



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Estabilización de pista no pavimentada usando PET reciclado en el  
Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur – Nuevo Chimbote –Ancash -  
2021”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Aquino Apestegui, Hans Nichol (ORCID: 0000-0001-7187-0853)

Miranda Obregón, Bryan Stefano (ORCID: 0000-0002-9624-651X)

**ASESOR:**

Mgtr. Monja Ruiz Pedro Emilio (ORCID: 0000-0002-4275-763X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

CHIMBOTE – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

Ante todo, a mi Dios por darme el conocimiento y fuerzas para lograr mis metas siempre guiando mis pasos en mi formación profesional.

A mi Madre por su apoyo incondicional durante todo mi proceso universitario y toda mi vida, por ser mi mayor inspiración para salir adelante.

A mi familia, a mis colegas de la carrera y los docentes de la escuela profesional de ingeniería civil por acompañarme en este largo proceso académico que está llegando a su fin.

### **Hans Nichol Aquino Apestegui**

A mi Madre por siempre estar conmigo y dándome fuerzas para salir siempre delante de cualquier adversidad y dificultad que tenga en la vida.

A mi Padre que está en el cielo agradecerle por todo lo que hizo por mí en vida e inculcarme sus valores para poder ser un gran profesional.

A mi hermano por siempre apoyarme y dedicarme el poco tiempo que tenía en escucharme y aconsejarme.

A mis amigos que estuvieron acompañándome y apoyándome en esta etapa de mi vida. Solo decirles, Gracias por todo.

### **Bryan Stefano Miranda Obregón**

## **Agradecimiento**

A mi madre por su sacrificio y esfuerzo para poder encaminarme a ser un hombre de bien y gran profesional.

A mi familia por motivarme siempre a ser una mejor persona e inculcarme sus valores para ser una persona ejemplar.

A mis amigos y compañeros por cada momento que compartimos, por trabajo realizado y cada meta cumplida.

### **Hans Nichol Aquino Apestegui**

A mis padres, que siempre se esforzaron por darme una vida tranquila y darme todo lo que tuvieran a su alcance y por darme una gran educación.

A mi hermano, quien supo alentarme y apoyarme siempre en mi camino por convertirme en un gran profesional.

Y por último un gran agradecimiento a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la UCV, por brindarme su conocimiento y sus consejos a lo largo de toda la carrera, por siempre esforzarse en dar una gran educación, gracias a ustedes es que me encuentro en esta etapa final de mis estudios superiores.

### **Bryan Stefano Miranda Obregón**

## Índice de contenidos

	Pág.
<b>Carátula</b> .....	i
<b>Dedicatoria</b> .....	ii
<b>Agradecimiento</b> .....	iii
<b>Índice de contenidos</b> .....	iv
<b>Índice de tablas</b> .....	v
<b>Índice de gráficos</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	9
<b>II. MARCO TEORÍCO</b> .....	13
<b>III. MÉTODO</b> .....	26
<b>3.1. Tipo y diseño de investigación:</b> .....	26
<b>3.2. Variables y operacionalización:</b> .....	27
<b>3.3. Población, Muestra y muestreo</b> .....	28
<b>3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</b> .....	29
<b>3.5. Procedimiento</b> .....	30
<b>3.6. Métodos de análisis de datos</b> .....	30
<b>3.7. Aspectos éticos</b> .....	31
<b>IV. RESULTADOS:</b> .....	32
<b>V. DISCUCIONES</b> .....	41
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	43
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	45
<b>ANEXOS</b> .....	55

## Índice de tablas

<b>Tabla N° 1:</b> Propiedades mecánicas .....	35
<b>Tabla N° 2:</b> Propiedades químicas.....	36
<b>Tabla N° 3:</b> Comparación Proctor .....	38
<b>Tabla N° 4:</b> Comparación CBR.....	38
<b>Tabla N° 5:</b> Anova Proctor resumen .....	39
<b>Tabla N° 6:</b> Análisis de varianza del Proctor .....	39
<b>Tabla N° 7:</b> Anova resumen CBR.....	39
<b>Tabla N° 8:</b> Análisis de varianza del CBR.....	40

## Índice de gráficos

<b>Gráfico N° 1</b> Análisis Granulométrico por tamizado (ASTM-6913) del suelo patrón del asentamiento humano Santa Rosa del Sur-2021.....	32
<b>Gráfico N° 2:</b> Contenido de Humedad (%) (ASTM-D2216) del suelo patrón del asentamiento humano Santa Rosa del Sur-2021.....	33
<b>Gráfico N° 3:</b> Proctor Modificado del suelo del A.H. Santa Rosa del Sur -2021 .....	34
<b>Gráfico N° 4:</b> CBR del suelo del A.H. Santa Rosa del Sur - 2021 .....	34
<b>Gráfico N° 5:</b> Proctor Modificado para suelo del A.H. Santa Rosa del Sur con adición de 2%,5% y 7% de PET -2021.....	36
<b>Gráfico N° 6:</b> Capacidad de Soporte CBR(%) del suelo del A.H. Santa Rosa del Sur con adición de 2%, 5% y 7% - 2021 .....	37

## RESUMEN

Esta Tesis lleva como título: “Estabilización de pista no pavimentada usando PET reciclado en el Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur – Nuevo Chimbote – Ancash – 2021”. Teniendo como objetivo principal determinar la influencia del PET reciclado en la estabilización del suelo en el Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur – Nuevo Chimbote – Ancash – 2021.

El tipo de Investigación, conforme a lo que se plasma es No experimental – Correlacional. La Población que se ha escogido para el proyecto de investigación es el Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur. Con respecto a la muestra se analizó 12 puntos (calicatas). El Reglamento Nacional de Edificaciones nos dice en la norma CE 010 “pavimentos urbanos”, se deberá tomar un punto de investigación cada 3600m<sup>2</sup> para una vía local. Los instrumentos utilizados estandarizados y pertenecen a los siguientes ensayos: ASTM D 422 “Análisis Granulométrico” (MTC E 107), ASTM D 2216 “Determinación del contenido de Humedad de un Suelo” (MTC E 108), ASTM D 4318 “Límites de Atterberg” (MTC E 111), ASTM D 1557 “Ensayo de Proctor Modificado” (MTC E 115), ASTM D 1883 “Ensayo de CBR” (MTC E 132).

Los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos, se determinó que el porcentaje óptimo del PET para adicionar al suelo patrón es de 2% beneficiándolo en su Proctor y CBR, determinando que, si es aplicable estabilizar el suelo con material de PET reciclado, teniendo en cuenta y respetando la adición correcta.

**Palabras Claves:** Polietileno de Tereftalato, Estabilización de pistas no pavimentada, Propiedades del Suelo.

## **ABSTRACT**

This Thesis is titled: "Stabilization of unpaved road using recycled PET in the human settlement Santa Rosa del Sur - Nuevo Chimbote - Ancash - 2021". Its main objective is to determine the influence of recycled PET on soil stabilization in the Santa Rosa del Sur Human Settlement - Nuevo Chimbote - Ancash - 2021.

The type of research, according to what is stated, is non-experimental - correlational. The population chosen for the research project is the human settlement Santa Rosa del Sur. With respect to the sample, 12 points (pits) were analyzed. The National Regulation of Buildings says in the norm CE 010 "urban pavements", a research point should be taken every 3600m<sup>2</sup> for a local road. The standardized instruments used belong to the following tests: ASTM D 422 "Granulometric Analysis" (MTC E 107), ASTM D 2216 "Determination of Soil Moisture Content" (MTC E 108), ASTM D 4318 "Atterberg Limits" (MTC E 111), ASTM D 1557 "Modified Proctor Test" (MTC E 115), ASTM D 1883 "CBR Test" (MTC E 132).

The results of the tests carried out in the soil mechanics laboratory determined that the optimum percentage of PET to be added to the standard soil is 2%, benefiting it in its Proctor and CBR, determining that it is applicable to stabilize the soil with recycled PET material, taking into account and respecting the correct addition.

Keywords: Polyethylene Terephthalate, Stabilization of unpaved roads, Soil Properties.



## I. INTRODUCCION

En la actualidad, la contaminación por los residuos plásticos ha ido incrementando y es un problema que podemos observar a nivel mundial, en muchos países no se ha logrado mitigar con éxito la contaminación de estos residuos, según la BBC NEWS (2019), En uno de sus artículos afirma que Malasia es uno de los países que se encarga de la depuración de residuos del planeta, siendo este un importante importador de plástico a nivel internacional, por otro lado, una ciudad llamada Jenjarom sufre las consecuencias de esta actividad por el incremento de fábricas de reciclaje ilegales, Daniel Tay el entrevistado en este artículo comenta que desconocía que China prohibió la importación de desechos plásticos, provocando que gran cantidad de estos provenientes de Estados Unidos, Reino Unido y Japón acaban en Malasia, afectando en especial la ciudad de Jenjarom debido a que solo una parte de los residuos plásticos pueden reciclarse, esto provoca que varias plantas encargadas del reciclaje lleven el plástico no reciclable a zonas alejadas donde los entierran o queman. En nuestro país, la contaminación por plásticos es algo a tener en cuenta, según El Comercio (2018), en la capital se genera más de tres mil toneladas de residuos plásticos de los cuales la gran mayoría acaba en el mar, El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) en acción a todo esto ha denunciado a varios municipios debido a la deficiente disposición de los desechos siendo el plástico el segundo lugar con 3600 toneladas cada año. También se suma RPP (2019), nos dice que la contaminación de las playas el 60% proviene del consumo de plástico y todo esto por la falta de tachos de basura en los alrededores de las playas son lo que acentúa el problema. En nuestra ciudad la situación es similar o peor, según Chimbote en línea (2019), esta situación se puede observar en nuestra comunidad debido a que este tipo de contaminantes plásticos se pueden encontrar en mayor proporción en las costas peruanas, esto sumado a los demás tipos de residuos arrojados al mar producen una disminución en los recursos marinos, esto nos afecta directamente ya que la carne del pez es uno de los alimentos fundamentales para nosotros, de esta forma el plástico se ha tornado en un riesgo para la flora y fauna marina, uno de los métodos usados para eliminar el plástico fue su incineración pero esto solo logró perjudicar más

debido a que el gas y humo emitido por este proceso es dañino y tóxico para las personas y la misma capa de ozono.

Según Coppini (2017), antes de la creación del plástico se crearon resinas como la brea, el betún, el alquitrán que eran empleados para varios propósitos, se necesitó alrededor de cien años de estudios y ensayos, para en el periodo de los años cincuenta obtener variados tipos de materiales hechos a base de plástico, con el pasar de los años estos se fueron diversificando y desarrollando en gran manera, además otro aspecto a resaltar es que los precios de estos suelen ser bajos en comparación a los naturales. Por otro lado, en el 2010 algunos investigadores y científicos encargados de un estudio del cambio climático en los océanos, descubrieron 5 islas formaciones extrañas que resultaron ser islas compuestas de plástico. Además, GREENPEACE (2017), afirma que desde que la producción de plásticos empezase por el año 1950 se fabricó más de ocho mil trescientos millones de toneladas de productos plásticos, de esta manera solo las fábricas de sodas y refrescos generan en un año quinientos mil millones de botellas plásticas, en un artículo de The New York Times se afirma de los ocho mil millones de toneladas de productos plásticos la mitad se creó a partir del 2004 y al no degradarse estas las miles de millones de toneladas se encuentran en vertederos a nivel mundial acumulándose. Según un artículo de Science Advances (2010) se estimó que la producción de plásticos fue de 274 Millones de toneladas, además en 2015, 407 millones de toneladas de plástico entraron en fase de uso mientras que 302 millones de toneladas fueron abandonados, antes de 1980 el reciclaje y la incineración de plástico eran insignificantes, las tasas globales de reciclaje muestran que el reciclaje han aumentado únicamente del 18 a 24% de los desechos plásticos generados en 2014 siendo Europa y China los que tienen las tasas más altas mientras que Estados Unidos se mantiene en un 9% desde el 2012.

Según un artículo de Lapresa (2018), los desechos plásticos matan cerca de un millón de pájaros y unos 100 mil mamíferos marinos al año siendo el 80% de estos residuos producto de la actividad terrestre, estimando que al año 2050 se encontrará más residuos plásticos que peces en el mar. Además, ABC sociedad (2018), menciona que al ritmo actual del consumo plástico en tan solo

10 años los océanos y mares en el planeta se encontrarán repletos de residuos plásticos podremos encontrar que por tres toneladas de peces habrá una tonelada de plástico, además en el 2050 se tendrá más plástico que peces en los océanos, por otro lado, ABC sociedad (2018), menciona que al ritmo actual del consumo de plástico en los próximos 10 años en los océanos de la tierra se podrá encontrar más de una tonelada de residuos plásticos por cada 3 de peces, para el 2050 el peso de estos residuos plásticos será mayor al peso de toda la fauna marina de la tierra. Esta información fue publicada en el estudio “La nueva era económica de los plásticos” en el foro Económico Mundial que se llevo a cabo en Suiza. Se calcula que son ocho millones de toneladas de residuos plásticos las que terminan cada año en los océanos, algo alarmante es que esta cantidad puede incrementarse exponencialmente en los próximos 10 años volviéndose diez veces la cantidad que se tiene actualmente, los datos mencionados pertenecen a una publicación de la revista “Science” el 2018.

De acuerdo a lo anteriormente señalado nace la necesidad de investigar un método por el cual podemos reutilizar el PET en el rubro de la ingeniería para realizar una estabilización con este material, así logrando mitigar el impacto ambiental del plástico en el medio que nos rodea.

Se planteó el **siguiente problema**. ¿Cómo influye la estabilización de pista no pavimentada usando PET reciclado en Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur - Nuevo Chimbote - Ancash - 2021?

En la presente investigación está enfocada a analizar y estudiar la estabilización del suelo incorporando Tereftalato de polietileno reciclado, el cual tiene propiedades las cuales pueden mejorar las características del suelo de la zona en que se ejecutarán los estudios, ya que este asentamiento humano tiene un suelo con una pésima capacidad de soporte, Es importante decir que Chimbote tiene un nivel de contaminación por residuos plásticos muy evidente, tanto en el océano como en el río Lacramarca, debido a todo lo anteriormente expuesto se decidió llevar a cabo esta investigación y así contribuir y mejorar el suelo en el A. H. Santa Rosa del Sur, a su vez disminuir la contaminación ambiental que genera el plástico en nuestra localidad.

Es debido a esto que se suscitó la hipótesis, que el Tereftalato de polietileno reciclado tiene una gran influencia positiva en la estabilización de pista no pavimentada usando PET reciclado en el Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur – Nuevo Chimbote – Ancash – 2021.

Teniendo en cuenta la presente investigación se determinó como el **objetivo general**: Determinar el efecto del Tereftalato de polietileno reciclado en la estabilización de pista no pavimentada en el Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur – Nuevo Chimbote – Ancash- 2021, , además los **objetivos específicos**: Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en el Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur – Nuevo Chimbote- Ancash- 2021, determinar las propiedades químicas del Tereftalato de polietileno reciclado, evaluar el suelo con adición con el 2%, 5% y 7% de PET reciclado en el Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur - Nuevo Chimbote - Ancash - 2021, realizar un estudio comparativo entre las características mecánicas y físicas del suelo con y sin adición del 2%, 5% y el 7% de PET reciclado y finalmente realizar el análisis de varianza para determinar el porcentaje óptimo de adición de PET reciclado en el Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur - Nuevo Chimbote - Ancash – 2021, considerando la siguiente **hipótesis**: la adición del 2%, 5% y 7% de PET reciclado, mejora las propiedades física-mecánicas del suelo en el Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur – Nuevo Chimbote – Ancash- 2021.

## II. MARCO TEORÍCO.

En cuanto a los antecedentes tenemos a nivel internacional, Carvajal y Garzón (2019, p. 75), en su investigación “Evaluación de la resistencia de un suelo areno arcilloso con refuerzos de fibras PET” que tiene como objetivo evaluar la resistencia de un suelo areno arcilloso al adicionar fibras PET como refuerzo, cuya metodología fue experimental cuantitativa, concluyendo que el suelo mejorado con fibras PET tiene una resistencia de 1.9% al ser adicionado al suelo areno arcilloso de baja plasticidad, mejorándolo en un 0.3% en comparación al suelo natural que tiene una resistencia de 1.6%, es por esto que se define que el suelo areno arcilloso tuvo un mejoramiento, pero no cumple con lo que exige la norma I.N.V.E. - 148 Art.220 que especifica que el porcentaje mínimo de un CBR para suelos adecuados debe ser mayor al 5%.

Por otro lado, Arbelaez y Gorgora (2019, p. 99), en su tesis “Refuerzo de estructuras térreas utilizando tereftalato de polietileno (PET)” que tiene como objetivo estudiar el comportamiento de un suelo reforzado mediante la inclusión de fibras de PET (Polietileno Tereftalato) con dimensiones de 8cm de largo, 2 mm de ancho y 0.5mm de espesor con el fin de dar estabilidad a estructuras térreas. La metodología utilizada fue experimental concluyendo que al realizar las inclusiones de polietileno tereftalato (PET) como material de refuerzo, estas afectaron favorablemente la forma cómo se comporta el suelo de análisis clasificado como arcilloso de alta plasticidad, a partir del análisis de resultados se observó que todas las muestras donde se incluyó el PET presentaron una falla plástica en forma de barril y algunos otros fisuras, sin embargo aquellas muestras que tenían mayor porcentaje de refuerzo con fibras de PET y mayor cantidad de golpes de compactación presentaron mejoría en cuanto a su resistencia, pues la probeta que tenía 0.3% de inclusión de PET y 15 golpes de compactación fallaron al recibir un esfuerzo compresivo de 0.14 kg/m<sup>2</sup> mientras que otra con 1.2% de inclusión de PET y 56 golpes de compactación tuvieron una resistencia de 0.33kg/m<sup>2</sup>.

A su vez Arteaga (2018, p. 91), en su investigación titulada “Análisis del comportamiento de la base- cemento para pavimentos con adición de residuos PET reciclados”. Cuyo fin fue realizar una comparación de la actitud

de una base granular modificada con cemento, reemplazando el material granular con Tereftalato de polietileno reciclado, para determinar si el PET reciclado puede ser empleado como estabilizador. La metodología empleada fue experimental, concluyendo que el Tereftalato de polietileno es un buen aditivo en especial cuando se emplea en un 6%, debido a que esto reduce en 5% la adición de cemento, también logra incrementar la capacidad portante del suelo.

También Brajesh y Kumar (2018, p. 1), en su artículo científico titulado "Use of randomly oriented polyethylene terephthalate (PET) fiber in combination with fly ash in subgrade of flexible pavement". Se buscaba determinar todo lo que produce las fibras de Tereftalato de polietileno reciclado con añadidura de cenizas volantes en las cualidades de la subrasante del pavimento, cuyo objetivo fue identificar si el Tereftalato de polietileno reciclado con añadidura de cenizas volantes incrementan la capacidad portante de la subrasante, además definir las propiedades mecánicas y físicas del suelo. La metodología empleada es experimental, llegando a la conclusión de que la proporción adecuada del Tereftalato de polietileno reciclado es un 1.2%, por otro lado, para las cenizas volantes es 1.5% del peso con respecto al suelo.

Finalmente, Fuentes y Meneses (2015, p. 74), en su tesis "Base estabilizada con cemento modificado con polietileno de tereftalato reciclado", tienen como objetivo principal establecer las propiedades mecánicas y físicas del suelo con agredo de Tereftalato de polietileno y cemento, con variaciones en sus porcentajes, considerando las norma de INVIAS 2007, El método empleado fue experimental, finalmente se concluyó que el porcentaje de agregado más apto de PET es de 5% para el suelo estudiado debido a que este requiere menor proporción de cemento y brinda mayor resistencia , por otro lado emplear un mayor porcentaje de Tereftalato de polietileno reduce en levemente la resistencia de la mezcla de suelo y cemento, además el PET al tener una menor consistencia que las otros adiciones y por su aspecto plano disminuye en un 2% la densidad en la mezcla suelo-cemento PET en comparación a la mezcla suelo cemento.

A nivel nacional Cuellar y Vega (2020, p. 129), en su tesis llamada “Estabilización de subrasante de suelos inadecuados con geosintético producido de botellas plásticas recicladas”, teniendo como objetivo analizar la estabilización de subrasante en suelo inadecuado con geosintético generado por envases plásticos reciclados, se empleó la metodología cuantitativa, llegando a la conclusión que de acuerdo con los criterios brindados por el manual de carreteras del MTC, el suelo evaluado conforme al CBR encontrado se tiene una subrasante deficiente, por otro lado al añadir geosintético en una profundidad de 1.27 cm se obtiene un CBR de 6.54% que de acuerdo con el MTC esto clasifica la subrasante como regular que no requiere mejora.

Por otro lado, Quispe y Sañac (2019, p. 134), en su investigación llamada “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”, fue examinar el efecto de adición de Tereftalato de polietileno en el mejoramiento de la subrasante del suelo en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco – Abancay, se empleó el método experimental, llegando a la conclusión de que la adición de Tereftalato de polietileno mejora significativamente las características del suelo en el nivel de su subrasante, incrementa el valor de su CBR y disminuye la expansión de este, es así que se logró mejorar la subrasante deficiente y pobre con un CBR de 3.4% además un 1.1% de expansión a una subrasante regular con un CBR de 7.8% y una expansión de 0.60%.

También Guzmán (2019, p. 53), en su trabajo de investigación “Evaluación de resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria – 2019” que tiene como objetivo examinar la resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria 2019. Se empleó el método cuantitativo, llegando a la conclusión de que, con la añadidura de Tereftalato de polietileno reciclado de envases descartados, se logra mejorar las características físicas – mecánicas del suelo como agregado para la subrasante, en el área evaluada se encontró en su mayoría arcilla, teniendo una granulometría que es fina y carece de partículas de gran diámetro, estas son fundamentales para tener

una adecuada capacidad portante, es por esto que al añadir PET en un 1.5% del PS del suelo, con una forma rectangular de 5 y 10 milímetros, se pudo observar un mejoramiento del porcentaje de CBR en 26%, esto debido a que el Tereftalato de polietileno brinda fricción mejorando la resistencia al corte.

A su vez Ramos y Seminario (2019, p. 105), en su tesis “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”, cuyo objetivo principal fue analizar el empleo de Tereftalato de polietileno triturado para mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, cuyo método de investigación fue experimental, llegaron a la conclusión de que la adición de Tereftalato de polietileno mejora las características de la subrasante, estos polímeros fueron añadidos en forma triturada en piezas de 10% y 15% respecto al suelo, esto incrementó la capacidad portante en un 33.3% y en 50% del natural, es por esto que se logró realizar una mejora de las características físicas – mecánicas del suelo, también al ser este un suelo arcilloso de media y baja plasticidad tenía un CBR de 2% con la adición de un 10% de Tereftalato de polietileno triturado se incrementó este valor a un 3%, así mismo con 15% de Tereftalato de polietileno triturado el CBR se incrementó a un 4%.

Además, Zenteno (2018, p. 203), en su tesis “Efecto de la estabilización de suelos finos con tereftalato de polietileno como material de refuerzo en la estructura de pavimentos flexibles del distrito de Puno”, cuyo objetivo fue analizar cómo influye la estabilización de un suelo fino con PET en las características mecánicas del suelo para la estructuración de pavimentos flexibles. Su estudio empleó el método experimental correlacional y llegó a la conclusión de que al estabilizar el suelo fino con adición de PET las propiedades mecánicas del suelo se mejoran volviendo a este adecuado para la estructuración de la subrasante y sub base para el pavimento.

Así mismo, Cuipal (2018, p. 152), en su tesis “Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas, 2018”, que tuvo como objetivo analizar el efecto que



produce la adición de polietileno tereftalato para la estabilización de subrasante en suelo arcilloso, en la carretera Chachapoyas – huancas, Amazonas, la metodología empleada fue experimental, llegando a la conclusión que de acuerdo a los resultados se concluye que la inclusión del polímero sintético mejora en algunas propiedades física mecánicas del suelo, haciendo que sea regularmente estable, se observa que para un suelo más adición del 3% polímero sintético aumenta su capacidad de soporte (CBR) en un 0.3% hasta 0.6% de la capacidad de soporte CBR del suelo sin adición; concluyendo que la adición de suelo – polímero sintético en bajas proporciones como al 3% se logra mejorar su resistencia a cualquier deformación provocada por las cargas vehiculares. Esto se debe a que el polímero sintético es un material resistente de baja densidad lo cual a adicionar a la subrasante tiende a sostener resistencia al corte y mayor fricción.

También, Castillo y Saucedo (2019, p. 171), en la investigación titulada “Estabilización del suelo con PET reciclado con fines de pavimentación, Asentamiento Humano Miraflores alto – Chimbote – Ancash – 2019”, su principal objetivo fue analizar el efecto del Polietileno de Tereftalato para estabilizar el suelo. La metodología empleada en esta tesis fue no experimental y correlacional. Llegaron a la conclusión que el mejor porcentaje del Polietileno de Tereftalato añadido en el suelo fue de 3% que mejora las propiedades mecánicas de este incrementando el CBR a 14.88% analizado a un 95% de la MDS, que mejora la subrasante regular que se tenía a una buena, por otro lado, al añadir un 6% de Polietileno de Tereftalato el CBR se reduce a un 2.93% volviendo la subrasante inadecuada.

Finalmente, Cobeñas (2018, p. 170), en su tesis titulada “Estabilización del suelo en el A.H. Solidex Bajo del C.P. San Jacinto distrito de Nepeña con material plástico reciclado con fines de cimentación de viviendas unifamiliares, Ancash- 2018”, cuyo objetivo principal fue analizar el efecto de los residuos plástico reciclado para la compactación del suelo patrón, además identificar qué tipo de suelo es e indicar las propiedades mecánicas y físicas del suelo, así mismo obtener una muestra homogénea del suelo con cada proporción de un porcentaje del 0.2%, el 0.5%, el 1.0% y el 1.5%. El tipo de investigación es

correlacional y el método que utilizaron fue no experimental. Llegando a la conclusión que el mejor aditivo es del 1.5% de PET, porque este incrementa el mejoramiento del CBR cuya densidad seca es  $1.94 \text{ gr/cm}^3$  y la humedad óptima es 7.90% respectivamente.

En cuanto a las definiciones, Zenteno (2015, p. 39), para este el suelo se encuentra compuesto por minerales provenientes de la roca madre que se desintegra por el factor del tiempo clima y agua, materia orgánica que es producto de la descomposición de animales muertos y plantas los cuales pueden almacenar grandes cantidades de agua y además son ricos en minerales, aire y agua que son los que rellenan los espacios que dejan los poros en el suelo estos son producidos debido a las irregularidades en la forma y tamaño de las partículas de suelo. En la ingeniería civil este material se emplea para todo tipo de proyecto, es por esto que se tiene la necesidad de clasificar los suelos, esto lo podemos realizar mediante el análisis granulométrico siguiendo los parámetros de la normativa AASHTO, en esta los suelos se encuentran clasificados en 7 grupos del A1 a A7 por otro lado también se tiene el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos que divide los suelos en dos grupos.

De acuerdo con M, DAS (2013, p. 638), el sistema de clasificación AASHTO que se emplea en la actualidad se basa en algunos criterios como:

El tamaño de los granos, dentro del cual encontramos la grava con una fracción que pasa la malla de 75mm, además es retenida por la malla N° 10 de 2mm. Para la arena con una fracción que pasa la malla N° 10 de 2mm y queda retenida en la malla N° 200 de 0.075mm, la plasticidad, para porciones finas del suelo que tienen índice de plasticidad de 10 a menos se emplea el término limoso, para porciones finas del suelo con índice de plasticidad de 11 a más se emplea el término arcilloso, si encontramos cantos y guijarros de tamaño superior a 75 mm. Se retirarán de la muestra extraída del suelo estudiado, pero también se debe registrar la cantidad de material que se encontró de este tipo.

Para realizar la clasificación de los suelos se emplea la tabla que se puede ubicar en la figura 1 dentro de los anexos N° 4, en esta los datos obtenidos se

aplicarán de izquierda a derecha siguiendo un proceso de eliminación, de esta forma el grupo inicial de la izquierda en la que encajen los datos de la prueba será la clasificación correcta.

En la figura 2 ubicada en los anexos N° 4 se puede apreciar una gráfica donde se visualiza el LL y el IP de los suelos según sus grupos, por otro lado, para la evaluación de calidad en los suelos para material de subrasante se añade el índice de grupo (IG) este valor se anota entre paréntesis luego de la asignación del grupo o sub grupo.

Este índice de grupo tiene la siguiente ecuación:

$$IG = (F - 35)(0.2 + 0.005(LL - 40)) + 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

Donde:

$F$  = porcentaje que pasa por la malla N° 200

$LL$  = Límite líquido

$PI$  = Índice de plasticidad

Además, se debe tener en cuenta que si el resultado de la ecuación fuese negativo se asumiría un IG de cero, si el resultado no da un número en entero de debe redondear al entero más próximo, para los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-3 el IG será cero, para los grupos A-2-6 y A-7 se empleara un IG parcial para PI.

$$IG = 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

Por otro lado el Sistema unificado de clasificación de suelos clasifica los suelos en dos grandes grupos que se detallan en la figura N° 3 y N° 4 dentro de los anexos N° 4, suelos de granos gruesos compuestos de grava y arena en su estado natural con 50% menos que pasara por la malla N° 200, además la simbología para estos grupos será mediante un prefijo, G o S.G será para grava y S en el caso de arena, para los suelos de granos más finos con un 50% o más que pasara por la malla N° 200, la simbología será M para el caso de limos inorgánicos, C en el caso de arcillas inorgánicas, O para limo orgánico y arcillas, así también en el caso de encontrarse con suelos con alto contenido orgánico se empleará la simbología Pt. Por otro lado, algunas

simbologías que también se emplean en esta clasificación son W para un suelo bien clasificado, P para un suelo mal clasificado, L para suelos de bajo nivel de plasticidad con un LL menor a 50 y H para suelos de alto nivel de plasticidad con un LL mayor a 50.

Además, es necesario conocer algunos datos más para emplear este sistema correctamente, para la grava se considera la fracción que pasa por la malla N° 200 y que queda en la malla N° 4, en el caso de la arena se considera la fracción que pasa la malla N° 4 y queda en la malla N° 200, para limos y arcillas se considera la fracción más fina que la malla N° 200, también se tomará en cuenta el Cu que es el coeficiente de uniformidad y el Cc que es el coeficiente de gradación, finalmente también el LL y el IP de la muestra de suelo que pasa la malla N° 40.

Para Largaespada y Enriquez (2015, p. 138), El proceso de estabilizar la subrasante comprende el cambiar o alterar las propiedades mecánicas – físicas que posee el suelo, si esta es requerida. Este proceso se puede realizar añadiendo algún químico o también mediante algún procedimiento mecánico, este puede ser por ejemplo la compactación para esto las distintas variedades de estabilizaciones ya se encuentran normadas para los diferentes suelos, esto lo podemos encontrar en el Manual de Carreteras del Instituto de la Construcción y Gerencia, el manual nos muestra la correcta adición de algún material en base a las diferentes características del suelo, estas son:

La estabilidad volumétrica que está representada por el suelo arcilloso, debido a que el volumen de este se encuentra vulnerable a la humedad, al contar este con plasticidad se produce retracción y dilatación del suelo. Es debido a todo esto que es vital recubrir la base mediante la adición de cemento o cal, de tal forma que esto no afecte a la estructura en el pavimento, Largaespada y Enriquez (2015, p. 138).

Montejo (2002, p. 79), define la permeabilidad como una característica física que se encuentra en los suelos, la cual hace posible el libre movimiento del agua dentro de este, esta característica dependerá de cómo se encuentra estructurado el suelo, en el caso del suelo arcilloso estos cuentan con permeabilidad regular, debido a esto un método para trabajar en estos suelos

es estabilizarlos de forma mecánica, de tal manera que los vacíos se deformen y lleguen a cerrarse, obteniendo una mayor estabilidad.

Según Ravines (20120, p. 22), la compresibilidad dependerá de diferentes variaciones que se encuentran en los suelos, estas pueden presentarse dependiendo de la carga que pueda aplicarse a este, por otro lado, la humedad es algún fundamental en la compresibilidad. Esta tiene un efecto inferior en el suelo granular que en el suelo cohesivo, ya que, si un suelo tiene mayor nivel de IP, este requerirá mayor compresibilidad.

