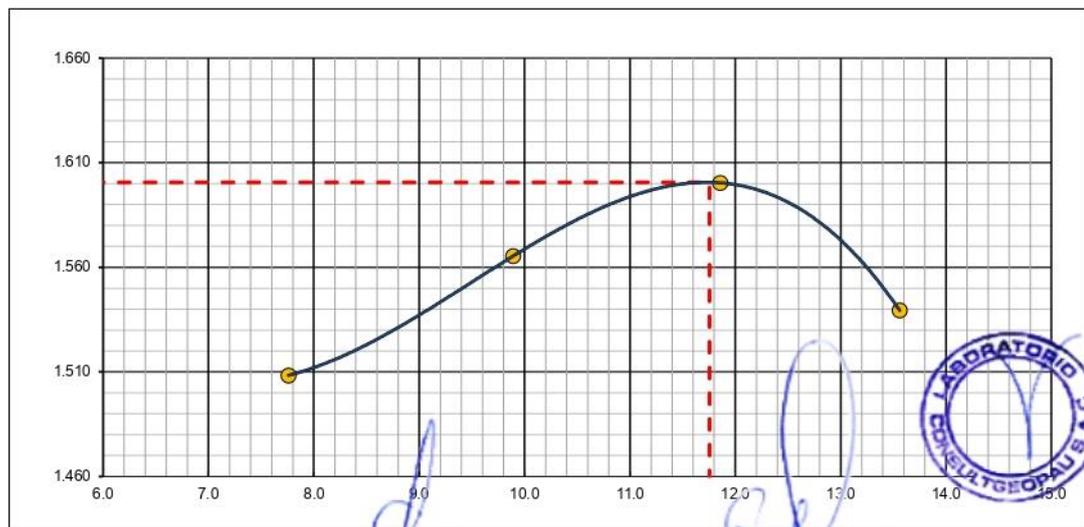
PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	: R.C.A.
MATERIAL	TERRENO NATURAL	TÉCNICO	: M.C.G.
KILOMETRO	Km. 00+200	REALIZADO POR	: E.C.G
CARRIL	DERECHO	FECHA	: 17/05/2021
CALICATA	C 1	Nº ENSAYO	: TE-02
MUESTRA	M 2		
PROF. (mts)	0.25 - 1.50		

Molde Nº 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	929	m3.	Nº de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	3392	gr.	Nº de golpes	25 Glp
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde		gr.	4,902	4,990	5,055	5,016			
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.	1,510	1,598	1,663	1,624			
Peso Volumetrico Humedo		gr.	1.625	1.720	1.790	1.748			
Recipiente Numero			-	-	-	-			
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.	500.0	500.0	500.0	500.0			
Peso Suelo Seco + Tara		gr.	464.0	455.0	447.0	440.3			
Peso de la Tara		gr.							
Peso del agua		gr.	36.0	45.0	53.0	59.7			
Peso del suelo seco		gr.	464	455	447	440			
Contenido de agua		%	7.8	9.9	11.9	13.6			
Densidad Seca		gr/cc	1.508	1.565	1.600	1.539			

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.601	(gr/cm3)	Humedad óptima	11.8	%
Densidad Máxima Seca Corregida		(gr/cm3)	Humedad óptima		%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES :

Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP Nº 88077

Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0510-08

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	R.C.A.
MATERIAL	TERRENO NATURAL	TÉCNICO	M.C.G.
KILOMETRO	Km. 00+200	REALIZADO POR	E.C.G.
CARRIL	DERECHO	FECHA	19/05/2021
CALICATA	C 1	Nº ENSAYO	TE-02
MUESTRA	M 2		
PROF. (mts)	0.25 - 1.50		

CALCULO DEL CBR

	49		13		14	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº	49		13		14	
Capas Nº	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11854.0		10794.0		11800.0	
Peso de molde (g)	8035.0		7240.0		8410.0	
Peso del suelo húmedo (g)	3819.0		3554.0		3390.0	
Volumen del molde (cm ³)	2134.0		2090.0		2134.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.790		1.700		1.589	
Tara (Nº)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0	
Peso suelo seco + tara (g)	447.2		447.3		446.8	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	52.8		52.7		53.2	
Peso de suelo seco (g)	447.2		447.3		446.8	
Contenido de humedad (%)	11.8		11.8		11.9	
Densidad seca (g/cm ³)	1.601		1.521		1.420	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/05/21	14:05:00 p.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
20/05/21	14:05:00 p.m.	24	29	0.737	0.641	30	0.762	0.663	31	0.787	0.685
21/05/21	14:05:00 p.m.	48	39	0.991	0.861	48	1.219	1.060	51	1.295	1.126
22/05/21	14:05:00 p.m.	72	55	1.397	1.215	61	1.549	1.347	64	1.626	1.414
23/05/21	14:05:00 p.m.	96	62	1.575	1.369	66	1.676	1.458	68	1.727	1.502

PENETRACION

PENETRACION		CARGA		MOLDE Nº		M-49		MOLDE Nº		M-13		MOLDE Nº		M-14	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION					
mm	pulg.	kg/cm ²	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		12	15			8	11			5	8			
1.270	0.050		31	34			19	22			14	17			
1.905	0.075		43	46			32	35			22	25			
2.540	0.100	70.29	60	63	63	4.6	46	49	49	3.6	31	34	34.0	2.5	
3.810	0.150		95	98			67	70			48	51			
5.080	0.200	105.43	123	126	126	6.2	95	98	98	4.8	65	68	68.1	3.3	
6.350	0.250		158	161			121				87	90			
7.620	0.300		195	198			143				104	107			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

OBSERVACIONES : Anillo: 50 KN

Manuel Casiro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0570-08



Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP Nº 88071



CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos

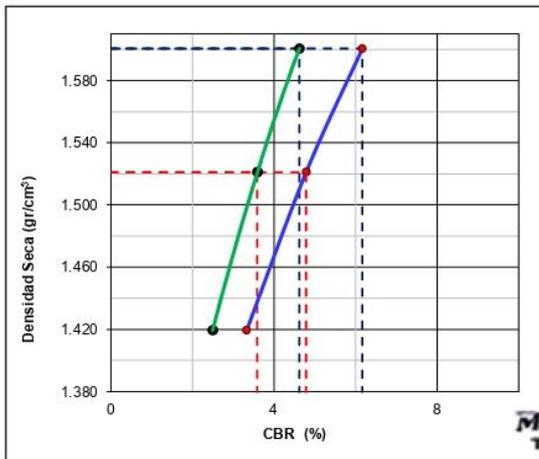
Tel: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onstultgeopav@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP. :	R.C.A.
MATERIAL :	TERRENO NATURAL	TÉCNICO :	M.C.G.
KILOMETRO :	Km. 00+200	REALIZADO POR :	E.C.G
CARRIL :	DERECHO	FECHA :	15/05/2021
CALICATA :	C 1	N° ENSAYO :	TE-02
MUESTRA :	M 2		
PROF. (mts) :	0.25 - 1.50		

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION :	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.601
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	11.8
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.521
:	:

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 4.6 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 3.6 %
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	= 6.2 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	= 4.8 %

OBSERVACIONES:
 Subrasante polvosa

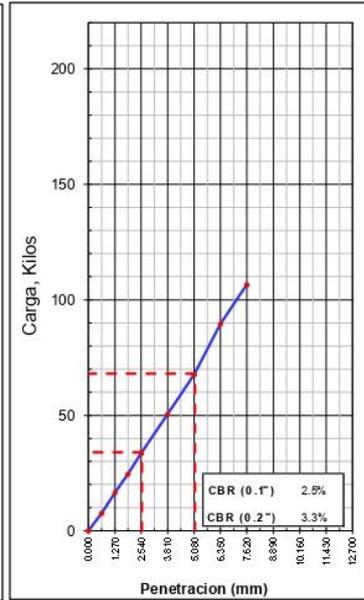
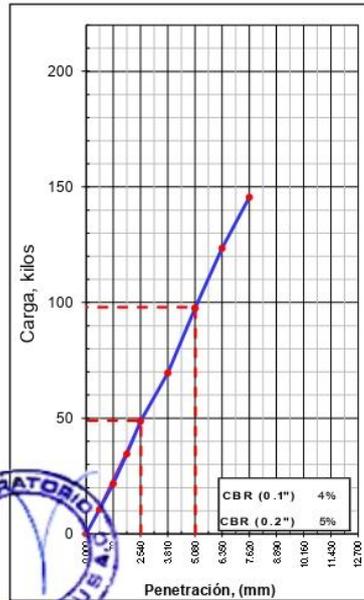
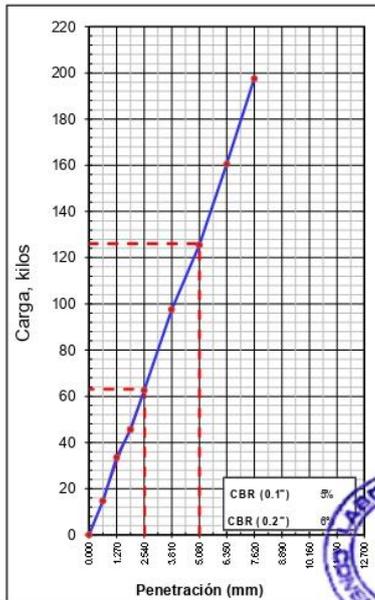
Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SUELOS/REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA (ASTM - 2488)

PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	R.C.A.
MATERIAL	TERRENO NATURAL	TÉCNICO	M.C.G.
KILOMETRO	Km. 00+200	REALIZADO POR	E.C.G.
CARRIL	DERECHO	FECHA	15/05/2021
CALICATA	C 1	N° ENSAYO	TE-02
MUESTRA	M 2	NF	NO
PROF. (mts)	1.50 MTS		

Prof. (m.)	Estrato		Símbolo Grafico	Descripción Visual del Suelo	Clasificación		Granulometría				Constantes Físicas			W. Natural
	Capa	Espesor (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3"- N°4	N°4 - N° 200	< N° 200	L.L.	LP	IP	
0.05	AFIRMADO	0.25		Grava Arena limo - arcillosa de plasticidad baja, ligeramente humedo, semicomacto, color beige. Gravas subangulares de resistencia media.	A-1-b (0)	GM-GC	0	39.4	36.75	23.9	22.9	19.0	4.0	2.5
0.10														
0.15														
0.20														
0.25														
0.30	TERRENO NATURAL	1.25		Arcillosa de plasticidad ALTA, color marron - negro, humedo, compacto Contiene poco porcentaje de gravas (+-10%) de forma angulosa y cementacion media	A-7-6 (11)	CL	0	12.52	19.5	68.0	41.8	21.0	20.8	11.1
0.35														
0.40														
0.45														
0.50														
0.55														
0.60														
0.65														
0.70														
0.75														
0.80														
0.85														
0.90														
0.95														
1.00														
1.05														
1.10														
1.15														
1.20														
1.25														
1.30														
1.35														
1.40														
1.45														
1.50														

PANEL FOTOGRAFICO



OBSERVACIONES :

CALICATA N° 02



CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos

Tel: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Dirección : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: gcopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsltgcopav@gmail.com

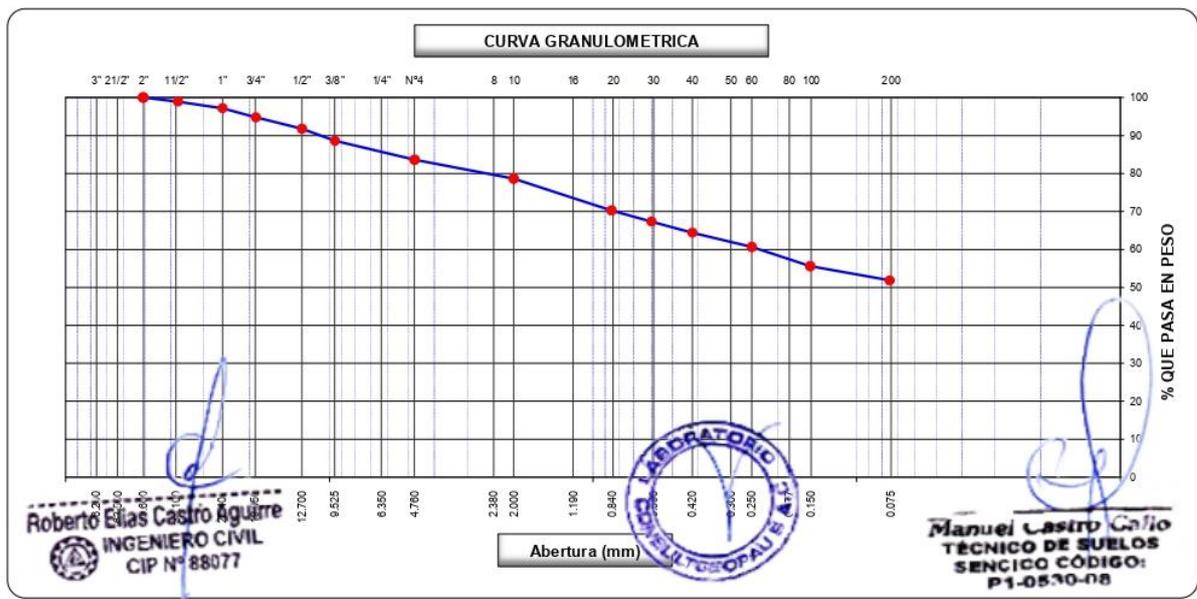
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

PROYECTO	USO DE POLÍMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021		
MATERIAL	TERRENO NATURAL	ING. RESP.	R.C.A.
KILOMETRO	Km. 00+400	TÉCNICO	M.C.G.
CARRIL	IZQUIERDO	REALIZADO POR	E.C.G
CALICATA	C-2	FECHA	15/05/2021
MUESTRA	M-2	N° ENSAYO	TE-04
PROF. (mts)	0.25 - 1.50		

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) 25,203.0
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) 200.0
2 1/2"	60.300						2. Características
2"	50.800				100.0		Tamaño Máximo 2"
1 1/2"	37.500	275.0	1.1	1.1	98.9		Tamaño Máximo Nominal 1 1/2"
1"	25.400	437.0	1.7	2.8	97.2		Grava (%) 16.4
3/4"	19.000	616.0	2.4	5.3	94.7		Arena (%) 31.8
1/2"	12.700	750.0	3.0	8.2	91.8		Finos (%) 51.9
3/8"	9.520	800.0	3.2	11.4	88.6		Modulo de Finesa (%)
1/4"	6.350						3. Clasificación del Material según Geología y Geotécnica y Pavimentos MTC.
N° 4	4.750	1,250.0	5.0	16.4	83.6		Limite Líquido (%) 41
N° 8	2.360						Limite Plástico (%) 22
N° 10	2.000	12.0	5.0	21.4	78.6		Índice de Plasticidad (%) 19
N° 16	1.190						Clasificación según Índice de plasticidad: Media
N° 20	0.850	20.0	8.4	29.8	70.3		<i>Suelo exento de arcilla</i>
N° 30	0.600	7.0	2.9	32.7	67.3		Clasificación SUCS CL
N° 40	0.420	7.0	2.9	35.6	64.4		Clasificación AASHTO A-7-6 (7)
N° 50	0.300						Clasificación por Índice de Grupo: Regular
N° 60	0.250	9.0	3.8	39.4	60.6		Categoría Subrasante Subrasante pobre
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	12.0	5.0	44.4	55.6		
N° 200	0.075	9.0	3.8	48.2	51.9		
Pasante		124.0	51.9	100.0			





CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos
 Tef: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsuitgeopav@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

PROYECTO	:	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	:	R.C.A.
MATERIAL	:	TERRENO NATURAL	TÉCNICO	:	M.C.G.
KILOMETRO	:	Km. 00+400	REALIZADO POR	:	E.C.G
CARRIL	:	IZQUIERDO	FECHA	:	17/05/2021
CALICATA	:	C-2	N° ENSAYO	:	TE-04
MUESTRA	:	M-2			
PROF. (mts)	:	0.25 - 1.50			

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		7	9	13	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	29.99	28.96	29.60	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	25.53	24.60	25.23	
Peso de Tarro	gr.	15.05	13.80	13.81	
Peso de Agua	gr.	4.46	4.36	4.37	
Peso del Suelo Seco	gr.	10.48	10.80	11.42	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	42.56	40.37	38.27	41
Numero de Golpes		18	27	36	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		7	9		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	18.45	17.95		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	17.82	17.22		
Peso de Tarro	gr.	15.05	13.80		
Peso de Agua	gr.	0.63	0.73		
Peso de Suelo seco	gr.	2.77	3.42		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	22.74	21.35		22



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	41
Limite Plastico	22
Indice de Plasticidad	19
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0570-08



Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88277

 <p style="text-align: center;">CONSULTGEOPAV SAC RUC: 20602407021 Sistema Integral de Geotecnia Suelos y Pavimentos</p> <p style="text-align: center;">Tef: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsultgeopav@gmail.com</p>	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
CONTENIDO DE HUMEDAD	
(MTC E-108 / ASTM D-2216)	
PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021
MATERIAL :	TERRENO NATURAL
KILOMETRO :	Km. 00+400
CARRIL :	IZQUIERDO
CALICATA :	C-2
MUESTRA :	M-2
PROF. (mts) :	0.25 - 1.50
ING. RESP. :	R.C.A.
TÉCNICO :	M.C.G.
REALIZADO POR :	E.C.G
FECHA :	15/05/2021
N° ENSAYO :	TE-04