Actualmente la tecnología ha estado influyendo en la reparación y mejora de suelos, mediante los variados tipos de estabilizadores, produciendo un mejoramiento en distintas áreas de la ingeniería, es así que estos estabilizadores se dividen en 5 grupos, estos son los silicatos de escorias, cementos, catalizadores orgánicos, iones y polímeros sintéticos. Los cuales con el pasar de los años y avances en la ciencia si han estado analizando con el fin de determinar cuán importante es el empleo de estos cuando se quiere realizar una estabilización en suelos (Pu et al, 2029, p. 103)

De acuerdo con el MTC (2014, p. 97), Existe gran cantidad de tipos de estabilización de suelos entre estos se encuentran la estabilización mediante reemplazo de suelo, que dependerá de la capacidad portante del suelo además este tipo puede manejarse de dos formas, el primer método se realiza mediante un corte de 15 cm en el suelo natural, luego cortar en adición con materiales de préstamo y realizar la compactación. La segunda manera de trabajar este tipo de estabilización es por el reemplazo mediante la adición de materiales prestados, esto será factible si el CBR es inferior.

De acuerdo con el MTC (2014, p. 101) se puede estabilizar un suelo mediante la adición de cemento, para realizar esto se mezcla el suelo con conglomerantes, los cuales al entrar en contacto más el agua produce una reacción, dando origen a una pasta que al momento de realizar la compactación acelerarán la fusión de estos, mejorando la densidad que tiene el suelo, además de incrementar la resistencia que tiene la mezcla, cabe resaltar que el suelo de tipo A-1,A-2,A-3 trabajan mejor con la estabilización

por adición de cemento, el suelo fino de menor plasticidad también se puede trabajar con la estabilización por adición de cemento.

De acuerdo con el MTC (2014, p. 102), La estabilización con cloruro de sodio, su función es de evitar que el agua del suelo se vaporice, esta propiedad se denomina “higroscópica”; es un estabilizador que se emplea generalmente para trabajar con material seco para reducir la pérdida de humedad, se emplea una porción de este material con 2% de arcillas que presente limo, además se usa 98% de cloruro de sodio, se emplea este porcentaje debido a que esta tiene la característica de absorber el agua que se encuentra en el medio ambiente por ejemplo el que está en la atmósfera, lo cual da un beneficio a este suelo mejorando así la estructura de este.

Por otro lado, el MTC (2014, p. 106) menciona que se puede estabilizar el suelo mediante la adición de cloruro de calcio, de la misma forma que al momento de estabilizar un suelo con cloruro de sodio, está también cuenta con la propiedad “higroscópica”, pero a diferencia del cloruro de sodio este no cuenta con la propiedad de oxidación debido a que no se libera la humedad del suelo, a su vez esto produce un gran incremento en la firmeza, resistencia y compactación, existe dos maneras de emplear esta compactación una es en forma de hojuela y otra de manera granulada.

Según el MTC (2014, p. 101), para suelo arcilloso generalmente se puede estabilizar mediante la adición de cal.

También la estabilización con cal, se emplea generalmente en suelos arcillosos, esto permite aumentar la capacidad portante del suelo. Esta se da por la reacción del óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) y el agua al entrar en contacto, esto se debe a la mezcla de la alúmina y la sílice del suelo, generando que los aluminatos de cálcicos y silicatos. Esto permite evitar que los suelos se compriman y se expandan. Es importante decir que estos componentes se compatibilizan de mejor manera con las propiedades mecánicas y físicas de la gran mayoría de suelos (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014, p. 101).

Para Elías y Jurado (2010, p. 120), El PET está conformado por petróleo en su estado crudo, gas y aire, este tiene algunas características que son de gran

importancia en la construcción de proyectos en Ingeniería Civil, como son, la alta resistencia térmica, química y al desgaste además de ser ligero y altamente reciclable.

Según Alfahdawi et al (2016, p. 1157), se puede encontrar muchas maneras de emplear los materiales que desechamos como son los envases plásticos, ya que existen distintas investigaciones donde se han usado para aditivos en la mejora de las características en concreto con el fin de por ejemplo reducir la cantidad de cemento empleada o también el peso de algunas estructuras.

También Ahmad (2017, p. 4), nos recalca en un estudio que realizó, que se puede mejorar el diseño del asfalto mediante el empleo de fibras sintéticas. Esto es porque mejora de manera positiva la resistencia del ahuellamiento, la durabilidad, la viscosidad, la fatiga y el punto de reblandimiento.

Según Quesada, Raposeiras y Olavarria (2019, p. 5), el mismo caso se reflejó en una investigación diferente, “El PET reciclado funciona de mejor manera cuando se tritura y da la forma de escama, de esta forma se agrega en la mezcla asfáltica, por lo que esto produce mayor estabilidad, mejorando de esta forma las características mecánicas en el asfaltado”

El Tereftalato de polietileno (PET) posee una gran cantidad de usos en esta época, es por esto que el plástico es muy influyente desde 1970 hasta esta época de la ingeniería moderna (Azzawi, 2015, p. 5).

Según Juarez (2015, p. 250), en diferentes estudios se empleó el PET en forma de fibra para aditivos en concreto, de esta manera se mejoró las características de este, incrementando su capacidad de carga y también su ductilidad.

El PET está se encuentra en un grupo principal, este se usa de muchas formas como en las fibras para la ropa, en artículos del hogar, también sirven como un reforzante de neumáticos y de materiales aislantes; estos tienen una producción del 18% de polímeros en todo el mundo, encontrándose en el cuarto puesto de producción (Gao et al, 2018, p. 1646).

De acuerdo con Muños (2012, p. 45), el Tereftalato de polietileno se estructura de dos formas por cómo está compuesta químicamente una es termoplástico

que tiene una facilidad al momento de moldearse a temperaturas iguales al medio ambiente y si se incrementa la temperatura este cambia de estado. El otro es el termoestables, este una vez pase por el proceso del calentamiento-fusión y formación-solidificación, esta se vuelve un material rígido que difícilmente se puede volver a emplear. Dentro de la composición química del Tereftalato de polietileno encontramos Etilenglicol, que proviene de el refinamiento del petróleo, este pasa por procesos que como resultado dan etilenglicol. Este lo encontramos en el Ácido Tereftalico, que podemos obtenerlo cuando el paraxileno se oxida.

Dentro de las características que tiene el Tereftalato de polietileno se encuentran, la densidad que es la magnitud que permite saber qué porción de masa se encuentran en un volumen de una sustancia, la absorción del agua consiste en cuánto de este líquido se conserva en el PET esto influye directamente en cuánto será el peso. Por otro lado, el PET también cuenta con recubrimiento lo cual le brinda la característica de impermeabilidad produciendo que no se pueda alterar el volumen de este material, la permeabilidad es una característica que influye de manera muy positiva porque puede interrumpir la capilaridad del suelo. Esto lo obtenemos por ensayos que miden cuánta humedad, CO<sub>2</sub>, nitrógeno y oxígeno pasan por un espacio en un determinado momento, el PET conserva su estructura cuando se somete a algún factor de la atmósfera debido a que este solo perderá su tono, se secará, su descomposición será muy prolongada. Así mismo, los ácidos ni los gases del medio ambiente perjudica a este polímero (Muños, 2012, p. 51).

Según Chaisuplakitsin (2017, p. 260), el PET cuenta con características biológicas, por esto es considerado como una materia que no se degrada ya que este tiene una vida útil muy duradera debido a cómo está compuesta químicamente, lo único que puede dañar y provocar desgaste en este material es el sol y la intemperie en un largo periodo, generando un gran incremento de hidroxilos, esto hace que se produzca en el Tereftalato de polietileno hidrolisis.



Además, según Rondón et al (2007, p. 95), el policloruro de vinilo, mayormente conocido como PVC, resulta cuando el cloruro de vinilo con el policloruro de vinilo se polimeriza, es considerado un material termoplástico ya que es transparente e incoloro, en sus características físicas se puede decir que es duro, rígido y es bastante resistente a factores químicos. Por otro el poliestireno, es el resultado de pasar el estireno monómero por una polimerización, el resultado tiene como propiedades que es un material ligero, pero con gran estabilidad teniendo en cuenta sus dimensiones y esta se pueden moldear y procesar de una manera sencilla y a un precio realmente accesible.

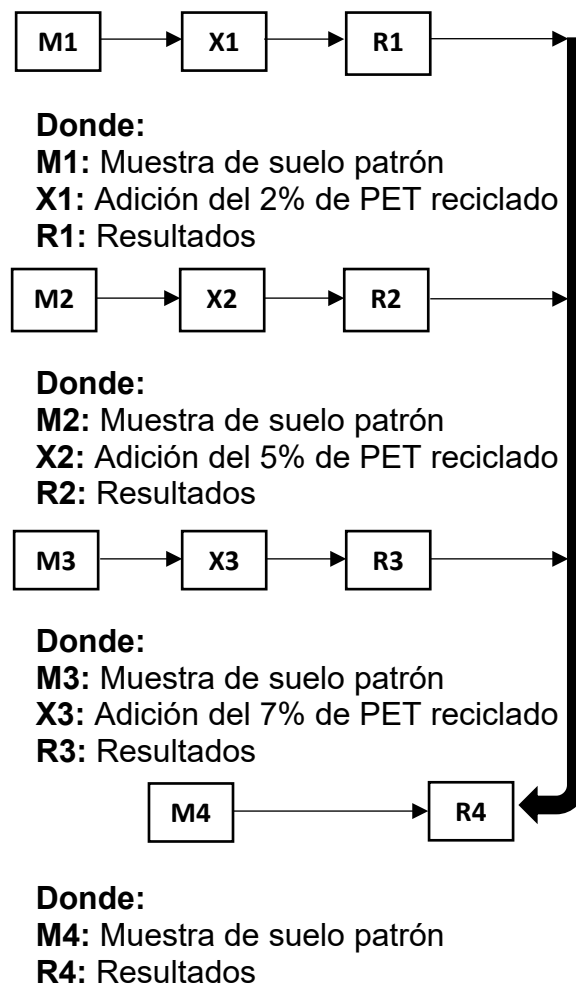
### III. MÉTODO

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación:

**Tipo de Investigación:** La presente investigación es aplicada, debido a que esta investigación aprovecha diferentes conocimientos de anteriores investigaciones para poder resolver inquietudes nuevas. En este proyecto de investigación se optará por usar las variables de adición de polietileno de tereftalato y la estabilización de suelos. Según Murillo (2008), la investigación aplicada es caracterizada por emplear conocimientos ya obtenidos, para al mismo tiempo obtener otros mediante la aplicación de estos, es decir llevar a la práctica los conocimientos de investigaciones pasadas para poder obtener nuevos.

**Enfoque:** Cuantitativo, este se aplica de forma directa en el trabajo de verificar y cerciorarse de teorías a través de estudios de muestras representativas, todo siguiendo una estructura sistematizada. Según Hernández y Baptista (2014), el enfoque cuantitativo sigue una secuencia y es probatorio, ya que toda la investigación tiene un proceso y no se puede saltar alguno de los procesos, además se emplean métodos estadísticos para probar las hipótesis planteadas a partir de las variables empleadas.

**Diseño de Investigación:** Cuasiexperimental, Esto es porque la variable independiente es examinada para estudiar los diferentes efectos o alteraciones que se produzcan en la variable dependiente. Según Hernández y Baptista (2014), este tipo de diseño es el que emplea una variable independiente para analizar cómo puede influir sobre una o más variables que son dependientes.



### 3.2. Variables y operacionalización:

#### 3.2.1. Variable Independiente:

Polietileno de Tereftalato Reciclado.

**Definición conceptual:** Se usa de muchas formas, ya sea en las fibras de las ropas, como artículos para el hogar, también sirve como un reforzante de neumático y de materiales aislantes (Gao et al, 2018, p.1646).

**Definición operacional:** El polietileno de tereftalato será trozado en forma de escamas y se examinará de manera proporcional a la muestra de suelo en 2%, 5% y 7%.

**Dimensiones:** Propiedades Mecánicas, composición Química.

**Indicadores:** Dureza, coeficiente de fricción, resistencia a la tracción, Etilenglicol, Ácido Tereftálico.

**Escala de medición:** Escala de razón, escala nominal.

### **3.2.2. Variable Dependiente:**

Estabilización de Suelos.

**Definición conceptual:** Es mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo por diversos métodos mecánicos o adhiriendo un producto químico. (Instituto de la construcción y gerencia, 2013, p.64).

**Definición operacional:** Este método incrementa la densidad de los suelos.

**Dimensiones:** Propiedades Físicas, propiedades Mecánicas.

**Indicadores:** Clasificación de suelo, capacidad portante.

**Escala de medición:** Escala Nominal, escala de razón.

### **3.3. Población, Muestra y muestreo.**

#### **3.3.1. Población.**

Según López (2004, p. 1), Se entiende por población a un grupo de objetos o personas de quien se precisa averiguar algo, dentro de las investigaciones estos grupos generalmente están conformados por individuos, animales, registros médicos, muestras de diversos materiales entre otros. La presente investigación, opto como población las pistas no pavimentadas del Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur.

#### **3.3.2. Muestra.**

Para Canales, Alvarado y Pineda (1994, p. 108), la muestra es un subconjunto del universo o población de la cual se realizará la investigación además esta deberá representar a la población. Para obtener la muestra consideramos los criterios de La Norma Técnica CE. 010 Pavimentos Urbanos, esta nos dice que cada punto de investigación será a cada 3600m<sup>2</sup> con una profundidad mínima de 1.50m para una vía local, en la presente investigación se realizó 12 calicatas.

### **3.3.3. Muestreo.**

Según López (2004, p. 1), se entiende por muestreo a un método usado en la selección de elementos que componen la muestra de una población, estas son un grupo de reglas, criterios y procesos con los que se puede determinar un grupo de componentes para una población que lograrán transmitir la realidad en la que se encuentra esta. Para la presente investigación se consideró un muestreo no probabilístico debido a que se extraerán muestras mediante la realización de calicatas, cada una a 3600m<sup>2</sup> de la otra.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

### **3.4.1. Técnicas.**

Según Fidias (2012, p.69), las técnicas dentro de una investigación se entienden como el proceso o método para recolectar datos e información, estas serán específicas de cada disciplina. Se empleo la técnica de observación ya que se realizaron ensayos en laboratorio los cuales fueron monitoreados para obtener los resultados.

### **3.4.2. Instrumentos.**

También Fidias (2012, p.69), indica que los instrumentos de recolección de datos pueden ser todo recurso, formato u dispositivo ya sea escrito o de forma digital en el cual se pueda anotar o almacenar información. Siguiendo los criterios brindados por la norma ASTM que se encuentra en el manual de ensayos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones se realizaron los ensayos pertinentes, esto permitió obtener los resultados requeridos para determinar el objetivo general y los específicos donde de la investigación, las normas empleadas fueron:

- ✚ ASTM D 6913 “Análisis Granulométrico” (MTC E 107)
- ✚ ASTM D 2216 “Ensayo de humedad natural” (MTC E 108)
- ✚ ASTM D 4318 “Limites de Atterberg” (MTC EM 110, 111)
- ✚ ASTM D 1557 “Ensayo de Proctor modificado” (MTC E 115 – 2000)
- ✚ ASTM D 1883 “Ensayo de CBR” (MTC E 132-2000)

### **3.4.3. Validez y confiabilidad.**

Para la presente investigación no se realiza validez y confiabilidad, debido a que los instrumentos empleados ya se encuentran validados por las autoridades pertinentes bajo la normativa ASTM Y ASSHTO, las cuales certifican la validez, confiabilidad y calidad de cada ensayo.

### **3.5. Procedimiento.**

Para empezar, se seleccionó los tramos principales de pista no pavimentada y se comenzó a extraer muestras de cada calicata realizada, estas se colocaron en contenedores especiales para que se conserve su humedad y estado natural, después se transportó al laboratorio de suelos GEORUMI y una vez ahí se precedió a la identificación de las propiedades físicas y mecánicas del terreno en el Asentamiento humano Santa Rosa del Sur mediante la realización de los estudios pertinentes empleando los criterios brindados por las normativa CE. 010 de pavimentos urbanos y las normativas del MTC E132, MTC E 115, ASTM D 4318 Y MTC EM 108 en estos se especifica los pasos a seguir, materiales necesarios, equipos y la proporción de muestra requerida para ejecutar cada ensayo. Después para determinar las propiedades químicas del Tereftalato de polietileno reciclado se realizó ensayos utilizando muestras de PET reciclado siguiendo los criterios de las normas ASTM D570, ISO 1183, ASTM D3985, ASTM D795, ASTM D 1894 Y ASTM D 882.

### **3.6. Métodos de análisis de datos.**

Para realizar la presente investigación se ejecutó un análisis de acuerdo a la hipótesis planteada, de esta forma se podrá conseguir datos de acuerdo a los ensayos realizados en las muestras extraídas de suelo, como la densidad, resistencia, capacidad portante y también en el caso de las muestras de PET reciclado, por otro lado, para procesar los datos que se obtuvieron se empleó el programa Microsoft Excel, en este se utilizará un análisis cuantitativo estadístico, empleando cuadros y gráficas de barras. Los datos se obtendrán siguiendo los criterios de las normativas correspondientes con el fin de que estos sean los más precisos y confiables.

Por otro lado, se empleó la estadística descriptiva e inferencial mediante el uso del programa SPSS.

### **3.7. Aspectos éticos.**

El Artículo 3 del capítulo II nos indica los siguientes principios de ética en nuestra investigación en la Universidad César Vallejo, la autonomía lo que implica que Los investigadores que colaboren en la investigación tienen la capacidad y el derecho de elegir su participación o su retiro de las investigaciones en el momento que lo consideren prudente, la beneficencia ya que la investigación debe facilitar el bienestar o procurar los beneficios a los participantes del estudio, El cuidado del medio ambiente y biodiversidad debido a que Las investigaciones y los investigadores deben procurar asegurar el cuidado de la naturaleza, promoviendo el respeto de los seres vivos y los ecosistemas.

Por otro lado, también se consideró la Integridad humana ya que se reconoce al ser humano por encima de los intereses de la ciencia, independientemente de la procedencia, estatus social o económico, etnia, género, cosmovisión cultura u otra característica, la Justicia que se refiere al trato igualitario de los participantes en la investigación, sin exclusión alguna, para el mejor desarrollo de la misma, de la misma forma la libertad ya que las investigaciones deben desarrollarse de manera libre e independiente de intereses económicos, políticos, religiosos o de otro tipo, también el respeto de la propiedad intelectual: El personal investigador debe respetar los derechos de propiedad intelectual de otros investigadores, incluyendo evitar el plagio de manera total o parcial de las investigaciones de otros autores.

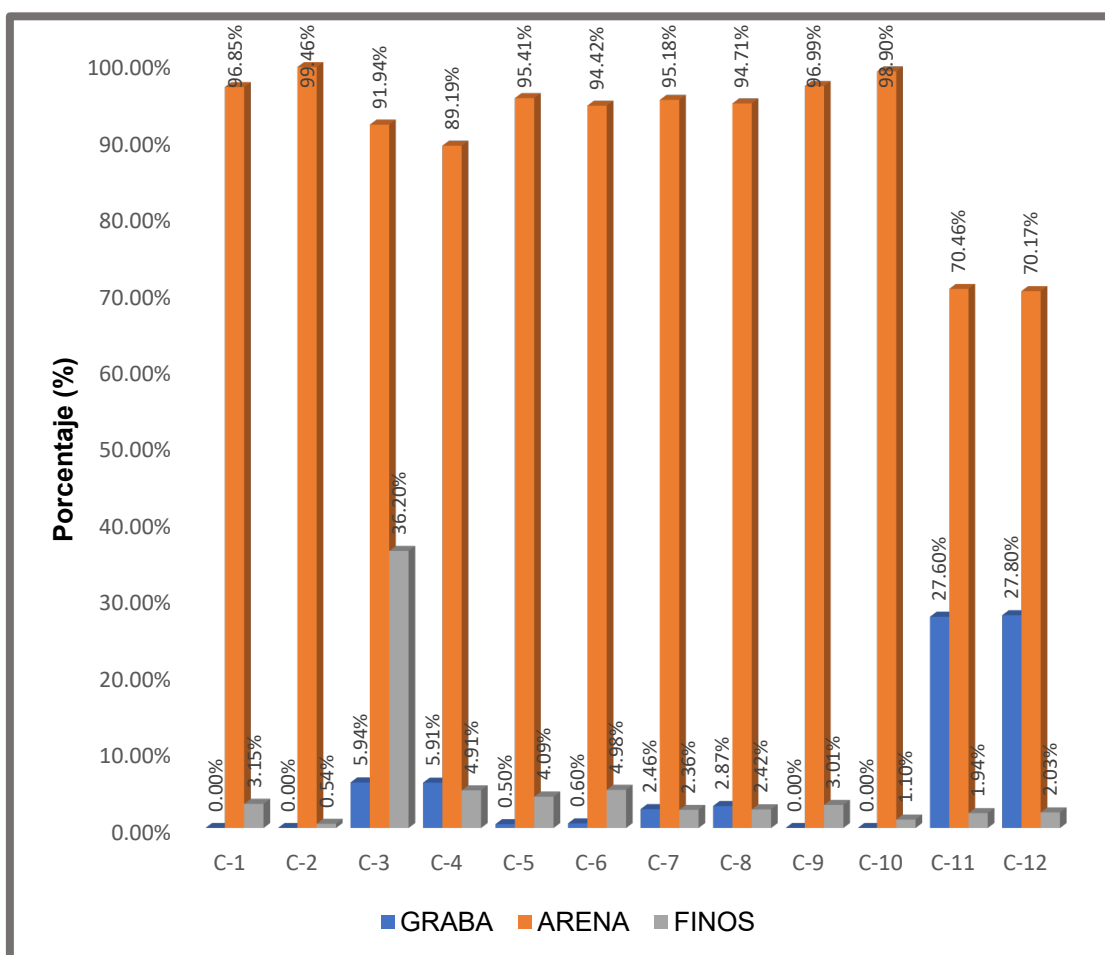
Finalmente, la responsabilidad de los investigadores que asumen las consecuencias de los actos derivados del proceso de investigación o productos de divulgación. La transparencia: La investigación deba ser divulgada de tal modo que sea posible replicar la metodología y verificar la validez de los resultados (excepto en casos de patentes), y la precaución para que, aunque existan dudas sobre los riesgos y repercusiones negativas de determinada investigación, se deben tomar todas las medidas precautorias disponibles en el sentido de evitar daños futuros.

#### IV. RESULTADOS:

Una vez obtenida las muestras de las doce calicatas realizadas se continuo con la realización de los ensayos pertinentes para determinar las propiedades físicas y mecánicas que contiene el suelo del Asentamiento humano Santa Rosa del Sur.

Para determinar las propiedades físicas se realizó el ensayo de granulometría mediante tamizado a continuación se presenta los resultados obtenidos.

**Gráfico N° 1 Análisis Granulométrico por tamizado (ASTM-6913) del suelo patrón del asentamiento humano Santa Rosa del Sur-2021.**



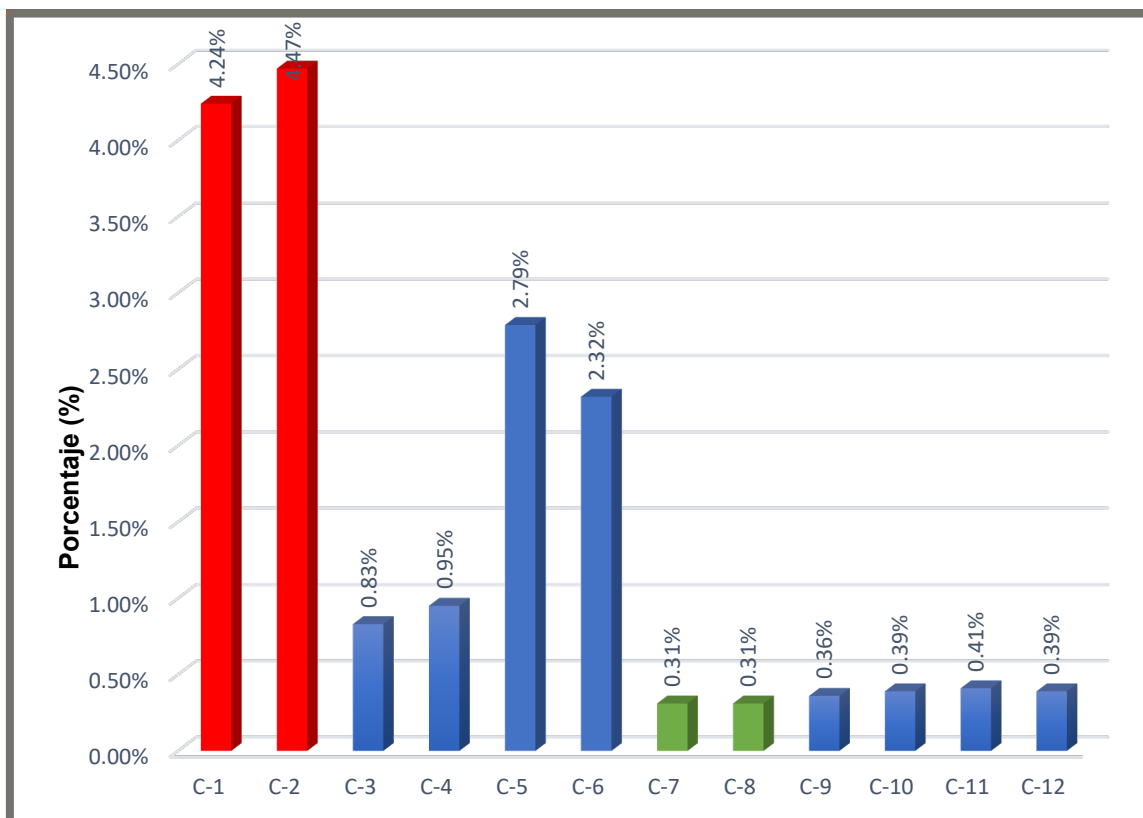
Fuente: GEORUMI.

**Interpretación:** Como se puede contemplar en el grafico el terreno evaluado está conformado por tres tipos de suelos, siendo que este presenta mayor porcentaje de arena, en cuanto a los otros componentes del terreno en



segundo lugar está el material fino y finalmente se encontró grava en especial en las últimas 2 calicatas realizadas. De acuerdo con la norma ASTM D 6913 “Análisis Granulométrico”, según los resultados obtenidos se clasifico el suelo como un tipo A-2-4. En cuanto a los Limites de Atterberg: El suelo examinado no cuenta con limite líquido, ni limiteplástico por ser una arena.

**Gráfico N° 2: Contenido de Humedad (%) (ASTM-D2216) del suelo patrón del asentamiento humano Santa Rosa del Sur-2021.**



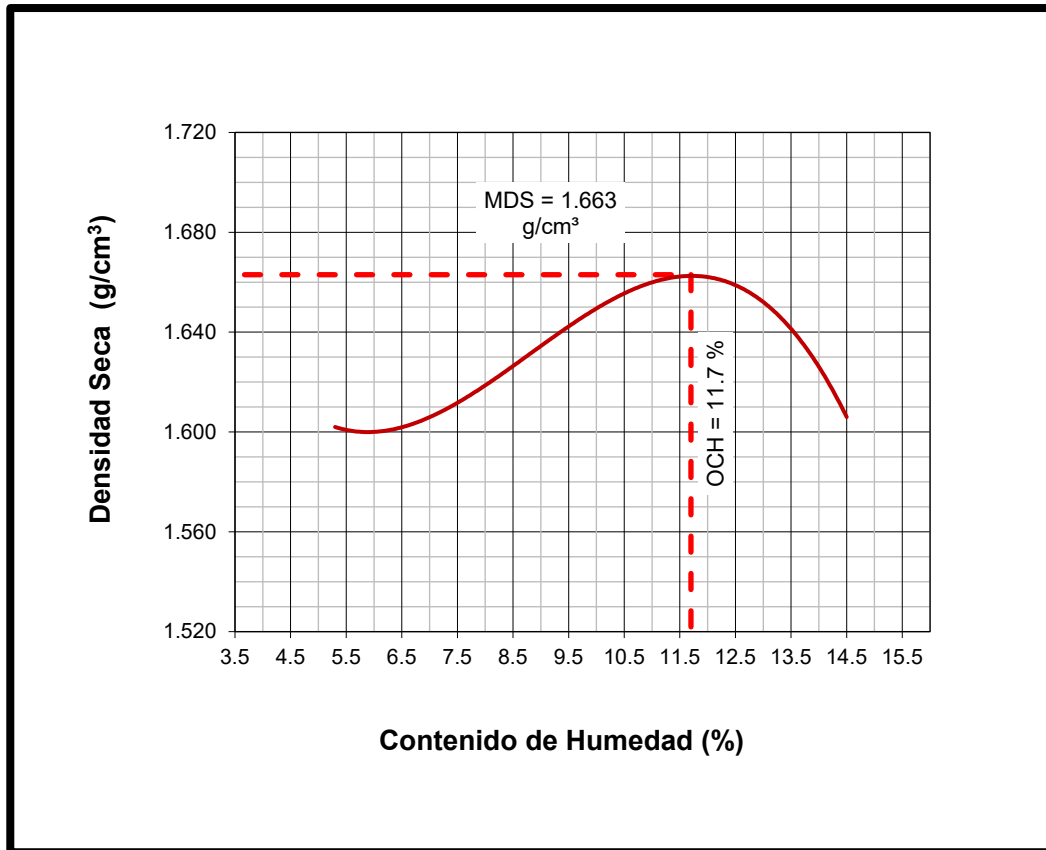
Fuente: GEORUMI.

**Interpretación:** De acuerdo con los resultados obtenidos por el ensayo de contenido de humedad, la humedad presente en cada calicata es distinta siendo la calicata C-1 y la C-12 son las que mayor porcentaje de humedad presentaron, por otro lado, la calicata C-7 y C-8 fueron las que menor porcentaje de humedad presentaron.

Dentro de los ensayos empleados para determinar las características mecánicas se realizó del ensayo de Proctor Modificado para la calicata N°5 esto debido a que se realizó un perfil estratigráfico el cual demostró que no

existe tanta variación en las calicatas.

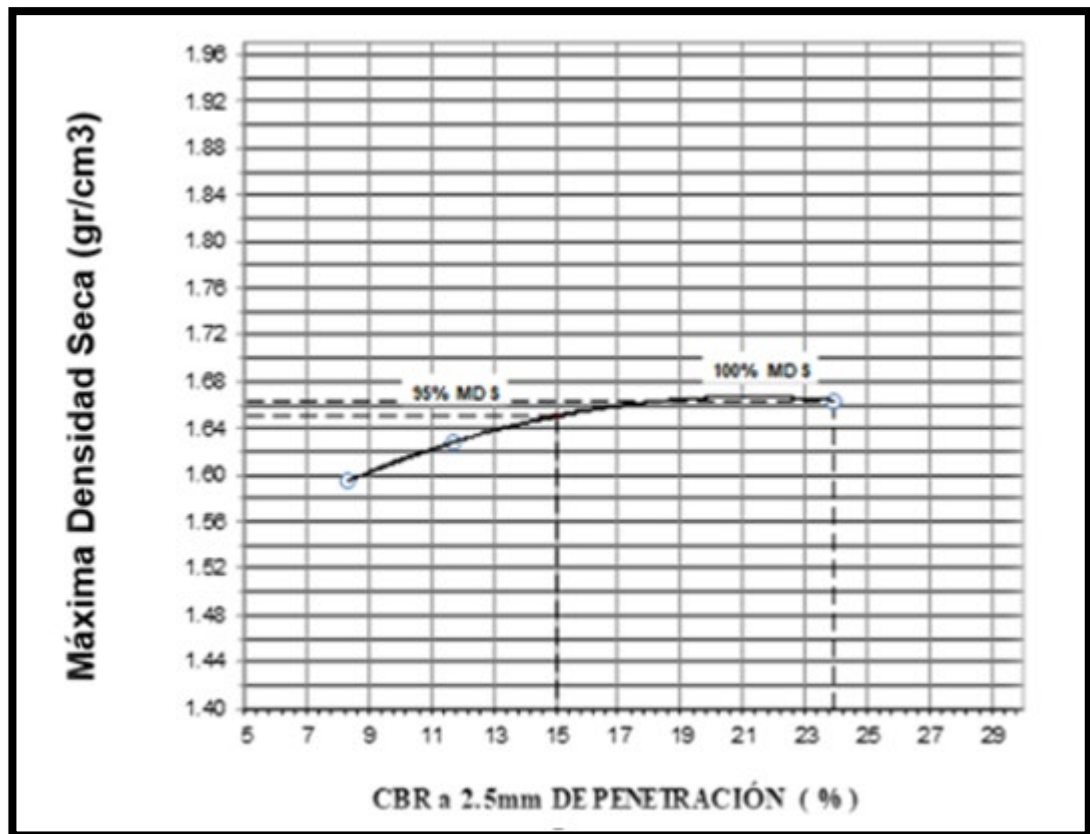
**Gráfico N° 3** Proctor Modificado del suelo del A.H. Santa Rosa del Sur -2021



Fuente: GEORUMI.