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	300.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	272.0	
Peso del agua contenida (gr)	28.0	
Peso de la muestra seca (gr)	272.0	
Contenido de Humedad (%)	10.3	
Contenido de Humedad Promedio (%)	10.3	


Manuel Castro Castro
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08




Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077



CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos

Tef: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - Junior_castro@hotmail.com onultgeopav@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)

(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)

PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE	ING. RESP.	: R.C.A.
MATERIAL	TERRENO NATURAL	TÉCNICO	: M.C.G.
KILOMETRO	Km. 00+400	REALIZADO POR	: E.C.G
CARRIL	IZQUIERDO	FECHA	: 17/05/2021
CALICATA	C-2	N° ENSAYO	: TE-04
MUESTRA	M-2		
PROF. (mts)	0.25 - 1.50		

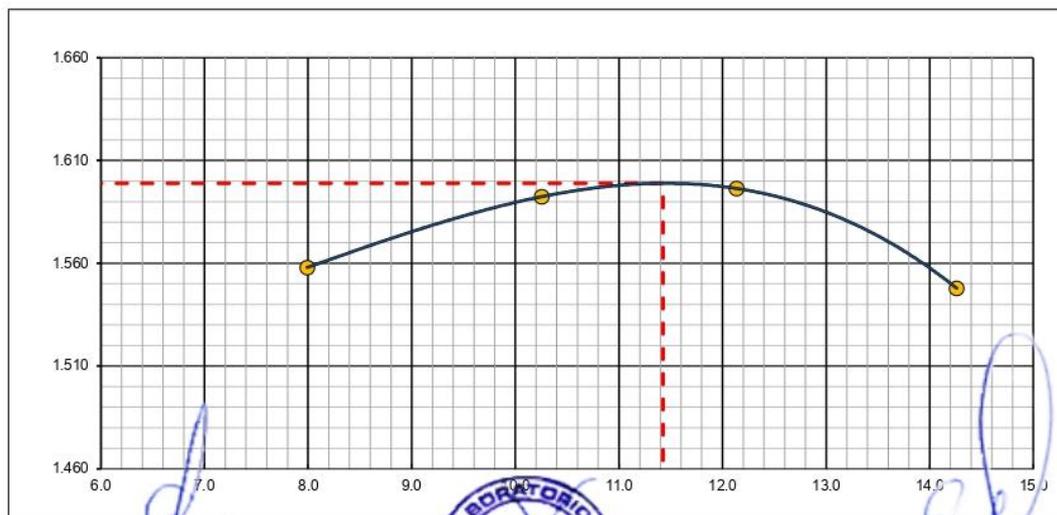
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"	Volumen Molde	929	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	3392	gr.	N° de golpes

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde	gr.	4,955	5,023	5,055	5,035	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,563	1,631	1,663	1,643	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.682	1.756	1.790	1.769	
Recipiente Numero		-	-	-	-	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	500.0	500.0	500.0	500.0	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	463.0	453.5	446.0	437.6	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	37.0	46.5	54.0	62.4	
Peso del suelo seco	gr.	463	454	445	438	
Contenido de agua	%	8.0	10.3	12.1	14.3	
Densidad Seca	gr/cc	1.558	1.592	1.596	1.548	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.599	(gr/cm3)	Humedad óptima	11.4	%
Densidad Máxima Seca Corregida		(gr/cm3)	Humedad óptima		%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077



Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0570-08

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO : USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE	
MATERIAL : TERRENO NATURAL	
KILOMETRO : Km. 00+400	ING. RESP. : R.C.A.
CARRIL : IZQUIERDO	TÉCNICO : M.C.G.
CALICATA : C-2	REALIZADO POR : E.C.G.
MUESTRA : M-2	FECHA : 19/05/2021
PROF. (mts) : 0.25 - 1.50	N° ENSAYO : TE-04

CALCULO DEL CBR

	29		30		31	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	29		30		31	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11822.0		11860.0		11175.0	
Peso de molde (g)	8035.0		8235.0		7830.0	
Peso del suelo húmedo (g)	3787.0		3625.0		3345.0	
Volumen del molde (cm ³)	2127.0		2140.0		2119.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.780		1.694		1.579	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0	
Peso suelo seco + tara (g)	449.0		448.5		449.0	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	51.0		51.5		51.0	
Peso de suelo seco (g)	449.0		448.5		449.0	
Contenido de humedad (%)	11.4		11.5		11.4	
Densidad seca (g/cm ³)	1.599		1.519		1.418	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/05/21	16:05:00 p.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
20/05/21	16:05:00 p.m.	24	3	0.076	0.066	4	0.102	0.088	5	0.127	0.110
21/05/21	16:05:00 p.m.	48	6	0.152	0.133	6	0.152	0.133	8	0.203	0.177
22/05/21	16:05:00 p.m.	72	7	0.178	0.155	9	0.229	0.199	9	0.229	0.199
23/05/21	16:05:00 p.m.	96	8	0.203	0.177	9	0.229	0.199	11	0.279	0.243

PENETRACION

PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-29		MOLDE N°		M-30		MOLDE N°		M-31	
		STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000			0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025			15	18			10	13			8	11		
1.270	0.050			33	36			22	25			18	21		
1.905	0.075			51	54			37	40			33	36		
2.540	0.100	70.29		72	75	75	5.5	54	57	57	4.2	45	48	48.0	3.5
3.810	0.150			106	109			82	85			63	66		
5.080	0.200	105.43		147	150	150	7.3	111	114	114	5.6	93	96	96.1	4.7
6.350	0.250			172	175			152	155			115	118		
7.620	0.300			198	201			175	178			148	151		
10.160	0.400														
12.700	0.500														

OBSERVACIONES : Anillo: 50 KN



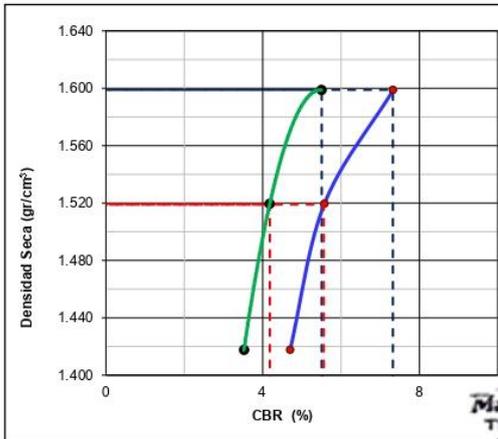
Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88577

Manuel Lasido Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR
 (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE	ING. RESP. :	R.C.A.
MATERIAL :	TERRENO NATURAL	TÉCNICO :	M.C.G.
KILOMETRO :	Km. 00+400	REALIZADO POR :	E.C.G
CARRIL :	IZQUIERDO	FECHA :	15/05/2021
CALICATA :	C-2	Nº ENSAYO :	TE-04
MUESTRA :	M-2		
PROF. (mts) :	0.25 - 1.50		

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION :	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.599
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	11.4
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.519

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 5.5 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 4.2 %
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	= 7.3 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	= 5.6 %

OBSERVACIONES:
Subrasante pobre

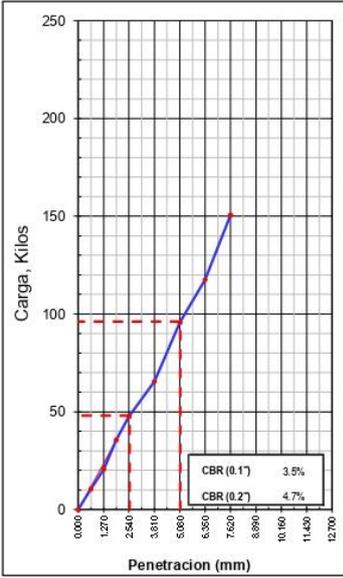
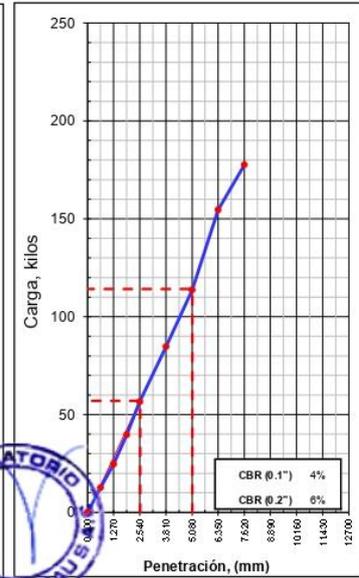
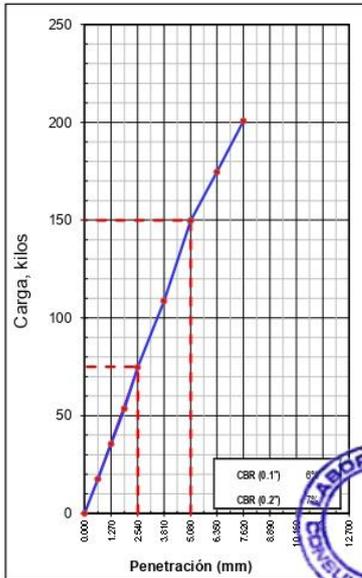
Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0510-08

Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP Nº 88077

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SUELOS/REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA (ASTM - 2488)

PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE	ING. RESP. :	R.C.A.
MATERIAL :	TERRENO NATURAL	TÉCNICO :	M.C.G.
KILOMETRO :	Km. 00+400	REALIZADO POR :	E.C.G.
CARRIL :	IZQUIERDO	FECHA :	15/05/2021
CALICATA :	C-2	N° ENSAYO :	TE-04
MUESTRA :	M-2	NF :	NO
PROF. (mts) :	1.50 MTS		

Prof. (m)	Estrato		Simbolo Grafico	Descripcion Visual del Suelo	Clasificacion		Granulometria				Constantes Fisicas			W. Natural
	Capa	Espesor (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3" - N°4	N°4 - N° 200	< N° 200	L.L.	LP	IP	
0.05	AFIRMADO	0.25		Arena limo - arcillosa de plasticidad baja, ligeramente humedo, semicomacto, color beige.	A-1-a (0)	GM	0	53.01	34.71	12.3	25.9	23.0	3.0	2.7
0.10														
0.15														
0.20														
0.25														
0.30	TERRENO NATURAL	1.25		Limo organico con arena fina plasticidad NULA, ligeramente humeda, color NEGRO, semicomacto. Contiene elevado porcentaje de materia organica.	A-7-6 (7)	CL	0	16.37	31.78	51.9	40.6	22.0	19.0	10.3
0.35														
0.40														
0.45														
0.50														
0.55														
0.60														
0.65														
0.70														
0.75														
0.80														
0.85														
0.90														
0.95														
1.00														
1.05														
1.10														
1.15														
1.20														
1.25														
1.30														
1.35														
1.40														
1.45														
1.50														

PANEL FOTOGRAFICO



OBSERVACIONES:

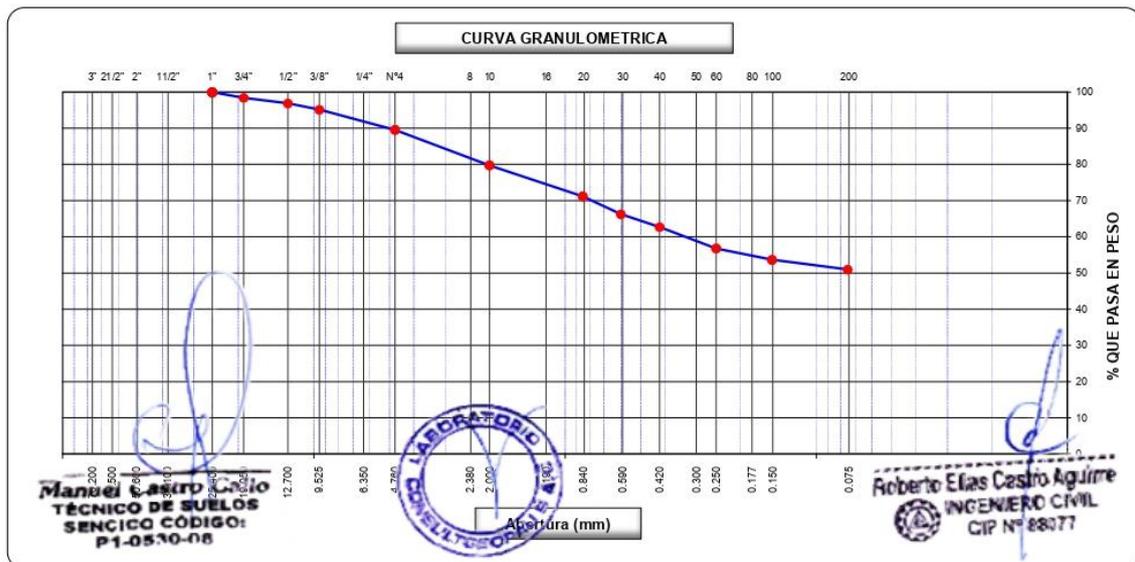



Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0830-08


Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

CALICATA N°3

 CONSULTGEOPAV SAC RUC: 20602407021 Sistema Integral de Geotecnia Suelos y Pavimentos Tef: 073-501000 Cel: 975199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro Dirección : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onstultgeopav@gmail.com								
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)								
PROYECTO	USO DE POLÍMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE							
TRAMO	MARACVELICA - PIURA - 2021							
MATERIAL	TERRENO NATURAL							
KILOMETRO	km 00+600						ING. RESP.	R.C.A.
CARRIL	DERECHO						TÉCNICO	M.C.G.
CALICATA	C-3						REALIZADO POR	E.C.G
MUESTRA	M-2						FECHA	15/05/2021
PROF. (mts)	0.25 - 1.50						N° ENSAYO	TE-06
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción	
5"	127.000						1. Peso de Material	
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) 18,500.0	
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) 200.0	
2 1/2"	60.300						2. Características	
2"	50.800						Tamaño Máximo 1"	
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo Nominal 3/4"	
1"	25.400				100.0		Grava (%) 10.4	
3/4"	19.000	300.0	1.6	1.6	98.4		Arena (%) 38.6	
1/2"	12.700	280.0	1.5	3.1	96.9		Finos (%) 51.0	
3/8"	9.520	320.0	1.7	4.9	95.1		Modulo de Fineza (%)	
1/4"	6.350						3. Clasificación del Material según Geología y Geotécnica y Pavimentos MTC.	
N° 4	4.750	1,030.0	5.6	10.4	89.6		Limite Líquido (%) 33	
N° 8	2.360						Limite Plástico (%) 19	
N° 10	2.000	22.0	9.9	20.3	79.7		Índice de Plasticidad (%) 14	
N° 16	1.190						Clasificación según Índice de plasticidad: Media	
N° 20	0.850	19.0	8.5	28.8	71.2		Suelos arcillosos	
N° 30	0.600	11.0	4.9	33.7	66.3		Clasificación SUCS CL	
N° 40	0.420	8.0	3.6	37.3	62.7		Clasificación AASHTO A-6 (5)	
N° 50	0.300						Clasificación por Índice de Grupo: Pobre	
N° 60	0.250	13.2	5.9	43.2	56.8		Categoría Subrasante Subrasante pobre	
N° 80	0.180							
N° 100	0.150	7.0	3.1	46.3	53.7			
N° 200	0.075	6.0	2.7	49.0	51.0			
Pasante		113.8	51.0	100.0				





CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos

Tel: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onstultgeopav@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

PROYECTO	: USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	: R.C.A.
MATERIAL	: TERRENO NATURAL	TÉCNICO	: M.C.G.
KILOMETRO	: Km. 00+600	REALIZADO POR	: E.C.G
CARRIL	: DERECHO	FECHA	: 17/05/2021
CALICATA	: C-3	N° ENSAYO	: TE-06
MUESTRA	: M-2		
PROF. (mts)	: 0.25 - 1.50		

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		44	39	41	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	30.45	30.36	30.25	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	27.66	27.66	27.70	
Peso de Tarro	gr.	19.54	19.45	19.59	
Peso de Agua	gr.	2.79	2.70	2.55	
Peso del Suelo Seco	gr.	8.12	8.21	8.11	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	34.36	32.89	31.44	33
Numero de Golpes		16	23	32	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		8	13	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	18.20	18.30	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	17.55	17.55	
Peso de Tarro	gr.	14.10	13.81	
Peso de Agua	gr.	0.65	0.75	
Peso de Suelo seco	gr.	3.45	3.74	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	18.84	20.05	19



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	33
Limite Plastico	19
Indice de Plasticidad	14
Observaciones	
Pasante Tami N° 40	

Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077



Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08



CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos

Tel: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsultgeopav@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO	: USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021		
MATERIAL	: TERRENO NATURAL		
KILOMETRO	: Km. 00+600	ING. RESP.	: R.C.A.
CARRIL	: DERECHO	TÉCNICO	: M.C.G.
CALICATA	: C-3	REALIZADO POR	: E.C.G
MUESTRA	: M-2	FECHA	: 15/05/2021
PROF. (mts)	: 0.25 - 1.50	N° ENSAYO	: TE-06