**Interpretación:** De acuerdo con los resultados obtenidos por el ensayo de Proctor modificado, como se puede contemplar en el gráfico N°3 el suelo natural tiene un óptimo contenido de humedad de 11.7%, con una Densidad Máxima seca de 1.663 g/cm³.

**Gráfico N° 4:** CBR del suelo del A.H. Santa Rosa del Sur - 2021



Fuente: GEORUMI.

**Interpretación:** según el gráfico N°4 con respecto al 95% de la máxima densidad seca se obtuvo un valor de CBR de 15%.

Se realizó el análisis químico del PET empleado encontrando las siguientes propiedades.

**Tabla N° 1:** Propiedades mecánicas

PROPIEDADES MECANICAS	METODO	UNIDAD	RESULTADOS	PARAMETROS
Dureza	NTP 311.253	-	89	100
Resistencia a la tracción	ASTM D882	Mpa	116.38	80
Elongación	ASTM D638	%	23.5	20

Fuente: SLAB

**Interpretación:** De acuerdo con la tabla de propiedades mecánicas se determinó que tanto las propiedades de dureza, resistencia a la tracción y elongación son adecuadas para brindar una mayor resistencia al suelo.

**Tabla N° 2: Propiedades químicas**

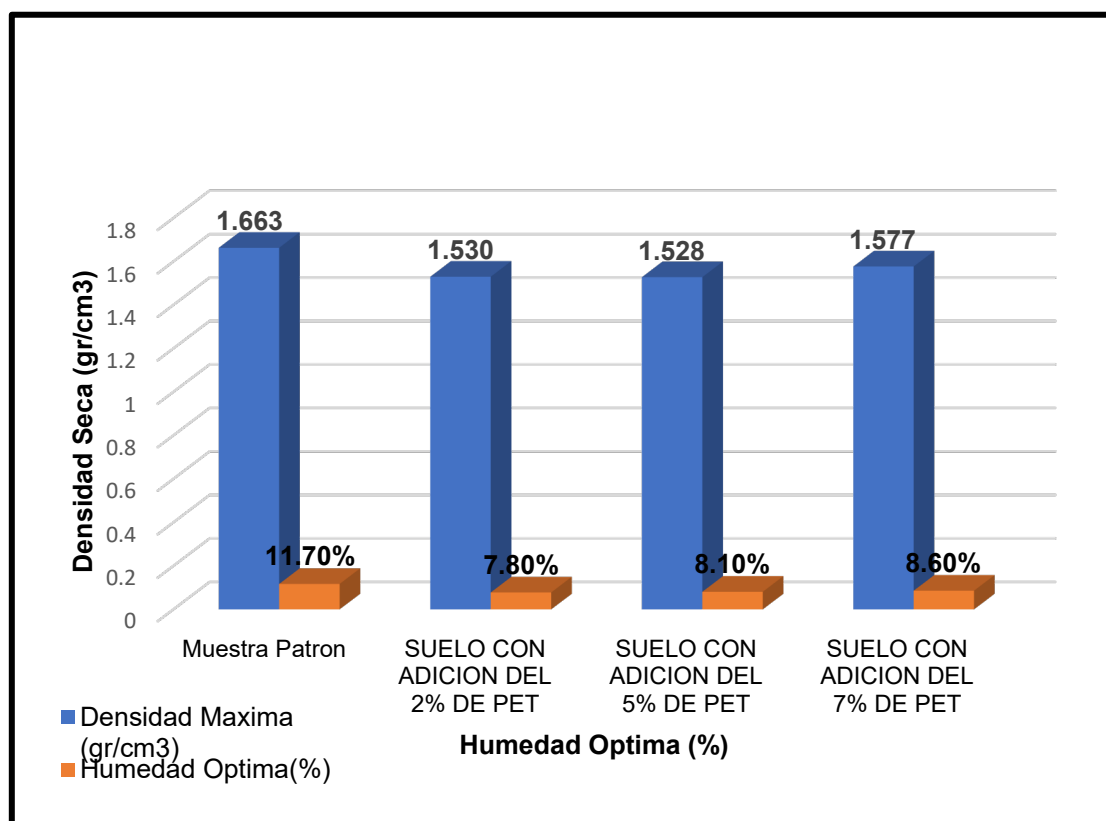
Composición	Absorción (cm-1)
-CH(Glicol)	2966
=C=O (éster glicol)	1711
-CH (Ar)	1503-1407
-C=C (Ar)	1453-1407
-C-O-C- (éster glicol)	1239-1092

Fuente: SLAB

**Interpretación:** Se determinó la composición química del PET empleado, siendo este el que se muestra en la tabla N°2. Como se puede observar la botella empleada para los ensayos estará compuesta por Ácido Tereftálico y Etilenglicol.

Se prosiguió con el análisis del suelo mejorado con la adición de 2%,5% y 7% de PET reciclado obteniendo los siguientes resultados.

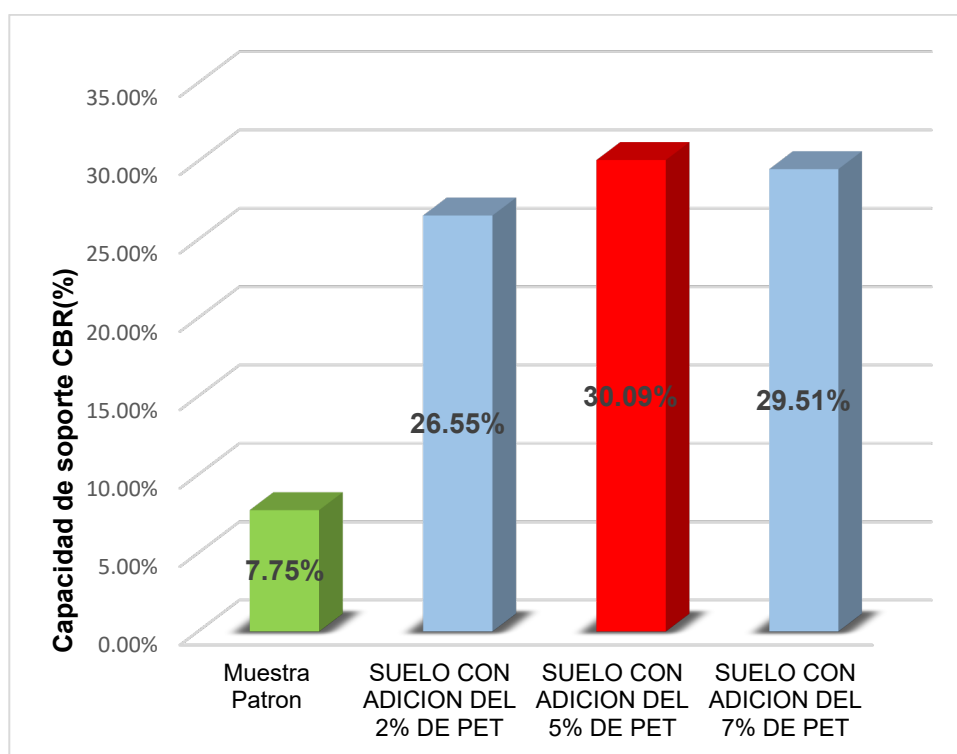
**Gráfico N° 5: Proctor Modificado para suelo del A.H. Santa Rosa del Sur con adición de 2%,5% y 7% de PET -2021**



Fuente: GEORUMI.

**Interpretación:** Se puede contemplar en el gráfico, que la humedad óptima del suelo patrón es de 11.70% y 1.663 gr/cm<sup>3</sup> de densidad máxima, al adicionar el 2% de PET la humedad óptima disminuye a un 7.80% y la densidad máxima es de 1.530 gr/cm<sup>3</sup>, lo contrario ocurre cuando se adiciona el 5% de PET, su humedad óptima aumenta a 8.10% y su densidad máxima es de 1.528 gr/cm<sup>3</sup>, lo cual disminuyó; de igual manera ocurre cuando se adiciona el 7% de PET, la humedad óptima aumenta a 8.60% y su densidad máxima aumento a 1.577 gr/cm<sup>3</sup>. Esto quiere decir que cuando más sea el porcentaje de adición de PET, no siempre perjudica al suelo disminuyéndole y a la vez aumenta la densidad máxima seca y aumentando la humedad óptima, haciendo que pierda resistencia.

**Gráfico N° 6: Capacidad de Soporte CBR(%) del suelo del A.H. Santa Rosa del Sur con adición de 2%, 5% y 7% - 2021**



Fuente: GEORUMI.

**Interpretación:** se observa el suelo patrón tiene un CBR de 7.75%,

cuando se le añade el 2% de PET el CBR incrementa a un 26.55 %, lo cual indica que beneficia en su capacidad portante del suelo. Ocurre lo mismo cuando se le adicionó el 5% de PET, surgió un efecto positivo porque el CBR aumento a 30.09%, no ocurrió de igual manera cuando se le adicionó el 7% de PET, el CBR disminuyó, pero no gran medida, el cual fue de 29.51%, esto quiere decir que cuanto más sea el porcentaje de adición de PET, no perjudicará al suelo en su capacidad portante.

Siguiendo con los resultados se realizó el siguiente estudio comparativo con el fin de demostrar los cambios que produjo el PET en el suelo patrón al momento de ser añadido.

**Tabla N° 3:** Comparación Proctor

<b>PROCTOR MODIFICADO</b>	<b>SUELO PATRON</b>	<b>SUELO + 2%</b>	<b>SUELO + 5%</b>	<b>SUELO + 7%</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.70%	7.80%	8.10%	8.60%
MAXIMA DENSIDAD SECA	1.663 gr/cm <sup>3</sup>	1.530 gr/cm <sup>3</sup>	1.528 gr/cm <sup>3</sup>	1.577 gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar la humedad que presento el suelo patrón fue de 11.70%, en cambio al añadir el PET a un 2% este valor se redujo a un 7.80%, siendo este el menor valor encontrado en cambio al añadir un 7% de PET el contenido de humedad encontrado fue de 8.60%. por otro lado, la densidad máxima seca encontrada en el suelo patrón fue de 1.663%, en cambio al añadir el PET se redujo el valor de la densidad presente en cada muestra siendo la muestra con 5% de PET la que mayor cambio género.

**Tabla N° 4:** Comparación CBR

<b>CBR</b>	<b>SUELO PATRON</b>	<b>SUELO + 2%</b>	<b>SUELO + 5%</b>	<b>SUELO + 7%</b>
------------	---------------------	-------------------	-------------------	-------------------

CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO	7.75	26.55	30.09	29.51
--------------------------------	------	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la capacidad de soporte del suelo este se logró mejorar ya que el suelo patrón de acuerdo a su CBR se clasificó como una subrasante regular, al añadir el PET este valor de CBR se mejoró a un 30.09% convirtiéndola en una subrasante excelente.

Finalmente se realizó el análisis de varianza para dos factores.

**Tabla N° 5: Anova Proctor resumen**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Proctor Modificado	4	14	3.5	9.666667
Humedad Óptima (%)	4	36.2	9.05	3.23
Densidad Máxima	4	6.298	1.5745	0.003994

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 6: Análisis de varianza del Proctor**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	120.5242	2	60.2621	14.01372	0.00172082	4.2564947
Dentro de los grupos	38.70198	9	4.30022			
Total	159.2262	11				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 7: Anova resumen CBR**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
CBR	4	14	3.5	9.666667
Capacidad de Soporte (%)	4	103.8	25.95	53.37667

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 8:** Análisis de varianza del CBR

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	798.00125	1	798.0013	13.0851803	0.01113252	5.987377607
Dentro de los grupos	365.9107	6	60.98512			
Total	1163.91195	7				

Fuente: Elaboración propia

El resultado del ANOVA Proctor y el ANOVA CBR nos detalla que la hipótesis nula es rechazada, esto quiere decir que los distintos porcentajes de PET añadidos al suelo patrón cambian las propiedades físicas y mecánicas mejorando principalmente la capacidad de soporte del suelo (CBR), siendo el 5% del PET reciclado el mejor porcentaje a añadir al suelo patrón.

De acuerdo a la hipótesis planteada, la cual indica que la adición del 2%, 5% y 7% de PET reciclado, mejora las propiedades física-mecánicas del suelo en el Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur – Nuevo Chimbote – Ancash- 2021. La cual es aceptada ya que se comprobó su autenticidad mediante los ensayos que fueron realizados, los cuales son Proctor Modificado según los criterios de la norma ASTM D - 1557 y el CBR de acuerdo a los criterios de la normativa ASTM D - 1883, Determinándose que el PET reciclado logra mejorar la capacidad de soporte del suelo, siendo el 5% el que mejor resultado obtuvo.



## V. DISCUCIONES

En base a los resultados obtenidos en nuestra investigación, aceptamos la hipótesis que establece que la adición del 2%,5% y 7% de PET reciclado, mejora las propiedades física-mecánicas del suelo en el Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur – Nuevo Chimbote – Ancash- 2021.

Se encontró que el suelo analizado es uno arenoso con poca presencia de humedad y grava, se determinó que el tipo de suelo encontrado fue un A-2-4, este tipo de suelo es uno granular y cuenta con una MDS de 1.663 gr/cm<sup>3</sup>, también se encontró una humedad óptima de 11.70%, además se determinó la Capacidad de soporte del suelo CBR siendo este de 7.75% clasificando el suelo como regular que requiere una cantidad de agua considerable y una compactación adecuada para volverse un suelo bueno, también se ha encontrado en algunas zonas del terreno se encontró regular cantidad de grava. En guardan relación con los obtenidos por Cobeñas (2018, p.38) el cual encontró que su terreno analizado era uno que presentaba mayor cantidad de arena con una humedad óptima de 9.4%, una MDS de 1.86 gr/cm<sup>3</sup> y un valor de CBR de 11.71 teniendo un terreno clasificado como regular.

Por otro lado, se determinó que el Tereftalato de polietileno brinda diversas propiedades mecánicas como lo son la dureza, resistencia a la tracción y la elongación además se determinó su composición siendo esta de Ácido Tereftálico y Etilenglicol. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Quispe y Sañac (2019, p.97) los cuales evaluaron el PET en un laboratorio determinando que este posee propiedades como la absorción de agua, dureza y resistencia a la tensión y compresión entre otros, concluyendo que este material es adecuado para el mejoramiento de los suelos.

Además, se determinó que la adición del 2%, 5% y 7% de Tereftalato de polietileno mejora las propiedades del suelo evaluado siendo el 5% el mejor porcentaje a emplearse ya que este mejoro el valor CBR encontrado de un 7.75% a un 30.09% clasificando al suelo como uno excelente los otros porcentajes de PET añadido tuvieron similar reacción al ser añadidos al terreno mejorándolo. En cambio, Castillo y Saucedo (2019, p.36) concluyeron que el Tereftalato de polietileno no puede agregarse en grandes cantidades ya que añadir un 9% de PET este produjo una reducción drástica del valor de CBR debido a que la mayor proporción de PET añadido el suelo se vuelve

inestable y poco cohesivo, siendo el 3% de PET añadido el mejor valor que ellos determinaron.

Con respecto al estudio comparativo realizado se determinó que la adición del Tereftalato de polietileno mejoro las propiedades del suelo patrón mejorando su densidad y capacidad de soporte esto concuerda con los resultados obtenidos por Cuipal (2018, p.94) concluyendo que la adición del PET aumenta las propiedades del suelo como la densidad, el grado de humedad presente y algunas otras propiedades mecánicas volviendo la subrasante estable, teniendo mayor incidencia en el mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo CBR.

Finalmente, en el análisis de varianza realizado para los datos obtenido por ensayo de Proctor modificado y CBR resultaron en la aceptación de las hipótesis nulas debido a que los porcentajes de PET añadido son distintas, también se determinó que el mejor porcentaje de Tereftalato de polietileno a añadirse fue el 5% esto concuerda con los resultados obtenidos por Cuellar y Vega (2020, p.47) los cuales mediante el empleo del Análisis de Varianza demostraron que el empleo de PET reciclado añadido a su subrasante evaluada si produce cambios en esta aceptando de esta forma su hipótesis.

## VI. CONCLUSIONES

1. En la presente investigación se dio como resultado que el suelo perteneciente Asentamiento Humano. Santa Rosa del Sur, de acuerdo al método AASHTO es un A-2-4, percatándonos que el material más predominante es la arena. En las calicatas C-11 y C-12 se visualizó presencia de rocas a 0.60 de profundidad al momento de realizar las excavaciones pertinentes en dichas calicatas. En cuanto al ensayo de Proctor Modificado y el CBR, la humedad optima su resultado fue de 11.7% con su máxima densidad seca de 1.663 g/cm<sup>3</sup> y un CBR de 7.75% ubicándose en una Subrasante regular.
2. Se determinó que la botella de PET reciclado, sus propiedades de dureza, resistencia a la tracción y elongación son adecuadas para brindar una mayor resistencia al suelo y las propiedades químicas del PET reciclado benefician a la absorción de agua para que no afecte de gran medida al suelo patrón. También al estar compuesta por Etilenglicol y Ácido Tereftálico, estos incrementan la densidad del suelo y también incrementa la absorción de agua en este.
3. Se evaluó el suelo mejorado con el 2%, 5% y 7% de PET reciclado encontrando que la adición del PET mejora las propiedades del suelo patrón, al añadir un 5% del PET se logró mejorar las propiedades mecánicas del suelo mejorando la capacidad de soporte del terreno de un 7.75% que lo clasifica como subrasante regular a un 30.09% al 95% de la MDS, esto lo clasifica como una subrasante excelente por otro lado, al añadir un 7% del PET se redujo el CBR obtenido a un 29.51% lo cual sigue clasificando a la subrasante como excelente aunque ya no aumenta el valor del CBR obtenido.
4. Se observó que el estudio comparativo del Proctor y CBR entre el suelo patrón y la adición del PET fue lo esperado ya que el suelo patrón y la adición de PET reciclado tuvieron resultados diferentes, en el caso del suelo patrón, el Proctor nos dio su contenido de humedad que fue de 11.70% y su máxima densidad seca fue de 1.663 gr/cm<sup>3</sup> y en el caso del

CBR su capacidad portante del suelo fue de 7.75%, a su vez se puede observar que al momento de añadir el 5% de PET reciclado al suelo patrón los resultados cambian de una manera óptima, en su Proctor el contenido de humedad disminuye a 8.10% y así mismo su densidad máxima seca disminuye a 1.528 gr/cm<sup>3</sup>, caso contrario pasa en el CBR que su capacidad portante del suelo aumenta en gran medida a un 30.09%.

5. Se determinó que el ANOVA Proctor y el ANOVA CBR, la hipótesis nula es rechazada, esto quiere decir que los porcentajes del 2%, 5% y 7% añadidos al suelo patrón nos da diferentes propiedades físicas y mecánicas, así mismo se concluye que el mejor porcentaje mas favorable de PET añadido al suelo patrón es del 5% en diferencia de los porcentajes del 2% y 7%.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los próximos investigadores y proyectistas que si es factible aplicar el PET reciclado como material al momento de estabilizar el suelo de la subrasante ya se para alguna obra de mejoramiento de calles, ya que las propiedades del PET son beneficiosas a suelos finos.
2. Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Nuevo Chimbote mejorar el suelo del A.H. Santa Rosa del Sur, ya que sus características que tiene el suelo no son buenas, por tal motivo sería favorable mejorar el suelo con el Polietileno de Tereftalato reciclado y a su vez contribuirá con el reciclaje para a si disminuir de gran manera la contaminación ambiental en toda la ciudad de Nuevo Chimbote, generando a si un gran impacto positivo al medio ambiente local.
3. Se recomienda a los próximos proyectistas que al momento de realizar una pavimentación en el A.H. Santa Rosa del Sur, al estabilizar la subrasante se deberá emplear un porcentaje del 5% de PET (Polietileno de Tereftalato) reciclado, para poder estabilizar el suelo, ya que quedó demostrado que cuando se le adiciona este porcentaje el suelo trabaja de una manera óptima y a si mismo generándole un buen rendimiento.
4. Se recomienda a los próximos investigadores y proyectistas realizar estudios comparativos con diferentes porcentajes de PET reciclado, con el fin de demostrar que otros cambios puede recibir el suelo con la adición de diferentes porcentajes de PET reciclado.
5. Se recomienda a los próximos investigadores realizar el ANOVA en sus investigaciones, ya que les sirve para poder contemplar los cambios que se han generado en el suelo al momento de añadir el PET reciclado, de esta forma podrán saber si se acepta o se rechaza su hipótesis nula.

## REFERENCIAS

- ACOSTA, Araceli. En 2050 habrá más plástico que peces en el océano [en línea]. ABC sociedad. 14 de mayo de 2019. [Fecha de consulta: 26 de septiembre de 2020].  
Disponible en: [https://www.abc.es/sociedad/abci-2050-habra-mas-plastico-peces-oceano-201601212107\\_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.abc.es/sociedad/abci-2050-habra-mas-plastico-peces-oceano-201601212107_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F)
- AHMAD, A. Razali, A. Razelan, S. Utilization of polyethylene terephthalate (PET) in asphalt pavement: A review. Materials Science and Engineering, [en línea]. Febrero 2019. [fecha de consulta: 22 de octubre del 2020].  
Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=134818431&lang=es&site=eds-live>
- ARBELAEZ, Juan y GONGORA, Daniel. Refuerzo de estructuras terreas utilizando tereftalato de polietileno (PET). Monografía de investigación (Título Profesional de Ingeniero Civil). Ibagué: Universidad de Ibagué, facultad de ingeniería, 2019. 99pp.  
Disponible en: <https://repositorio.unibague.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12313/1069/1/Trabajo%20de%20grado.pdf>
- ARTEAGA, Jefferson. Análisis del Comportamiento de la Base – Cemento para Pavimentos con adición de Residuos PET Reciclado. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2018. 91 pp.
- ARIAS, Fidias. El proyecto de investigación [en línea]. 6.<sup>a</sup> ed. Venezuela: Editorial Episteme, C.A., 2012 [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2021].  
Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/301894369\\_EL\\_PROYECTO\\_DE\\_INVESTIGACION\\_6a\\_EDICION](https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION)  
ISBN: 980-07-8529-9

- AZZAWI, Ali. Degradation studies on reeyeled polyethylene terephthalate [en línea]. London metropolitan university, 2015. [fecha de consulta: 30 de octubre del 2020].  
 Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsble&AN=edsble.681923&lang=es&site=eds-live>
- BERNABÉ, Josué. Estabilización del suelo en el A.H. Solidex Bajo del C.P. San Jacinto distrito de Nepeña con material plástico reciclado con fines de cimentación de viviendas unifamiliares. Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 170 pp.  
 Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26462>
- BRAJESHA, Mishra and KUMAR, Mohitb. Use of randomly oriented polyethylene terephthalate (PET) fiber in combination with fly ash in subgrade of flexible pavement [en línea]. Noviembre 2018. [fecha de consulta: 07 de mayo del 2019].  
 Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselp&AN=S0950061818322505&lang=es&site=eds-live>  
 ISSN: 0950-0618
- CARVAJAL, Alejandra y GARZON, Rafael. Evaluación de la resistencia de un suelo areno arcilloso con refuerzos de fibras PET. Monografía de investigación (Título Profesional de Ingeniero Civil). Girardot: Universidad Piloto de Colombia, facultad de ingeniería, 2019. 75pp.  
 Disponible en: <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6482/Trabajo%20final%20monografia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CASTILLO, Edwin y SAUCEDO, Yeremmi. Estabilización del suelo con PET reciclado con fines de pavimentación, Asentamiento Humano Miraflores alto. Peru: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 171 pp.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35882>

- Contaminación de las playas: el 60% proviene del consumo de plástico [en línea]. RPP. 26 de diciembre del 2019. [Fecha de consulta: 22 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://rpp.pe/peru/actualidad/contaminacion-de-las-playas-el-60-proviene-del-consumo-de-plastico-noticia-1236520>

- COPPINI, María. Consecuencias del uso de plástico en nuestra vida cotidiana [en línea]. Geo innova. 02 de diciembre de 2017. [Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://geoinnova.org/blog-territorio/medioambiente-uso-de-plastico/>

- CUELLAR, Daniel y VEGA, Grace. Estabilización de subrasante de suelos inadecuados con geosintético producido de botellas plásticas recicladas. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Jaén: Universidad Nacional de Jaén, facultad de ingeniería, 2020. 129pp.

Disponible en: [http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/276/Cuellar\\_TDE\\_Vega\\_FGKF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/276/Cuellar_TDE_Vega_FGKF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- CUIPAL, Betty. Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas, 2018. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 152pp.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25124>

- DEGRADATION of polyethylene terephthalate bottles after long sunlight exposure by Malinee Chaisupakitsin [et al]. Songklanakarin Journal of Science & Technology [en línea]. Marzo 2019. Vol.41. [fecha de consulta: 27 de abril del 2019].



Disponible en:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=136566911&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0125-3395

- ESTÉVEZ, Ricardo. Datos sobre la contaminación que causa el plástico [en línea]. Ambientum. 28 de agosto de 2019. [Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2020].

Disponible en:  
<https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/contaminacion-plastico.asp>

- GEYER, Roland, JAMBECK, Jenna y LAVANDER, Kara. Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advances [en línea]. Vol. 3, n° 1. Julio 2017 [Fecha de consulta 26 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>  
ISSN: 2375-2548

- GUZMÁN, Martín. Evaluación de resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria – 2019. Trabajo de investigación (Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Civil). Chiclayo: Universidad Particular de Chiclayo, 2019. 53pp.

Disponible en:  
<http://repositorio.udch.edu.pe/bitstream/UDCH/411/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION%CC%81N%20MARTIN%20GUZMA%CC%81N.pdf>

- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTÍSTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 4.<sup>a</sup> ed. Mexico: McGraw-Hill, 2006 [Fecha de consulta: 14 de Mayo de 2021].

Disponible en:  
<https://seminariodemetodologiadelainvestigacion.files.wordpress.com/2012/03/metodolog3ada-de-la-investigacic3b3n-roberto-hernc3a1ndez-sampieri.pdf>

ISBN: 978-970-10-5753-7

- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTÍSTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 6.<sup>a</sup> ed. Mexico: McGraw-Hill, 2014 [Fecha de consulta: 14 de Mayo de 2021].  
Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>  
ISBN: 978-1-4562-2396-0
- LAPRESA, Josu. 2050: más plásticos que peces en los océanos [en línea]. El PAÍS. 02 de junio de 2018. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2020]. Disponible en: [https://elpais.com/elpais/2018/05/31/planeta\\_futuro/1527757818\\_465356.html](https://elpais.com/elpais/2018/05/31/planeta_futuro/1527757818_465356.html)
- La producción global de plásticos se ha disparado en los últimos 50 años, y en especial en las últimas décadas [en línea]. GREENPEACE. 03 de noviembre de 2017. [Fecha de consulta: 26 de septiembre de 2020].  
Disponibilidad en: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/#:~:text=Hasta%20la%20actualidad%20se%20han,un%20solo%20uso%20cada%20a%C3%B1o>
- LIÑAN, Raul. La contaminación que produce el pastico [en línea]. Chimbote en línea. 28 de junio de 2019. [Fecha de consulta: 22 de septiembre de 2020].  
Disponible en: <https://www.chimbotenlinea.com/periodismo-escolar/28/06/2019/la-contaminacion-que-produce-el-plastico>
- LÓPEZ, Pedro. POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. Punto Cero [en línea]. Vol. 09, n. °8. 2004 [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020].

Disponible en:  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012)

ISSN: 1815 – 0276

- MECHANICAL behavior of sustainable building materials using PET waste and industrial by – products by Juárez [et al]. Facultad de ingeniería, unideversidad de Zulia, [en línea]. 2015. [fecha de consulta: 25 de octubre del 2020].

Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/289539742\\_Mechanical\\_behavior\\_of\\_sustainable\\_building\\_materials\\_using\\_PET\\_waste\\_and\\_industrial\\_by-products](https://www.researchgate.net/publication/289539742_Mechanical_behavior_of_sustainable_building_materials_using_PET_waste_and_industrial_by-products)

- MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. 2a ed. Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2002. 733pp.
- MUÑOS, Liliana. Estudio del uso del polietileno tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012. 120pp.
- PAZ, Óscar. Contaminación: el rastro del plástico en el mar [en línea]. El Comercio. 16 de abril de 2018. [Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/contaminacion-rastro-plastico-mar-noticia-512417-noticia/>

- PINEDA, Elia, ALVARADO, Eva y CANALAS, Metodología de la investigación manual para el desarrollo de personal de salud [en línea]. 2.<sup>a</sup> ed. Estados Unidos: Organización Panamericana de la Salud, 1994 [fecha de consulta: 06 de noviembre de 2020].

Disponible en:  
<http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodologia%20de%20la%20Investi>

[gacion%20Manual%20para%20el%20Desarrollo%20de%20Personal%20de%20Salud.pdf](#)

ISBN: 92 75 32135 3

- QUISPE, Esperanza y SAÑAC, Magaly. 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. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes, facultad de ingeniería, 2019. 134pp.

Disponible en: <http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/206/Influencia%20de%20la%20incorporaci%C3%B3n%20de%20pl%C3%A1stico%20reciclado%20triturado-PET.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- RAFFINO, María. Suelo [en línea]. Concepto de. 18 de junio de 2020. [Fecha de consulta: 02 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://concepto.de/suelo/>

- 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. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Piura: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 105pp.

Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/33852/Ramos\\_GYA-Seminario\\_CWA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/33852/Ramos_GYA-Seminario_CWA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- RAVINES, Alejandra. Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras [en línea]. Perú: Universidad de Piura, 2010. 247p. [fecha de consulta: 20 de octubre, 2020].

Disponible en: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1354/ICI\\_185.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1354/ICI_185.pdf)

- RONDÓN, Hugo, RODRIGUEZ, Edgar y MORENO, Luis. Resistencia Mecánica evaluada en el ensayo Marshall de mezclas densas en caliente elaboradas con Asfaltos modificados con desechos de Policloruro de Vinilo(PVC), Polietilo de Alta Densidad (PEAD) y Poliestireno (PS). Revista Ingenierías, 6 (11): 91-104, diciembre 2007  
ISSN: 1692-3324.
- SCHLOSSBERG, Tatiana. El plástico, la huella más duradera de la humanidad [en línea]. The New York Times. 21 de julio de 2017. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2020].  
Disponible en:  
<https://www.nytimes.com/es/2017/07/21/espanol/contaminacion-huella-plastico.html>
- STABILIZATION Behavior and Performance of Loess Using a Novel Biomassbased Polymeric Soil Stabilizer by Shengyan Pu [et al]. Sichuan: Chengdu University of Technology, 25 (2): 103-114, mayo 2019
- STRUCTURE and properties of polyethylene terephthalate treated by supercritical co2 by Shi Hui Gao [et al]. Thermal Science [en línea]. 2018. Vol.22. [fecha de consulta: 26 de octubre del 2020].  
Disponible en:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=131878960&lang=es&site=eds-live>  
ISSN: 0354-9836
- TAN, Yvette. Contaminación por plástico: la ciudad asolada por 17.000 toneladas de basura que llega de todo el mundo [en línea]. BBC News. 14 de febrero de 2019. [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2020].  
Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-47226132>
- Utilization of Polymers to Improve Soft Clayey Soils Using the Deep Mixing Method by Arasan Seracittin [et al]. Environmental & Engineering

Geoscience Journal [en línea]. Febrero 2017. Vol 23. [fecha de consulta: 26 de octubre del 2020].