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	600.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	548.0	
Peso del agua contenida (gr)	52.0	
Peso de la muestra seca (gr)	548.0	
Contenido de Humedad (%)	9.5	
Contenido de Humedad Promedio (%)	9.5	


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08




Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)

(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)

PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	
MATERIAL	TERRENO NATURAL	
KILOMETRO	Km. 00+600	ING. RESP. : R.C.A.
CARRIL	DERECHO	TÉCNICO : M.C.G.
CALICATA	C-3	REALIZADO POR : E.C.G
MUESTRA	M-2	FECHA : 17/05/2021
PROF. (mts)	0.25 - 1.50	N° ENSAYO : TE-06

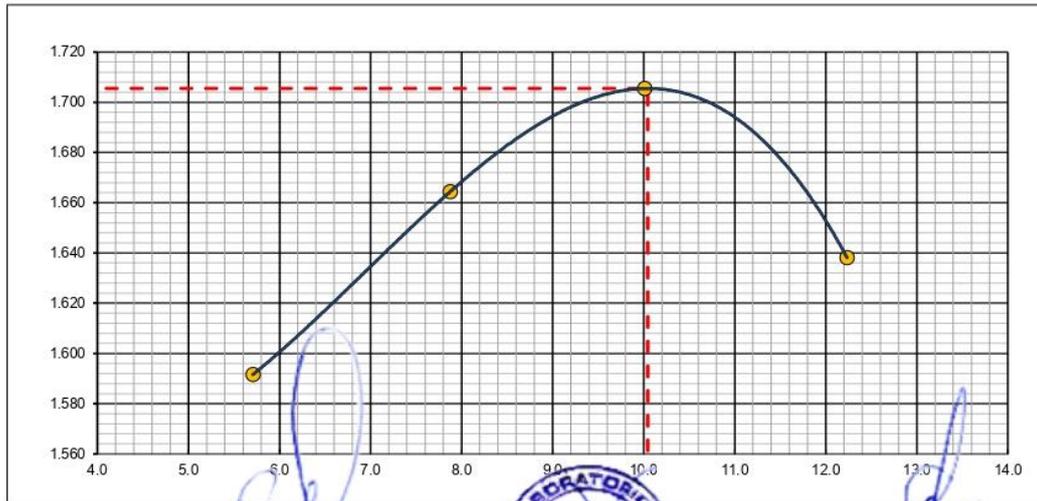
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	929	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	3392	gr.	N° de golpes	25 Glp

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde	gr.	4,955	5,060	5,135	5,100	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,563	1,668	1,743	1,708	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.682	1.795	1.876	1.839	
Recipiente Numero		-	-	-	-	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	500.0	500.0	500.0	500.0	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	473.0	463.5	454.5	445.5	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	27.0	36.5	45.5	54.5	
Peso del suelo seco	gr.	473	464	455	446	
Contenido de agua	%	5.7	7.9	10.0	12.2	
Densidad Seca	gr/cc	1.592	1.664	1.705	1.638	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.705	(gr/cm3)	Humedad óptima	10.0	%
Densidad Máxima Seca Corregida		(gr/cm3)	Humedad óptima		%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES :

Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08



Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077


CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20802407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos
 Tef: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsultgeopav@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	R.C.A.
MATERIAL	TERRENO NATURAL	TÉCNICO	M.C.G.
KILOMETRO	Km. 00+600	REALIZADO POR	E.C.G
CARRIL	DERECHO	FECHA	17/05/2021
CALICATA	C-3	N° ENSAYO	TE-06
MUESTRA	M-2		
PROF. (mts)	0.25 - 1.50		

CALCULO DEL CBR

	25		26		27	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	25		26		27	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11632.0		11892.0		11320.0	
Peso de molde (g)	7645.0		8100.0		7760.0	
Peso del suelo húmedo (g)	3987.0		3792.0		3560.0	
Volumen del molde (cm ³)	2123.0		2123.0		2123.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.878		1.786		1.677	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0	
Peso suelo seco + tara (g)	454.0		453.5		454.0	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	46.0		46.5		46.0	
Peso de suelo seco (g)	454.0		453.5		454.0	
Contenido de humedad (%)	10.1		10.3		10.1	
Densidad seca (g/cm ³)	1.705		1.620		1.523	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/05/21	21:50:00 p.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
18/05/21	21:50:00 p.m.	24	9	0.229	0.199	10	0.254	0.221	12	0.305	0.265
19/05/21	21:50:00 p.m.	48	12	0.305	0.265	15	0.381	0.331	18	0.457	0.398
20/05/21	21:50:00 p.m.	72	12	0.305	0.265	16	0.406	0.353	19	0.483	0.420

PENETRACION

PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-25		MOLDE N°		M-26		MOLDE N°		M-27	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION			
mm	pulg.	kg/cm ²	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		18	21			13	16			8	11			
1.270	0.050		39	42			28	31			19	22			
1.905	0.075		54	57			44	47			33	36			
2.540	0.100	70.29	77	80	80	5.9	59	62	62	4.5	45	48	48.0	3.5	
3.810	0.150		110	113			91	94			66	69			
5.080	0.200	105.43	157	160	160	7.8	121	124	124	6.1	93	96	96.2	4.7	
6.350	0.250		212	215			164	167			132	135			
7.620	0.300		284	287			209	212			159	162			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

OBSERVACIONES : Anillo: 50 KN



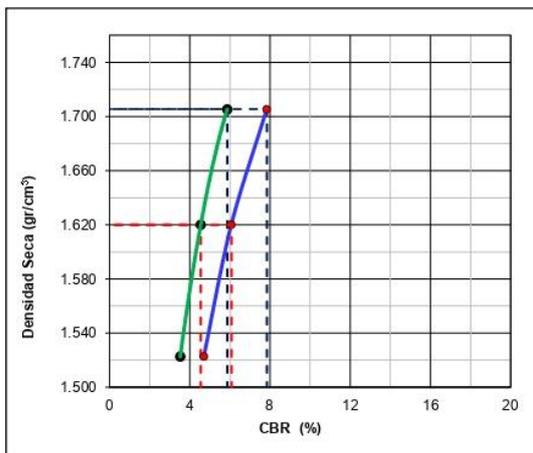
Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

Roberto Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88377

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR
 (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	
MATERIAL	TERRENO NATURAL	ING. RESP. : R.C.A.
KILOMETRO	Km. 00+600	TÉCNICO : M.C.G.
CARRIL	DERECHO	REALIZADO POR : E.C.G
CALICATA	C-3	FECHA : 15/05/2021
MUESTRA	M-2	N° ENSAYO : TE-06
PROF. (mts)	0.25 - 1.50	

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	: AASTHO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.705
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 10.0
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.620
	:

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 5.9 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 4.5 %
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	= 7.8 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	= 6.1 %

OBSERVACIONES:
Subrasante pobre

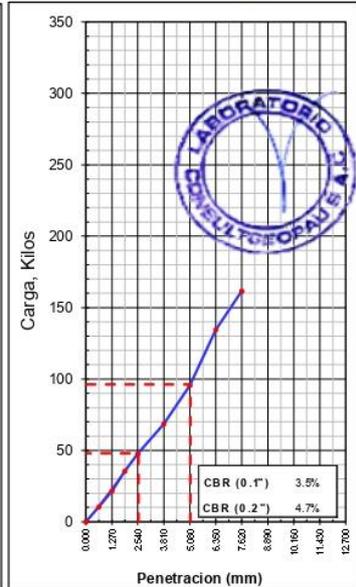
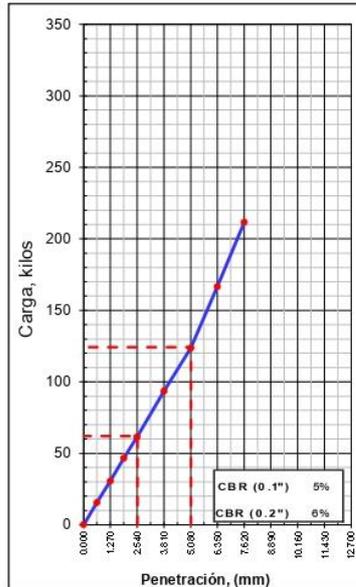
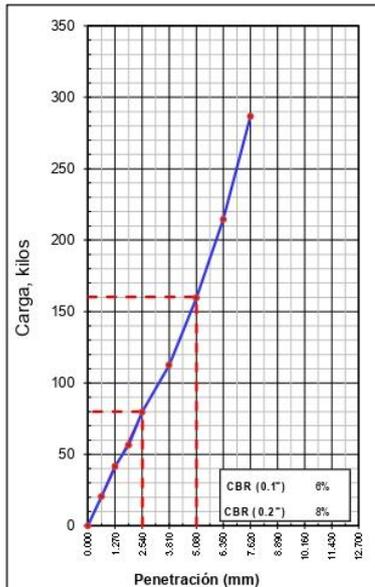
Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0570-08

Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SUELOS/REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA (ASTM - 2488)

PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE	ING. RESP. :	R.C.A.
TRAMO :	MARACVELICA - PIURA - 2021	TÉCNICO :	M.C.G.
MATERIAL :	TERRENO NATURAL	REALIZADO POR :	E.C.G.
KILOMETRO :	Km. 00+600	FECHA :	15/05/2021
CARRIL :	DERECHO	N° ENSAYO :	TE-06
CALICATA :	C-3	NF :	NO
MUESTRA :	M-2		
PROF. (mts) :	1.50 MTS		

Prof. (m.)	Estrato		Simbolo Grafico	Descripcion Visual del Suelo	Clasificacion		Granulometria				Constantes Fisicas			W. Natural
	Capa	Espesor (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3" - N°4	N°4 - N° 200	< N° 200	LL	L.P	IP	
0.05	AFIRMADO	0.25		Grava Limosa - Arcillosa de plasticidad baja, ligeramente humeda, semicomcompacta, color beige. Contiene regular porcentaje de gravas	A-1-b (0)	GM-GC	0	47.91	36.71	15.4	24.3	19.0	5.0	3.4
0.10														
0.15														
0.20														
0.25														
0.30	TERRENO NATURAL	1.50		Arcilla limosa de plasticidad media, humeda, compacta, color marron rojizo. Contiene regular porcentaje de gravas angulares de resistencia media.	A-6 (4)	CL	0	10.4	38.6	51.0	33.0	19.0	14.0	4.9
0.35														
0.40														
0.45														
0.50														
0.55														
0.60														
0.65														
0.70														
0.75														
0.80														
0.85														
0.90														
0.95														
1.00														
1.05														
1.10														
1.15														
1.20														
1.25														
1.30														
1.35														
1.40														
1.45														
1.50														


Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

PANEL FOTOGRAFICO



CALICATA N° 04



CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos

Tel: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Dirección : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsultgeopav@gmail.com

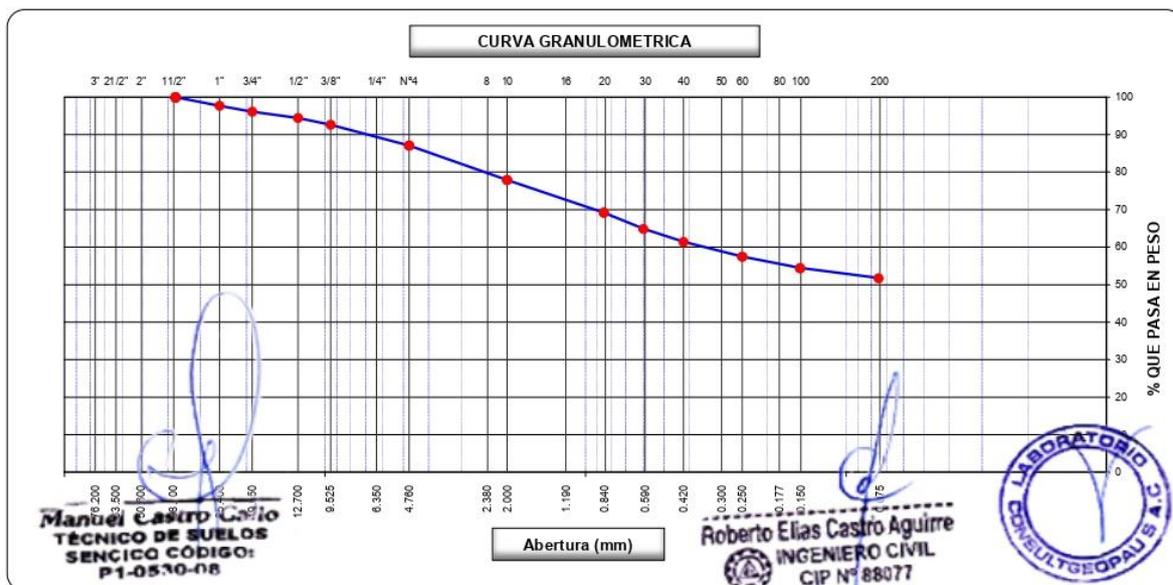
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

PROYECTO	USO DE POLÍMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	R.C.A.
MATERIAL	TERRENO NATURAL	TÉCNICO	M.C.G.
KILOMETRO	Km. 00+800	REALIZADO POR	E.C.G
CARRIL	IZQUIERDO	FECHA	15/05/2021
CALICATA	C-4	N° ENSAYO	TE-08
MUESTRA	M-2		
PROF. (mts)	0.25 - 1.50		

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) 16,600.0
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) 200.0
2 1/2"	60.300						2. Características
2"	50.800						Tamaño Máximo 1 1/2"
1 1/2"	37.500				100.0		Tamaño Máximo Nominal 1"
1"	25.400	380.0	2.3	2.3	97.7		Grava (%) 12.9
3/4"	19.000	255.0	1.5	3.8	96.2		Arena (%) 35.3
1/2"	12.700	280.0	1.7	5.5	94.5		Finos (%) 51.8
3/8"	9.520	305.0	1.8	7.4	92.6		Modulo de Fineza (%)
1/4"	6.350						3. Clasificación del Material según Geología y Geotécnica y Pavimentos MTC.
N° 4	4.750	920.0	5.5	12.9	87.1		Limite Líquido (%) 33
N° 8	2.360						Limite Plástico (%) 20
N° 10	2.000	21.0	9.2	22.1	78.0		Índice de Plasticidad (%) 13
N° 16	1.190						Clasificación según Índice de plasticidad: Media
N° 20	0.850	20.0	8.7	30.8	69.2		Suelos arcillosos
N° 30	0.600	10.0	4.4	35.1	64.9		Clasificación SUCS CL
N° 40	0.420	8.0	3.5	38.6	61.4		Clasificación AASHTO A-6 (4)
N° 50	0.300						Clasificación por Índice de Grupo: Regular
N° 60	0.250	9.0	3.9	42.5	57.5		Categoría Subrasante Subrasante pobre
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	7.0	3.1	45.6	54.4		
N° 200	0.075	6.1	2.7	48.2	51.8		
Pasante		118.9	51.8	100.0			





CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos

Tel: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onstultgeopav@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

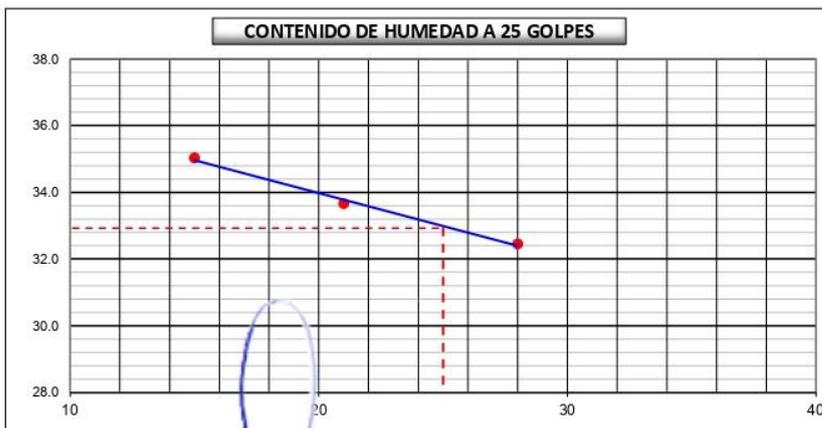
PROYECTO	: USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE	ING. RESP.	: R.C.A.
MATERIAL	: TERRENO NATURAL	TÉCNICO	: M.C.G.
KILOMETRO	: Km. 00+800	REALIZADO POR	: E.C.G
CARRIL	: IZQUIERDO	FECHA	: 17/05/2021
CALICATA	: C-4	N° ENSAYO	: TE-08
MUESTRA	: M-2		
PROF. (mts)	: 0.25 - 1.50		

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		4	6	9	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	30.30	30.09	29.80	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	26.11	25.94	25.88	
Peso de Tarro	gr.	14.15	13.61	13.80	
Peso de Agua	gr.	4.19	4.15	3.92	
Peso del Suelo Seco	gr.	11.96	12.33	12.08	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	35.03	33.66	32.45	33
Numero de Golpes		15	21	28	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		12	15		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	18.20	18.70		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	17.44	17.88		
Peso de Tarro	gr.	13.49	13.95		
Peso de Agua	gr.	0.76	0.82		
Peso de Suelo seco	gr.	3.95	3.93		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	19.24	20.87		20