Disponible en:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eih&AN=122117622&lang=es&site=eds-live>

- UTILIZING waste plastic Polypropylene and Polyethylene Terephthalate as alternative aggregates to produce lightweight concrete: A review by Ibrahim Hakeem Alfahdawi [et al]. Journal of Engineering Science and Technology, [en línea]. Agosto 2016. Vol 11. [fecha de consulta: 25 de octubre del 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/305904606\\_Utilizing\\_waste\\_plastic\\_polypropylene\\_and\\_polyethylene\\_terephthalate\\_as\\_alternative\\_aggregates\\_to\\_produce\\_lightweight\\_concrete\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/305904606_Utilizing_waste_plastic_polypropylene_and_polyethylene_terephthalate_as_alternative_aggregates_to_produce_lightweight_concrete_A_review)
- ZENTENO, Sidney. Efecto de la estabilización de suelos finos con tereftalato de polietileno como material de refuerzo en la estructura de pavimentos flexibles del distrito de Puno. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018. 203pp. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8150>

# **ANEXOS**

**ANEXO N° 1**  
**“MATRIZ DE**  
**OPERACIONALIZACION DE**  
**VARIABLES”**



VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>ESTABILIZACIÓN DE SUELO</b>	Es mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo por diversos métodos mecánicos o adhiriendo un producto químico. (Instituto de la construcción y gerencia, 2013, p.64)	Este método incrementa la densidad de los suelos	Propiedades Físicas	Clasificación de suelo	Escala Nominal
			Propiedades Mecánicas	Capacidad portante	Escala de Razón
<b>POLIETILENO DE TEREFALATO RECICLADO</b>	Se usa de muchas formas, ya sea en las fibras de las ropas, como artículos para el hogar, también sirve como un reforzante de neumático y de materiales aislantes (Gao et al, 2018, p.1646)	El polietileno de tereftalato será molido y se examinará de manera proporcional a la muestra de suelo en 2%, 5% y 7%.	Propiedades Mecánicas	Dureza	Escala de Razón
				Resistencia a la Tracción	Escala de Razón
				Elongación	Escala de Razón
			Composición Química	Glicol	Escala Nominal
Ester Glicol					

**ANEXO N° 2**

**“INFORME DE ESTUDIO DE  
MECANICA DE SUELOS”**

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON  
FINES DE PAVIMENTACIÓN



  
Edwin Joel Arteaga Chávez  
Ing Civil - Consultor  
Reg CIP N° 99457  
Reg Consultor C-6853

PROYECTO

**“ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO  
PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA  
ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021”**

NUEVO CHIMBOTE - JUNIO DEL 2021

**PROYECTO**

**"ESTABILIZACION DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE – ANCASH – 2021"**

**SOLICITANTES:**

**ALUMNOS: AQUINO APESTEGUI HANS**

**MIRANDA OBREGON BRYAN**

**CONSULTOR RESPONSABLE:**

**GEORUMI S.A.C. (20569161992)**



**UBICACIÓN:**

**REGION : ANCASH**  
**PROVINCIA : SANTA**  
**DISTRITO : NUEVO CHIMBOTE**  
**LOCALIDAD : AA.HH. SANTA ROSA DEL SUR**

  
**Edwin Joel Arteaga Chávez**  
Ing. Civil - Consultor  
Reg. C.I.P. N° 99457  
Reg. Consultor C-6853

**NUEVO CHIMBOTE, JUNIO DEL 2021**

**Tabla de contenido**

<b>1 GENERALIDADES .....</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes .....	3
1.2 Objetivos .....	3
1.2.1 Objetivo Principal .....	3
1.2.2 Objetivo Especifico .....	3
1.3 Ubicación del área en estudio .....	4
1.4 Accesibilidad .....	5
1.5 Condición climática de la zona .....	5
1.5.1 Clima .....	5
1.5.2 Vegetación .....	6
1.6 Característica del proyecto.....	6
<b>2 GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>6</b>
2.1.1 Geología.....	6
<b>3 ASPECTOS SISMICOS – DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA EL DISEÑO SISMO RESISTENTE. ....</b>	<b>9</b>
3.1 Sismología: .....	9
3.2 Efecto De Sismo.....	11
<b>4 INVESTIGACION DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO .....</b>	<b>12</b>
4.1 Trabajos de campo.....	12
4.2 Ensayos de laboratorio.....	13
4.2.1 Análisis Granulométrico. ASTM D 422 .....	13
4.2.2 Contenidos de Humedad. ASTM D 2216.....	13
4.2.3 Clasificación de los suelos SUCS, ASTM D 2487 .....	13



*Handwritten signature*  
 Ing. Joel Arteaga Chávez  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-28653

4.2.4	Descripción visual de los suelos ASTM D 2487.....	14
4.2.5	Ensayo California Bearing Ratio (CBR).....	14
4.3	Niveles De Napa Freática.....	14
5	<b>GEOTÉCNIA DEL TERRENO Y DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO .....</b>	<b>15</b>
5.1	Descripción del perfil estratigráfico.....	15
6	<b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD RELATIVA DE SOPORTE.....</b>	<b>17</b>
7	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>19</b>
7.1	Conclusiones.....	19
8	<b>ANEXOS .....</b>	<b>20</b>
8.1	PANEL FOTOGRÁFICO.....	20



## 1 GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes

Como parte de la formación académica de los estudiantes de Ing. Civil en la universidad Cesar Vallejo, para culminar los ciclos de estudio se procede a realizar un proyecto de tesis para optar el título de ingeniero civil. De acuerdo a las normas internas de la Universidad, presento la tesis denominada "Estabilización de pista no pavimentada usando PET reciclado en el Asentamiento Humano Santa Rosa del Sur - Nuevo Chimbote – Ancash – 2021".

Que según la línea de investigación de la universidad Cesar Vallejo esta enmarcada en el diseño de infraestructura vial. En tal motivo se ha procedido a realizar el presente estudio a fin de proporcionar los datos necesarios que sirvan para la estabilización de dicho proyecto.

### 1.2 Objetivos

#### 1.2.1 Objetivo Principal

Proporcionar la información técnica necesaria sobre las propiedades físicas y mecánicas del subsuelo donde se desarrollará el proyecto de tesis: "ESTABILIZACION DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE – ANCASH – 2021"

#### 1.2.2 Objetivo Especifico

Para alcanzar el objetivo principal, previamente se requiere lograr los siguientes objetivos específicos:

- Excavación de "calicatas" para determinar las características del suelo en el emplazamiento del proyecto.
- Obtención de muestras de suelo en cada "calicata" excavada, respectivamente, para realizar los análisis físicos y químicos que determinen la clasificación del suelo según SUCS (sistema unificado de clasificación de suelos).
- Realizar los ensayos básicos a las muestras de suelo extraídas para que proporcionen las características y restricciones del suelo necesario para desarrollar los diseños y la



Edwin Joel Arteaga Chavez  
Ing. Civil - Consultor  
Reg. C.I.P. N° 99457  
Reg. Consultor C-6553



construcción de las estructuras de cimentación, estabilidad de las excavaciones, y capacidad portante del suelo, etc.

- Enmarcar el presente estudio en los requisitos técnicos establecidos en la Norma E.050: Suelos y Cimentaciones; del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.
- Determinar el perfil estratigráfico y las características físico – mecánicas del suelo, y establecer la capacidad de carga de soporte del suelo de fundación.

**1.3 Ubicación del área en estudio**

Región : Ancash  
 Provincia : Del santa  
 Distrito : Nuevo Chimbote  
 Localidad : AA.HH. Santa rosa del sur



Figura N°01: Mapa político del Perú



Figura N°02: Mapa político de la provincia del Santa



*Eduin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853



**1.4 Accesibilidad**

Para llegar se debe seguir la siguiente secuencia de transporte en automóvil o camioneta como se detalla:

Partiendo desde la ciudad de Lima se debe seguir la carretera panamericana norte con dirección al distrito de Nuevo Chimbote por espacio de 424.7 Km. Hasta la Urb. Bruces; donde se debe tomar la carretera de penetración a la AV. central con dirección a la Av. Agraria, por un espacio de 2.6 Km. Luego se continua por la Av. Agraria por un espacio de 800 m. Hasta llegar a la avenida 1 finalmente se continua por esta avenida un espacio de 230m. Lugar donde se desarrolla el proyecto.

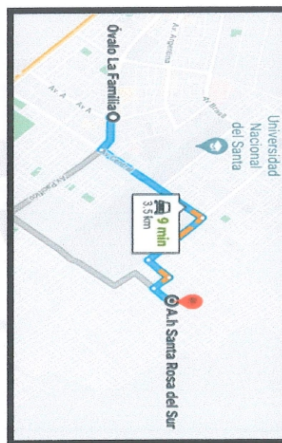
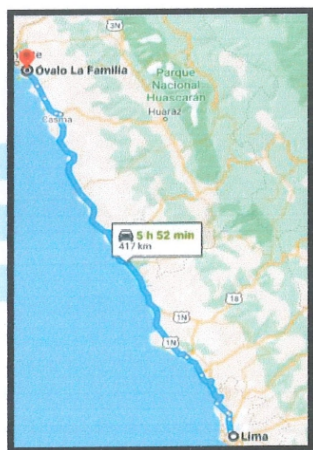


Figura N°03: Recorrido en vehículo automotor para llegar al AA.HH. Santa Rosa del Sur

**1.5 Condición climática de la zona**

**1.5.1 Clima**

En Nuevo Chimbote, tiene un clima donde los veranos son cortos los veranos son cortos, caliente, bochornosos, áridos y nublados y los inviernos son largos, frescos, secos y parcialmente nublados. El clima es desértico subtropical con precipitaciones casi nulas. La temperatura oscila entre 28°C en verano y 13°C en invierno.

*Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

### 1.5.2 Vegetación

La vegetación predominante en la zona urbana son plantas de uso ornamental mientras que en la zona agrícola productiva es de plantas como la caña de azúcar y el marigol (que se emplea en la elaboración de alimentos para el ganado avícola), entre las que destacan son el maíz, arroz, espárragos, hortalizas, legumbres y otros.

### 1.6 Característica del proyecto

El proyecto tiene un carácter investigativo – cuasi experimental, donde se aplicarán teoría de reducción de material plástico y pone como hipótesis la adición de Pet reciclado para el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas del suelo en el A.H. Santa rosa del sur.

Actualmente en el emplazamiento donde se trabajara el proyecto es de uso público, y está bajo la administración de la municipalidad del distrito de nuevo Chimbote

Finalmente se constituyó al lugar donde se realizará el proyecto de tesis, para realizar la auscultación del suelo, con la excavación de 12 (Doce) pozos calicatas distribuidas y 04 (Cuatro) ensayos CBR convenientemente en el área del proyecto.

## 2 GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO

El distrito de tiene una superficie de 300.84 Km<sup>2</sup> y una población de más de 200.500 habitantes, ubicado a 415 km de la ciudad de Lima, en la ruta Lima – Nuevo Chimbote, a una altura de 22 msnm, latitud: 09°06'56" Sur longitud: 78°31'53" oeste.

### 2.1.1 Geología

El departamento de Ancash tiene una conformación geológica constituida mayormente por sedimentos del Mesozoico bastante plegados encima una cobertura volcánica Cenozoica ondulada a lo largo de la cordillera Negra, intruidos en el lado occidental por el Batolito de la costa y en la parte central por el Batolito de la cordillera Blanca. En la parte noreste del departamento afloran rocas Paleozoicas y Pre cambrianas, constituidas las primeras por una delgada faja de un granito Nesificado y un pequeño afloramiento de Clásticos Prémianos, las segundas por diferentes afloramientos de Filitas y Esquistos grises. En las costa un delgado



  
Edwin Joel Arteaga Chávez  
Ing Civil - Consultor  
Reg. C.I.P. N° 99457  
Reg. Consultor C-6853

manto de material aluvial y eólico cubren extensas áreas y en el callejón de Húyalas un tajo blanquecino y materiales fluvio-glaciares cubren otro tanto.

### 2.1.1.1 Geología Regional

La geología regional constituye el arquetipo de distribución de formaciones asociadas a la vertiente del Pacífico de la costa peruana al norte de Lima en el dominio de Casma, situado en la costa en el borde oeste de la Cordillera Occidental del Perú central. Afloran unidades volcánicas, plutónicas y sedimentarias que son parte del sistema volcánico de arco-islas a arco continental, activo en el Jurásico terminal.

Se identifican distintas unidades litológicas, cuyas edades varían desde el Cretácico Inferior al Cuaternario reciente, estando compuestas mayormente por rocas sedimentarias y volcánicas intrusivas, que muestran evidencias de haber soportado movimientos epirogénicos y orogénicos de diferente intensidad y por tanto han sufrido deformaciones y modificaciones tectónicas (metamorfismo), así como procesos geodinámicos externos.

#### Unidades Litológicas

##### Depósitos cuaternarios

La evidencia del levantamiento y erosión de la región se sustenta en la presencia de terrazas aluviales levantadas, depósitos aluviales recientes, en actividad. Todos estos depósitos inconsolidados, conjuntamente con los escombros de talud, depósitos fluvio aluviales, depósitos residuales y aun los deslizamientos constituyen la cobertura de material reciente que recubre gran parte del área de estudio.

- **Depósitos aluviales:**

Los depósitos aluviales están constituidos por la acumulación de material en los lechos de quebradas, valles y ríos como producto de la acción erosiva de las corrientes de agua que se manifiestan en mayor proporción en la época de precipitación pluvial, así mismo de la meteorización de las rocas plutónicas los cuales originan depósitos limo arcillosos y arenosos.



*Edelm Joel Arteaga Chávez*  
Ing. Civil - Consultor  
Reg. C.I.P. N° 93457  
Reg. Consultor C-8853

### Grupo Goyllarisquizga

El grupo goyllarisquizga se halla ubicada en los valles de los ríos Casma, Sechín localidad de Casma y está constituidas por rocas clásticas y calcáreas representa las facies occidentales que constituyen la fase inicial de sedimentación en el llamado Miogeosinclinal de la cuenca occidental de los Andes Peruanos.

### Rocas intrusivas

Se encuentran en paralelo a la cordillera Occidental de los Andes y se presenta como un afloramiento casi continuo, su composición varía de gabro-diorita pasando por tonalitas-granodioritas hasta Granitos, se reconocen unidades y superunidades en el área de estudio: Superunidad Puscao, Superunidad Santa Rosa, Superunidad Patap.



### 3 ASPECTOS SISMICOS – DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA EL DISEÑO SIMO RESISTENTE.

#### 3.1 Sismología:

Respecto a este fenómeno lo que se puede anotar es que la zona en estudio se encuentra dentro de la región de más alta Sismicidad en el Perú en la Zona IV cuyo factor es  $Z = 0.45$ , el cual se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad del 10% a ser excedida en 50 años.

Los sismos en el área de estudio presentan el mismo patrón general de distribución espacial que el resto del territorio peruano; caracterizado por la concentración de la actividad sísmica en el litoral, paralelo a la costa, por la subducción de la Placa de Nazca. Los sismos de mayores intensidades registrados en el área de influencia del estudio son:

- Sismo del 24 de mayo de 1940, que afectó las localidades de la costa central, norte y sur del Perú, alcanzando intensidades máximas de VII y VIII en la escala de Mercalli Modificada (MM).
- Sismo del 10 de noviembre de 1946, que afectó al Departamento de SAN MARTIN, alcanzando una intensidad máxima de VII MM.
- Sismo del 18 de febrero de 1956, con intensidad promedio de VIII MM, afectando el Callejón de Huaylas.
- Sismo del 17 de octubre de 1966, con intensidades máximas entre VII y VIII MM, afectando las localidades de Lima, Casma y Chimbote.
- Sismo del 31 de mayo de 1970, que ha sido un terremoto catastrófico en las localidades de Chimbote y Huaraz, alcanzando intensidades máximas de VIII.
- Sismo del 21 de agosto de 1985, que afectó las ciudades de Chimbote y Chiclayo, alcanzando una intensidad promedio de V MM.
- Sismo del 10 de octubre de 1987, con intensidades máximas de IV y V MM, sentido en las ciudades de Chimbote y Santiago de Chuco.
- Sismo del 29 de Mayo de 1990, a las 9:34 p.m. (hora local), con una intensidad de VII MMI, al suroeste de la ciudad de Rioja causando 60 muertos y 6,000 viviendas destruidas.
- Sismo del 04 de Abril de 1991, a las 11:30 p.m. (hora local), con una intensidad de VII MMI, a 30 Km. Al noroeste de la Ciudad de Moyobamba causando 40 muertos.



*[Handwritten signature]*  
Edith ...  
Ingeniero Civil - CIP N° 93417  
Reg. Consultor C-5853

- Sismo del 23 de Junio del 2001, con intensidades máximas de VIII MM, sentido en las ciudades de Nazca, Ica. Arequipa y Tacna.
- Sismo del 15 de Agosto del 2007, con intensidades máximas de VII y VIII MM, sentido en las ciudades de Ica y Lima.

El análisis de los sismos registrados nos permite aseverar que los sismos más destructivos alcanzaron intensidades de VIII MM, los mismos que se caracterizaron por ser de tipo intermedios y profundos. La información histórica e instrumental no ha registrado sismos de tipo superficial en las inmediaciones del área de estudio. Considerando lo expuesto se recomienda tomar un sismo base de diseño de VIII MM y adoptar aceleraciones sísmicas entre 0.15g a 0.30g. Esta información servirá para la aplicación de criterios sismo resistente en el diseño.

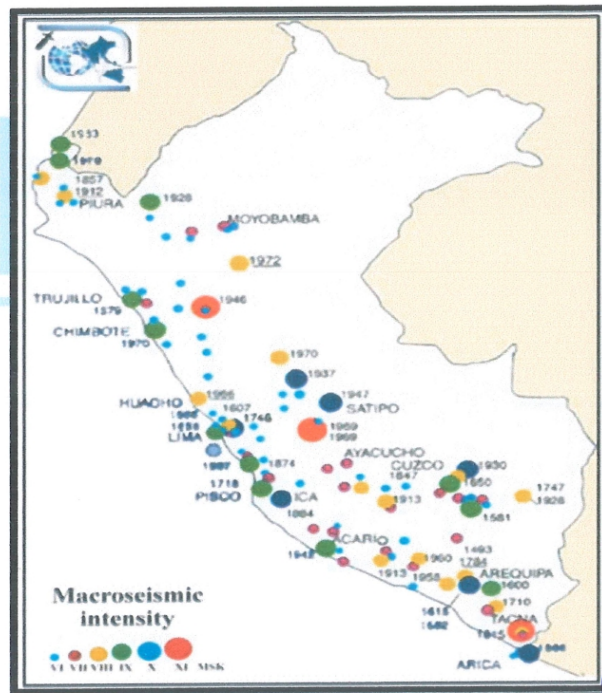


Figura N°05: Mapa de recurrencia Sísmica en el territorio peruano

*Joel Armenta Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C. I. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6653

**3.2 Efecto De Sismo**

De acuerdo a los antecedentes de sismicidad del área de estudio, se recomienda utilizar los siguientes factores sísmicos

Aceleración (a) = 0.15 a 0.20 m/s<sup>2</sup>

Factor de suelo (S2) = 1.05

$$V = \frac{ZxUxCxSxP}{R}$$

Factor de zona (Z) = 0.45 g (zona 4)

Período predominante de vibración del suelo (Tp(S)) = 0.60

Factor de uso e importancia (U) = 1.10

Factor de Ampliación Sísmica (C) →  $C = 2.5 * \frac{Tp(s)}{T}$



ANCASH	SANTA	CHIMBOTE	4	SEIS DISTRITOS
		COISHCO		
		NEPEÑA		
		NUEVO CHIMBOTE		
		SAMANCO		
		SANTA		

**Tabla N° 1**  
**FACTORES DE ZONA "Z"**

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

*Edwin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

Figura N°06: Zonificación Sísmica del Perú-2016 en adelante.

## 4 INVESTIGACION DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO

### 4.1 Trabajos de campo

La exploración de campo se efectuó con la ayuda de los planos respectivos de distribución general realizándose lo siguiente:

#### a) Calicatas

Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico en la obra, se realizaron Doce (12) pozos calicatas de 1.50 m de profundidad en promedio conforme a la norma ASTM D-420, distribuidas convenientemente entre las diferentes avenidas.

#### b) Muestreo Disturbado

Se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados, en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de clasificación e identificación de suelos.

#### c) Muestreo No Disturbado

Se tomaron muestras no disturbadas del fondo de las calicatas para el cálculo de la densidad natural. El muestreo se realizó con el equipo de extracción natural de muestra no disturbada.

#### d) Registro de Sondaje y Excavaciones

Paralelamente al avance de los sondajes y excavaciones de las calicatas, se realizó el registro de excavación vía clasificación manual visual según ASTM D2488, descubriéndose las principales características de los suelos encontrados tales como: espesor, tipo de suelo, color, humedad, compacidad, etc.

  
Edwin Joel Arriaga Chávez  
Ing. Civil - Consultor  
Reg. C.I.P. N° 99457  
Reg. Consultor C-6853





#### 4.2 Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio realizados fueron conforme a las normas establecidas. Entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

##### 4.2.1 **Análisis Granulométrico. ASTM D 422**

Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica. Este modo operativo se basó en la Norma ASTM-D422 y la norma peruana MTC E-107-2000.



##### 4.2.2 **Contenidos de Humedad. ASTM D 2216**

El contenido de agua o humedad es la cantidad de agua contenida en un material, tal como el suelo (la humedad del suelo), las rocas, medida sobre la base de análisis volumétricos o gravimétricos. ... El contenido de Humedad de un suelo es la relación. Este modo operativo se basó en la Norma ASTM-D2216 y la norma peruana MTC E-108-2000.

##### 4.2.3 **Clasificación de los suelos SUCS, ASTM D 2487**

La clasificación de suelos es una categorización de tierras basada en características distintivas y en criterios de uso.

*Handwritten signature of Joel Arteaga Chavez*  
Joel Arteaga Chavez  
Consultor  
Reg. Civil - P.N. 93457  
Reg. Contable - C-6653

Los ingenieros geotécnicos, clasifican a los suelos de acuerdo a sus propiedades ingenieriles, en relación a su uso en fundaciones o en materiales de construcción de edificios. Los sistemas modernos de clasificación de ingeniería se diseñan para permitir una fácil transición de las observaciones a campo a las predicciones básicas de propiedades y de conductas de ingeniería de suelos. Los sistemas de clasificación más comunes de ingeniería para suelos son: El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS y el Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO.

#### 4.2.4 Descripción visual de los suelos ASTM D 2487

Esta práctica describe un procedimiento para identificar suelos y se basa en el sistema de clasificación convencional. La identificación se hace mediante un examen visual y mediante ensayos manuales, lo cual debe indicarse claramente al elaborar el respectivo informe. Este modo operativo se basó en la Norma ASTM-D2488.



#### 4.2.5 Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

El Ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

Se adjunta en el anexo los diferentes perfiles estratigráficos y descripciones del suelo de las calicatas.

#### 4.3 Niveles De Napa Freática

La Napa freática No ha sido localizada en la excavación de las calicatas realizadas en el presente estudio

  
Joel Arteaga Chávez  
Ing Civil - Consultor  
Reg. CIP N° 93407  
Reg. Consultor C-6653

## 5 GEOTÉCNIA DEL TERRENO Y DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO

En esta oportunidad vamos a estudiar las clasificaciones de suelos; según el comportamiento de ellas tanto en ínsitu, como también en el laboratorio de mecánica de suelos.

Una primera clasificación es la distinción entre suelos y rocas. Suele considerarse que los suelos están constituidos por partículas sueltas, mientras que en las rocas los granos están cementados o soldados.



### 5.1 Descripción del perfil estratigráfico

Durante los trabajos de campo en el área destinada a la construcción del parque se realizó la excavación de 12 (Doce) calicatas distribuidas y espaciadas entre si convenientemente. Las calicatas fueron denominadas con el nombre de C-01, C-02, C-03, C-04, C-05, C-06, C-07, C-08, C-09, C-10, C-11, C-12. Llegando a determinarse las siguientes características generales expresadas según el agrupamiento en el centro poblado según se expresan en los cuadros.

	CLASIFICACION						
	Sucs	Aashto	Grava	Arena	Finos	LL	IP
CALICATA 01	Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores.						
	SP	A-2-4 (0)	0.00	96.85	3.15	NP	NP
CALICATA 02	Estrato formado por arena fina de compactacion media tipo duna, sin presencia de grava. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.						
	SP	A-2-4 (0)	0.00	99.46	0.54	NP	NP
CALICATA 03	Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores.						
	SP	A-2-4 (0)	5.94	91.94	2.12	NP	NP
CALICATA 04	Estrato formado por arena fina de compactación media tipo duna, con poca presencia de grava. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.						
	SP	A-2-4 (0)	5.91	89.19	4.91	NP	NP
CALICATA 05	Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores.						
	SP	A-2-4 (0)	0.51	95.41	4.09	NP	NP
CALICATA 06	Estrato formado por arena fina de compactación media tipo duna, con poca presencia de grava. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.						
	SP	A-2-4 (0)	0.60	94.42	4.98	NP	NP

*Eduvin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing Civil - Consultor  
 R-3 01 N 934-7  
 Reg. Consultor C-6003

	CLASIFICACION						
	Sucs	Aashto	Grava	Arena	Finos	LL	IP
CALICATA 07	Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores.						
	SP	A-2-4 (0)	2.46	95.18	2.36	NP	NP
CALICATA 08	Estrato formado por arena fina de compactacion media tipo duna, con poca presencia de grava. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.						
	SP	A-2-4 (0)	2.87	94.71	2.42	NP	NP
CALICATA 09	Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores.						
	SP	A-2-4 (0)	0.00	96.99	3.01	NP	NP
CALICATA 10	Estrato formado por arena fina de compactacion media tipo duna, con poca presencia de grava. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.						
	SP	A-2-4 (0)	0.00	98.76	1.24	NP	NP
CALICATA 11	Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores.						
	SP	A-2-4 (0)	27.60	70.41	1.99	NP	NP
CALICATA 12	Estrato formado por arena fina de compactacion media tipo duna, con poca presencia de grava. Su tonalidad depende de la cantidad de humedad que presenta.						
	SP	A-2-4 (0)	27.80	70.17	2.03	0.00	0.00



Donde se puede observar que el suelo que con mayor frecuencia predomina son las arenas mal gradadas.

En general la estratigrafía está formada como sigue:

**El Estrato Superficial.-**

Formado integralmente por un suelo contaminado con presencia de restos orgánicos tales como raíces, desechos menores; el espesor es variable que va desde los 0.15 m hasta los 0.25 m.

**El Segundo Estrato.-**

Este estrato es variado y dependido es básicamente del lugar donde se realizó la calicata siendo el suelo con mayor repetitividad la arena en algunos casos se pudo apreciar la combinación con finos y con gravas que le otorgaban la característica generándose la descripción de arenas mal graduadas (SP), lo apreciable en común en todas las calicatas es presencia de gravas con aristas angulosas con una distinta variabilidad de diámetro.

En cuanto al color de las muestras El color predominante es el beige claro y la tonalidad siempre estuvo relacionado con el contenido de humedad.

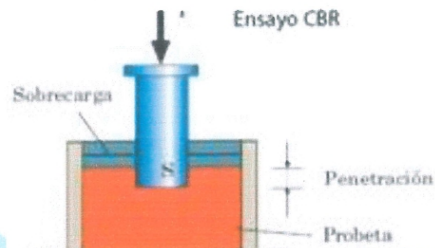
*Edwin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing Civil - Consultor  
 Reg. CIP N° 93457  
 Reg. Consultor C-6653

**6 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD RELATIVA DE SOPORTE**

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables

El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado.

$$C.B.R. = \frac{\text{Esfuerzo en el Suelo Ensayado}}{\text{Esfuerzo en el Suelo Patrón}}$$



Aquí se presenta los resultados obtenidos en el terreno natural

**Calicata C-05: suelo patrón a mejorar**

CLASIFICACION (SUCS)	=	SP			
CLASIFICACION (AASHTO)	=	A-2-4 (0)	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1°:	24.10
METODO DE COMPACTACION	=	ASTM D1557	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1°:	7.75
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	=	1.663		0.2°:	23.05
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	=	11.70		0.2°:	8.62

**Mejorado con PET al 2%**

CLASIFICACION (SUCS)	=	SP			
CLASIFICACION (AASHTO)	=	A-2-4 (0)	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1°:	32.23
METODO DE COMPACTACION	=	ASTM D1557	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1°:	26.55
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	=	1.530		0.2°:	32.42
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	=	7.80		0.2°:	24.75

*Edwin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6433

**Mejorado con PET al 5%**

CLASIFICACION (SUCS)	=	SP					
CLASIFICACION (AASHTO)	=	A-2-4 (0)					
METODO DE COMPACTACION	=	ASTM D1557					
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	=	1.528					
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	=	8.10					
			C.B.R. AL 100% DEM.D.S. (%)	0.1°:	47.65	0.2°:	47.34
			C.B.R. AL 95% DEM.D.S. (%)	0.1°:	30.09	0.2°:	30.68



**Mejorado con PET al 7%**

CLASIFICACION (SUCS)	=	SP					
CLASIFICACION (AASHTO)	=	A-2-4 (0)					
METODO DE COMPACTACION	=	ASTM D1557					
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	=	1.577					
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	=	8.60					
			C.B.R. AL 100% DEM.D.S. (%)	0.1°:	41.82	0.2°:	40.94
			C.B.R. AL 95% DEM.D.S. (%)	0.1°:	29.51	0.2°:	24.03



*Edwin Joel Armenta Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 98457  
 Reg. Consultor C-6853

## 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

Basándose en los trabajos de campo y ensayos de laboratorio realizados, así como el análisis efectuado, se puede concluir lo siguiente:

- Que Se excavaron 12 (Doce) Calicatas distribuidas a lo largo de la construcción del proyecto.
- Que el suelo durante la excavación de estas calicatas ha presentado poca resistencia a la excavación con lampa y pico.
- Que durante la excavación de las todas las calicatas se halló suelo superficial contaminado, desde los 0.15 m hasta los 0.25 m de espesor. Que además estaba en estado semi suelto y presenta materia orgánica como bolsas plásticas, desechos menores.
- Que en todas las calicatas excavadas se halló un estrato de arena fina tipo arena de duna en estado semi compacto, cuya clasificación es arena mal gradada y su denominación es "SP". Durante la excavación se halló la presencia de gravas con aristas angulosas con distintas variabilidades de diámetro en estado consolidado.
- Que se practicaron los ensayos de capacidad de resistencia al corte de los suelos o CBR del suelo mejorado con PET al 2%, 5% y 7%.



  
Edwin Joel Arreaga Chávez  
Ing. Civil - Consultor  
Reg. C.I.P. N° 99457  
Reg. Consultor C-6853

8 ANEXOS

8.1 PANEL FOTOGRÁFICO.



Foto N° 01.- En la toma se aprecia una vista panorámica del lugar donde se excava la Calicata C-01.



Foto N° 02.- Se observa la profundidad de la calicata C-02.





Foto N° 03.- Se aprecia en detalle una vista panorámica de la calicata C-03.



*Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

Foto N° 04.- Se aprecia una vista general del lugar donde se excavo la calicata C-05.

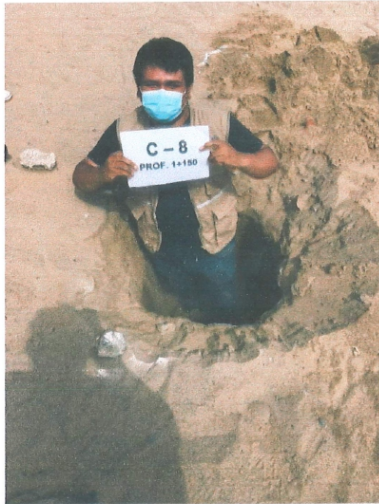


Foto N° 05.- Se aprecia una vista general del lugar donde se excavo la calicata C-08.

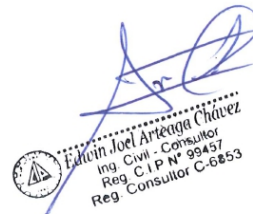


Foto N° 06.- Se aprecia una vista detallada de la calicata.