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	33
Limite Plastico	20
Indice de Plasticidad	13
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

Manuel Castro Gallo
Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0510-08



Roberto Elias Castro Aguirre
Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

 <p style="text-align: center;">CONSULTGEOPAV SAC RUC: 20602407021 Sistema Integral de Geotecnia Suelos y Pavimentos</p> <p style="text-align: center;">Tef: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsultgeopav@gmail.com</p>	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108 / ASTM D-2216)	
PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE
MATERIAL :	TERRENO NATURAL
KILOMETRO :	Km. 00+800
CARRIL :	IZQUIERDO
CALICATA :	C-4
MUESTRA :	M-2
PROF. (mts) :	0.25 - 1.50
ING. RESP. :	R.C.A.
TÉCNICO :	M.C.G.
REALIZADO POR :	E.C.G
FECHA :	15/05/2021
N° ENSAYO :	TE-08

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	300.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	274.0	
Peso del agua contenida (gr)	26.0	
Peso de la muestra seca (gr)	274.0	
Contenido de Humedad (%)	9.5	
Contenido de Humedad Promedio (%)	9.5	




Roberto Elias Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077


Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0530-08

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)

(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)

PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE	ING. RESP.	R.C.A.
MATERIAL	TERRENO NATURAL	TÉCNICO	M.C.G.
KILOMETRO	Km. 00+800	REALIZADO POR	E.C.G
CARRIL	IZQUIERDO	FECHA	17/05/2021
CALICATA	C-4	Nº ENSAYO	TE-08
MUESTRA	M-2		
PROF. (mts)	0.25 - 1.50		

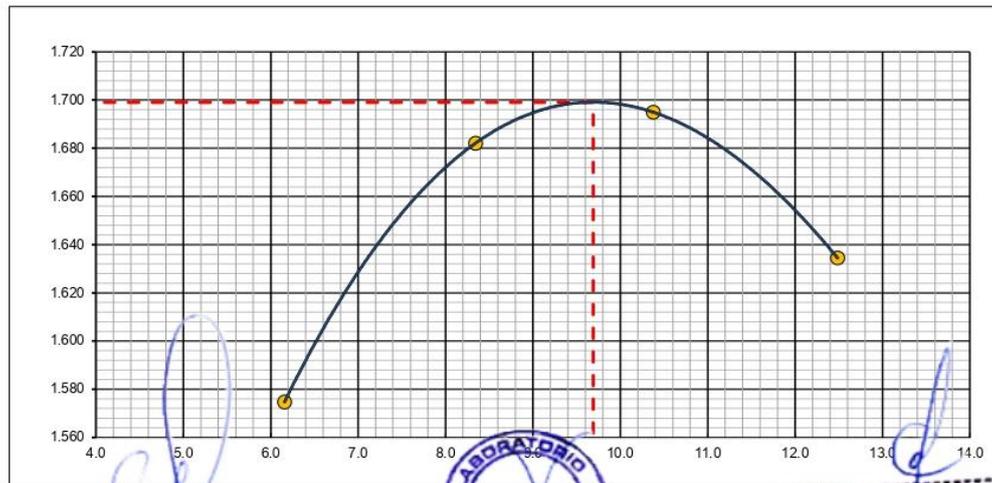
Molde Nº 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	929	m3.	Nº de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	3392	gr.	Nº de golpes	25 Glp

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde	gr.	4,945	5,085	5,130	5,100	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,553	1,693	1,738	1,708	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.672	1.822	1.871	1.839	
Recipiente Numero		-	-	-	-	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	500.0	500.0	500.0	500.0	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	471.0	461.5	453.0	444.5	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	29.0	38.5	47.0	55.5	
Peso del suelo seco	gr.	471	462	453	445	
Contenido de agua	%	6.2	8.3	10.4	12.5	
Densidad Seca	gr/cc	1.575	1.682	1.695	1.634	

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.699	(gr/cm3)	Humedad óptima	9.7	%
Densidad Máxima Seca Corregida		(gr/cm3)	Humedad óptima		%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBS: **Manuel Castro Gallo**
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08



Roberto Elias Castro Aquirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP Nº 88077

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO : USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE
MATERIAL : TERRENO NATURAL
KILOMETRO : Km. 00+800
CARRIL : IZQUIERDO
CALICATA : C-4
MUESTRA : M-2
PROF. (mts) : 0.25 - 1.50

ING. RESP. : R.C.A.
TÉCNICO : M.C.G.
REALIZADO POR : E.C.G.
FECHA : 17/05/2021
N° ENSAYO : TE-08

CALCULO DEL CBR

	31		32		33	
Molde N°	31		32		33	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11787.0		12195.0		11198.0	
Peso de molde (g)	7830.0		8425.0		7680.0	
Peso del suelo húmedo (g)	3957.0		3770.0		3518.0	
Volumen del molde (cm ³)	2119.0		2130.0		2127.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.867		1.770		1.654	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0	
Peso suelo seco + tara (g)	455.0		456.0		455.5	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	45.0		44.0		44.5	
Peso de suelo seco (g)	455.0		456.0		455.5	
Contenido de humedad (%)	9.9		9.6		9.8	
Densidad seca (g/cm ³)	1.699		1.614		1.507	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/05/21	10:20:00 p.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
18/05/21	10:20:00 p.m.	24	9	0.229	0.199	11	0.279	0.243	13	0.330	0.287
19/05/21	10:20:00 p.m.	48	14	0.356	0.309	16	0.406	0.353	15	0.381	0.331
20/05/21	10:20:00 p.m.	72	15	0.381	0.331	18	0.457	0.398	18	0.457	0.398
21/05/21	10:20:00 p.m.	96	16	0.406	0.353	19	0.483	0.420	18	0.457	0.398

PENETRACION

PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-31		MOLDE N°		M-32		MOLDE N°		M-33	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		17	20			12	15			7	10			
1.270	0.050		36	39			27	30			17	20			
1.905	0.075		58	61			41	44			30	33			
2.540	0.100	70.29	77	80	81	5.9	59	62	62	4.5	45	48	48.0	3.5	
3.810	0.150		109	112			87	90			62	65			
5.080	0.200	105.43	158	161	62	7.9	121	124	124	6.1	93	96			
6.350	0.250		194	197			156	159			118	121			
7.620	0.300		236	239			197	200			149	152			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

OBSERVACIONES : Anillo: 50 KN

P1-0570-08

Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:

Roberto Elias Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077





CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos

Tel: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsultgeopav@gmail.com

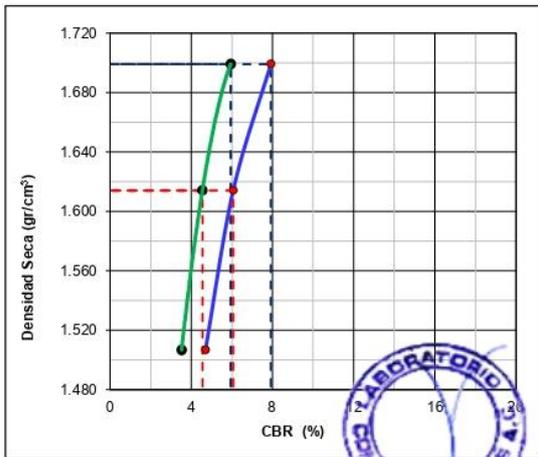
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO	: USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE	ING. RESP.	: R.C.A.
MATERIAL	: TERRENO NATURAL	TÉCNICO	: M.C.G.
KILOMETRO	: Km. 00+800	REALIZADO POR	: E.C.G
CARRIL	: IZQUIERDO	FECHA	: 15/05/2021
CALICATA	: C-4	N° ENSAYO	: TE-08
MUESTRA	: M-2 M-		
PROF. (mts)	: 0.25 - 1.50		

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	: 1.699
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 9.7
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	: 1.614
	:

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	=	5.9	%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	=	4.6	%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	=	7.9	%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	=	6.1	%

OBSERVACIONES:

Subrasante pobre



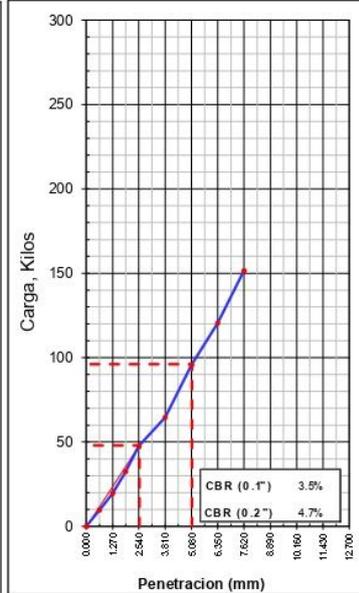
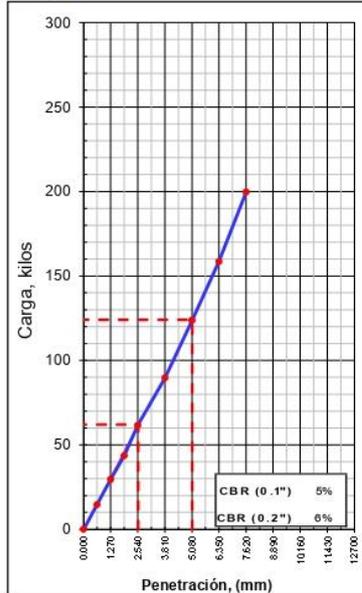
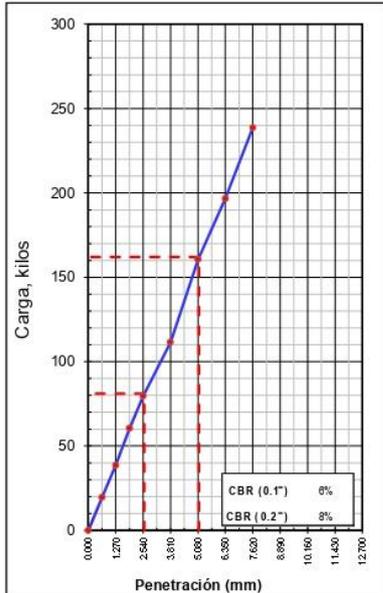
Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0510-08

Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES





CONSULTGEOPAV SAC

RUC: 20602407021

Sistema Integral

de Geotecnia

Suelos y Pavimentos

Tel: 073-501000 Cel: 979199773 Movistar - Cel: 986279811 Claro

Dirección : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura

Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsultgeopav@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SUELOS/REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA (ASTM - 2488)

PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE	ING. RESP. :	R.C.A.
MATERIAL :	TERRENO NATURAL	TÉCNICO :	M.C.G.
KILOMETRO :	Km. 00+800	REALIZADO POR :	E.C.G
CARRIL :	IZQUIERDO	FECHA :	15/05/2021
CALICATA :	C-4	N° ENSAYO :	TE-08
MUESTRA :	M-2	NF :	NO
PROF. (mts) :	1.50 MTS		

Prof. (m)	Estrato		Símbolo Grafico	Descripción Visual del Suelo	Clasificación		Granulometría				Constantes Físicas			W. Natural
	Capa	Espesor (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3" - N°4	N°4 - N° 200	< N° 200	L.L.	L.P	IP	
0.05	AFIRMADO	0.25		Grava subangulosa con arena limo arcillas plasticidad baja, ligeramente humeda, semicompacto, color gris verdusco	A-1-a (0)	GM	0	43.12	42.17	14.7	17.8	15.0	3.0	4.9
0.10														
0.15														
0.20														
0.25	TERRENO NATURAL	1.00		Arcilla con arena fina de plasticidad media, humeda, semicompacta. Color negro. Contiene regular cantidad de materia organica. y poco porcentaje de gravas de Tamaño maximo de 1"	A-6 (4)	CL	0	12.9	35.33	51.8	32.9	20.0	13.0	10.7
0.30														
0.35														
0.40														
0.45														
0.50														
0.55														
0.60														
0.65														
0.70														
0.75														
0.80														
0.85														
0.90														
0.95														
1.00														
1.05														
1.10														
1.15														
1.20														
1.25														
1.30														
1.35														
1.40														
1.45														
1.50														



Manuel Castro Gálvez
Manuel Castro Gálvez
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

Roberto Elias Castro Aguirre
Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

PANEL FOTOGRAFICO



OBSERVACIONES :

CALICATA N° 5



CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos

Tel: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onstultgeopav@gmail.com

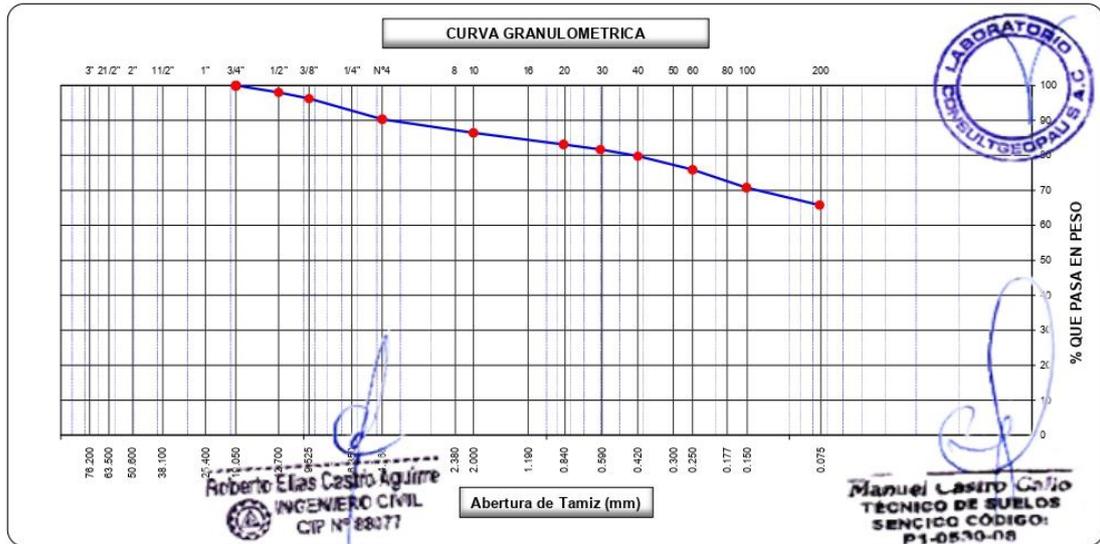
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)

PROYECTO :	USO DE POLÍMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP. :	R.C.A.
MATERIAL :	TERRENO NATURAL	TÉCNICO :	M.C.G.
KILOMETRO :	Km. 01+000	REALIZADO POR :	E.C.G
CARRIL :	DERECHO	FECHA :	15/05/2021
CALICATA :	C-5	N° ENSAYO :	TE-10
MUESTRA :	M-2		
PROF. (mts) :	0.25 - 1.50		

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripcion
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) 19,718.0
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 200.0
2 1/2"	60.300						2. Características
2"	50.800						Tamaño Maximo 3/4"
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo Nominal 1/2"
1"	25.400						Grava (%) 9.7
3/4"	19.000				100.0		Arena (%) 24.5
1/2"	12.700	376.0	1.9	1.9	98.1		Finos (%) 65.8
3/8"	9.520	357.0	1.8	3.7	96.3		Modulo de Fineza (%)
1/4"	6.350						3. Clasificación del Material según Geología y Geotécnica y Pavimentos MTC.
N° 4	4.750	1,172.0	5.9	9.7	90.3		Limite Liquido (%) 35
N° 8	2.360						Limite Plastico (%) 21
N° 10	2.000	8.6	3.9	13.5	86.5		Indice de Plasticidad (%) 14
N° 16	1.190						Clasificación según Indice de plasticidad: Media
N° 20	0.850	7.3	3.3	16.8	83.2		Suelos arcillosos
N° 30	0.600	3.2	1.5	18.3	81.7		Clasificación SUCS CL
N° 40	0.420	4.2	1.9	20.2	79.8		Clasificación AASHTO A-6 (8)
N° 50	0.300						Clasificación por Indice de Grupo: Pobre
N° 60	0.250	8.6	3.9	24.1	75.9		Categoría Subrasante Subrasante pobre
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	11.3	5.1	29.2	70.8		
N° 200	0.075	11.1	5.0	34.2	65.8		
Pasante		145.7	65.8	100.0			





CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos

Tel: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onstultgeopav@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

(MTC E-410,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)

PROYECTO	: USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	: R.C.A.
MATERIAL	: TERRENO NATURAL	TÉCNICO	: M.C.G.
KILOMETRO	: Km. 01+000	REALIZADO POR	: E.C.G
CARRIL	: DERECHO	FECHA	: 17/05/2021
CALICATA	: C-5	Nº ENSAYO	: TE-10
MUESTRA	: M-2		
PROF. (mts)	: 0.25 - 1.50		

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		14	9	3	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	29.32	27.72	27.60	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	25.44	24.11	24.13	
Peso de Tarro	gr.	14.84	13.80	13.90	
Peso de Agua	gr.	3.88	3.61	3.47	
Peso del Suelo Seco	gr.	10.60	10.31	10.23	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	36.60	35.01	33.92	35
Numero de Golpes		18	27	35	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		63	67		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	8.70	10.40		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	8.09	9.50		
Peso de Tarro	gr.	5.23	5.23		
Peso de Agua	gr.	0.61	0.90		
Peso de Suelo seco	gr.	2.86	4.27		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	21.33	21.08		21



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	35
Limite Plastico	21
Indice de Plasticidad	14
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08



Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077



CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos

Tel: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsultgeopav@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD

(MTC E-408 / ASTM D-2216)

PROYECTO	: USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021		
MATERIAL	: TERRENO NATURAL		
KILOMETRO	: Km. 01+000	ING. RESP.	: R.C.A.
CARRIL	: DERECHO	TÉCNICO	: M.C.G.
CALICATA	: C-5	REALIZADO POR	: E.C.G
MUESTRA	: M-2	FECHA	: 15/05/2021
PROF. (mts)	: 0.25 - 1.50	N° ENSAYO	: TE-10

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripcion	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	600.0	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	541.0	
Peso del agua contenida (gr)	59.0	
Peso de la muestra seca (gr)	541.0	
Contenido de Humedad (%)	10.9	
Contenido de Humedad Promedio (%)	10.9	



Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08




Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)

(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)

PROYECTO	: USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	: R.C.A.
MATERIAL	: TERRENO NATURAL	TÉCNICO	: M.C.G.
KILOMETRO	: Km. 01+000	REALIZADO POR	: E.C.G.
CARRIL	: DERECHO	FECHA	: 17/05/2021
CALICATA	: C-5	N° ENSAYO	: TE-10
MUESTRA	: M-2		
PROF. (mts)	: 0.25 - 1.50		

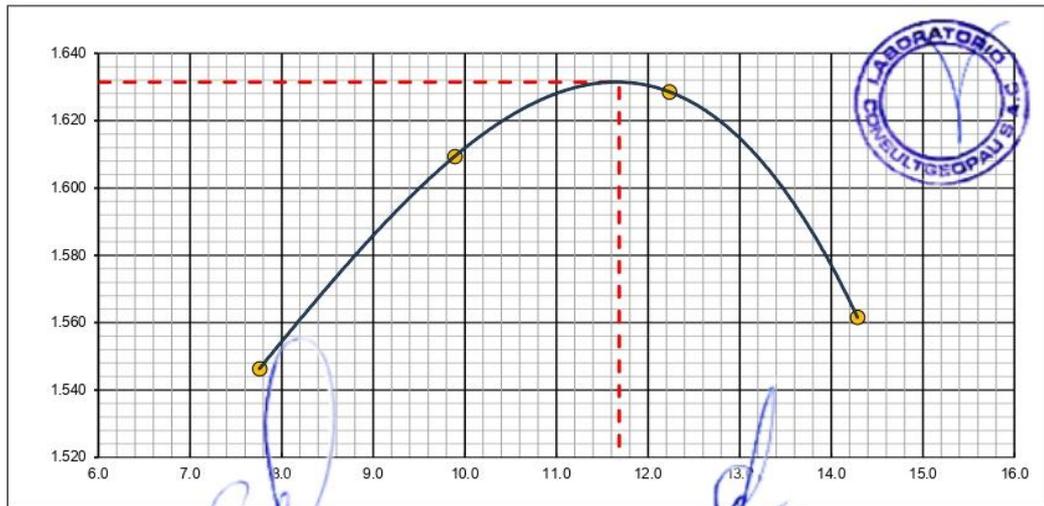
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	929	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	3392	gr.	N° de golpes	25 Glp

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	4,940	5,035	5,090	5,050
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,548	1,643	1,698	1,658
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.666	1.769	1.828	1.785
Recipiente Numero		-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	500.0	500.0	500.0	500.0
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	464.0	455.0	445.5	437.5
Peso de la Tara	gr.				
Peso del agua	gr.	36.0	45.0	54.5	62.5
Peso del suelo seco	gr.	464	455	446	438
Contenido de agua	%	7.8	9.9	12.2	14.3
Densidad Seca	gr/cc	1.546	1.609	1.629	1.562

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.631	(gr/cm3)	Humedad óptima	11.7	%
Densidad Máxima Seca Corregida		(gr/cm3)	Humedad óptima		%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES

Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENCICO CÓDIGO:
P1-0570-08

Roberto Elias Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	R.C.A.
MATERIAL	TERRENO NATURAL	TÉCNICO	M.C.G.
KILOMETRO	Km. 01+000	REALIZADO POR	E.C.G.
CARRIL	DERECHO	FECHA	17/05/2021
CALICATA	C-5	N° ENSAYO	TE-10
MUESTRA	M-2		
PROF. (mts)	0.25 - 1.50		

CALCULO DEL CBR

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11122.0		10924.0		10620.0	
Peso de molde (g)	7235.0		7230.0		7140.0	
Peso del suelo húmedo (g)	3887.0		3694.0		3480.0	
Volumen del molde (cm ³)	2136.0		2130.0		2145.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.820		1.734		1.622	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0	
Peso suelo seco + tara (g)	448.0		446.8		448.5	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	52.0		53.2		51.5	
Peso de suelo seco (g)	448.0		446.8		448.5	
Contenido de humedad (%)	11.6		11.9		11.5	
Densidad seca (g/cm ³)	1.631		1.550		1.455	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/05/21	10:10:00 a.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
18/05/21	10:10:00 a.m.	24	18	0.457	0.398	19	0.483	0.420	19	0.483	0.420
19/05/21	10:10:00 a.m.	48	24	0.610	0.530	26	0.660	0.574	27	0.686	0.596
20/05/21	10:10:00 a.m.	72	29	0.737	0.641	31	0.787	0.685	34	0.864	0.751
21/05/21	10:10:00 a.m.	96	32	0.813	0.707	33	0.838	0.729	35	0.889	0.773

PENETRACION

PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
		STAND.	CARGA	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION				
mm	pulg.	kg/cm ²	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		18	21			12	15			6	9			
1.270	0.050		38	41			27	30			19	22			
1.905	0.075		52	55			43	46			33	36			
2.540	0.100	70.29	77	80	80	5.9	61	64	64	4.7	48	51	51.0	3.7	
3.810	0.150		109	112			89	92			69	72			
5.080	0.200	105.43	157	160	160	7.8	125	128	128	6.3	99	102	102.0	5.0	
6.350	0.250		185	188			145	148			122	125			
7.620	0.300		210	213			169	172			149	152			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

OBSERVACIONES :

Anillo:

50 KN

P1-0570-08

Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0570-08

Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077



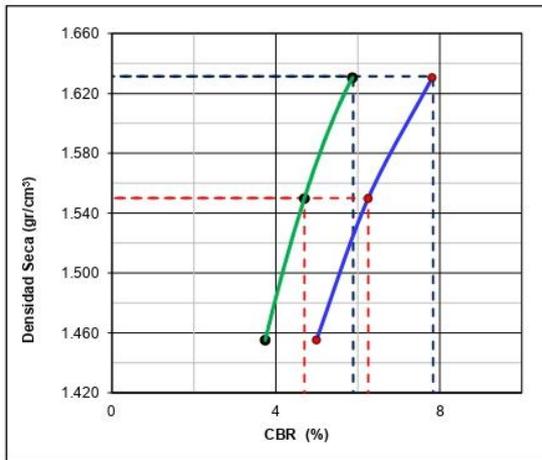
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO	: USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	: R.C.A.
MATERIAL	: TERRENO NATURAL	TÉCNICO	: M.C.G.
KILOMETRO	: Km. 01+000	REALIZADO POR	: E.C.G
CARRIL	: DERECHO	FECHA	: 15/05/2021
CALICATA	: C-5	Nº ENSAYO	: TE-10
MUESTRA	: M-2		
PROF. (mts)	: 0.25 - 1.50		

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	: 1.631
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 11.7
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	: 1.550
	:

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 5.9 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 4.7 %
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	= 7.8 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	= 6.3 %

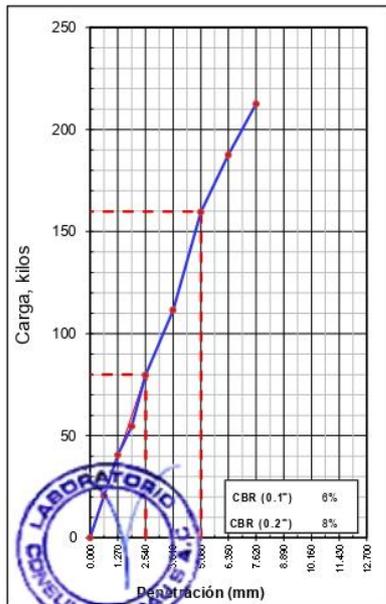
OBSERVACIONES:

Subrasante pobre

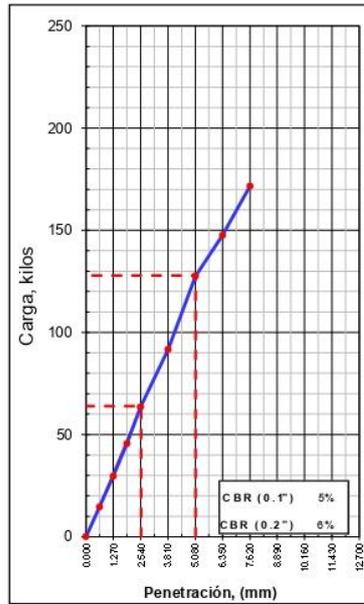
Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

Roberto Elías Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP Nº 88077

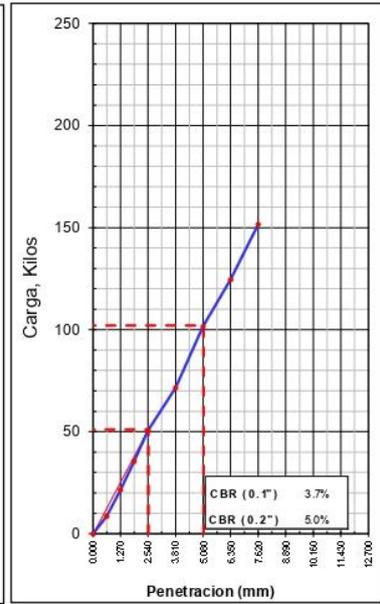
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SUELOS/REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA (ASTM - 2488)

PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP. :	R.C.A.
MATERIAL :	TERRENO NATURAL	TÉCNICO :	M.C.G.
KILOMETRO :	Km. 01+000	REALIZADO POR :	E.C.G.
CARRIL :	DERECHO	FECHA :	44331
CALICATA :	C-5	N° ENSAYO :	HU-102-45
MUESTRA :	M-2	NF :	NO
PROF. (mts) :	1.50 MTS		

Prof. (m.)	Estrato		Símbolo Grafico	Descripción Visual del Suelo	Clasificación		Granulometría				Constantes Físicas			W. Natural
	Capa	Espesor (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3" - Nº4	Nº4 - Nº 200	< Nº 200	L.L.	LP	IP	
0.05	AFIRMADO	0.20		Grava con arena limo arcillosa de plasticidad baja, humeda, compacta, color marron claro.	A-1-b (0)	GM-GC	0	43.43	35.63	20.9	24.3	19.0	5.0	4.4
0.10														
0.20	TERRENO NATURAL	1.10		Arcilla de plasticidad media, humeda, compacta, color naranja rojizo. Contiene poco porcentaje de gravas angulares de resistencia debil.	A-6 (8)	CL	0	9.66	24.52	65.8	35.3	21.0	14.0	10.9
0.25														
0.30														
0.35														
0.40														
0.45														
0.50														
0.55														
0.60														
0.65														
0.70														
0.75														
0.80														
0.85														
0.90														
0.95														
1.00														
1.05														
1.10														
1.15														
1.20														
1.25														
1.30														
1.35														
1.40														
1.45														
1.50														


Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077



PANEL FOTOGRAFICO

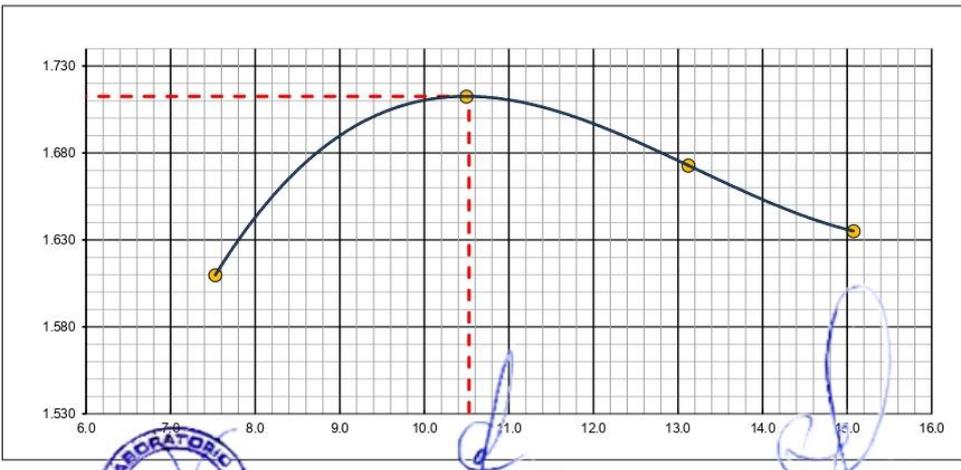
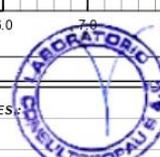



Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:

OBSERVACIONES :

RESULTADOS DE LABORATORIO APLICANDO EL POLIMERO PET TRITURADO –MUESTRA 1 (CALICATA 1)

- Resultados del laboratorio aplicando el PET Triturado al 3%.

 CONSULTGEOPAV SAC RUC: 20602407021 Sistema Integral de Geotecnia Suelos y Pavimentos Tef: 078-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro Dirección : Calle Arequipa # 305 Bellavista - Sullana - Piura Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onultgeopav@gmail.com													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)													
PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021												
MATERIAL	Terreno Natural												
KILOMETRO	CAL DE MUESTRA												
DOSIS	3% de Polimeros PET TRITURADOS												
CALICATA	C-1												
MUESTRA	N° 1												
PROF. (mts)	1.50												
									ING. RESP. : Robert C				
									TÉCNICO : M.Castro				
									REALIZADO POR : R.J.C				
									FECHA : 7/06/2021				
									N° ENSAYO : PET - 1				
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	929	m3.	N° de capas	5				
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	3392	gr.	N° de golpes	25 Glp				
NUMERO DE ENSAYOS				1		2		3		4			
Peso Suelo + Molde		gr.		5,000		5,150		5,150		5,140			
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.		1,608		1,758		1,758		1,748			
Peso Volumetrico Humedo		gr.		1.731		1.892		1.892		1.882			
Recipiente Numero				-		-		-		-			
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.		500.0		500.0		500.0		500.0			
Peso Suelo Seco + Tara		gr.		465.0		452.5		442.0		434.5			
Peso de la Tara		gr.											
Peso del agua		gr.		35.0		47.5		58.0		65.5			
Peso del suelo seco		gr.		465		453		442		435			
Contenido de agua		%		7.5		10.5		13.1		15.1			
Densidad Seca		gr/cc		1.610		1.713		1.673		1.635			
RESULTADOS													
Densidad Máxima Seca		1.713		(gr/cm3)		Humedad óptima		10.5		%			
Densidad Máxima Seca Corregida				(gr/cm3)		Humedad óptima				%			
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA													
													
OBSERVACIONES:						Roberto Elias Castro Aguirre INGENIERO CIVIL CIP N° 88077				Manuel Castro Castro TÉCNICO DE SUELOS SENCICO CÓDIGO: P3-0570-06			


CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos
 Tef: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Direccion : Calle Arequipa # 508 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com consultgeopav@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	: Robert C
MATERIAL	: Terreno Natural	TÉCNICO	: M.Castro
KILOMETRO	: CAL DE MUESTRA	REALIZADO POR	: R.J.C
DOSIS	: 3% de Polimeros PET TRITURADOS	FECHA	: 5/06/2021
CALICATA	: C-1	Nº ENSAYO	: PET - 1
MUESTRA	: Nº 1		
PROF. (mts)	: 1.50		

CALCULO DEL CBR

	16		17		18	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº	16		17		18	
Capas Nº	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11862.0		12320.0		12055.0	
Peso de molde (g)	7850.0		8490.0		8475.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4012.0		3830.0		3580.0	
Volumen del molde (cm ³)	2117.0		2130.0		2125.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.895		1.798		1.685	
Tara (Nº)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0	
Peso suelo seco + tara (g)	452.0		452.5		452.4	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	48.0		47.5		47.6	
Peso de suelo seco (g)	452.0		452.5		452.4	
Contenido de humedad (%)	10.6		10.5		10.5	
Densidad seca (g/cm ³)	1.713		1.627		1.524	