8.0 ANEXOS

8.2 ESTRATIGRAFIA



  
Edwin Joel Arteaga Chávez  
Ing. Civil - Consultor  
Reg. C.I.P. N° 98457  
Reg. Consultor C-6853

PROYECTO : SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
 UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO, SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
 LOCALIZACIÓN : ENTRE LA AVENIDA 1 Y AVENIDA 4  
 CALICATA : C-01  
 MUESTRA : Mab-01, Obs-01  
 SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
 FECHA : MAYO DEL 2021  
 PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : -1.50 mt.  
 NAPA FREÁTICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espeor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
0.10	0.15			Obs-01		<b>SUELO DE CONTAMINADO</b> Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores; en estado semi suelto.					
0.20											
0.30											
0.40											
0.50											
0.60											
0.70											
0.80	1.35			Mab-01		<b>ARENA MAL GRADUADA</b> Estrato formado por arena fina de compactacion media tipo duna, sin presencia de grava. Su tonalidad depende de la cantidad de humedad que presenta.  Del analisis del laboratorio 0.00 % de Grava 96.85 % de arena de grano uniforme 3.15 % de finos no plásticos	SP	A-2-4 (0)	4.32	NP	NP
0.90											
1.00											
1.10											
1.20											
1.30											
1.40											
1.50											



*Edwin Abel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021

UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH

LOCALIZACIÓN : AVENIDA 1

CALICATA : C-02

MUESTRA : Mab-01, Obs-01

SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN

FECHA : MAYO DEL 2021

PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : -1.50 mt.

NAPA FREÁTICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espejo de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
0.10	0.10				Obs-01	<b>SUELO DE CONTAMINADO</b> Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores; en estado semi suelto.					
0.20	0.20										
0.30	0.30										
0.40	0.40										
0.50	0.50										
0.60	0.60										
0.70	0.70										
0.80	0.80										
0.90	0.90										
1.00	1.00										
1.10	1.10										
1.20	1.20										
1.30	1.30										
1.40	1.40										
1.50	1.50										
					Mab-01	<b>ARENA MAL GRADUADA</b> Estrato formado por arena fina de compactacion media tipo duna, sin presencia de grava. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.  Del analisis del laboratorio 0.00 % de Grava 99.46 % de arena de grano uniforme 0.54 % de finos no plásticos	SP	A-2-4 (0)	4.46	NP	NP



*Edwin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
 UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
 LOCALIZACIÓN : ENTRE LA AVENIDA 1 Y AV. INDUSTRIAL ESTE  
 CALICATA : C-03  
 MUESTRA : Mab-01, Obs-01  
 SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : -1.50 mt.  
 FECHA : MAYO DEL 2021 NAPA FREÁTICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espeor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
0.10	0.10				Obs-01	<b>SUELO DE CONTAMINADO</b> Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores; en estado semi suelto.					
0.25	0.25										
0.30	0.30										
0.40	0.40										
0.50	0.50										
0.60	0.60										
0.70	0.70										
0.80	0.80										
1.25	1.25				Mab-01	<b>ARENA MAL GRADUADA</b> Estrato formado por arena fina de compactación media tipo duna, con poca presencia de grava. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.  Del analisis del laboratorio 5.94 % de Grava 91.94 % de arena de grano uniforme 2.12 % de finos no plásticos	SP	A-2-4 (0)	0.83	NP	NP
1.40	1.40										
1.50	1.50										



*Handwritten signature*  
 Ing. Joel Arteaga Chávez  
 Reg. C.I.P.N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
 UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO, SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
 LOCALIZACIÓN : ENTRE LA AV. INDUSTRIAL ESTE Y AVENIDA 2  
 CALICATA : C-04  
 MUESTRA : Mab-01, Obs-01  
 SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : -1.50 mt.  
 FECHA : MAYO DEL 2021 NAPA FREÁTICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Esesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
0.15	0.15			Obs-01		<b>SUELO DE CONTAMINADO</b> Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores; en estado semi suelto.					
1.50	1.35	C A L I E L O A B I E R T O	MUESTREO A CIELO ABIERTO	Mab-01		<b>ARENA MAL GRADUADA</b> Estrato formado por arena fina de compactación media tipo dura, con poca presencia de grava. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.  Del analisis del laboratorio 8.81 % de Grava 89.18 % de arena de grano uniforme 4.61 % de fines no plasticos	SP	A-2-4 (0)	0.94	NP	NP



Joel Arteaga Chávez  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
 UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO, SANTA ROSA DEL SUR – NUEVO CHIMBOTE – ANCASH  
 LOCALIZACIÓN : AVENIDA 2  
 CALICATA : C-05  
 MUESTRA : Mab-01, Obs-01  
 SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : -1.55 mt.  
 FECHA : MAYO DEL 2021 NAPA FREÁTICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
0.10	0.20				Obs-01	<b>SUELO DE CONTAMINADO</b> Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores; en estado semi suelto.					
0.20	0.30										
0.30	0.40										
0.40	0.50										
0.50	0.60										
0.60	0.70										
0.70	0.80										
0.80	0.90										
0.90	1.00										
1.00	1.10										
1.10	1.20										
1.20	1.30										
1.30	1.40										
1.40	1.50										
1.55											
					Mab-01	<b>ARENA MAL GRADUADA</b> Estrato formado por arena fina de compactación media tipo duna, con poca presencia de grava. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.  Del analisis del laboratorio 0.51 % de Grava 95.41 % de arena de grano uniforme 4.09 % de finos no plásticos	SP	A-2-4 (0)	2.71	NP	NP



*Ing. Civil - Consultor*  
 Reg. C.I.P.N° 93457  
 Reg. Consultor C-6853



PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
 UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO, SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
 LOCALIZACIÓN : ENTRE LA AVENIDA 2 Y AVENIDA 4  
 CALICATA : C-06  
 MUESTRA : Mab-01, Obs-01  
 SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
 FECHA : MAYO DEL 2021

PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : -1.50 mt.  
 NAPA FREÁTICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Esesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (ASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
0.10	0.10		Obs-01		<b>SUELO DE CONTAMINADO</b> Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores; en estado semi suelto.					
0.25	0.25									
0.30	0.30	C								
0.40	0.40	A								
0.50	0.50	L								
0.60	0.60	I								
0.70	0.70	C								
0.80	0.80	A	Mab-01		<b>ARENA MAL GRADUADA</b> Estrato formado por arena fina de compactación media tipo duna, con poca presencia de grava. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.  Del analisis del laboratorio 0.60 % de Grava 94.42 % de arena de grano uniforme 4.98 % de finos no plásticos	SP	A-2-4 (0)	2.35	NP	NP
0.90	0.90	A								
1.00	1.00	T								
1.10	1.10	A								
1.20	1.20									
1.30	1.30									
1.40	1.40									
1.50	1.50									



Edwin Joel Arteaga Chavez  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO, SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
**LOCALIZACIÓN** : ENTRE LA CALLE 12 Y AVENIDA 4  
**CALICATA** : C-07  
**MUESTRA** : Mab-01, Obs-01  
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN      PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : -1.50 mt.  
**FECHA** : MAYO DEL 2021      NAPA FREÁTICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espeor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
0.15	0.10			Obs-01		<b>SUELO DE CONTAMINADO</b> Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores, en estado semi suelto.					
1.35	0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50	C A L I C A T A	MUESTRA A CIELO ABIERTO	Mab-01		<b>ARENA MAL GRADUADA</b> Estrato formado por arena fina de compactación media tipo duna, con poca presencia de grava. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.  Del analisis del laboratorio 2.46 % de Grava 95.18 % de arena de grano uniforme 2.36 % de finos no plásticos	SP	A-2-4 (0)	0.35	NP	NP



Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO, SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
**LOCALIZACIÓN** : CALLE 12  
**CALICATA** : C-08  
**MUESTRA** : Mab-01, Obs-01  
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
**FECHA** : MAYO DEL 2021

**PROFUNDIDAD DE LA CALICATA** : -1.50 mt.  
**NAPA FREÁTICA** : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espeor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (ASHSTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
0.10	0.20		Obs-01		<b>SUELO DE CONTAMINADO</b> Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores; en estado semi suelto.					
0.20	0.30	C A L I C A T A  MUESTRA A CIELO ABIERTO	Mab-01		<b>ARENA MAL GRADUADA</b> Estrato formado por arena fina de compactacion media tipo duna, con poca presencia de grava. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.  Del analisis del laboratorio 2.87 % de Grava 94.71 % de arena de grano uniforme 2.42 % de finos no plásticos	SP	A-2-4 (0)	0.31	NP	NP
0.30	0.40									
0.40	0.50									
0.50	0.60									
0.60	0.70									
0.70	0.80									
0.80	0.90									
0.90	1.00									
1.00	1.10									
1.10	1.20									
1.20	1.30									
1.30	1.40									
1.40	1.50									



Edson Joel Arteaga Chávez  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P.N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
 UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
 LOCALIZACIÓN : ENTRE LA CALLE 12 Y AV. INDUSTRIAL ESTE  
 CALICATA : C-09  
 MUESTRA : Mab-01, Obs-01  
 SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : -1.50 mt.  
 FECHA : MAYO DEL 2021 NAPA FREÁTICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espeor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUICS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
0.10	0.10			Obs-01	<b>SUELO DE CONTAMINADO</b> Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores; en estado semi suelo.					
0.25	0.25									
0.30	0.30									
0.40	0.40									
0.50	0.50									
0.60	0.60									
0.70	0.70									
0.80	0.80									
1.25	1.25			Mab-01	<b>ARENA MAL GRADUADA</b> Estrato formado por arena fina de compactación media tipo duna, sin presencia de grava. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.  Del analisis del laboratorio 0.00 % de Grava 96.99 % de arena de grano uniforme 3.01 % de finos no plásticos	SP	A-2-4 (0)	0.37	NP	NP
1.40	1.40									
1.50	1.50									



*Edwin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P.N. 98457  
 Reg. Consultor C-6853

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO, SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
**LOCALIZACIÓN** : ENTRE LA AV. INDUSTRIAL ESTE Y AV. ALCATRACES  
**CALICATA** : C-10  
**MUESTRA** : Mab-01, Obs-01  
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
**FECHA** : MAYO DEL 2021

**PROFUNDIDAD DE LA CALICATA** : -1.50 mt.  
**NAPA FREÁTICA** : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Esesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SIUCS)	CLASIFICACIÓN (ASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
0.15	0.10		Obs-01		<b>SUELO DE CONTAMINADO</b> Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores, en estado semi suelto.					
1.35	1.30	C A L I C I E L O A B I E R T O	Mab-01		<b>ARENA MAL GRADUADA</b> Estrato formado por arena fina de compactación media tipo duna, sin presencia de grava. Su tenalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.  Del analisis del laboratorio 0.00 % de Grava 98.76 % de arena de grano uniforme 1.24 % de finos no plásticos	SP	A-2-4 (0)	0.37	NP	NP



Edwin Joel Arteaga Chávez  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021

UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH

LOCALIZACIÓN : AV. ALCATRACES

CALICATA : C-11

MUESTRA : Mab-01, Obs-01

SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN

FECHA : MAYO DEL 2021

PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : -1.50 mt.

NAPA FREÁTICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espeor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (ASHSTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
0.10	0.10									
0.25	0.25		Obs-01		<b>SUELO DE CONTAMINADO</b> Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores; en estado semi suelo.					
0.40	0.40	C								
0.50	0.50	A								
0.60	0.60	L								
0.75	0.75	I	Mab-01		<b>ARENA MAL GRADUADA</b> Estrato formado por arena fina de compactación media tipo duna, con presencia de grava. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.  Del analisis del laboratorio 27.60 % de Grava 70.41 % de arena de grano uniforme 1.99 % de finos no plásticos	SP	A-2-4 (0)	0.43	NP	NP
0.80	0.80	C								
0.90	0.90	A								
1.00	1.00	A								
1.10	1.10	T								
1.20	1.20	A								
1.30	1.30									
1.40	1.40									
1.50	1.50									
			Mab-02		<b>MANTO ROCOSO</b> Estrato formado con presencia de gravas con aristas angulosas con una distinta variabilidad de diametro. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.					



*Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO, SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
**LOCALIZACIÓN** : ENTRE LA AVENIDA 4 Y AV. ALCATRAZES  
**CALICATA** : C-12  
**MUESTRA** : Mab-01, Obs-01  
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
**FECHA** : MAYO DEL 2021

**PROFUNDIDAD DE LA CALICATA** : -1.50 mt.  
**NAPA FREÁTICA** : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espeor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
0.10	0.15		Obs-01		<b>SUELO DE CONTAMINADO</b> Estrato contaminado, presenta materia organica como bolsas plasticas, desechos menores; en estado semi suelto.					
0.20	0.30	C								
0.40	0.50	A								
0.60	0.85	L	Mab-01		<b>ARENA MAL GRADUADA</b> Estrato formado por arena fina de compactacion media tipo duna, con presencia de grava. Su tonalidad depende de la cantidad de humedad que presenta.  Del analisis del laboratorio 27.80 % de Grava 70.17 % de arena de grano uniforme 2.03 % de finos no plásticos	SP	A-2-4 (0)	0.37	NP	NP
0.80	1.00	C								
1.00	1.10	A								
1.20	1.30	T								
1.40	1.50	A	Mab-02		<b>MANTO ROCOSO</b> Estrato formado con presencia de gravas con aristas angulosas con una distinta variabilidad de diametro. Su tonalidad es depende de la cantidad de humedad que presenta.					

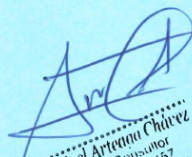


Ing. Joel Arteaga Chavez  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

8.0 ANEXOS

8.3 ANÁLISIS  
GRANULOMETRICO



  
Edwin Joel Arteaga Chávez  
Ing. Civil - Consultor  
Reg. C.I.P. N° 99437  
Reg. Consultor C-6653



**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021

**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH

**LOCALIZACIÓN** : ENTRE LA AVENIDA 1 Y AVENIDA 4

**CALICATA** : C-01

**MUESTRA** : M-01 NAPA FREÁTICA : N.P.

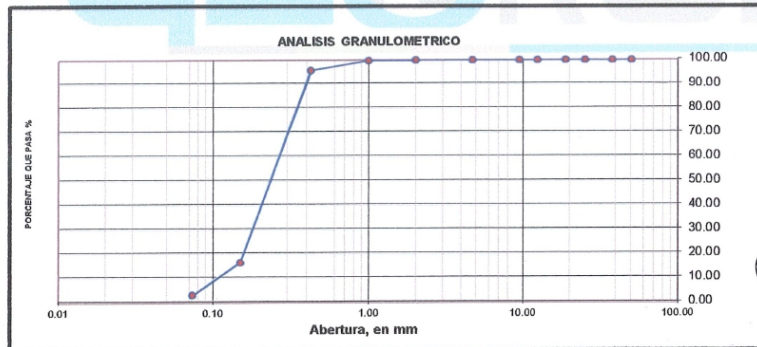
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN ESPESOR DE ESTRATO : 1.35 m.

**FECHA** : MAYO DEL 2021 PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.50 m

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	878.000				
Peso final Seco, [gr]	850.330				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 20	1.000	1.13	0.13	0.13	99.87
N° 40	0.425	34.58	3.94	4.07	95.93
N° 100	0.150	696.00	79.27	83.34	16.66
N° 200	0.074	118.62	13.51	96.85	3.15
< N° 200	---	26.78	0.00	96.85	3.15



*Edwin Joel Artagna Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99451  
 Reg. Consultor C-6853

Grava (%) = 0.00      Arena (%) = 96.85      Finos (%) = 3.15

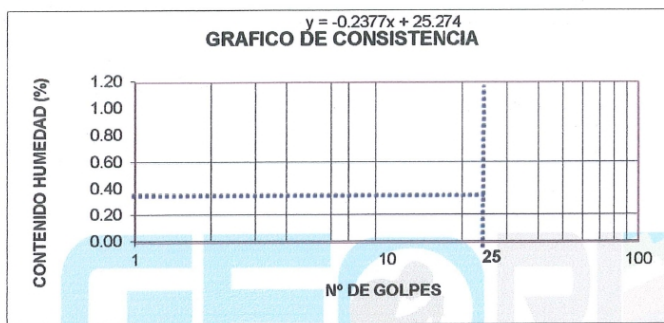
$$D_{10} = 0.12 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2.25 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1.00$$

S

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENA CON FINOS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIAL GRANULAR CON PARTICULAS FINAS.

**2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO				LIM. PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04	Tara N° 05	
1. No de Golpes						LL = NP
2. Peso Tara, [gr]						
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	NO PRESENTA					LP = NP
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]						
5. Peso Agua, [gr]						IP = NP
6. Peso Suelo Seco, [gr]						
7. Contenido de Humedad, [%]						



**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No	Tara No	
1. Peso Tara, [gr]	27.68	27.52	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	184.15	177.20	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	177.78	170.90	
4. Peso Agua, [gr]	6.37	6.30	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	150.10	143.38	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	4.24	4.39	4.319

*Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021

**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO, SANTA ROSA DEL SUR NUEVO CHIMBOTE ANCASH

**LOCALIZACIÓN** : AVENIDA 1

**CALICATA** : C-02

**MUESTRA** : M -01

**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN

**FECHA** : MAYO DEL 2021

**NAPA FREÁTICA** : NO

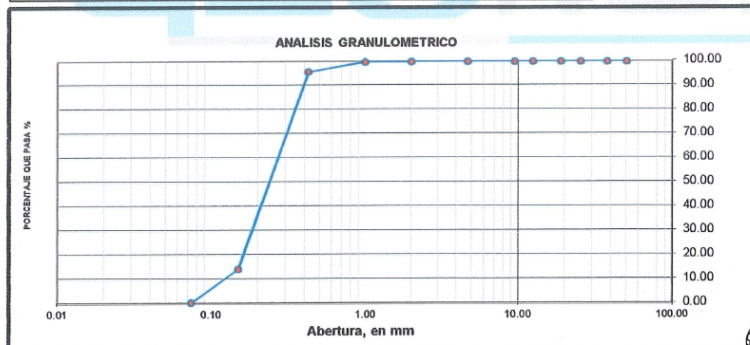
**ESPESOR DE ESTRATO** : 1.30 m.

**PROFUNDIDAD DE CALICATA** : 1.50 m.

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 20	1.000	1.17	0.13	0.13	99.87
Nº 40	0.425	35.58	4.09	4.22	95.78
Nº 100	0.150	708.00	81.38	85.60	14.40
Nº 200	0.074	120.54	13.86	99.46	0.54
< Nº 200	---	25.03	2.88	102.34	-2.34



Grava (%) = 0.00      Arena (%) = 99.46      Finos (%) = 0.54

$$D_{10} = 0.13 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2.08 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1.03$$

$$D_{30} = 0.19$$

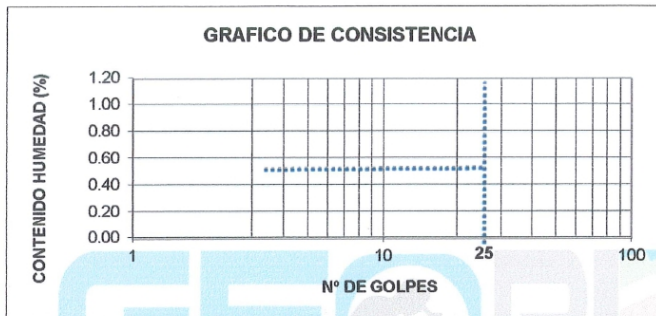
$$D_{60} = 0.27$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENA CON FINOS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIAL GRANULAR CON PARTICULAS FINAS.

*Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

**2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO				LIM. PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04		
1. No de Golpes						
2. Peso Tara, [gr]						LL = NP
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]						
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]			NO PRESENTA			LP = NP
5. Peso Agua, [gr]						
6. Peso Suelo Seco, [gr]						IP = NP
7. Contenido de Humedad, [%]						



**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No	Tara No	
1. Peso Tara, [gr]	27.400	27.150	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	192.48	189.08	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	185.42	182.19	
4. Peso Agua, [gr]	7.06	6.89	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	158.02	155.04	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	4.468	4.444	4.456

  
 Edwin Joel Arteaga Chávez  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021

**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH

**LOCALIZACIÓN** : ENTRE LA AVENIDA I Y AV. INDUSTRIAL ESTE

**CALICATA** : C-03

**MUESTRA** : M-01

**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON ERYAN

**FECHA** : MAYO DEL 2021

**NAPA FREÁTICA** : NP

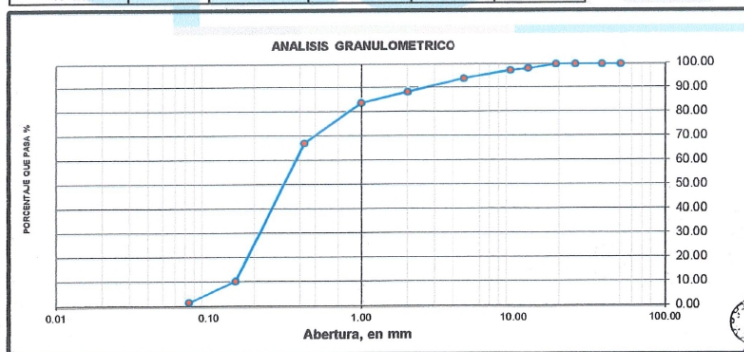
**ESPESOR DE ESTRATO** : 1.25 m

**PROFUNDIDAD DE CALICATA** : 1.50 m

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	19.54	1.62	1.62	98.38
3/8"	9.500	8.87	0.74	2.36	97.64
Nº 4	4.750	43.04	3.58	5.94	94.06
Nº 10	2.000	63.15	5.25	11.19	88.81
Nº 20	1.000	55.54	4.62	15.81	84.19
Nº 40	0.425	199.28	16.57	32.37	67.63
Nº 100	0.150	683.00	56.77	89.15	10.85
Nº 200	0.074	105.08	8.73	97.88	2.12
< Nº 200	---	24.58	2.04	99.92	0.08



*Edwin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

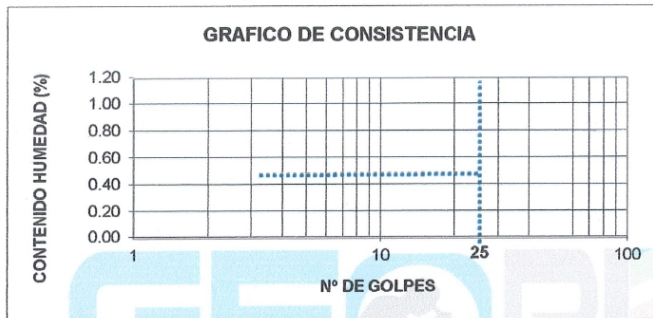
Grava (%) = 5.94      Arena (%) = 91.94      Finos (%) = 2.12

$$D_{10} = 0.15 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2.47 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.79$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENA CON FINOS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIAL GRANULAR CON PARTICULAS FINAS.

**2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO				LIM. PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04		
1. No de Golpes						
2. Peso Tara, [gr]						
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]						LL = NP
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]			NO PRESENTA			LP = NP
5. Peso Agua, [gr]						
6. Peso Suelo Seco, [gr]						IP = NP
7. Contenido de Humedad, [%]						



**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No	Tara No	
1. Peso Tara, [gr]	27.080	27.010	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	207.66	200.54	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	206.18	199.09	
4. Peso Agua, [gr]	1.48	1.45	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	179.10	172.08	<b>PROMEDIO</b>
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>0.826</b>	<b>0.843</b>	<b>0.834</b>

*Eduin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 934657  
 Reg. Consultor C-6653

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021

UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR NUEVO CHIMBOTE - ANCASH

LOCALIZACIÓN : ENTRE LA AV. INDUSTRIAL ESTE Y AVENIDA 2

CALICATA : C-04

MUESTRA : M-01

SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN

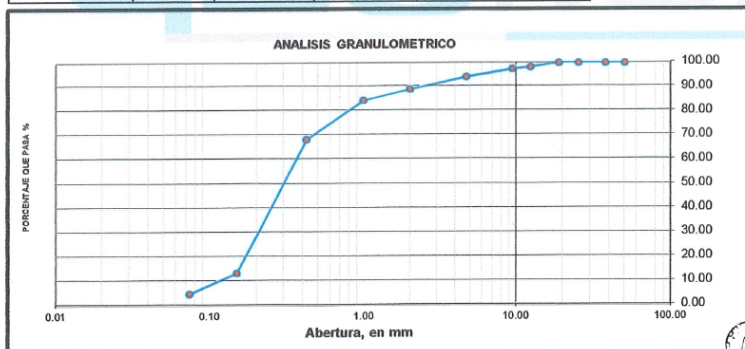
FECHA : MAYO DEL 2021

NAPA FREÁTICA : NP  
 ESPESOR DE ESTRATO : 1.35 m.  
 PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.50 m.

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	1250.000				
Peso Final Seco, [gr]	1188.680				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	20.60	1.65	1.65	98.35
3/8"	9.500	9.14	0.73	2.38	97.62
Nº 4	4.750	44.10	3.53	5.91	94.09
Nº 10	2.000	62.16	4.97	10.88	89.12
Nº 20	1.000	56.68	4.53	15.41	84.59
Nº 40	0.425	201.02	16.08	31.50	68.50
Nº 100	0.150	690.00	55.20	86.70	13.30
Nº 200	0.074	104.98	8.40	95.09	4.91
< Nº 200	---	23.84	1.91	97.00	3.00



Grava (%) = 5.91      Arena (%) = 89.19      Finos (%) = 4.91

$$D_{10} = 0.11 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 3.27 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1.11$$

$$D_{30} = 0.21$$

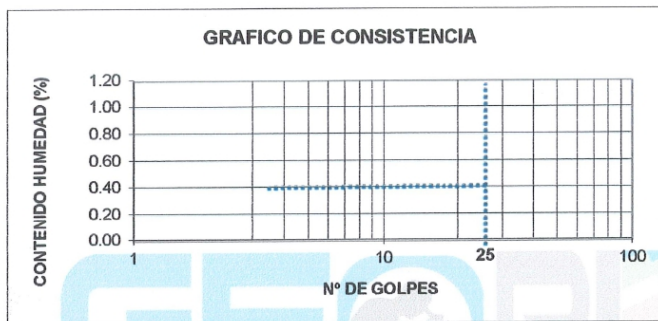
$$D_{60} = 0.36$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENA CON FINOS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIAL GRANULAR CON PARTICULAS FINAS.

*Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

**2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO				LIM. PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04		
1. No de Golpes						LL = NP
2. Peso Tara, [gr]						
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		NO PRESENTA				LP = NP
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]						
5. Peso Agua, [gr]						IP = NP
6. Peso Suelo Seco, [gr]						
7. Contenido de Humedad, [%]						



**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No	Tara No	
1. Peso Tara, [gr]	27.770	27.500	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	236.25	230.95	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	234.28	229.10	
4. Peso Agua, [gr]	1.97	1.85	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	206.51	201.60	<b>PROMEDIO</b>
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>0.954</b>	<b>0.918</b>	<b>0.936</b>

*Edwin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853



**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021

**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR – NUEVO CHIMBOTE – ANCASH

**LOCALIZACIÓN** : AVENIDA 2

**CALICATA** : C-05

**MUESTRA** : M-01

**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN

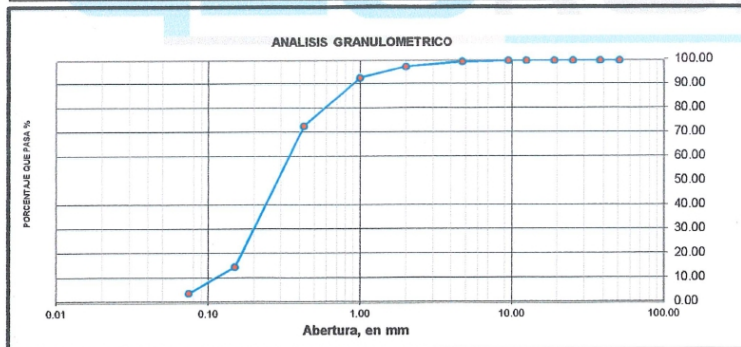
**FECHA** : MAYO DEL 2021

**NAPA FREÁTICA** : NP  
**ESPESOR DE ESTRATO** : 1.35 m  
**PROFUNDIDAD DE CALICATA** : 1.50 m

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	866.000				
Peso Final Seco, [gr]	830.590				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	4.38	0.51	0.51	99.49
Nº 10	2.000	16.37	1.89	2.40	97.60
Nº 20	1.000	39.40	4.55	6.95	93.05
Nº 40	0.425	172.60	19.93	26.88	73.12
Nº 100	0.150	503.00	58.08	84.96	15.04
Nº 200	0.074	94.84	10.95	95.91	4.09
< Nº 200	---	33.96	3.92	99.83	0.17



*Arturo Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

Grava (%) = 0.51      Arena (%) = 95.41      Finos (%) = 4.09

$$D_{10} = 0.11 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 3.09 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1.07$$

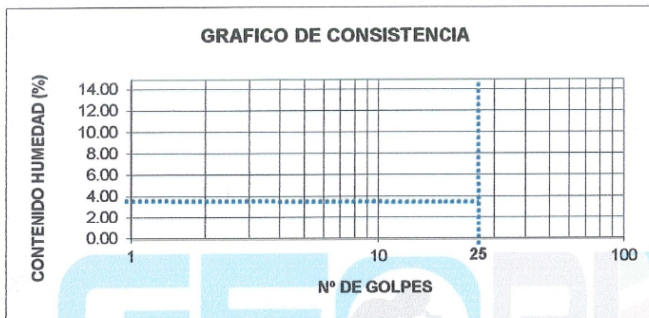
$$D_{30} = 0.20$$

$$D_{60} = 0.34$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENA CON FINOS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIAL GRANULAR CON PARTICULAS FINAS.

**2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO				LIM. PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04	Tara N° 05	
1. No de Golpes						LL = NP
2. Peso Tara, [gr]						
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]						LP = NP
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]						
5. Peso Agua, [gr]						IP = NP
6. Peso Suelo Seco, [gr]						
7. Contenido de Humedad, [%]						



**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No	Tara No	
1. Peso Tara, [gr]	27.540	27.640	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	161.62	161.42	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	157.98	157.98	
4. Peso Agua, [gr]	3.64	3.44	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	130.44	130.34	<b>PROMEDIO</b>
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>2.791</b>	<b>2.639</b>	<b>2.715</b>

*Edwin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 98457  
 Reg. Consultor C-6853

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021

**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR – NUEVO CHIMBOTE – ANCASH

**LOCALIZACIÓN** : ENTRE LA AVENIDA 2 Y AVENIDA 4

**CALICATA** : C-06

**MUESTRA** : M-01

**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN

**FECHA** : MAYO DEL 2021

**NAPA FREÁTICA** : NP

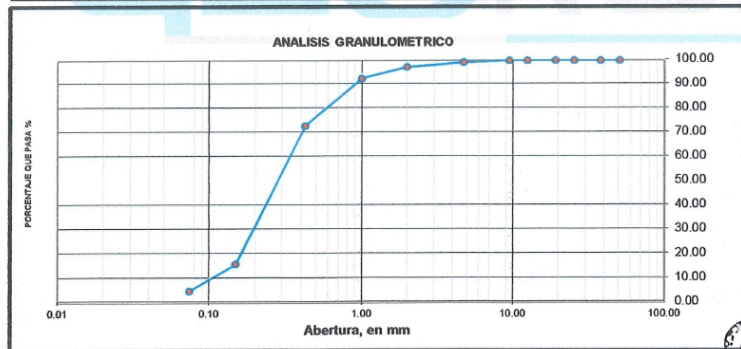
**ESPESOR DE ESTRATO** : 1.25 m.

**PROFUNDIDAD DE CALICATA** : 1.50 m

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	890.000				
Peso Final Seco, [gr]	845.660				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	5.35	0.60	0.60	99.40
Nº 10	2.000	17.87	2.01	2.61	97.39
Nº 20	1.000	41.52	4.67	7.27	92.73
Nº 40	0.425	174.32	19.59	26.86	73.14
Nº 100	0.150	507.50	57.02	83.88	16.12
Nº 200	0.074	99.10	11.13	95.02	4.98
< Nº 200	---	35.85	4.03	99.05	0.95



Grava (%) = 0.60      Arena (%) = 94.42      Finos (%) = 4.98

$$D_{10} = 0.10 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 3.40 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1.06$$

$$D_{30} = 0.19$$

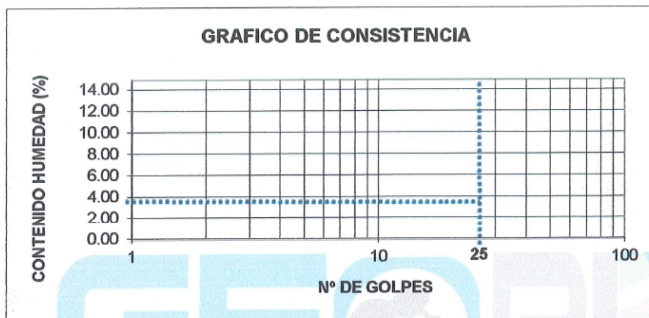
$$D_{60} = 0.34$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENA CON FINOS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIAL GRANULAR CON PARTICULAS FINAS.