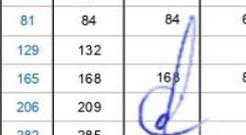
EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
05/06/21	16:15:00 p.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
06/06/21	16:15:00 p.m.	24	11	0.279	0.243	12	0.305	0.265	13	0.330	0.287
07/06/21	16:15:00 p.m.	48	13	0.330	0.287	14	0.356	0.309	15	0.381	0.331
08/06/21	16:15:00 p.m.	72	15	0.381	0.331	16	0.406	0.353	17	0.432	0.375
09/06/21	16:15:00 p.m.	96	16	0.406	0.353	18	0.457	0.398	19	0.483	0.420

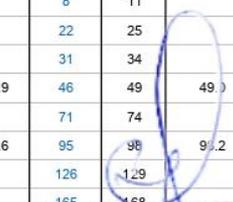
PENETRACION

PENETRACION		CARGA		MOLDE Nº		M-16		MOLDE Nº		M-17		MOLDE Nº		M-18	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION					
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		17	20			12	15			8	11			
1.270	0.050		39	42			29	32			22	25			
1.905	0.075		58	61			47	50			31	34			
2.540	0.100	70.29	81	84	84	6.2	64	67	67	4.9	46	49	49	3.6	
3.810	0.150		129	132			102	105			71	74			
5.080	0.200	105.43	165	168	168	8.2	131	134	134	6.6	95	98	98	4.8	
6.350	0.250		206	209			178				126	129			
7.620	0.300		282	285			210				165	169			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

OBSERVACIONES : Anillo: 50 KN


Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP Nº 88077




Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P-0530-08



CONSULTGEOPAV SAC

RUC: 20602407021

Sistema Integral

de Geotecnia
Suelos y Pavimentos

Tel: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro

Dirección : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura

Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com - consultgeopav@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO : USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021

MATERIAL : Terreno Natural

KILOMETRO : CAL DE MUESTRA

DOSIS : 3% de Polimeros PET TRITURADOS

CALICATA : C-1

MUESTRA : N° 1

PROF. (mts) : 1.50

ING. RESP. : Robert C

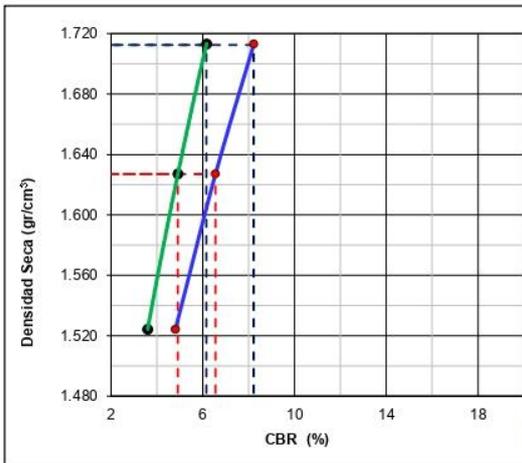
TÉCNICO : M. Castro

REALIZADO POR : R.J.C

FECHA : 5/06/2021

N° ENSAYO : PET - 1

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



EC = 56 GOLPES

METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.713
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 10.5
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.627

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	=	6.1 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	=	4.9 %
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	=	8.2 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	=	6.5 %

OBSERVACIONES:

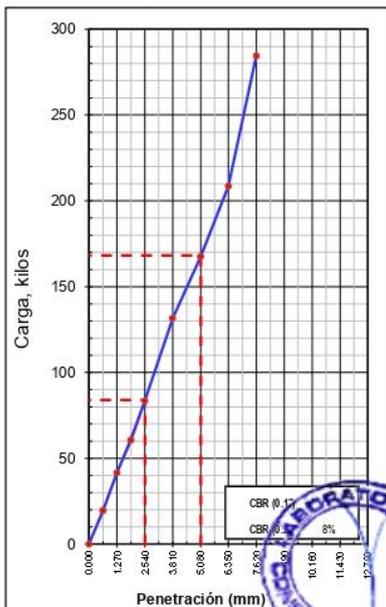
Subrasante Regular

Roberto Elias Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88077

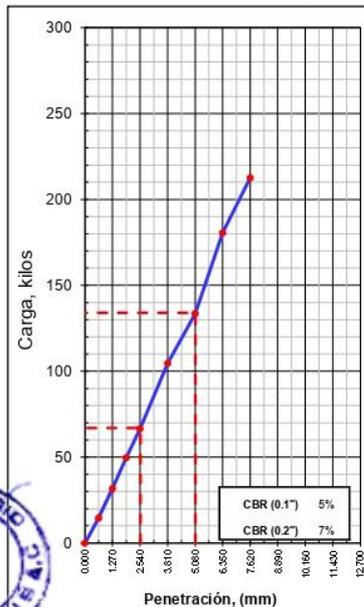
Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENGICO CODIGO:
P1-0530-08

EC = 25 GOLPES

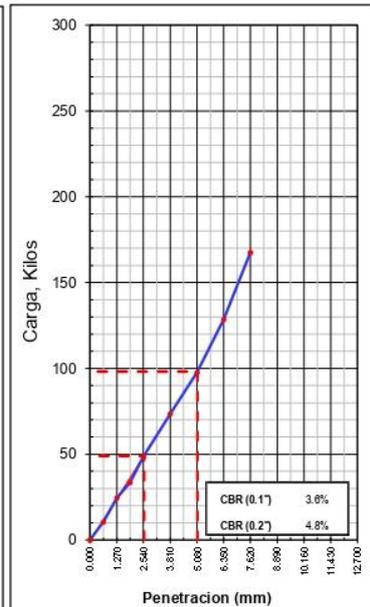
EC = 12 GOLPES



EC = 56 GOLPES



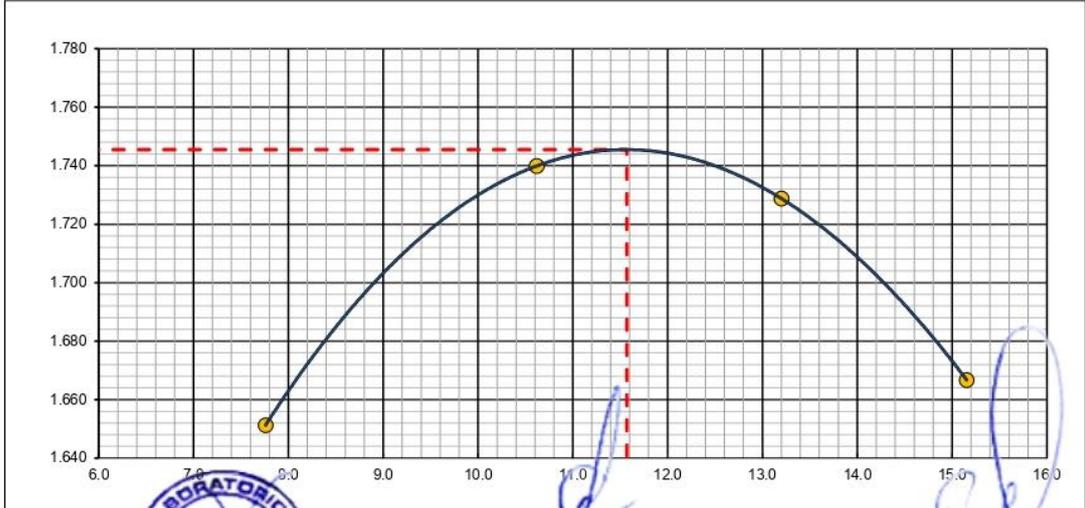
EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



- Resultados del laboratorio aplicando el PET Triturado al 6%.

 CONSULTGEOPAV SAC RUC: 20602407021 Sistema Integral de Geotecnia Suelos y Pavimentos Tef: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsultgeopav@gmail.com										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)										
PROYECTO :		USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021								
MATERIAL :		Terreno Natural								
KILOMETRO :		CAL DE MUESTRA								
DOSIS :		6% de Polimeros PET TRITURADOS								
CALICATA :		C-1								
MUESTRA :		N° 1								
PROF. (mts) :		1.50								
		ING. RESP. :		Robert C						
		TÉCNICO :		M. Castro						
		REALIZADO POR :		R.J.C						
		FECHA :		7/06/2021						
		N° ENSAYO :		PET-2						
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	929	m3.	N° de capas	5	
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	3392	gr.	N° de golpes	25 Glp	
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde					gr.	5,045	5,180	5,210	5,175	
Peso Suelo Humedo Compactado					gr.	1,653	1,788	1,818	1,783	
Peso Volumetrico Humedo					gr.	1.779	1.925	1.957	1.919	
Recipiente Numero						-	-	-	-	
Peso Suelo Humedo + Tara					gr.	500.0	500.0	500.0	500.0	
Peso Suelo Seco + Tara					gr.	464.0	452.0	441.7	434.2	
Peso de la Tara					gr.					
Peso del agua					gr.	36.0	48.0	58.3	65.8	
Peso del suelo seco					gr.	464	452	442	434	
Contenido de agua					%	7.8	10.6	13.2	15.2	
Densidad Seca					gr/cc	1.651	1.740	1.729	1.667	
RESULTADOS										
Densidad Máxima Seca		1.745	(gr/cm3)	Humedad óptima		11.6	%			
Densidad Máxima Seca Corregida			(gr/cm3)	Humedad óptima			%			
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA										
										
OBSERVACIONES :						Roberto Elias Castro Aguirre INGENIERO CIVIL CIP N° 88077		Manuel Castro Gallo TÉCNICO DE SUELOS SENCICO CÓDIGO: P1-0530-08		


CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos
 Tef: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Dirección : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsultgeopav@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP. :	Robert C
MATERIAL :	Terreno Natural	TÉCNICO :	M.Castro
KILOMETRO :	CAL DE MUESTRA	REALIZADO POR :	R.J:C
DOSIS :	6% de Polimeros PET TRITURADOS	FECHA :	5/06/2021
CALICATA :	C-1	Nº ENSAYO :	PET-2
MUESTRA :	Nº 1		
PROF. (mts) :	1.50		

CALCULO DEL CBR

Molde Nº	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas Nº	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11390.0		11172.0		10860.0	
Peso de molde (g)	7235.0		7230.0		7140.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4155.0		3942.0		3720.0	
Volumen del molde (cm ³)	2136.0		2130.0		2145.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.945		1.851		1.734	
Tara (Nº)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0	
Peso suelo seco + tara (g)	448.5		448.0		448.0	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	51.5		52.0		52.0	
Peso de suelo seco (g)	448.5		448.0		448.0	
Contenido de humedad (%)	11.5		11.6		11.6	
Densidad seca (g/cm ³)	1.745		1.658		1.554	

EXPANSION

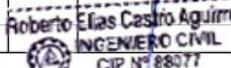
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
05/06/21	16:15:00 p.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
06/06/21	16:15:00 p.m.	24	9	0.229	0.199	10	0.254	0.221	11	0.279	0.243
07/06/21	16:15:00 p.m.	48	10	0.254	0.221	12	0.305	0.265	12	0.305	0.265
08/06/21	16:15:00 p.m.	72	12	0.305	0.265	13	0.330	0.287	14	0.356	0.309
09/06/21	16:15:00 p.m.	96	13	0.330	0.287	14	0.356	0.309	15	0.381	0.331

PENETRACION

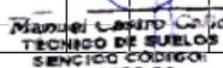
PENETRACION		CARGA		MOLDE Nº		M-01		MOLDE Nº		M-02		MOLDE Nº		M-03	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION					
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		27	30			18	21			12	15			
1.270	0.050		50	53			37	40			29	32			
1.905	0.075		75	78			58	61			46	49			
2.540	0.100	70.29	99	102	102	7.5	79	82	82	6.0	61	64	64.0	4.7	
3.810	0.150		152	155			126	129			94	97			
5.080	0.200	105.43	201	204	204	10.0	161	164	164	8.0	125	128	128.3	6.3	
6.350	0.250		268	271			211	214			179	182			
7.620	0.300		362	365			275	278			236	239			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

OBSERVACIONES :

Anillo: 50 KN


Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP Nº 88077




Manuel Larido Cajo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SERVICIO CÓDIGO:
 P1-0530-08

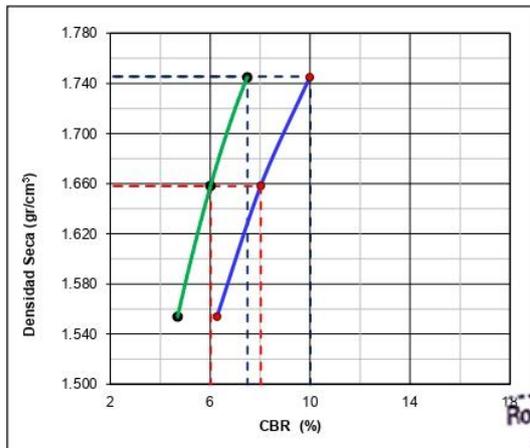
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP. :	Robert C
MATERIAL :	Terreno Natural	TÉCNICO :	M. Castro
KILOMETRO :	CAL DE MUESTRA	REALIZADO POR :	R.J.C
DOSIS :	6% de Polimeros PET TRITURADOS	FECHA :	5/06/2021
CALICATA :	C-1	Nº ENSAYO :	PET-2
MUESTRA :	Nº 1		
PROF. (mts) :	1.50		

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION :	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.745
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	11.6
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.658

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 7.5 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 6.0 %
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	= 10.0 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	= 8.0 %

OBSERVACIONES:
 Subrasante Regular

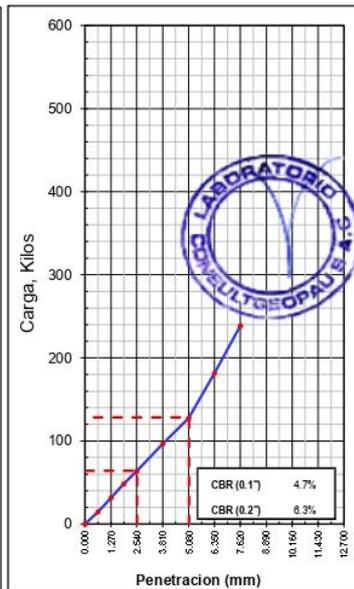
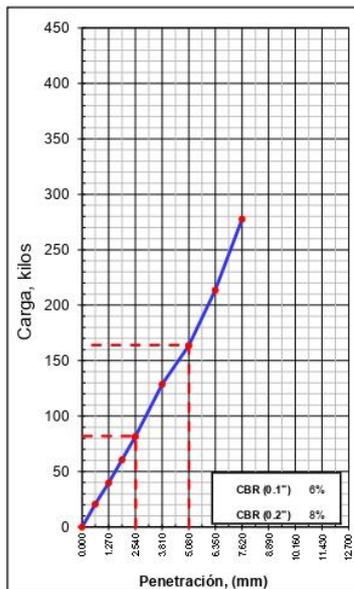
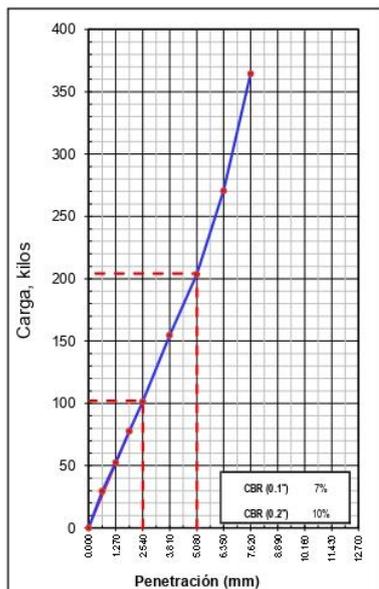
Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Manuel Castro Gallo
 TECNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



- Resultados del laboratorio aplicando el PET Triturado al 9%.

Molde N° 1		Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	929	m3.	N° de capas	5
		Metodo	A	B	C	Peso Molde	3392	gr.	N° de golpes	25 Glp
CONSULTGEOPAV SAC RUC: 20602407021 Sistema Integral de Geotecnia Suelos y Pavimentos Tef: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsultgeopav@gmail.com										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)										
PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITUADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021									
MATERIAL	Terreno Natural									
KILOMETRO										
DOSIS	9% de Polimeros PET TRITURADOS									
CALICATA	C-1									
MUESTRA	N° 1									
PROF. (mts)	1.50									
RESULTADOS										
Densidad Máxima Seca	1.772	(gr/cm3)	Humedad óptima		10.1	%				
Densidad Máxima Seca Corregida		(gr/cm3)	Humedad óptima			%				
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA										
Roberto Elias Castro Aguirre OBSERVACIONES: INGENIERO CIVIL CIP N° 88077										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS										
Manuel Castro Gallo TÉCNICO DE SUELOS SENCICO CÓDIGO: P1-0530-08										

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021		ING. RESP. :	Robert C
MATERIAL :	Terreno Natural		TÉCNICO :	M.Castro
KILOMETRO :			REALIZADO POR :	R.J.C
DOSIS :	9% de Polimeros PET TRITURADOS		FECHA :	5/06/2021
CALICATA :	C-1		N° ENSAYO :	PET-3
MUESTRA :	N° 1			
PROF. (mts) :	1.50			

CALCULO DEL CBR

	4		5		6	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°						
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11398.0		11328.0		11590.0	
Peso de molde (g)	7190.0		7320.0		7830.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4208.0		4008.0		3760.0	
Volumen del molde (cm ³)	2130.0		2132.0		2136.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.976		1.880		1.760	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0	
Peso suelo seco + tara (g)	448.5		448.0		448.0	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	51.5		52.0		52.0	
Peso de suelo seco (g)	448.5		448.0		448.0	
Contenido de humedad (%)	11.5		11.6		11.6	
Densidad seca (g/cm ³)	1.772		1.684		1.577	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
05/06/21	16:15:00 p.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
06/06/21	16:15:00 p.m.	24	7	0.178	0.155	8	0.203	0.177	8	0.203	0.177
07/06/21	16:15:00 p.m.	48	8	0.203	0.177	9	0.229	0.199	10	0.254	0.221
08/06/21	16:15:00 p.m.	72	9	0.229	0.199	11	0.279	0.243	11	0.279	0.243
09/06/21	16:15:00 p.m.	96	11	0.279	0.243	12	0.305	0.265	12	0.305	0.265

PENETRACION

PENETRACION		CARGA	MOLDE N°		M-04		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-06	
		STAND.	CARGA	kg	kg	%	CARGA	kg	kg	%	CARGA	kg	kg	%
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		29	32			25	28			18	21		
1.270	0.050		57	60			46	49			35	38		
1.905	0.075		82	85			71	74			54	57		
2.540	0.100	70.29	116	119	119	8.7	94	97	97	7.1	75	78	78.0	5.7
3.810	0.150		182	185			151	154			114	117		
5.080	0.200	105.43	235	238	238	11.6	191	194	194	9.5	153	156	156.0	7.6
6.350	0.250		316	319			242	245			193	196		
7.620	0.300		397	400			299	302			235	238		
10.160	0.400													
12.700	0.500													

OBSERVACIONES : Anillo: 50 KN



Roberto Elias Castro Aguirre
INGENIERO CIVIL
CIP N° 88177

Manuel Castro Gallo
TÉCNICO DE SUELOS
SENGICO CÓDIGO: P1-0530-08



CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos

Tel: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Dirección : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onstultgeopav@gmail.com

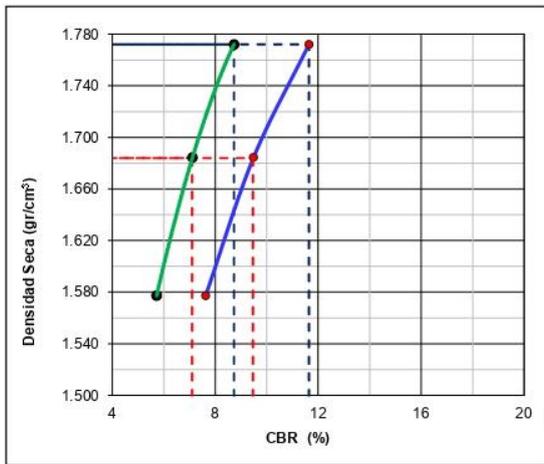
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITUADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP. :	Robert C
MATERIAL :	Terreno Natural	TÉCNICO :	M. Castro
KILOMETRO :		REALIZADO POR :	R.J.C
DOSIS :	9% de Polimeros PET TRITRADOS	FECHA :	5/06/2021
CALICATA :	C-1	Nº ENSAYO :	PET-3
MUESTRA :	Nº 1		
PROF. (mts) :	1.50		

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION :	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.772
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	10.1
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.684

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	=	8.7	%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	=	7.1	%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	=	11.6	%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	=	9.5	%

OBSERVACIONES:

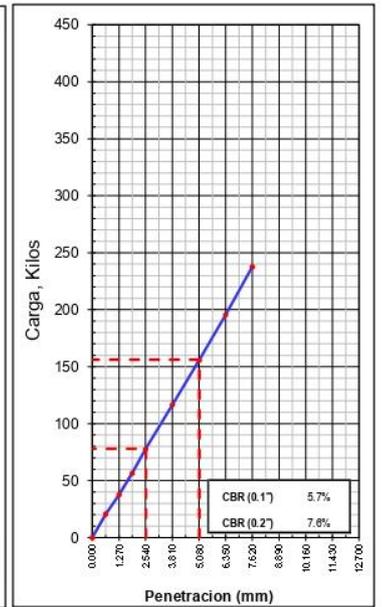
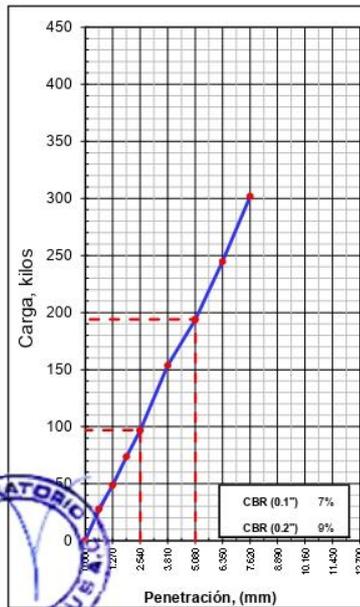
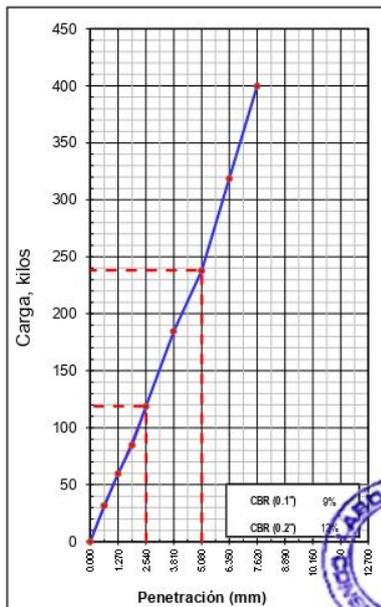
Subrasante Regular

Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP Nº 88077

Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08
 EC = 12 GOLPES

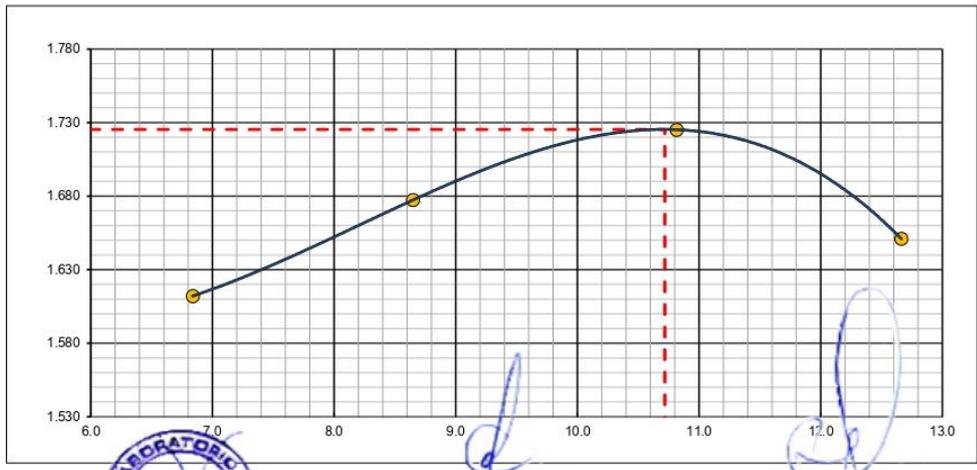
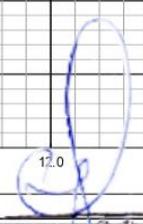
EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES



RESULTADOS DE LABORATORIO APLICANDO EL POLIMERO PET TRITURADO –MUESTRA 2 (CALICATA 5)

- Resultados del laboratorio aplicando el PET Triturado al 3%.

 CONSULTGEOPAV SAC RUC: 20602407021 Sistema Integral de Geotecnia Suelos y Pavimentos Tel: 078-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro Dirección : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onsuftgeopav@gmail.com										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) (MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)										
PROYECTO		USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARAVELICA - PIURA - 2021								
MATERIAL	Terreno Natural							ING. RESP.	Robert C	
KILOMETRO	CAL DE MUESTRA							TÉCNICO	M.Castro	
DOSIS	3% de Polimeros PET TRITURADOS							REALIZADO POR	R.J.C	
CALICATA	C-2							FECHA	7/06/2021	
MUESTRA	N° 2							N° ENSAYO	PET - 1	
PROF. (mts)	1.50									
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	929	m3.	N° de capas	5	
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	3392	gr.	N° de golpes	25 Glp	
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde					gr.	4,992	5,085	5,168	5,120	
Peso Suelo Humedo Compactado					gr.	1,600	1,693	1,776	1,728	
Peso Volumetrico Humedo					gr.	1.722	1.822	1.912	1.860	
Recipiente Numero						-	-	-	-	
Peso Suelo Humedo + Tara					gr.	500.0	500.0	500.0	500.0	
Peso Suelo Seco + Tara					gr.	468.0	460.2	451.2	443.8	
Peso de la Tara					gr.					
Peso del agua					gr.	32.0	39.8	48.8	56.2	
Peso del suelo seco					gr.	468	460	451	444	
Contenido de agua					%	6.8	8.6	10.8	12.7	
Densidad Seca					gr/cc	1.612	1.677	1.725	1.651	
RESULTADOS										
Densidad Máxima Seca					1.725	(gr/cm3)	Humedad óptima	10.7	%	
Densidad Máxima Seca Corregida						(gr/cm3)	Humedad óptima		%	
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA										
										
OBSERVACIONES: 										
 Roberto Elias Castro Aguirre INGENIERO CIVIL CIP N° 88077					 Manuel Castro Castillo TÉCNICO DE SUELOS SENCICO CÓDIGO: P1-0530-08					

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO : USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021
 MATERIAL : Terreno Natural
 KILOMETRO : CAL DE MUESTRA
 DOSIS : 3% de Polimeros PET TRITURADOS
 CALICATA : C-2
 MUESTRA : N° 2
 PROF. (mts) : 1.50

ING. RESP. : Robert C
 TÉCNICO : M. Castro
 REALIZADO POR : R-J-C
 FECHA : 5/06/2021
 N° ENSAYO : PET - 1

CALCULO DEL CBR

	1		2		3	
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11316.0		11098.0		10822.0	
Peso de molde (g)	7235.0		7230.0		7140.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4081.0		3868.0		3682.0	
Volumen del molde (cm ³)	2136.0		2130.0		2145.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.911		1.816		1.717	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0	
Peso suelo seco + tara (g)	451.5		451.2		452.2	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	48.5		48.8		47.8	
Peso de suelo seco (g)	451.5		451.2		452.2	
Contenido de humedad (%)	10.7		10.8		10.6	
Densidad seca (g/cm ³)	1.725		1.639		1.552	

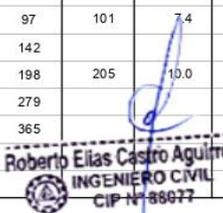
EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
05/06/21	16:15:00 p.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
06/06/21	16:15:00 p.m.	24	10	0.254	0.221	11	0.279	0.243	12	0.305	0.265
07/06/21	16:15:00 p.m.	48	12	0.305	0.265	13	0.330	0.287	14	0.356	0.309
08/06/21	16:15:00 p.m.	72	14	0.356	0.309	15	0.381	0.331	16	0.406	0.353
09/06/21	16:15:00 p.m.	96	15	0.381	0.331	17	0.432	0.375	18	0.457	0.398

PENETRACION

PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION					
mm	pulg.	kg/cm ²	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		22	25			14	17			8	11			
1.270	0.050		45	48			32	35			22	25			
1.905	0.075		68	71			52	55			36	39			
2.540	0.100	70.29	94	97	101	7.4	74	77	78	5.7	54	57	57.0	4.2	
3.810	0.150		139	142			102	105			77	80			
5.080	0.200	105.43	195	198	205	10.0	152	155	157	7.7	111	114	11.3	5.6	
6.350	0.250		276	279			202				154	157			
7.620	0.300		362	365			281	284			206	209			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

OBSERVACIONES : Anillo: 50 KN


 Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88977




 Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P-1-0530-08



CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 20602407021
 Sistema Integral
 de Geotecnia
 Suelos y Pavimentos

Tel: 073-501000 Cel: 979199772 Movistar - Cel: 986279811 Claro
 Direccion : Calle Arequipa # 308 Bellavista - Sullana - Piura
 Email: geopav_mcastro@hotmail.com - junior_castro@hotmail.com onstultgeopav@gmail.com

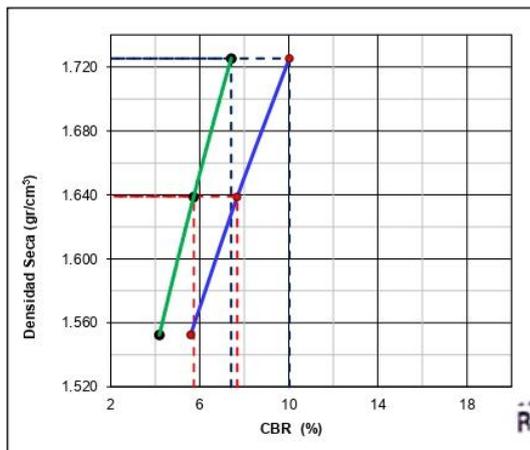
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP. :	Robert C
MATERIAL :	Terreno Natural	TÉCNICO :	M.Castro
KILOMETRO :	CAL DE MUESTI	REALIZADO POR :	R.J:C
DOSIS :	3% de Polimeros PET TRITURADOS	FECHA :	5/06/2021
CALICATA :	C-2	N° ENSAYO :	PET - 1
MUESTRA :	N° 2		
PROF. (mts) :	1.50		

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION :	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.725
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	10.7
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.639

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 7.4 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 5.7 %
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	= 10.0 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	= 7.7 %

OBSERVACIONES:

Subrasante Regular

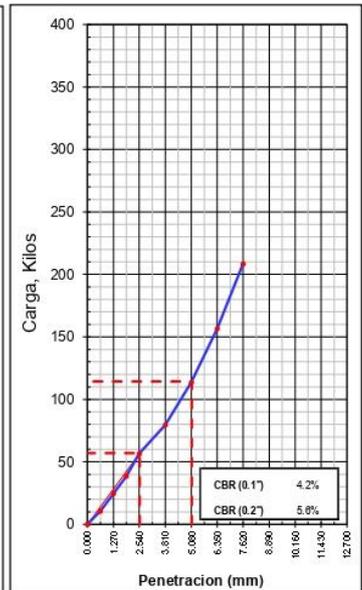
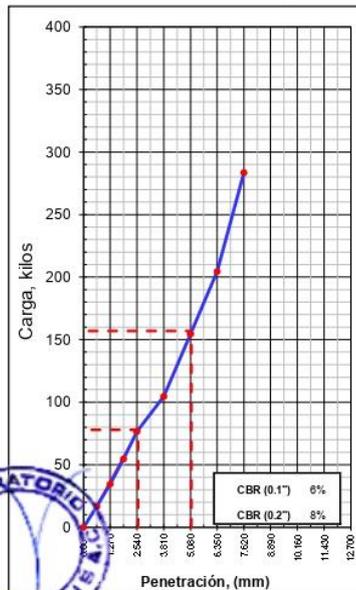
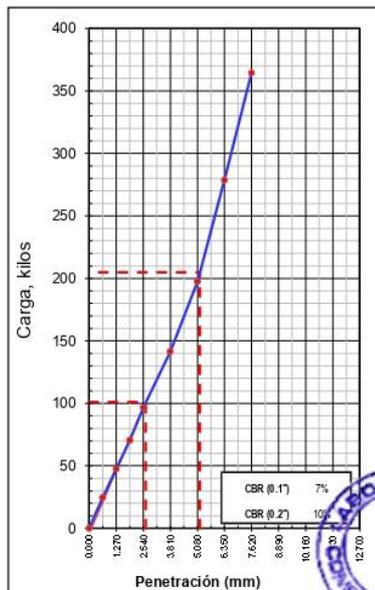
Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Manuel Castro Gallo
 TECNICO DE SUELOS
 SENGICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



- Resultados del laboratorio aplicando el PET Triturado al 6%.