*Edwin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

**2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO				LIM. PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04	Tara N° 05	
1. No de Golpes						LL = NP
2. Peso Tara, [gr]						
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]						LP = NP
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]						
5. Peso Agua, [gr]						
6. Peso Suelo Seco, [gr]						IP = NP
7. Contenido de Humedad, [%]						



**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No	Tara No	
1. Peso Tara, [gr]	27.970	27.340	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	202.51	161.10	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	198.56	157.99	
4. Peso Agua, [gr]	3.95	3.11	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	170.59	130.65	<b>PROMEDIO</b>
6. Contenido de Humedad, [%]	2.315	2.380	2.348

*Handwritten signature*  
 Edwin Joel Arteaga Chávez  
 Ing Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6553

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021

**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH

**LOCALIZACIÓN** : ENTRE LA CALLE 12 Y AVENIDA 4

**CALICATA** : C-07

**MUESTRA** : M-01

**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN

**FECHA** : MAYO DEL 2021

**NAPA FREÁTICA** : NP

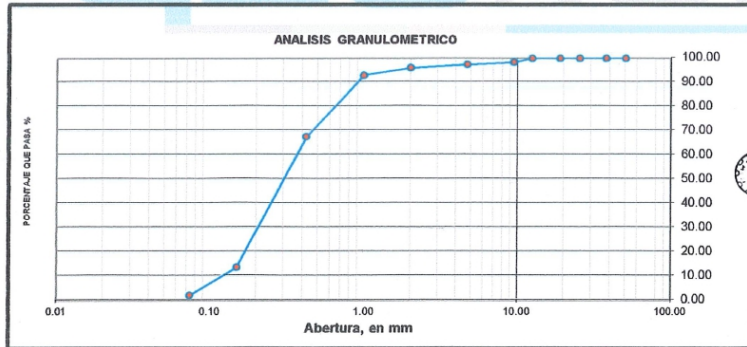
**ESPESOR DE ESTRATO** : 1.35 m.

**PROFUNDIDAD DE CALICATA** : 1.50 m.

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	858.000				
Peso Final Seco, [gr]	837.710				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	12.58	1.47	1.47	98.53
Nº 4	4.750	8.52	0.99	2.46	97.54
Nº 10	2.000	11.54	1.34	3.80	96.20
Nº 20	1.000	26.32	3.07	6.87	93.13
Nº 40	0.425	218.24	25.44	32.31	67.69
Nº 100	0.150	461.00	53.73	86.04	13.96
Nº 200	0.074	99.51	11.60	97.64	2.36
< Nº 200	—	20.21	2.36	99.99	0.01



*Edwin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

Grava (%) = 2.46      Arena (%) = 95.18      Finos (%) = 2.36

$$D_{10} = 0.13 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2.85 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.92$$

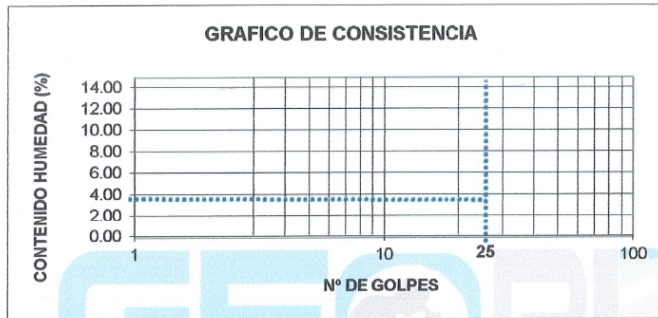
$$D_{30} = 0.21$$

$$D_{60} = 0.37$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENA CON FINOS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIAL GRANULAR CON PARTICULAS FINAS.

**2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO				LIM. PLASTICO Tara N° 05	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04		
1. No de Golpes						LL = NP
2. Peso Tara, [gr]						
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]						LP = NP
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]						
5. Peso Agua, [gr]						
6. Peso Suelo Seco, [gr]						IP = NP
7. Contenido de Humedad, [%]						



**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No	Tara No	
1. Peso Tara, [gr]	27.460	27.240	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	258.77	181.52	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	258.06	180.92	
4. Peso Agua, [gr]	0.71	0.60	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	230.60	153.68	<b>PROMEDIO</b>
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>0.308</b>	<b>0.390</b>	<b>0.349</b>

*Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 98457  
 Reg. Consultor C-6853

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021

UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR NUEVO CHIMBOTE – ANCASH

LOCALIZACION : CALLE 12

CALICATA : C-08

MUESTRA : M-01

SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN

FECHA : MAYO DEL 2021

NAPA FREÁTICA : NP

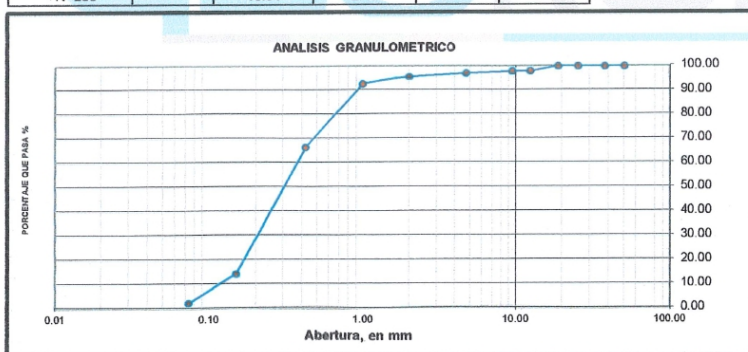
ESPESOR DE ESTRATO : 1.30 m.

PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.50 m

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	867.000				
Peso Final Seco, [gr]	846.030				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	17.31	2.00	2.00	98.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	2.00	98.00
Nº 4	4.750	7.56	0.87	2.87	97.13
Nº 10	2.000	12.21	1.41	4.28	95.72
Nº 20	1.000	25.72	2.97	7.24	92.76
Nº 40	0.425	225.25	25.98	33.22	66.78
Nº 100	0.150	454.00	52.36	85.59	14.41
Nº 200	0.074	103.98	11.99	97.58	2.42
< Nº 200	---	18.91	2.18	99.76	0.24



*Eduardo Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 89457  
 Reg. Consultor C-6853

Grava (%) = 2.87      Arena (%) = 94.71      Finos (%) = 2.42

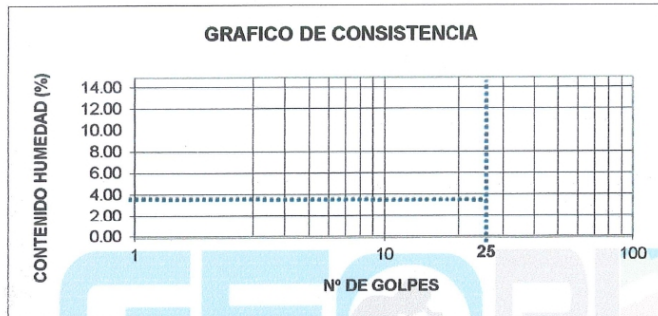
$$D_{10} = 0.12 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 3.08 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} = 0.99$$

$$D_{30} = 0.21 \quad D_{60} = 0.37$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENA CON FINOS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIAL GRANULAR CON PARTICULAS FINAS.

**2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO					LIM. PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04	Tara N° 05		
1. No de Golpes							LL = NP
2. Peso Tara, [gr]							
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]							LP = NP
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]							
5. Peso Agua, [gr]							IP = NP
6. Peso Suelo Seco, [gr]							
7. Contenido de Humedad, [%]							



**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No	Tara No	
1. Peso Tara, [gr]	26.860	26.640	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	258.66	261.72	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	257.95	260.99	
4. Peso Agua, [gr]	0.71	0.73	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	231.09	234.35	<b>PROMEDIO</b>
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>0.307</b>	<b>0.311</b>	<b>0.309</b>

*Edwin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853



**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021

**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR NUEVO CHIMBOTE ANCASH

**LOCALIZACIÓN** : ENTRE LA CALLE 12 Y AV. INDUSTRIAL ESTE

**CALICATA** : C-09

**MUESTRA** : M-01 NAPA FREÁTICA : NP

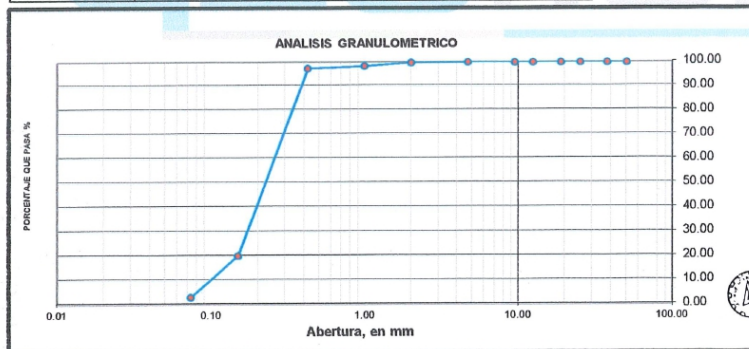
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN ESPESOR DE ESTRATO : 1.25 m.

**FECHA** : MAYO DEL 2021 PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.50 m

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
		874.000			
		847.680			
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	1.41	0.16	0.16	99.84
Nº 20	1.000	12.61	1.44	1.60	98.40
Nº 40	0.425	7.98	0.91	2.52	97.48
Nº 100	0.150	675.00	77.23	79.75	20.25
Nº 200	0.074	150.68	17.24	96.99	3.01
< Nº 200	---	11.58	1.32	98.31	1.69



*Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

Grava (%) = 0.00      Arena (%) = 96.99      Finos (%) = 3.01

$$D_{10} = 0.10 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2.60 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1.11$$

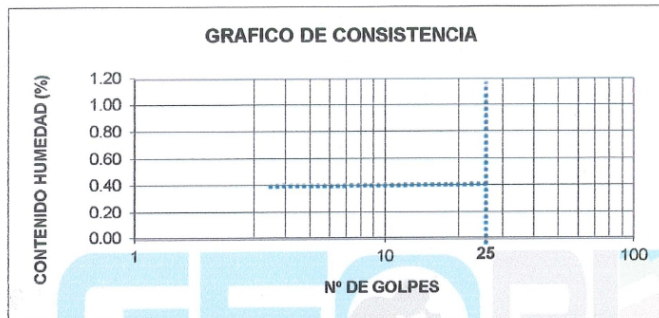
$$D_{30} = 0.17$$

$$D_{60} = 0.26$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENA CON FINOS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIAL GRANULAR CON PARTICULAS FINAS.

**2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO				LIM. PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04	Tara N° 05	
1. No de Golpes						LL = NP
2. Peso Tara, [gr]						
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]						LP = NP
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		NO PRESENTA				
5. Peso Agua, [gr]						IP = NP
6. Peso Suelo Seco, [gr]						
7. Contenido de Humedad, [%]						



**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No	Tara No	
1. Peso Tara, [gr]	27.350	27.500	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	196.12	150.07	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	195.52	149.60	
4. Peso Agua, [gr]	0.60	0.47	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	168.17	122.10	<b>PROMEDIO</b>
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>0.357</b>	<b>0.385</b>	<b>0.371</b>

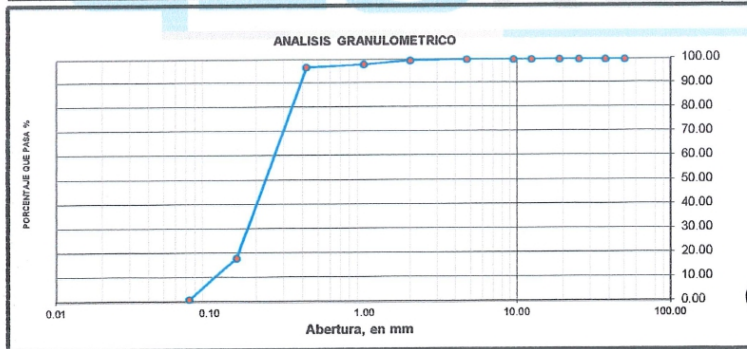
*Edwin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR NUEVO CHIMBOTE ANCASH  
**LOCALIZACIÓN** : ENTRE LA AV. INDUSTRIAL ESTE Y AV. ALCATRACES  
**CALICATA** : C-10  
**MUESTRA** : M-01 NAPA FREÁTICA : NP  
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBRERON BRYAN ESPESOR DE ESTRATO : 1.35 m.  
**FECHA** : MAYO DEL 2021 PROFUNDIDAD DE CALICATA : 1.50 m

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	871.000				
Peso Final Seco, [gr]	860.170				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 10	2.000	2.59	0.30	0.30	99.70
Nº 20	1.000	13.85	1.59	1.89	98.11
Nº 40	0.425	9.73	1.12	3.00	97.00
Nº 100	0.150	686.00	78.76	81.76	18.24
Nº 200	0.074	148.00	16.99	98.76	1.24
< Nº 200	---	10.01	1.15	99.91	0.09



Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

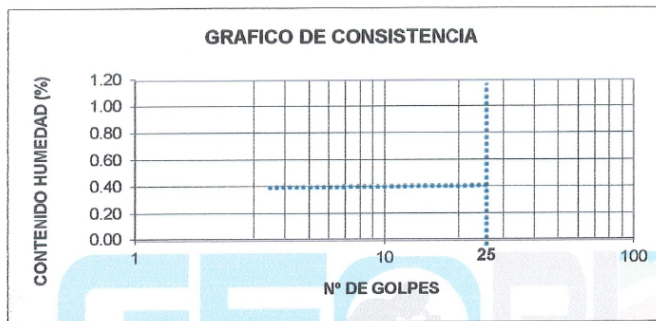
Grava (%) = 0.00      Arena (%) = 98.76      Finos (%) = 1.24

$D_{10} = 0.12$        $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2.17$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} = 0.93$   
 $D_{30} = 0.17$   
 $D_{60} = 0.26$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENA CON FINOS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIAL GRANULAR CON PARTICULAS FINAS.

**2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO				LIM. PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04	Tara N° 05	
1. No de Golpes						LL = NP
2. Peso Tara, [gr]						
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			NO PRESENTA			LP = NP
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]						
5. Peso Agua, [gr]						IP = NP
6. Peso Suelo Seco, [gr]						
7. Contenido de Humedad, [%]						



**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No	Tara No	
1. Peso Tara, [gr]	27.830	27.500	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	237.96	230.10	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	237.14	229.40	
4. Peso Agua, [gr]	0.82	0.70	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	209.31	201.90	<b>PROMEDIO</b>
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>0.392</b>	<b>0.347</b>	<b>0.369</b>

*Ing. Joel Arteaga Chávez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

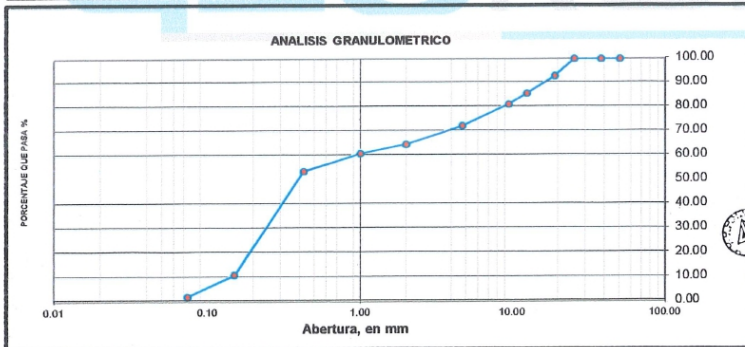
**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
**LOCALIZACIÓN** : AV. ALCATRAZES  
**CALICATA** : C-11  
**MUESTRA** : M-01  
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
**FECHA** : MAYO DEL 2021

**NAPA FREÁTICA** : NP  
**ESPESOR DE ESTRATO** : 0.75 m.  
**PROFUNDIDAD DE CALICATA** : 1.50 m

**RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO**

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

Peso Inicial Seco, [gr]	1838.000				
Peso Final Seco, [gr]	1801.370				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	130.21	7.08	7.08	92.92
1/2"	12.500	130.45	7.10	14.18	85.82
3/8"	9.500	83.10	4.52	18.70	81.30
N° 4	4.750	163.54	8.90	27.60	72.40
N° 10	2.000	138.21	7.52	35.12	64.88
N° 20	1.000	71.65	3.90	39.02	60.98
N° 40	0.425	130.98	7.13	46.14	53.86
N° 100	0.150	788.00	42.87	89.02	10.98
N° 200	0.074	165.23	8.99	98.01	1.99
< N° 200	---	35.87	1.95	99.96	0.04



*Handwritten signature and stamp:*  
 Ing. Joel Arreaga Chávez  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6453

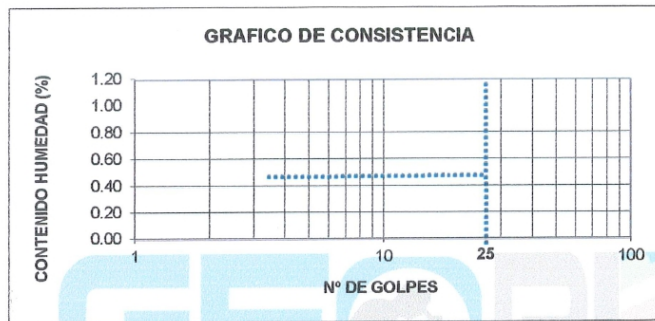
Grava (%) = 27.60      Arena (%) = 70.41      Finos (%) = 1.99

$D_{10} = 0.15$        $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 6.00$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.43$   
 $D_{30} = 0.24$   
 $D_{60} = 0.90$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENA CON FINOS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIAL GRANULAR CON PARTICULAS FINAS.

**2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO					LIM. PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04	Tara N° 05		
1. No de Golpes							LL = NP
2. Peso Tara, [gr]							
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]							LP = NP
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA						
5. Peso Agua, [gr]							IP = NP
6. Peso Suelo Seco, [gr]							
7. Contenido de Humedad, [%]							



**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No	Tara No	
1. Peso Tara, [gr]	27.810	27.010	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	200.90	200.08	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	200.20	199.29	
4. Peso Agua, [gr]	0.70	0.79	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	172.39	172.28	<b>PROMEDIO</b>
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>0.406</b>	<b>0.459</b>	<b>0.432</b>

Edilberto Joel Arteaga Chávez  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021

**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH

**LOCALIZACIÓN** : ENTRE LA AVENIDA 4 Y AV. ALCATRACES

**CALICATA** : C-12

**MUESTRA** : M -01

**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN

**FECHA** : MAYO DEL 2021

**NAPA FREÁTICA** : NP

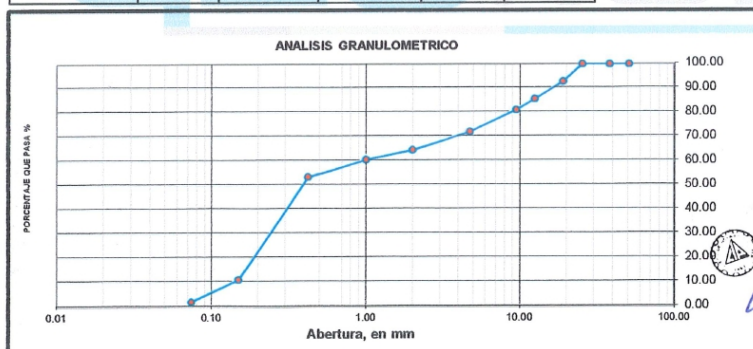
**ESPESOR DE ESTRATO** : 0.85 m.

**PROFUNDIDAD DE CALICATA** : 1.50 m

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	1865.000				
Peso Final Seco, [gr]	1827.220				
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	132.33	7.10	7.10	92.90
1/2"	12.500	132.98	7.13	14.23	85.77
3/8"	9.500	85.86	4.60	18.83	81.17
Nº 4	4.750	167.33	8.97	27.80	72.20
Nº 10	2.000	140.07	7.51	35.31	64.69
Nº 20	1.000	74.64	4.00	39.31	60.69
Nº 40	0.425	133.33	7.15	46.46	53.54
Nº 100	0.150	792.00	42.47	88.93	11.07
Nº 200	0.074	168.68	9.04	97.97	2.03
< Nº 200	--	38.47	2.06	100.04	-0.04



Grava (%) = 27.80      Arena (%) = 70.17      Finos (%) = 2.03

$$D_{10} = 0.15 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 6.00 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.39$$

$$D_{30} = 0.23 \quad D_{60} = 0.90$$

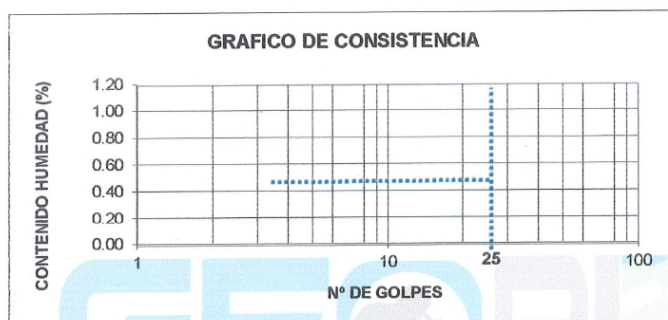
SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENA CON FINOS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIAL GRANULAR CON PARTICULAS FINAS.



Edwin Joel Arteaga Chávez  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P.N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853


**2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO				LIM. PLASTICO Tara N° 05	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04		
1. No de Golpes						LL = NP
2. Peso Tara, [gr]						
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	NO PRESENTA					LP = NP
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]						
5. Peso Agua, [gr]						IP = NP
6. Peso Suelo Seco, [gr]						
7. Contenido de Humedad, [%]						



**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No	Tara No	
1. Peso Tara, [gr]	27.380	27.010	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	256.15	200.10	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	255.25	199.49	
4. Peso Agua, [gr]	0.90	0.61	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	227.87	172.48	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	0.395	0.354	0.374

  
 Edwin Joel Arteaga Chávez  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 89457  
 Reg. Consultor C-6853



8.0 ANEXOS

8.4 CÁLCULO DE LA  
CAPACIDAD RELATIVA DE  
SOPORTE C.B.R.



*Edwin Joel Arteaga Chávez*  
Ing. Civil - Consultor  
Reg. C.I.P. N° 99457  
Reg. Consultor C-6853

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021

**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH

**LOCALIZACIÓN** : AVENIDA 2

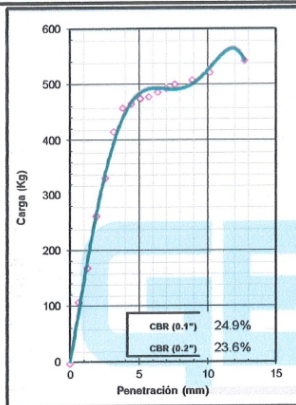
**CALICATA** : C-05 - PATRON

**MUESTRA** : FONDO DE EXCAVACION

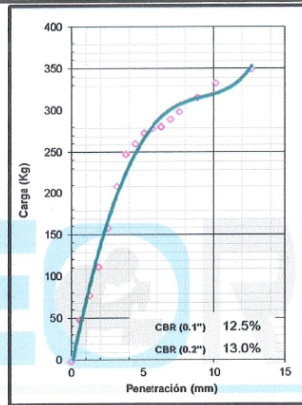
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN

**FECHA** : JUNIO DEL 2021

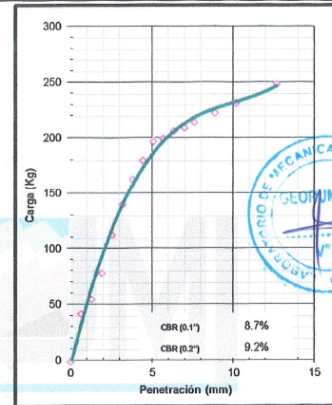
### RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883



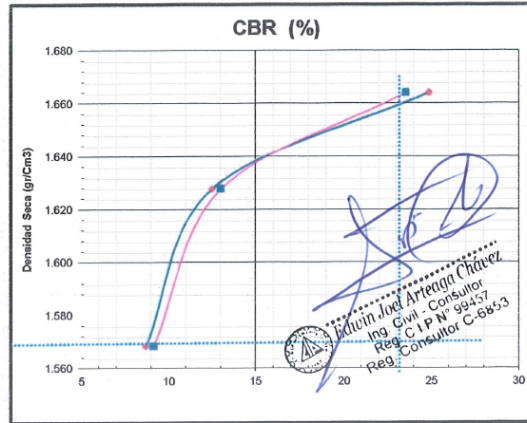
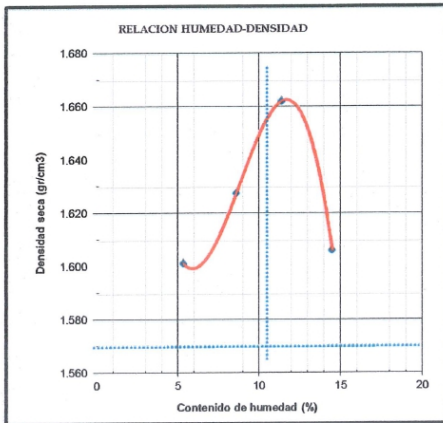
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



CLASIFICACION (SUCS) = SP  
 CLASIFICACION (AASHTO) = A-2-4 (0)  
 METODO DE COMPACTACION = ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>) = 1.663  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 11.70

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	24.10	0.2":	23.05
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	7.75	0.2":	8.62

HUP. Las Begonias Mz. H Lote 9 – Nuevo Chimbote.

Cel.: #966049000

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
 UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
 LOCALIZACIÓN : AVENIDA 2  
 CALICATA : C-05 - PATRON  
 MUESTRA : FONDO DE EXCAVACION  
 SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
 FECHA : JUNIO DEL 2021

### ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz	N° 10 (%)	N° 40 (%)	N° 200 (%)	ENSAYO DE COMPACTACION			
Pasa %	97.60	73.12	4.09	Metodo	Densidad Máxima	Humedad Optima	
LL / IP	NP	NP	Clasificación	SUCS = SP	ASSTHO = A-2-4 (0)	1.663	
						11.70	
Molde N°		1		2		3	
Altura Molde		17.6		17.7		17.70	
Diámetro Molde		15.27		15.32		15.22	
Altura disco Espaciador		6.055		5.985		6.05	
Diámetro disco espaciador		15.03		15.02		15.00	
Capas N°		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Condición de la muestra		antes de mojar	despues de mojado	antes de mojar	despues de mojado	antes de mojar	despues de mojado
Peso humedo de la probeta + molde (g)		8100	8233	8605	8255	7540	8152
Peso de molde (g)		4116	4116	4795	4795	3983	3983
Peso del suelo húmedo (g)		3984	4117	3809	4459	3557	4169
Volumen del molde (cm³)		2145	2145	2104	2104	2030	2030
Densidad húmeda (g/cm³)		1.857	1.919	1.810	2.119	1.752	2.054
Recipiente (N°)		K	A	R	L	I	T
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)		355.50	455.60	510.00	644.70	371.30	773.60
Peso Recipiente + suelo seco		336.10	409.76	479.80	573.50	349.70	689.00
Peso Recipiente		168.70	168.70	210.00	210.00	165.00	165.00
Peso de agua (g)		19.40	45.84	30.20	71.20	21.60	104.60
Peso de suelo seco (g)		167.40	241.06	269.80	363.50	184.70	504.00
Contenido de humedad (%)		11.59	19.02	11.19	19.59	11.69	20.75
Densidad seca (g/cm³)		1.664	1.613	1.628	1.772	1.569	1.701



### DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%

### C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

Penetración	Carga Estándar	Carga Kg/cm2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
			CARGA Kg	CORRECCION kg	% CBR	CARGA kg	CORRECCION kg	% CBR	CARGA kg	CORRECCION kg	% CBR
0.000	0.000		0			0			0		
0.635	0.025		109.8			49.2			42.8		
1.270	0.050		171.4			78.9			55.5		
1.905	0.075		264.9			112.9			78.9		
2.540	0.100	70.455	335.0	339.3	24.9	159.6	170.7	12.5	112.9	118.8	8.7
3.175	0.125		417.9			210.6			140.5		
3.810	0.150		460.3			248.9			163.9		
4.445	0.175		468.0			261.7			180.9		
5.080	0.200	105.88	477.3	482.3	23.6	274.4	266.3	13.0	197.9	187.1	9.2
5.715	0.225		480.6			280.0			200.1		
6.350	0.250		488.9			281.7			207.3		
6.985	0.275		495.5			290.8			209.8		
7.620	0.300		502.8			299.9			214.9		
8.890	0.350		510.6			316.9			223.4		
10.160	0.400		524.1			333.9			231.9		
12.700	0.500		545.3			350.9					

*Handwritten signature and stamp:*  
 Ing. Joel Arredondo Chávez  
 Reg. Consultor C.I.P.N. 29457  
 Reg. Consultor C-6853

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
**LOCALIZACIO** : AVENIDA 2  
**CALICATA** : C-05 - PATRON  
**MUESTRA** : FONDO DE EXCAVACION  
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
**FECHA** : JUNIO DEL 2021

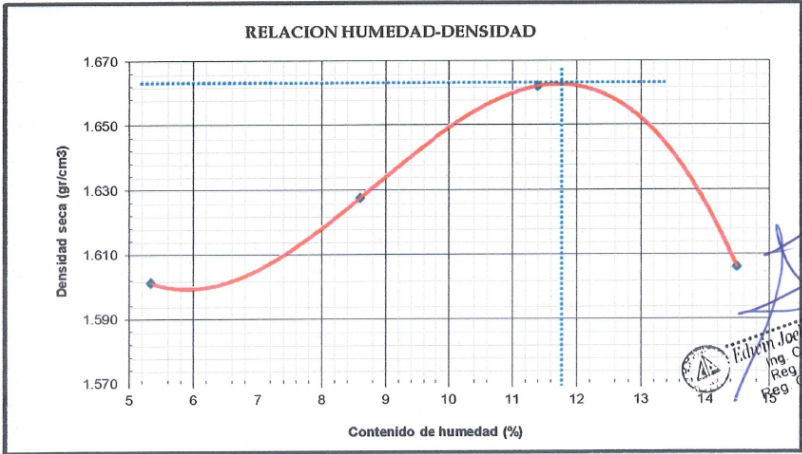
## ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557 (METODO A - 25 GOLPES)

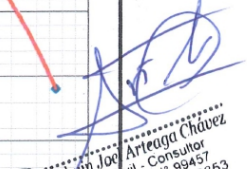
### DENSIDAD HUMEDA

Peso suelo + molde	gr	3648.00	3728.00	3811.00	3800.00
Peso molde	gr	1979.50	1979.50	1979.50	1981.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	1668.50	1748.50	1831.50	1819.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	989.00	989.00	989.00	989.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.687	1.768	1.852	1.839

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo+tara	gr	551.500	470.000	559.00	529.500
Peso del suelo seco + tara	gr	533.600	445.800	522.800	470.800
Peso de la Tara	gr	198.000	164.500	205.200	65.900
Peso de agua	gr	17.900	24.200	36.200	58.700
Peso del suelo seco	gr	335.600	281.300	317.600	404.900
Porcentaje de Humedad	%	5.33	8.60	11.40	14.50
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.602	1.628	1.662	1.606
<i>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</i>					<b>1.663</b>
<i>Humedad óptima (%)</i>					<b>11.70</b>



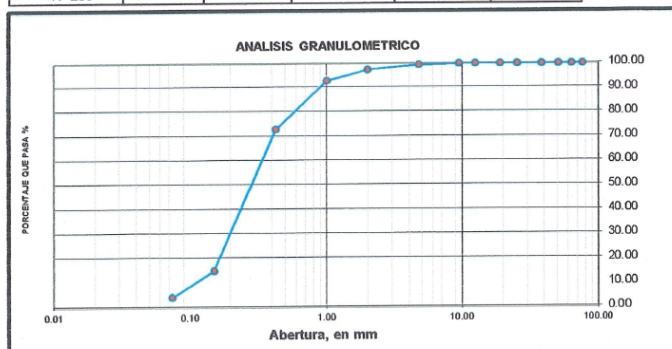
  
**Fabian Jose Arteaga Chávez**  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 89457  
 Reg. Consultor C-6853

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
**LOCALIZACIÓN** : AVENIDA 2  
**CALICATA** : C-05 - PATRON  
**MUESTRA** : FONDO DE EXCAVACION  
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
**FECHA** : JUNIO DEL 2021

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
		Peso Inicial Seco, [gr]			
		866.000			
		Peso Inicial Seco, [gr]			
		830.590			
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	4.38	0.51	0.51	99.49
Nº 10	2.000	16.37	1.89	2.40	97.60
Nº 20	1.000	39.40	4.55	6.95	93.05
Nº 40	0.425	172.60	19.93	26.88	73.12
Nº 100	0.150	503.00	58.08	84.96	15.04
Nº 200	0.074	94.84	10.95	95.91	4.09
< Nº 200	---	33.96	3.92	99.83	0.17



Grava (%) = 0.51      Arena (%) = 95.41      Finos (%) = 4.09

$$D_{10} = 0.11 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 3.09 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1.07$$

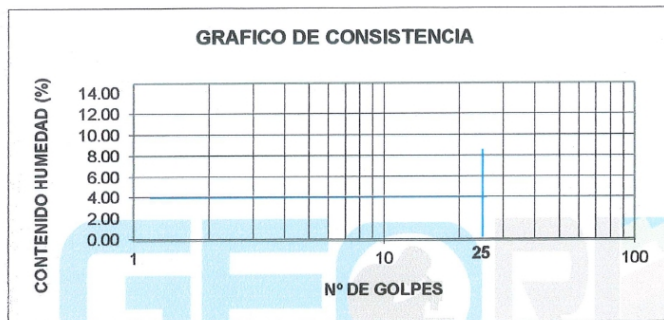
$$D_{30} = 0.20 \quad D_{60} = 0.34$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENA CON FINOS.
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIAL GRANULAR CON PARTICULAS FINAS.