Molde N° 1		Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	929	m3.	N° de capas	5
		Metodo	A	B	C	Peso Molde	3392	gr.	N° de golpes	25 GIp
NUMERO DE ENSAYOS						1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde		gr.	5,056	5,149	5,207	5,175				
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.	1,664	1,757	1,815	1,783				
Peso Volumetrico Humedo		gr.	1.791	1.891	1.954	1.919				
Recipiente Numero			-	-	-	-				
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.	500.0	500.0	500.0	500.0				
Peso Suelo Seco + Tara		gr.	464.0	456.0	446.8	439.2				
Peso de la Tara		gr.								
Peso del agua		gr.	36.0	44.0	53.2	60.8				
Peso del suelo seco		gr.	464	456	447	439				
Contenido de agua		%	7.8	9.6	11.9	13.8				
Densidad Seca		gr/cc	1.662	1.725	1.746	1.686				

RESULTADOS				
Densidad Máxima Seca	1.748	(gr/cm3)	Humedad óptima	11.4 %
Densidad Máxima Seca Corregida		(gr/cm3)	Humedad óptima	%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA

OBSERVACIONES :			
		Roberto Elias Castro Aguirre INGENIERO CIVIL CIP N° 88077	

Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0530-08

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	: Robert C
MATERIAL	: Terreno Natural	TÉCNICO	: M.Castro
KILOMETRO	: CAL DE MUESTRA	REALIZADO POR	: R.J.C
DOSIS	: 6% de Polimeros PET TRITURADOS	FECHA	: 5/06/2021
CALICATA	: C-2	N° ENSAYO	: PET-2
MUESTRA	: N° 2		
PROF. (mts)	: 1.50		

CALCULO DEL CBR

	4		5		6	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	4		5		6	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11336.0		11268.0		11516.0	
Peso de molde (g)	7190.0		7320.0		7830.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4146.0		3948.0		3686.0	
Volumen del molde (cm ³)	2130.0		2132.0		2136.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.946		1.852		1.726	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0	
Peso suelo seco + tara (g)	449.0		448.6		449.2	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	51.0		51.4		50.8	
Peso de suelo seco (g)	449.0		448.6		449.2	
Contenido de humedad (%)	11.4		11.5		11.3	
Densidad seca (g/cm ³)	1.748		1.661		1.550	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
05/06/21	16:15:00 p.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
06/06/21	16:15:00 p.m.	24	8	0.203	0.177	9	0.229	0.199	10	0.254	0.221
07/06/21	16:15:00 p.m.	48	9	0.229	0.199	11	0.279	0.243	11	0.279	0.243
08/06/21	16:15:00 p.m.	72	10	0.254	0.221	12	0.305	0.265	12	0.305	0.265
09/06/21	16:15:00 p.m.	96	11	0.279	0.243	13	0.330	0.287	14	0.356	0.309

PENETRACION

PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-04		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-06	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CORRECCION	CORRECCION		
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		27	30			18	21			13	16			
1.270	0.050		54	57			43	46			32	35			
1.905	0.075		82	85			68	71			56	59			
2.540	0.100	70.29	112	115	116	8.5	87	90	90	6.6	72	75	75.0	5.5	
3.810	0.150		172	175			136	139			108	111			
5.080	0.200	105.43	228	231	233	11.4	177	180	180	8.8	147	150	150.1	7.3	
6.350	0.250		318	321			221	224			199	202			
7.620	0.300		422	425			298	301			236	239			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

OBSERVACIONES : Anillo: 50 KN


Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077




Manuel Larido Cárpio
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CODIGO: P1-0570-08

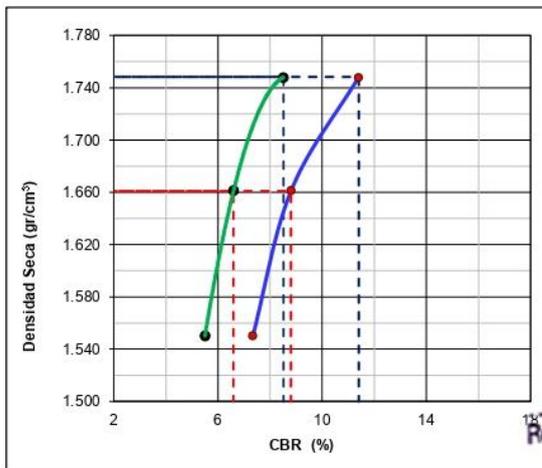
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP. :	Robert C
MATERIAL :	Terreno Natural	TÉCNICO :	M. Castro
KILOMETRO :	CAL DE MUESTRA	REALIZADO POR :	R.J:C
DOSIS :	6% de Polimeros PET TRITURADOS	FECHA :	5/06/2021
CALICATA :	C-2	N° ENSAYO :	PET-2
MUESTRA :	N° 2		
PROF. (mts) :	1.50		

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION :	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.748
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	11.4
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.661

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 8.5 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 6.6 %
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	= 11.4 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	= 8.8 %

OBSERVACIONES:
Subrasante Regular

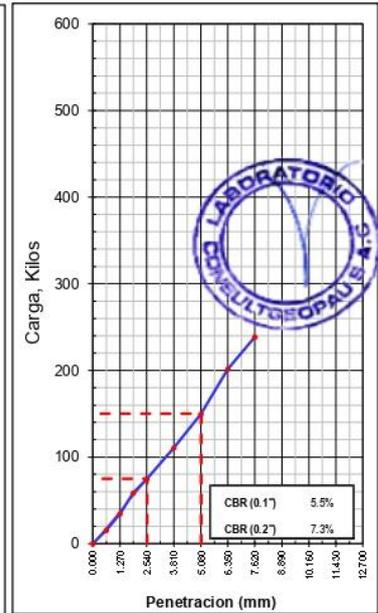
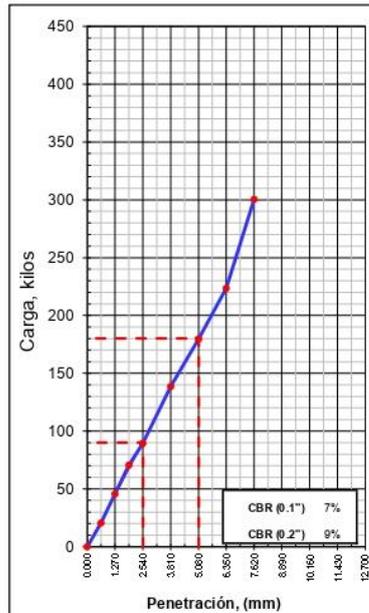
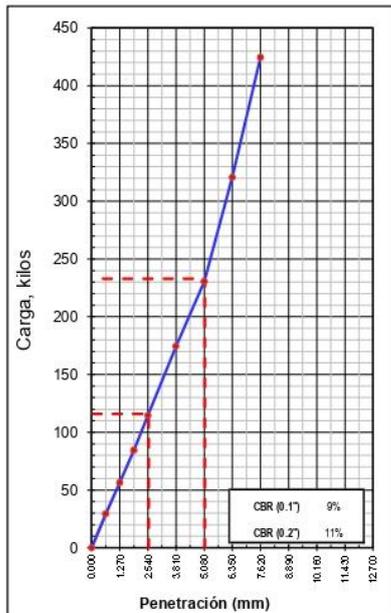
Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077

Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0570-08

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



- Resultados del laboratorio aplicando el PET Triturado al 9%.

Molde N° 1		Diametro Molde	4"	6"	Volumen Molde	929	m3.	N° de capas	5		
		Metodo	A	B	Peso Molde	3392	gr.	N° de golpes	25 Glp		
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS											
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)											
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)											
PROYECTO :	USO DE POLIMEROS PET TRITUADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021										
MATERIAL :	Terreno Natural										
KILOMETRO :											
DOSIS :	9% de Polimeros PET TRITURADOS										
CALICATA :	C-2										
MUESTRA :	N° 2										
PROF. (mts) :	1.50										
ING. RESP. : Robert C											
TÉCNICO : M. Castro											
REALIZADO POR : R.J.C											
FECHA : 7/06/2021											
N° ENSAYO : PET-3											
RESULTADOS											
Densidad Máxima Seca	1.775	(gr/cm3)	Humedad óptima		10.0	%					
Densidad Máxima Seca Corregida		(gr/cm3)	Humedad óptima			%					
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA											
Roberto Elias Castro Aguirre OBSERVACIONES: INGENIERO CIVIL CIP N° 88077										Manuel Castro Caño TÉCNICO DE SUELOS SENCICO CÓDIGO: P1-0530-08	

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO : USO DE POLIMEROS PET TRITUADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021
MATERIAL : Terreno Natural
KILOMETRO :
DOSIS : 9% de Polimeros PET TRITURADOS
CALICATA : C-2
MUESTRA : N° 2
PROF. (mts) : 1.50

ING. RESP. : Robert C
TÉCNICO : M.Castro
REALIZADO POR : R.J.C
FECHA : 5/06/2021
N° ENSAYO : PET-3

CALCULO DEL CBR

	7		8		9	
Molde N°						
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11772.0		11356.0		11698.0	
Peso de molde (g)	7615.0		7395.0		7985.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4157.0		3961.0		3713.0	
Volumen del molde (cm ³)	2128.0		2134.0		2134.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.953		1.856		1.740	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	500.0		500.0		500.0	
Peso suelo seco + tara (g)	454.4		454.2		453.6	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	45.6		45.8		46.4	
Peso de suelo seco (g)	454.4		454.2		453.6	
Contenido de humedad (%)	10.0		10.1		10.2	
Densidad seca (g/cm ³)	1.775		1.686		1.578	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
05/06/21	16:15:00 p.m.	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
06/06/21	16:15:00 p.m.	24	6	0.152	0.133	7	0.178	0.155	7	0.178	0.155
07/06/21	16:15:00 p.m.	48	7	0.178	0.155	8	0.203	0.177	9	0.229	0.199
08/06/21	16:15:00 p.m.	72	8	0.203	0.177	10	0.254	0.221	10	0.254	0.221
09/06/21	16:15:00 p.m.	96	10	0.254	0.221	11	0.279	0.243	12	0.305	0.265

PENETRACION

PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-07		MOLDE N°		M-08		MOLDE N°		M-09	
		STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION			
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		31	34			25	28			18	21			
1.270	0.050		61	64			46	49			35	38			
1.905	0.075		92	95			75	78			59	62			
2.540	0.100	70.29	129	132	132	9.7	101	104	104	7.6	81	84	85.0	6.2	
3.810	0.150		212	215			159	162			114	117			
5.080	0.200	105.43	261	264	264	12.9	205	208	208	10.2	166	169	163.7	8.3	
6.350	0.250		326	329			252	255			199	202			
7.620	0.300		407	410			309	312			235	238			
10.160	0.400														
12.700	0.500														

OBSERVACIONES : Anillo: 50 KN



Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 OIP N° 88077

Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0510-08

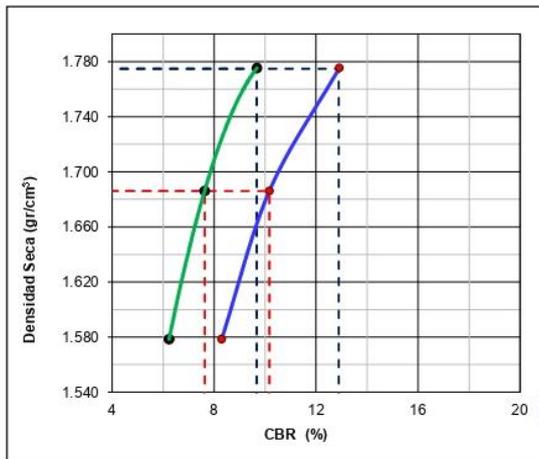
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

PROYECTO	USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE DEL CENTRO POBLADO DE MARACVELICA - PIURA - 2021	ING. RESP.	: Robert C
MATERIAL	: Terreno Natural	TÉCNICO	: M.Castro
KILOMETRO	:	REALIZADO POR	: R.J:C
DOSIS	: 9% de Polimeros PET TRITURADOS	FECHA	: 5/06/2021
CALICATA	: C-2	N° ENSAYO	: PET-3
MUESTRA	: N° 2		
PROF. (mts)	: 1.50		

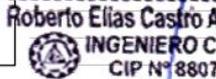
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

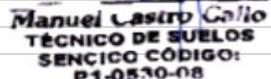


METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	: 1.775
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 10.0
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	: 1.686

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 9.7 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 7.6 %
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 2"	= 12.9 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 2"	= 10.2 %

OBSERVACIONES:
Subrasante Regular

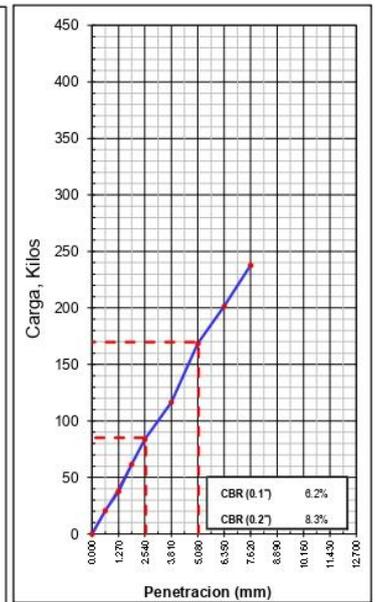
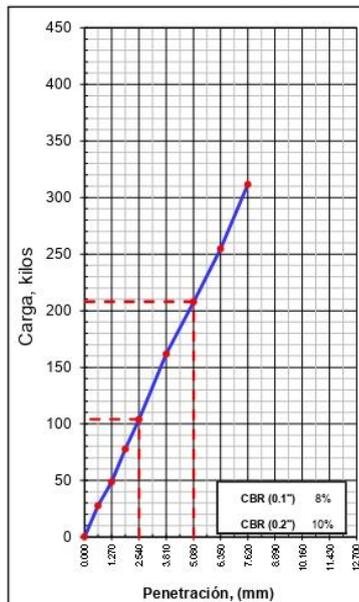
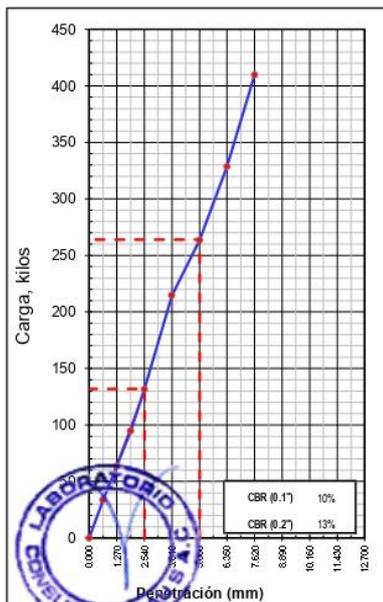

Roberto Elias Castro Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 88077


Manuel Castro Gallo
 TÉCNICO DE SUELOS
 SENCICO CÓDIGO:
 P1-0510-08

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES



ANEXO N° 5 : PANEL FOTOGRAFICO



FOTO N°01: Distorsiones y deformaciones en la parte lateral del pavimento existente.



FOTO N°02: Distorsiones y deformaciones en la parte lateral del pavimento existente.



FOTO N°03: Grietas, ahuellamientos y desprendimientos de la carpeta asfáltica en el lado derecho.



FOTO N°04: Desprendimiento de la capa de asfalto en los bordes del pavimento flexible.



12 may. 2021 08:00:36

FOTO N°05: Ahuellamiento y baches del pavimento flexible.



12 may. 2021 08:

FOTO N°06: Grietas, ahuellamientos y desprendimientos de la carpeta asfáltica en el lado derecho.



FOTO N°07: Excavación y extracción de la calicata C1, a una profundidad de 1.50 m, ubicada en la progresiva 0+000.

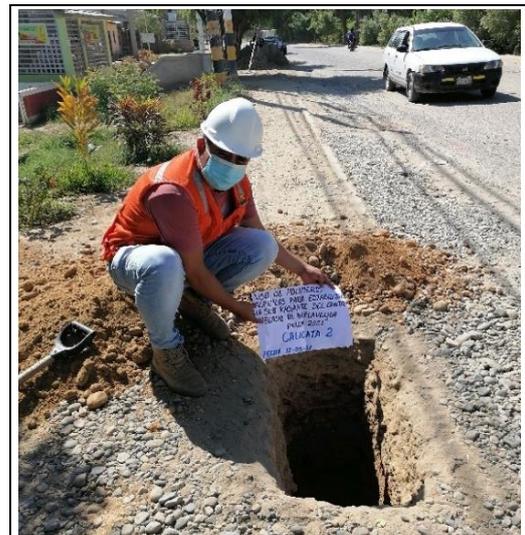


FOTO N°08: Excavación y extracción de la calicata C1, a una profundidad de 1.50 m, ubicada en la progresiva 0+200.



FOTO N°09: Excavación y extracción de la calicata C1, a una profundidad de 1.50 m, ubicada en la progresiva 0+400.



FOTO N°10: PET triturado, de plástico de reciclado.



FOTO N°11: Ensayo de Granulometría de acuerdo a los lineamientos del manual de ensayos del MTC.



FOTO N°12: Peso de la muestra de Finos en seco, para el ensayo de límites de Atterbert.



FOTO N°13: Ensayo de Limite Líquido.



FOTO N°14: Ensayo de Limite Plástico.



FOTO N°15: Ensayo de CBR del terreno natural de la Calicata C5.



FOTO N°16: Ensayo de CBR del terreno natural de la Calicata C5.



FOTO N°17: Pesado del 3% de plástico PET Triturado para la realización del ensayo del CBR.



FOTO N°18: Incorporación del 3% de plástico PET Triturado para la realización del ensayo del CBR.



FOTO N°19: Ensayo del CBR a 56 golpes al incorporar el 6% de plástico PET Triturado.



FOTO N°20: Incorporación del 6% de plástico PET Triturado para la realización del ensayo del CBR.



FOTO N°21: Incorporación del 9% de plástico PET Triturado para la realización del ensayo del CBR.



FOTO N°22: Muestras de CBR sumergidas a los cuatro días para medir su expansión.



FOTO N°23: Ensayo de carga utilizando el pistón de la prensa de carga CBR a una Fuerza no menor de 45 KN.



FOTO N°24: Ensayo de carga utilizando el pistón de la prensa de carga CBR a una Fuerza no menor de 45 KN.