*Handwritten signature*  
 Ing. Joel Arteaga Chávez  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

**2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04		
1. No de Golpes						
2. Peso Tara, [gr]						
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			NO PRESENTA			
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]						
5. Peso Agua, [gr]						
6. Peso Suelo Seco, [gr]						
7. Contenido de Humedad, [%]						



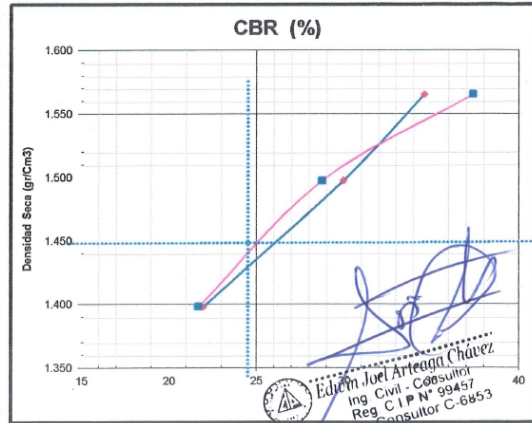
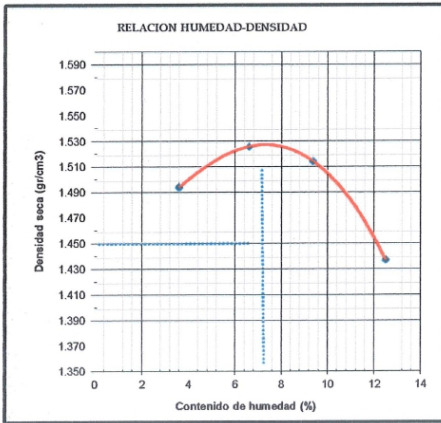
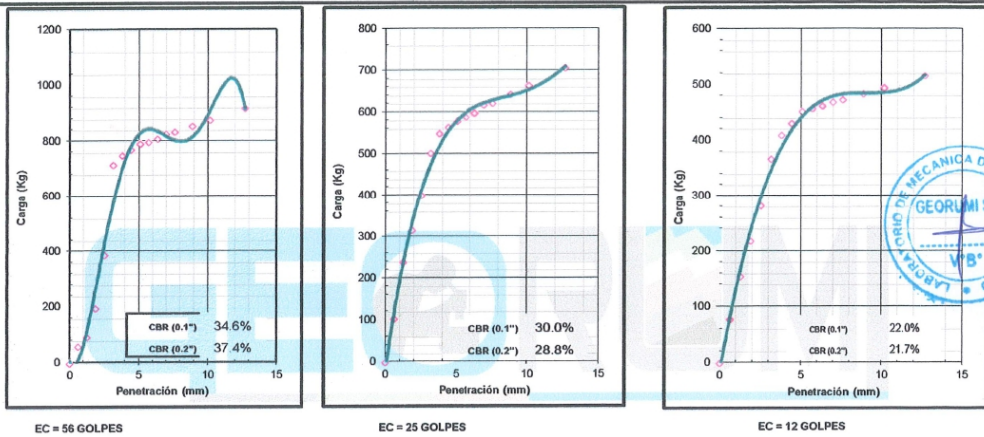
**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No	Tara No	
1. Peso Tara, [gr]	27.540	27.640	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	161.62	161.42	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	157.98	157.98	
4. Peso Agua, [gr]	3.64	3.44	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	130.44	130.34	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	2.791	2.639	2.715

**Edwin Joel Arteaga Chávez**  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
**LOCALIZACIÓN** : AVENIDA 2  
**CALICATA** : MEJORAMIENTO CON PET AL 2%  
**MUESTRA** : FONDO DE EXCAVACION  
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
**FECHA** : JUNIO DEL 2021

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 ASTM D-1883**



CLASIFICACION (SUCS) = SP  
 CLASIFICACION (AASHTO) = A-2-4 (0)  
 METODO DE COMPACTACION = ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>) = 1.530  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 7.80

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%	32.23	0.2%	32.42
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%	26.55	0.2%	24.75

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE FISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
 UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
 LOCALIZACIÓN : AVENIDA 2  
 CALCATA : MEJORAMIENTO CON PET AL 2%  
 MUESTRA : FONDO DE EXCAVACION  
 SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
 FECHA : JUNIO DEL 2021

### ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz	N° 10 (%)	N° 40 (%)	N° 200 (%)	ENSAYO DE COMPACTACION		
Pasa %	97.60	73.12	4.08	Metodo	Densidad Maxima	Humedad Optima
LL / IP	0.0	0.00		ASSTHO = A-2-4 (0)	1.530	7.80
		Clasificación	SUCS = SP			

Molde N°	1		2		3	
Altura Molde	17.6		17.7		17.70	
Diámetro Molde	15.27		15.32		15.22	
Altura disco Espaciador	6.055		5.965		6.05	
Diámetro disco espaciador	15.03		15.02		15.00	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	antes de mojar		despues de mojado		antes de mojar	
					despues de mojado	
Peso humedo de la probeta + molde (g)	8348	9255	8596	9255	7555	9255
Peso de molde (g)	4794	4794	4892	4892	3985	3985
Peso del suelo húmedo (g)	3554	4461	3704	4363	3570	5270
Volumen del molde (cm³)	2083	2063	2245	2245	2316	2324
Densidad húmeda (g/cm³)	1.723	2.162	1.650	1.943	1.541	2.268
Recipiente (N°)	K	A	R	L	I	T
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)	406.00	478.00	400.00	476.00	400.00	474.50
Peso Recipiente + suelo seco	383.00	447.87	378.50	439.49	378.00	437.07
Peso Recipiente	213.00	213.00	168.00	168.00	162.00	162.00
Peso de agua (g)	17.00	31.13	21.50	36.51	22.00	37.43
Peso de suelo seco (g)	170.00	234.87	212.50	273.49	216.00	275.07
Contenido de humedad (%)	10.00	13.25	10.12	13.35	10.19	13.61
Densidad seca (g/cm³)	1.566	1.909	1.498	1.715	1.399	1.896

### DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%

### C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

Penetración		Carga Estándar		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm.	pulg.	Kg/cm2	CARGA	CORRECCION	% CBR	CARGA	CORRECCION	% CBR	CARGA	CORRECCION	% CBR	
0.000	0.000		0			0			0			
0.635	0.025		61.9			104.4			78.9			
1.270	0.050		95.9			240.4			155.4			
1.905	0.075		197.9			316.9			219.1			
2.540	0.100	70.455	389.1	472.0	34.6	401.8	408.7	30.0	282.87	289.7	22.0	
3.175	0.125		718.3			503.8			367.9			
3.810	0.150		750.3			550.6			410.3			
4.445	0.175		771.6			585.5			431.6			
5.080	0.200	105.68	792.8	785.2	37.4	580.3	588.1	28.8	452.8	443.7	21.7	
5.715	0.225		799.1			590.1			458.2			
6.350	0.250		810.4			598.9			462.7			
6.985	0.275		828.8			618.5			469.8			
7.620	0.300		835.3			622.8			474.1			
8.255	0.325		856.5			644.1			484.7			
8.890	0.350		877.7			665.3			495.3			
10.160	0.400		920.2			707.8			516.8			

*Edwin J. Arredondo Charez*  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. C.I.P. N° 954157  
 Reg. Consultor C-6853



**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
**LOCALIZACION** : AVENIDA 2  
**CALICATA** : MEJORAMIENTO CON PET AL 2%  
**MUESTRA** : FONDO DE EXCAVACION  
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
**FECHA** : JUNIO DEL 2021

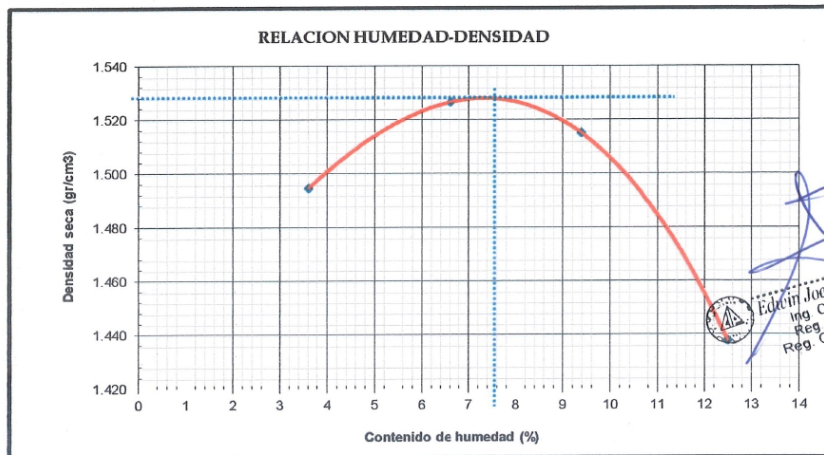
**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM-D1557 (METODO A -25 GOLPES)**

**DENSIDAD HUMEDA**

Peso suelo + molde	gr	3507.00	3585.00	3615.00	3575.00
Peso molde	gr	1975.00	1975.00	1975.00	1975.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	1532.00	1610.00	1639.50	1600.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	989.00	989.00	989.00	989.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.549	1.628	1.658	1.618

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

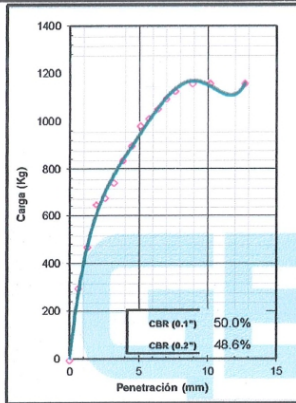
Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo+tara	gr	400.000	400.000	400.000	400.000
Peso del suelo seco + tara	gr	393.000	387.500	379.100	374.200
Peso de la Tara	gr	199.000	198.500	156.500	167.700
Peso de agua	gr	7.000	12.500	20.900	25.800
Peso del suelo seco	gr	194.000	189.000	222.600	206.500
Porcentaje de Humedad	%	3.6	6.61	9.4	12.49
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.495	1.527	1.515	1.438
<i>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</i>					<b>1.530</b>
<i>Humedad óptima (%)</i>					<b>7.80</b>



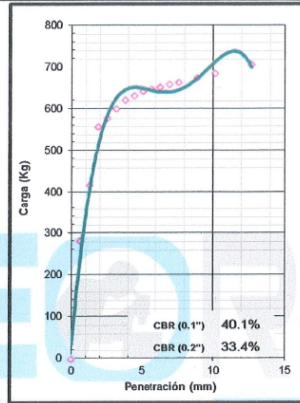
*Edwin Joel Arteaga Chávez*  
 Ing Civil - Consultor  
 Reg. OIP N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
**LOCALIZACIÓN** : AVENIDA 2  
**CALICATA** : MEJORAMIENTO CON PET AL 5%  
**MUESTRA** : FONDO DE EXCAVACION  
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
**FECHA** : JUNIO DEL 2021

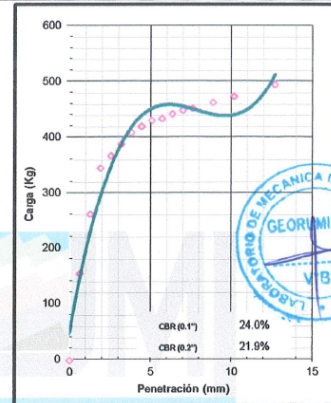
### RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883



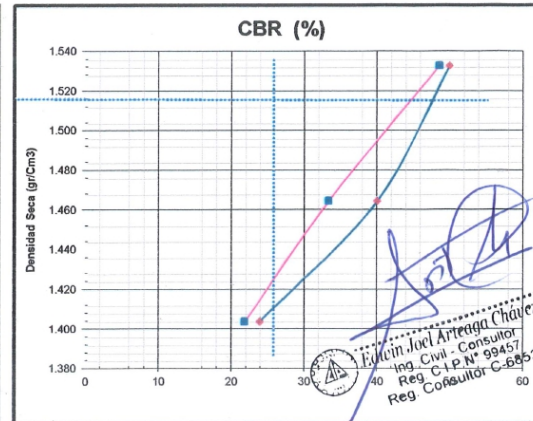
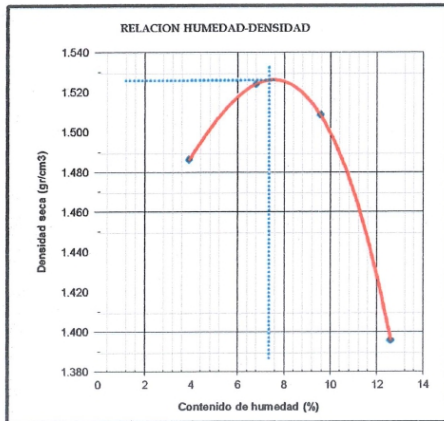
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



CLASIFICACION (SUCS) = SP  
 CLASIFICACION (AASHTO) = A-2-4 (0)  
 METODO DE COMPACTACION = ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) = 1.528  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 8.10

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 47.65	0.2": 47.34
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 30.09	0.2": 30.68

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
 UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
 LOCALIZACIÓN : AVENIDA 2  
 CALICATA : MEJORAMIENTO CON PET AL 5%  
 MUESTRA : FONDO DE EXCAVACION  
 SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
 FECHA : JUNIO DEL 2021

### ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz	N° 10 (%)		N° 40 (%)		N° 200 (%)		ENSAYO DE COMPACTACION			
	LL / IP	NP	NP	NP	SUCS =	SP	Metodo	Densidad Maxima	Humedad Optima	
Pasa %	97.60		73.12		4.09		ASSTHO = A-2-4 (0)	1.528	8.10	
Molde N°	1		2		3					
Altura Molde	17.6		17.7		17.70					
Diametro Molde	15.27		15.32		15.22					
Altura disco Espaciador	6.055		5.985		6.05					
Diametro disco espaciador	15.03		15.02		15.00					
Capas N°	5		5		5					
Golpes por capa N°	56		25		12					
Condición de la muestra	antes de mojar		despues de mojado		antes de mojar		despues de mojado		antes de mojar	despues de mojado
Peso humedo de la probeta + molde (g)	7404		7752		7657		7985		7508	7948
Peso de molde (g)	3979		3979		4105		4105		3985	3985
Peso del suelo humedo (g)	3425		3773		3552		3880		3523	3963
Volumen del molde (cm³)	2063		2063		2245		2245		2316	2316
Densidad humeda (g/cm³)	1.660		1.829		1.582		1.728		1.521	1.711
Recipiente (N°)	K		A		R		L		I	T
Peso del Recipiente + suelo humedo (g)	400.00		495.00		400.00		500.00		400.00	503.00
Peso Recipiente + suelo seco	385.00		460.66		385.00		465.66		382.00	462.99
Peso Recipiente	204.00		204.00		197.50		197.50		165.50	165.50
Peso de agua (g)	15.00		34.34		15.00		34.34		18.00	40.01
Peso de suelo seco (g)	181.00		250.66		187.50		268.16		216.50	297.49
Contenido de humedad (%)	8.29		13.38		8.00		12.81		8.31	13.45
Densidad seca (g/cm³)	1.533		1.613		1.485		1.532		1.404	1.506

### DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%

### C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

Penetración	Carga		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
	mm.	pulg.	CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
		Kg/cm2	Kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR
0.000	0.000		0			0			0		
0.635	0.025		301.0			282.9			155.4		
1.270	0.050		474.0			418.8			261.6		
1.905	0.075		654.3			559.1			346.6		
2.540	0.100	70.455	684.5	682.0	50.0	580.3	546.5	40.1	367.9	326.7	24.0
3.175	0.125		748.0			601.6			389.1		
3.810	0.150		841.0			622.8			410.3		
4.445	0.175		903.0			633.4			421.0		
5.080	0.200	105.68	986.0	993.6	48.6	844.0	682.9	33.4	431.6	447.5	21.9
5.715	0.225		1018.0			649.6			434.9		
6.350	0.250		1057.0			653.5			443.2		
6.985	0.275		1100.0			660.7			449.8		
7.620	0.300		1131.0			665.3			452.8		
8.890	0.350		1163.0			675.9			463.5		
10.160	0.400		1163.0			686.5			474.1		
12.700	0.500		1163.0			707.8			485.3		

HUP. Las Begonias Mz. H Lote 9 - Nuevo Chimbote.

Edwin Joel Arreaga Chavez  
 Ing. Civil - Consultor  
 Reg. CIP N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853  
 Cel.: #966049000

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
**LOCALIZACIÓN** : AVENIDA 2  
**CALICATA** : MEJORAMIENTO CON PET AL 5%  
**MUESTRA** : FONDO DE EXCAVACION  
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
**FECHA** : JUNIO DEL 2021

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM-D1557 (METODO A -25 GOLPES)**

**DENSIDAD HUMEDA**

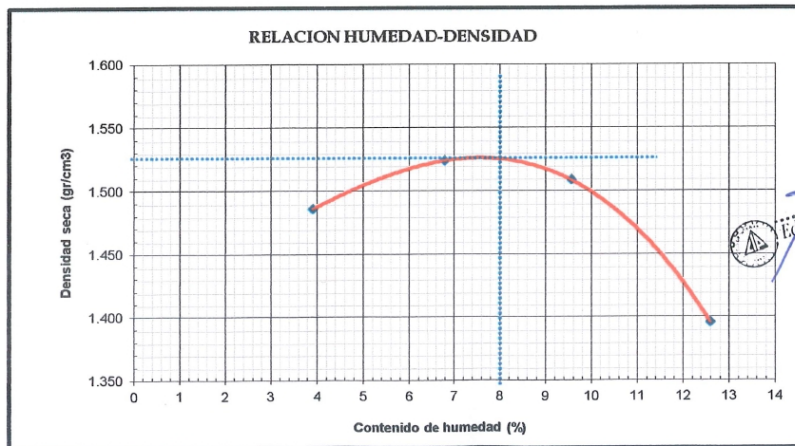
Peso suelo + molde	gr	3503.00	3586.00	3611.00	3530.00
Peso molde	gr	1975.00	1975.00	1975.00	1975.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	1528.00	1610.50	1635.50	1555.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	989.00	989.00	989.00	989.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.545	1.628	1.654	1.572

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo+tara	gr	400.000	400.000	400.00	480.000
Peso del suelo seco + tara	gr	392.000	387.500	382.500	433.500
Peso de la Tara	gr	187.500	203.500	199.500	64.500
Peso de agua	gr	8.000	12.500	17.500	46.500
Peso del suelo seco	gr	204.500	184.000	183.000	369.000
Porcentaje de Humedad	%	3.91	6.79	9.56	12.60
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.487	1.525	1.509	1.396
		<i>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</i>			<b>1.528</b>
		<i>Humedad óptima (%)</i>			<b>8.10</b>



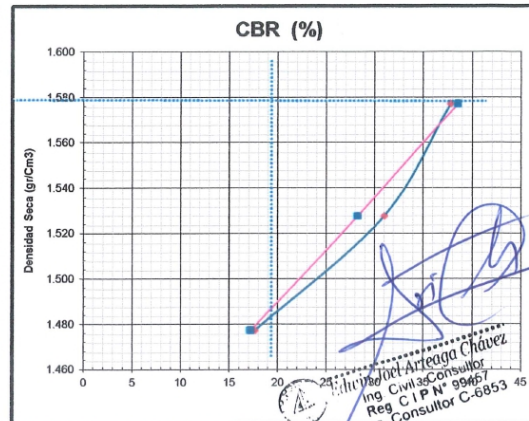
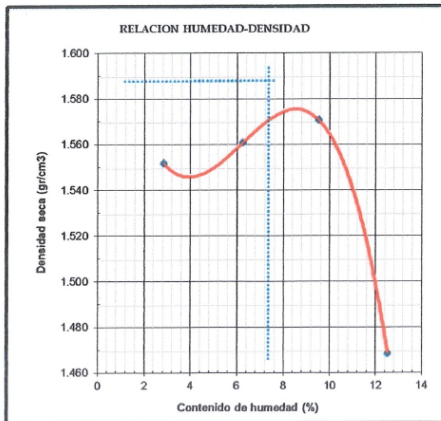
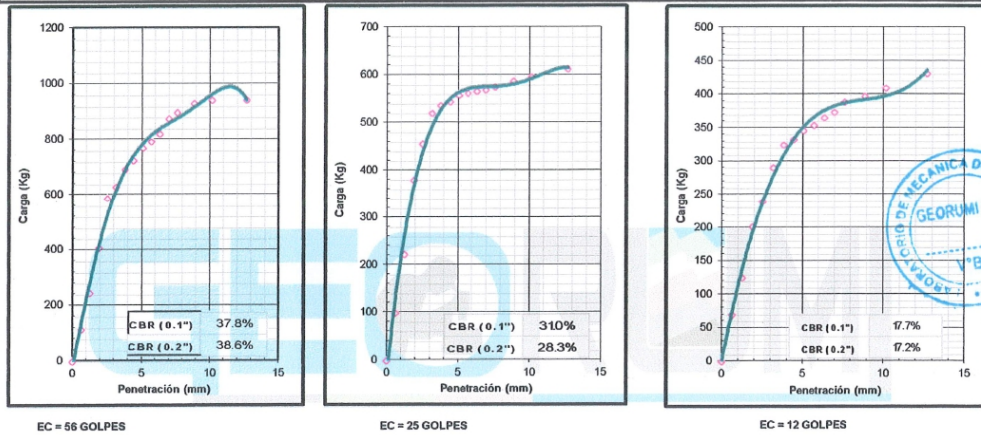
**RELACION HUMEDAD-DENSIDAD**



*Edwin Joel Arteaga Chavez*  
 Ing Civil - Consultor  
 Reg C.I.P. N° 99457  
 Reg. Consultor C-6853

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
 UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO, SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
 LOCALIZACIÓN : AVENIDA 2  
 CALICATA : MEJORAMIENTO CON PET AL 7%  
 MUESTRA : FONDO DE EXCAVACION  
 SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
 FECHA : JUNIO DEL 2021

### RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883



CLASIFICACION (SUCS) = SP  
 CLASIFICACION (AASHTO) = A-2-4 (0)  
 METODO DE COMPACTACION = ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) = 1.577  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 8.60

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	41.82	0.2"	40.94
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	29.51	0.2"	24.03

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
 UBICACIÓN : ASENTAMIENTO HUMANO, SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
 LOCALIZACIÓN : AVENIDA 2  
 CALICATA : MEJORAMIENTO CON PET AL 7%  
 MUESTRA : FONDO DE EXCAVACION  
 SOLICITA : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
 FECHA : JUNIO DEL 2021

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA**

Tamiz	N° 10 (%)		N° 40		N° 200 (%)		ENSAYO DE COMPACTACION			
	LL	IP	NP	NP	SUCS =	SP	Metodo	Densidad Máxima	Humedad Optima	
	97.60				73.12	4.09	ASSTHO = A-2-4 (0)	1.577	8.60	
Molde N°	1		2		3					
Altura Molde	17.5		17.7		17.70					
Diametro Molde	15.27		15.24		15.22					
Altura disco Espaciador	6.11		5.965		6.05					
Diametro disco espaciador	15.03		15.02		15.00					
Capas N°	5		5		5					
Golpes por capa N°	56		25		12					
Condición de la muestra	antes de mojar		despues de mojado		antes de mojar		despues de mojado		antes de mojar	despues de mojado
Peso humedo de la probeta + molde (g)	8170		8426		8357		8601		7788	8047
Peso de molde (g)	4546		4546		4526		4526		3985	3985
Peso del suelo húmedo (g)	3624		3880		3831		4075		3813	4062
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2063		2063		2245		2245		2316	2316
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.756		1.881		1.706		1.815		1.646	1.754
Recipiente (N°)	K		A		R		L		I	T
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)	400.00		586.65		400.00		508.60		400.00	533.50
Peso Recipiente + suelo seco	380.00		516.70		380.00		448.40		380.00	472.00
Peso Recipiente	203.50		45.46		208.50		45.26		204.50	41.42
Peso de agua (g)	20.00		69.85		20.00		60.20		20.00	61.50
Peso de suelo seco (g)	176.50		471.24		171.50		403.14		175.50	430.58
Contenido de humedad (%)	11.33		14.82		11.66		14.93		11.40	14.28
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.578		1.638		1.528		1.579		1.478	1.535

**DETERMINACION DE LA EXPANSION**

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%

**C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO**

Penetración	Carga Estándar	Kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
			CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION
			Kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR
0.000	0.000		0			0			0		
0.635	0.025		117.2			100.2			70.4		
1.270	0.050		248.9			223.4			125.7		
1.905	0.075		410.3			380.6			202.1		
2.540	0.100	70.455	590.3	515.9	37.8	457.1	423.3	31.0	240.4	241.3	17.7
3.175	0.125		631.6			520.8			291.4		
3.810	0.150		694.0			537.8			325.4		
4.445	0.175		727.0			544.8			333.2		
5.080	0.200	105.68	772.0	789.2	38.6	559.1	578.2	28.3	346.6	352.8	17.2
5.715	0.225		794.0			563.4			354.3		
6.350	0.250		823.0			566.8			366.4		
6.985	0.275		877.0			570.3			374.3		
7.620	0.300		899.0			576.1			389.1		
8.890	0.350		932.0			588.4			398.2		
10.160	0.400		944.0			597.3			410.3		
12.700	0.500		944.0			614.3			431.6		

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE PISTA NO PAVIMENTADA USANDO PET RECICLADO EN EL ASENTAMIENTO HUMANO SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH - 2021  
**UBICACIÓN** : ASENTAMIENTO HUMANO. SANTA ROSA DEL SUR - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
**LOCALIZACIÓN** : AVENIDA 2  
**CALICATA** : MEJORAMIENTO CON PET AL 7%  
**MUESTRA** : FONDO DE EXCAVACION  
**SOLICITA** : AQUINO APESTEGUI HANS - MIRANDA OBREGON BRYAN  
**FECHA** : JUNIO DEL 2021

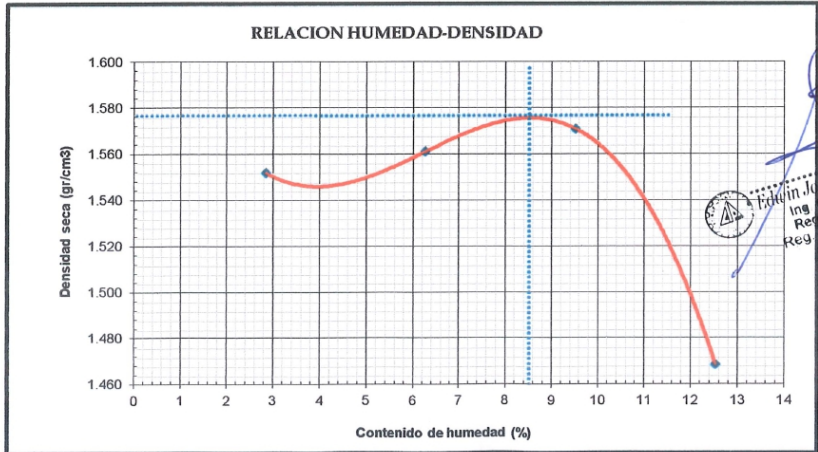
**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM-D1557 (METODO A -25 GOLPES)**

**DENSIDAD HUMEDA**

Peso suelo + molde	gr	3554.00	3616.00	3677.00	3610.00
Peso molde	gr	1975.00	1975.00	1975.00	1975.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	1579.00	1641.00	1702.00	1635.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	989.00	989.00	989.00	989.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.597	1.659	1.721	1.653

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo+tara	gr	400.000	400.000	400.00	400.000
Peso del suelo seco + tara	gr	393.500	388.500	383.000	374.000
Peso de la Tara	gr	165.500	205.000	204.500	166.600
Peso de agua	gr	6.500	11.500	17.000	26.000
Peso del suelo seco	gr	228.000	183.500	178.500	207.400
Porcentaje de Humedad	%	2.85	6.27	9.52	12.54
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.552	1.561	1.571	1.469
<i>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</i>					<b>1.577</b>
<i>Humedad óptima (%)</i>					<b>8.60</b>



8.0 ANEXOS

8.5 UBICACIÓN DE  
CALICATAS



  
Edwin Joel Arteaga Chávez  
Ing. Civil - Consultor  
Reg. C.I.P. N° 99457  
Reg. Consultor C-6253





**ANEXO N° 3**  
**“NORMA MTC”**

**NORMA MTC E 107 - ASTM D  
6913 “ANALISIS  
GRANULOMETRICO DE SUELO  
POR TAMIZADO”**



**PERÚ** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles



## MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES



Edición Mayo de 2016





## MTC E 107

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

#### 1.0 OBJETO

1.1 Determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo.

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 Este Modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (Nº 200).

2.2 Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.

#### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

##### 4.1 EQUIPOS

4.1.1 Dos balanzas. Una con sensibilidad de 0,01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (Nº 4). Otra con sensibilidad de 0,1% del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

4.1.2 Estufa. Capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

##### 4.2 MATERIALES

4.2.2 Tamices de malla cuadrada. Incluyen los siguientes:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅜"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes tamices de malla cuadrada:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
1 ½"	38,100
¾"	19,000
⅜"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 8	2,360
Nº 16	1,100
Nº 30	0,590
Nº 50	0,297
Nº 100	0,149
Nº 200	0,075

4.2.3 Envases. Adecuados para el manejo y secado de las muestras.

4.2.4 Cepillo y brocha. Para limpiar las mallas de los tamices.

## 5.0 MUESTRA

**5.1** Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.

**5.2** Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico (MTC E 106), la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaran por separado.

**5.3** El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en el modo operativo MTC E 106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:

5.3.1 Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 1:

**Tabla 1**

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

5.3.2 El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (Nº 4) será aproximadamente de 115 g para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

**5.4** En el modo operativo MTC E 106 se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para la separación del suelo sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) por medio del tamizado en seco, y para el lavado y pesado de las fracciones lavadas y secadas retenidas en dicho tamiz. De estos dos pesos, los porcentajes, retenido y que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), pueden calcularse de acuerdo con el numeral **4.1.1**.

5.4.1 Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

## 6.0 PROCEDIMIENTO

**6.1** ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (Nº 4).

6.1.1 Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) en una serie de fracciones usando los tamices de:



TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅜"	9,500
Nº 4	4,760

O los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.

- 6.1.2 En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuándo no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apesadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.

Quando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente, el resultado se puede verificar usando el método manual.

- 6.1.3 Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0,1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1 %.

## 6.2 ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA FRACCION FINA

- 6.2.1 El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.
- 6.2.2 Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.
- 6.2.3 Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.
- 6.2.4 Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver Modo Operativo MTC E 109-2009.
- 6.2.5 Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.
- 6.2.6 La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).
- 6.2.7 Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).
- 6.2.8 Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0,01 g.
- 6.2.9 Humedad higroscópica. Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C. Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.
- 6.2.10 Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.
- 6.2.11 Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.



6.2.12 Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C y se pesa.

6.2.13 Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado en las secciones **6.1.2** y **6.1.3**.

## 7.0 CALCULOS E INFORME

### 7.1 CALCULOS

7.1.1 Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4):

7.1.1.1 Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el del suelo originalmente tomado y se multiplica el resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

7.1.1.2 Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9,52 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (Nº 4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.

7.1.1.3 Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

7.1.2 Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4):

7.1.2.1 Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (Nº 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.2 Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.3 Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

7.1.2.4 Porcentaje de humedad higroscópica. La humedad higroscópica como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{ Humedad Higroscópica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Donde:

W = Peso de suelo secado al aire

W<sub>1</sub> = Peso de suelo secado en el horno

### 7.2 INFORME

7.2.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- El tamaño máximo de las partículas contenidas en la muestra.
- Los porcentajes retenidos y los que pasan, para cada uno de los tamices utilizados.
- Toda información que se juzgue de interés.

Los resultados se presentarán: (1) en forma tabulada, o (2) en forma gráfica, siendo esta última forma la indicada cada vez que el análisis comprende un ensayo completo de sedimentación.





Las pequeñas diferencias resultantes en el empate de las curvas obtenidas por tamizado y por sedimento, respectivamente, se corregirán en forma gráfica.

- 7.2.2 Los siguientes errores posibles producirán determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por tamizado.
- a) Aglomeraciones de partículas que no han sido completamente disgregadas. Si el material contiene partículas finas plásticas, la muestra debe ser disgregada antes del tamizado.
  - b) Tamices sobrecargados. Este es el error más común y más serio asociado con el análisis por tamizado y tenderá a indicar que el material ensayado es más grueso de lo que en realidad es. Para evitar eso, las muestras muy grandes deben ser tamizadas en varias porciones y las porciones retenidas en cada tamiz se juntarán luego para realizar la pesada.
  - c) Los tamices han sido agitados por un período demasiado corto o con movimientos horizontales o rotacionales inadecuados. Los tamices deben agitarse de manera que las partículas sean expuestas a las aberturas del tamiz con varias orientaciones y así tengan mayor oportunidad de pasar a través de él.
  - d) La malla de los tamices está rota o deformada; los tamices deben ser frecuentemente inspeccionados para asegurar que no tienen aberturas más grandes que la especificada.
  - e) Pérdidas de material al sacar el retenido de cada tamiz.
  - f) Errores en las pesadas y en los cálculos.

**NORMA MTC E 108 - ASTM D  
2216 “ENSAYO DE HUMEDAD  
NATURAL DEL SUELO”**



## MTC E 108

### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.
- 2.2 Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a  $110 \pm 5$  °C\*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

**Nota 1.** (\*) El secado en horno siguiendo en método (a 110 °C) no da resultados confiables cuando el suelo contiene yeso u otros minerales que contienen gran cantidad de agua de hidratación o cuando el suelos contiene cantidades significativas de material orgánico. Se pueden obtener valores confiables del contenido de humedad para los suelos, secándose en un horno a una temperatura de 60 °C o en un desecador a temperatura ambiente.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

#### 4.0 EQUIPOS y MATERIALES

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- 4.1.2 Balanzas.- De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones:  
De 0,01 g para muestras de menos de 200 g  
De 0,1 g para muestras de más de 200 g.

##### 4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Recipientes.- Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.

**Nota 2.** Los recipientes y sus tapas deben ser herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera después del secado y antes de la pesada final. Se usa un recipiente para cada determinación.

- 4.2.2 Desecador (opcional).- Un desecador de tamaño apropiado que contenga sílica gel o fosfato de calcio anhidro. Es preferible usar un desecante cuyos cambios de color indiquen la necesidad de su restitución (Ver [Sección 6.3.5](#) del presente ensayo).

**Nota 3.** El sulfato de calcio anhidro se vende bajo el nombre comercial Drier hite.

- 4.2.3 Utensilios para manipulación de recipientes.- Se requiere el uso de guantes, tenazas, o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.
- 4.2.4 Otros utensilios.- Se requieren el empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.



## MTC E 108

### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.
- 2.2 Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a  $110 \pm 5$  °C\*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

**Nota 1.** (\*) El secado en horno siguiendo en método (a 110 °C) no da resultados confiables cuando el suelo contiene yeso u otros minerales que contienen gran cantidad de agua de hidratación o cuando el suelos contiene cantidades significativas de material orgánico. Se pueden obtener valores confiables del contenido de humedad para los suelos, secándose en un horno a una temperatura de 60 °C o en un desecador a temperatura ambiente.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

#### 4.0 EQUIPOS y MATERIALES

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- 4.1.2 Balanzas.- De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones:  
De 0,01 g para muestras de menos de 200 g  
De 0,1 g para muestras de más de 200 g.

##### 4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Recipientes.- Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.

**Nota 2.** Los recipientes y sus tapas deben ser herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera después del secado y antes de la pesada final. Se usa un recipiente para cada determinación.

- 4.2.2 Desecador (opcional).- Un desecador de tamaño apropiado que contenga sílica gel o fosfato de calcio anhidro. Es preferible usar un desecante cuyos cambios de color indiquen la necesidad de su restitución (Ver [Sección 6.3.5](#) del presente ensayo).

**Nota 3.** El sulfato de calcio anhidro se vende bajo el nombre comercial Drier hite.

- 4.2.3 Utensilios para manipulación de recipientes.- Se requiere el uso de guantes, tenazas, o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.
- 4.2.4 Otros utensilios.- Se requieren el empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.



## 5.0 MUESTRA

- 5.1** Las muestras serán preservadas y transportadas de acuerdo a la Norma ASTM D 4220-89 (Practices for Preserving and Transporting Soil Sample), Grupos de suelos B, C ó D. Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corrosibles a una temperatura entre aproximadamente 3 y 30 °C y en un área que prevenga el contacto directo con la luz solar. Las muestras alteradas se almacenarán en recipientes de tal manera que se prevenga ó minimice la condensación de humedad en el interior del contenedor.
- 5.2** La determinación del contenido de humedad se realizará tan pronto como sea posible después del muestreo, especialmente si se utilizan contenedores corrosibles: (tales como: tubos de acero de pared delgada, latas de pintura, etc.) ó bolsas plásticas.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

### 6.1 ESPECIMEN DEL ENSAYO

- 6.1.1** Para los contenidos de humedad que se determinan en conjunción con algún otro método ASTM, se empleará la cantidad especificada en dicho método si alguna fuera proporcionada.
- 6.1.2** La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, si no se toma la muestra total, será de acuerdo a lo siguiente:

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		a ± 0,1%	a ± 1%
2 mm o menos	2,00 mm (Nº 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 mm (Nº 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

**Nota.-** \* Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.

Si se usa toda la muestra, ésta no tiene que cumplir los requisitos mínimos dados en la tabla anterior. En el reporte se indicará que se usó la muestra completa.

- 6.1.3** El uso de un espécimen de ensayo menor que el mínimo indicado en 6.1.2 requiere discreción aunque pudiera ser adecuado para los propósitos del ensayo. En el reporte de resultados deberá anotarse algún espécimen usado que no haya cumplido con estos requisitos.
- 6.1.4** Cuando se trabaje con una muestra pequeña (menos de 200 g) que contenga partículas de grava relativamente grandes no es apropiado incluirlas en la muestra de ensayo. Sin embargo en el reporte de resultados se mencionará y anotará el material descartado.
- 6.1.5** Para aquellas muestras que consistan íntegramente de roca intacta, el espécimen mínimo tendrá un peso de 500 g. Porciones de muestra representativas pueden partirse en partículas más pequeñas, dependiendo del tamaño de la muestra, del contenedor y la balanza utilizada y para facilitar el secado a peso constante.
- 6.2 SELECCION DEL ESPECIMEN DE ENSAYO**
- 6.2.1** Cuando el espécimen de ensayo es una porción de una mayor cantidad de material, el espécimen seleccionado será representativo de la condición de humedad de la cantidad total de material. La forma en que se seleccione el espécimen de ensayo depende del propósito y aplicación del ensayo, el tipo de material que se ensaya, la condición de humedad, y el tipo de muestra (de otro ensayo, en bolsa, en bloque, y las demás).



- 6.2.2 Para muestras alteradas tales como las desbastadas, en bolsa, y otras, el espécimen de ensayo se obtiene por uno de los siguientes métodos (listados en orden de preferencia):
- Si el material puede ser manipulado sin pérdida significativa de humedad, el material debe mezclarse y luego reducirse al tamaño requerido por cuarteo o por división.
  - Si el material no puede ser mezclado y/o dividido, deberá formarse una pila de material, mezclándolo tanto como sea posible. Tomar por lo menos cinco porciones de material en ubicaciones aleatorias usando un tubo de muestreo, lampa, cuchara, frotacho ó alguna herramienta similar apropiada para el tamaño de partícula máxima presente en el material. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.
  - Si no es posible apilar el material, se tomarán tantas porciones como sea posible en ubicaciones aleatorias que representarán mejor la condición de humedad. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.
- 6.2.3 En muestras intactas tales como: bloques, tubos, muestreadores divididos y otros, el espécimen de ensayo se obtendrá por uno de los siguientes métodos dependiendo del propósito y potencial uso de la muestra.
- Se desbastará cuidadosamente por lo menos 3 mm de material de la superficie exterior de la muestra para ver si el material está estratificado y para remover el material que esté más seco o más húmedo que la porción principal de la muestra. Luego se desbastará por lo menos 5 mm., o un espesor igual al tamaño máximo de partícula presente, de toda la superficie expuesta o del intervalo que esté siendo ensayado.
  - Se cortará la muestra por la mitad. Si el material está estratificado se procederá de acuerdo a lo indicado en 6.2.3.c. Luego se desbastará cuidadosamente por lo menos 5 mm, o un espesor igual del tamaño máximo de partícula presente, de la superficie expuesta de una mitad o el intervalo ensayado. Deberá evitarse el material de los bordes que pueda encontrarse más húmedo o más seco que la porción principal de la muestra.

**Nota 4.** El cambio de humedad en suelos sin cohesión puede requerir que se muestre la sección completa. Si el material está estratificado (o se encuentra más de un tipo de material), se seleccionará un espécimen promedio, o especímenes individuales, o ambos. Los especímenes deben ser identificados apropiadamente en formatos, en cuanto a su ubicación, o lo que ellos representen.

### 6.3 PROCEDIMIENTO

- 6.3.1 Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).
- 6.3.2 Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo a la [sección 6.2](#) de este ensayo.
- 6.3.3 Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza (véase 4.1.2 de este ensayo) seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.

**Nota 5.** Para prevenir la mezcla de especímenes y la obtención de resultados incorrectos, todos los contenedores, y tapas si se usan, deberían ser enumerados y deberían registrarse los números de los contenedores en los formatos del laboratorio. Los números de las tapas deberán ser consistentes con los de los contenedores para evitar confusiones.

**Nota 6.** Para acelerar el secado en horno de grandes especímenes de ensayo, ellos deberían ser colocados en contenedores que tengan una gran área superficial (tales como ollas) y el material debería ser fragmentado en agregados más pequeños.

- 6.3.4 Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a  $110 \pm 5$  °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para mantener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.



**Nota 7.** En la mayoría de los casos, el secado de un espécimen de ensayo durante toda la noche (de 12 a 16 horas) es suficiente. En los casos en los que hay duda sobre lo adecuado de un método de secado, deberá continuarse con el secado hasta que el cambio de peso después de dos períodos sucesivos (mayores de 1 hora) de secado sea insignificante (menos del 0,1 %). Los especímenes de arena pueden ser secados a peso constante en un período de 4 horas, cuando se use un horno de tiro forzado.

**Nota 8.** Desde que algunos materiales secos pueden absorber humedad de especímenes húmedos, deberán retirarse los especímenes secos antes de colocar especímenes húmedos en el mismo horno. Sin embargo, esto no sería aplicable si los especímenes secados previamente permanecieran en el horno por un período de tiempo adicional de 16 horas.

- 6.3.5 Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza usada en 6.3.3 de este ensayo. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.

**Nota 9.** Colocar las muestras en un desecador es más aceptable en lugar de usar las tapas herméticas ya que reduce considerablemente la absorción de la humedad de la atmósfera durante el enfriamiento especialmente en los contenedores sin tapa.

## 7.0 CALCULOS E INFORME

### 7.1. CALCULOS

- 7.1.1 Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso-de-agua}}{\text{Peso-de-suelo-secado-al-horno}} \xi 100$$
$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \xi 100 = \frac{M_w}{M_s} \xi 100$$

Donde:

- W = es el contenido de humedad, (%)
- $M_{cws}$  = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos
- $M_{cs}$  = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos
- $M_c$  = es el peso del contenedor, en gramos
- $M_w$  = es el peso del agua, en gramos
- $M_s$  = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

### 7.3 INFORME

- 7.3.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- a) La identificación de la muestra (material) ensayada, tal como el número de la perforación, número de muestra, número de ensayo, número de contenedor, etc.
- b) El contenido de agua del espécimen con aproximación al 1 % ó al 0,1 %, como sea apropiado dependiendo de la mínima muestra usada. Si se usa este método conjuntamente con algún otro método, el contenido de agua del espécimen deberá reportarse al valor requerido por el método de ensayo para el cual se determinó el contenido de humedad.
- c) Indicar si el espécimen de ensayo tenía un peso menor que el indicado en 6.1.2 de este ensayo.
- d) Indicar si el espécimen de ensayo contenía más de un tipo de material (estratificado, etc.).
- e) Indicar el método de secado si es diferente del secado en horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
- f) Indicar si se excluyó algún material del espécimen de ensayo.



## **8.0 PRECISION Y DISPERSION**

- 8.1** Repetibilidad: El coeficiente de variación de un operador simple se encontró en 2,7 %. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos apropiadamente por el mismo operador con el mismo equipo, no deberían ser considerados con sospecha si difieren en menos del 7,8 % de su media.
- 8.2** Reproducibilidad: El coeficiente de variación multilaboratorio se encontró en 5,0 %. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos por diferentes operadores usando equipos diferentes no deberán ser considerados con sospecha a menos que difieran en más del 14,0 % de su media.



**NORMA MTC 110 & 111 - ASTM  
D 4318 “LIMITES DE  
ATTEBERG”**



## MTC E 110

### DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

#### 1.0 OBJETO

- 1.1** Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

**Discusión:** Se considera que la resistencia al corte no drenada del suelo en el límite líquido es de 2 kPa (0,28 psi).

- 1.2** El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1** Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos véase anexos de clasificación de este manual. (SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte
- 2.2** Los límites líquido y plástico de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2 $\mu$ m para determinar su número de actividad
- 2.3** Frecuentemente se utilizan tres métodos para evaluar las características de intemperización de materiales compuestos por arcilla-lutita. Cuando se someten a ciclos repetidos de humedecimiento y secado, los límites de estos materiales tienden a incrementarse. La magnitud del incremento se considera ser una medida de la susceptibilidad de la lutitas a la intemperización.
- 2.4** El límite líquido de un suelo que contiene cantidades significativas de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado. La comparación del límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno puede por consiguiente ser usada como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica de un suelo

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1** NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

#### 4.0 EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1** Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.

- 4.1.3** Aparato del límite líquido (o de Casagrande).

De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos, construido de acuerdo con las dimensiones señaladas en la Figura 1.

De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes. Figura 1. El aparato debe dar los mismos valores para el límite líquido que los obtenidos con el aparato de operación manual.

- 4.1.4** Acanalador. Conforme con las dimensiones críticas indicadas en la figura 1.



- 4.1.5 Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de  $10,00 \pm 0,2$  mm ( $0,394 \pm 0,008$ ") de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- 4.1.6 Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- 4.1.7 Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- 4.1.8 Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  para secar la muestra.

#### 4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"- 4") de longitud y 20 mm ( $\frac{3}{4}$ "") de ancho aproximadamente.

#### 4.3 INSUMOS

- 4.3.1 Pureza del agua: Cuando este método de ensayo sea referida agua destilada, puede emplearse agua destilada o agua desmineralizada.

### 5.0 MUESTRA

- 5.1 Se obtiene una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz  $425 \mu\text{m}$  (Nº 40). Las muestras que fluyen libremente pueden ser reducidas por los métodos de cuarteo o división de muestras. Las muestras cohesivas deben ser mezcladas totalmente en un recipiente con una espátula, o cuchara y se obtendrá una porción representativa de la masa total extrayéndola dos veces con la cuchara.

### 6.0 PROCEDIMIENTO

#### Multipunto

- 6.1 Colocar una porción del suelo preparado, en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal. Tener cuidado en no dejar burbujas de aire atrapadas en la pasta con el menor número de pasadas de espátula como sea posible. Mantener el suelo no usado en el plato de mezclado. Cubrir el plato de mezclado con un paño húmedo (o por otro medio) para retener la humedad en la muestra.

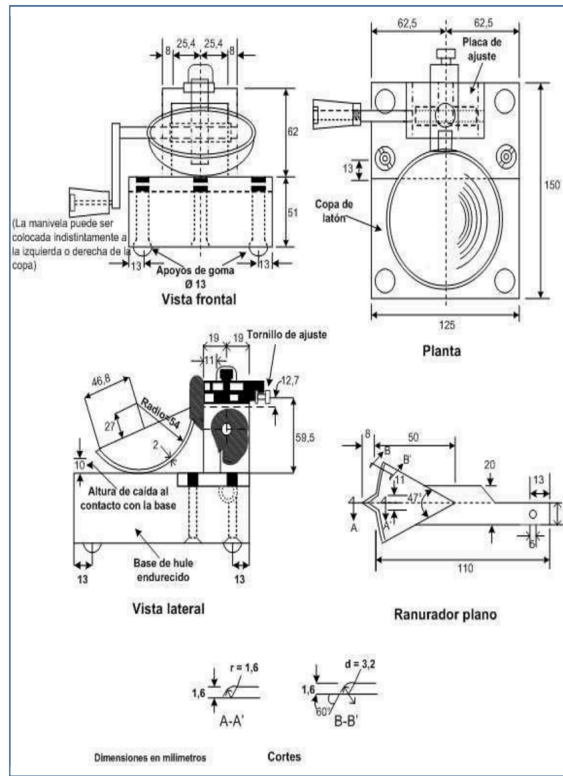
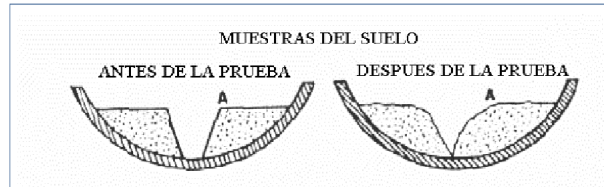


Figura 1: Aparato manual para límite líquido



- 6.1 Utilizando el acanalador, dividir la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa. Cuando se corte la ranura, mantener el acanalador contra la superficie de la copa y trazar un arco, manteniendo la corriente perpendicular a la superficie de la copa en todo su movimiento. En los suelos en los que no se puede hacer la ranura en una sola pasada sin desgarrar el suelo, cortar la ranura con varias pasadas del acanalador. Como alternativa, puede cortarse la ranura a dimensiones ligeramente menores que las requeridas, con una espátula y usar la del acanalador las dimensiones finales de la ranura.
- 6.2 Verificar que no existen restos de suelo por debajo de la copa. Levantar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de 13 mm (1/2 pulg).
 

**Nota1.** Se recomienda el uso de una regla graduada para verificar que la ranura se cerró en 13 mm (1/2 pulg).
- 6.3 Verificar que no se haya producido el cierre prematuro de la ranura debido a burbujas de aire, observando que ambos lados de la ranura se hayan desplazado en conjunto aproximadamente con



la misma forma. Si una burbuja hubiera causado el cierre prematuro de la ranura, formar nuevamente el suelo en la copa, añadiendo una pequeña cantidad de suelo para compensar la pérdida en la operación de ranuración y repetir de 6.1 a 6.3 a un contenido más elevado. Si luego de varias pruebas a contenidos de humedad sucesivamente más altos, la pasta de suelo se sigue deslizando en la copa o si el número de golpes necesarios para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se registrará que el límite no pudo determinarse, y se reportará al suelo como no plástico sin realizar el ensayo de límite plástico.

- 6.4 Registrar el número de golpes, N, necesario para cerrar la ranura. Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo de la torta de suelo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en la cual el suelo se deslizó en conjunto, colocarlo en un recipiente de peso conocido, y cubrirlo.
- 6.5 Regresar el suelo remanente en la copa al plato de mezclado. Lavar y secar la copa y el acanalador y fijar la copa nuevamente a su soporte como preparación para la siguiente prueba.
- 6.6 Mezclar nuevamente todo el espécimen de suelo en el plato de mezclado añadiéndole agua destilada para aumentar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura. Repetir de 6.1 a 6.6 para al menos dos pruebas adicionales produciendo números de golpes sucesivamente más bajos para cerrar la ranura. Una de estas pruebas se realizará para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 y 30 golpes, y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.
- 6.7 Determinar el contenido de humedad,  $W^n$ , del espécimen de suelo de cada prueba de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127. Los pesos iniciales deben determinarse inmediatamente después de terminar el ensayo. Si el ensayo se interrumpe por más de 15 minutos, el espécimen ya obtenido debe pesarse en el momento de la interrupción.

**Un punto**

- 6.8 El ensayo se efectúa en la misma

**7.0 CALCULOS**

**(Multipunto)**

- 7.1 Representar la relación entre el contenido de humedad,  $W^n$ , y el número de golpes correspondientes, N, de la copa sobre un gráfico semilogarítmico con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa en escala logarítmica. Trazar la mejor línea recta que pase por los tres puntos o más puntos graficados.
- 7.2 Tomar el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo. El método gráfico puede sustituir los métodos de ajuste para encontrar una línea recta con los datos, para encontrar el límite líquido.

**(Un punto)**

- 7.3 Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n$$

Donde:

- N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad,
- $W^n$  = Contenido de humedad del suelo,
- K = factor dado en la tabla A.1



Tabla A -1

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Tabla 1  
Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
<b>Precisión de un operador simple</b>		
Límite Líquido	0,8	2,4
<b>Precisión Multilaboratorio</b>		
Límite Líquido	3,5	9,9

**8.0 PRECISION Y DISPERSION****8.1 PRECISION**

8.1.1 El criterio para aceptar la aceptación de los resultados de los ensayos de límite líquido obtenido por este método de ensayo.

**8.2 DISPERSION**

8.2.1 Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.



## MTC E 111

### DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen
- 2.2 Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (véase anexos de clasificación SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.
- 2.3 Los plásticos de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2 $\mu$ m para determinar su número de actividad

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

#### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES E INSUMOS

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" - 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
- 4.1.2 Recipiente para Almacenaje, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.
- 4.1.3 Balanza, con aproximación a 0,01 g.
- 4.1.4 Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a 110  $\pm$  5 °C.
- 4.1.5 Tamiz, de 426  $\mu$ m (N° 40).
- 4.1.6 Agua destilada.
- 4.1.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- 4.1.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

##### 5.0 MUESTRA

- 5.1 Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426  $\mu$ m (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera como muestra para el ensayo.
- 5.2 El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.
- 5.3 Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado



en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

**6.0 PROCEDIMIENTO**

- 6.1 Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.
- 6.2 Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.

- 6.3 Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.
- 6.4 Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en 6.1, 6.2 y 6.3.

**7.0 CALCULOS E INFORME**

**7.1 CALCULOS**

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 1 para la precisión de un operador.

**Tabla 1**  
**Tabla de estimados de precisión.**

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
<b>Precisión de un operador simple</b>		
Límite Plástico	0,9	2,6
<b>Precisión Multilaboratorio</b>		
Límite Plástico	3,7	10,6

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

**7.2 CALCULOS DE INDICE DE PLASTICIDAD**

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Donde:

- L.L. = Límite Líquido
- L.P. = Límite Plástico
- L.L. y L.P., son números enteros

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).





## **8.0 PRECISION Y DISPERSION**

### **8.1 PRECISION**

8.1.1 El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de Límite Plástico obtenidos por este método de ensayo se da en la Tabla N° 1.

### **8.2 DISPERSION**

8.2.1 Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.

**NORMA MTC E 115 - ASTM D  
1557 “ENSAYO DE  
COMPACTACIÓN (PROCTOR  
MODIFICADO)”**



## MTC E 115

### COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

**Nota 1.** Los suelos y mezclas de suelos-agregados son considerados como suelos finos o de grano grueso o compuestos o mezclas de suelos naturales o procesados o agregados tales como grava, limo o piedra partida.

**Nota 2.** El equipo y procedimiento son los mismos que los propuestos por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos en 1945. La prueba de Esfuerzo Modificado es a veces referida como Prueba de Compactación de Proctor Modificado

- 2.2 Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm (¾ pulg).

**Nota 3.** Para relaciones entre Peso Unitario y Contenido de Humedad de suelos con 30% ó menos en peso de material retenido en la malla 19,0 mm (¾ pulg) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción que pasa la malla de 19,0 mm (¾ pulg), ver ensayo ASTM D 4718

- 2.3 Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

##### 2.3.1 METODO "A"

- 2.3.1.1 Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)
- 2.3.1.2 Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- 2.3.1.3 Número de capas: 5
- 2.3.1.4 Golpes por capa: 25
- 2.3.1.5 Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- 2.3.1.6 Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

##### 2.3.2 METODO "B"

- 2.3.2.1 Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.
- 2.3.2.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm (¾ pulg).
- 2.3.2.3 Número de Capas: 5
- 2.3.2.4 Golpes por capa: 25
- 2.3.2.5 Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg).



- 2.3.2.6 Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.
- 2.3.3 METODO "C"
- 2.3.3.1 Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.
- 2.3.3.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).
- 2.3.3.3 Número de Capas: 5
- 2.3.3.4 Golpes por Capa: 56
- 2.3.3.5 Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).
- 2.3.3.6 El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.
- Nota 4.** Los resultados tienden a variar ligeramente cuando el material es ensayado con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.
- 2.4** Si el espécimen de prueba contiene más de 5% en peso de un tamaño (fracción gruesa) y el material no será incluido en la prueba se deben hacer correcciones al Peso Unitario y Contenido de Agua del espécimen de ensayo ó la densidad de campo apropiada usando el método de ensayo ASTM D 4718.
- 2.5** Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco Máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método de ensayo se utiliza para suelos que drenan libremente, no se definirá bien el Peso Unitario Seco máximo y puede ser menor que la obtenida usando el Método de Prueba ASTM D 4253 (NTP 339.137).
- 2.6** Los valores de las unidades del SI son reconocidos como estándar. Los valores establecidos por las unidades de pulgadas-libras son proporcionados sólo como información.
- 2.6.1** En la profesión de Ingeniería es práctica común, usar indistintamente unidades que representan Masa y Fuerza, a menos que se realicen cálculos dinámicos ( $F = M \cdot a$ ). Esto implícitamente combina dos sistemas de diferentes Unidades, que son el Sistema Absoluto y el Sistema Gravimétrico. Científicamente, no se desea combinar el uso de dos sistemas diferentes en uno estándar. Este método de prueba se ha hecho usando unidades libra-pulgada (Sistema Gravimétrico) donde la libra (lbf) representa a la Unidad de Fuerza. El uso de libra-masa (lb. m) es por conveniencia de unidades y no intenta establecer que su uso es científicamente correcto. Las conversiones son dadas en el Sistema Internacional (SI) de acuerdo al ensayo ASTM E 380. El uso de balanzas que registran libra-masa (lbm) ó registran la densidad en lbm/pie<sup>3</sup> no se debe considerar como si no concordase con esta norma.
- 2.7** Este método de ensayo no hace referencia a todos los riesgos relacionadas con este uso, si los hubiera. Es responsabilidad del usuario establecer la seguridad apropiada y prácticas o pruebas confiables y así determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su uso.
- 2.8** El suelo utilizado como relleno en Ingeniería (terraplenes, rellenos de cimentación, bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias de Ingeniería tales como: resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad ó permeabilidad. También los suelos de cimentaciones son a menudo compactados para mejorar sus propiedades de Ingeniería. Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.
- 2.9** Durante el diseño de los rellenos de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad ( $w_o$ ) y el Peso Unitario Seco máximo ( $\rho_{dm\acute{a}x}$ ) mediante un ensayo de



compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado ( $w$ ), sea del lado húmedo o seco del óptimo ( $w_o$ ) ó al óptimo ( $w_o$ ) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ( $\beta_{dm\acute{a}x}$ ). La selección del contenido de agua ( $w$ ), sea del lado húmedo o seco del óptimo ( $w_o$ ) ó al óptimo ( $w_o$ ), y el Peso Unitario Seco ( $\beta_{dm\acute{a}x}$ ) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1.1 NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).
- 3.1.2 ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ((2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

#### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Ensamblaje del Molde.- Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad que se indican en 4.1.1.1 ó 4.1.1.2 de este ensayo y Figuras 1 y 2. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo "partido" deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección. El tipo "ahusado" debe tener un diámetro interno tipo tapa que sea uniforme y no mida más de 16,7 mm/m (0,200 pulg/pie) de la altura del molde. Cada molde tiene un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y contruidos de modo que puedan adherir de forma segura y fácil de desmoldar. El ensamblaje collar de extensión debe tener una altura que sobrepase la parte más alta del molde por lo menos 50,8 mm (2,0 pulg) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos 19,0 mm (0,75 pulg), por debajo de ésta.

El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.

- 4.1.1.1 Molde de 4 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio 101,6 ± 0,4 mm (4,000 ± 0,016 pulg) de diámetro interior, una altura de 116,4 ± 0,5 mm (4,584 ± 0,018 pulg) y un volumen de 944 ± 14 cm<sup>3</sup> (0,0333 ± 0,0005 pie<sup>3</sup>). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrado en la Fig. 1.
- 4.1.1.2 Molde de 6 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio 152,4 ± 0,7 mm (6,000 ± 0,026 pulg) de diámetro interior, una altura de: 116,4 ± 0,5mm (4,584 ± 0,018 pulg) y un volumen de 2 124 ± 25 cm<sup>3</sup> (0,075 ± 0,0009 pie<sup>3</sup>). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrando en Fig. 2.
- 4.1.2 Pisón ó Martillo.- Un pisón operado manualmente como el descrito en 4.1.2.1 de este ensayo ó mecánicamente como el descrito en 4.1.2.2 de este ensayo. El pisón debe caer libremente a una distancia de 457,2 ± 1,6 mm (18 ± 0,05 pulg) de la superficie de espécimen. La masa del pisón será 4,54 ± 0,01 kg (10 ± 0,02 lb-m), salvo que la masa pisón mecánico se ajuste al descrito en el Método de Ensayo ASTM D 2168 (ver Nota 5). La cara del pisón que golpea deberá ser plana y circular, excepto el nombrado en 4.1.2.3 de este ensayo con un diámetro de 50,80 ± 0,13 mm (2,000 ± 0,005 pulg), (Figuras 1 y 2). El pisón deberá ser reemplazado si la cara que golpea se desgasta ó se deforma al punto que el diámetro sobrepase los 50,800 ± 0,25 mm (2,000 ± 0,01 pulg).

**Nota 5.** Es práctica común y aceptable en el Sistema de libras-pulgadas asumir que la masa del pisón es igual a su masa determinada utilizado sea una balanza en kilogramos ó libras, y una libra-fuerza es igual a 1 libra-masa ó 0,4536 kg ó 1N es igual a 0,2248 libras-masa ó 0,1020 kg.

- 4.1.2.1 Pisón Manual.- El pisón deberá estar equipado con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pisón y la cabeza no sea restringida. La guía deberá tener al menos 4 orificios de ventilación en cada extremo (8 orificios en total) localizados con centros de 19,0 ± 1,6 mm



( $\frac{3}{4} \pm \frac{1}{16}$  pulg) y espaciados a 90°. Los diámetros mínimos de cada orificio de ventilación deben ser 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  pulg). Orificios adicionales ó ranuras pueden ser incorporados en el tubo guía.

- 4.1.2.2 Pisón Mecánico Circular.- El pisón puede ser operado mecánicamente de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen. Debe haber  $2,5 \pm 0,8$  mm ( $0,10 \pm 0,03$  pulg) de espacio libre entre el pisón y la superficie interna del molde en su diámetro más pequeño. El pisón mecánico debe cumplir los requisitos de calibración requeridos por el Método de Ensayo ASTM D 2168. El pisón mecánico debe estar equipado con medios mecánicos capaz de soportar el pisón cuando no está en operación.
- 4.1.2.3 Pisón Mecánico.- Cuando es usado un molde de 152,4mm (6,0 pulg), un sector de la cara del pisón se debe utilizar en lugar del pisón de cara circular. La cara que contacta el espécimen tendrá la forma de un sector circular de radio igual a  $73,7 \pm 0,5$ mm ( $2,90 \pm 0,02$  pulg). El pisón se operará de tal manera que los orificios del sector se ubiquen en el centro del espécimen.
- 4.1.3 Extractor de Muestras (opcional).- Puede ser una gata, estructura u otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.
- 4.1.4 Balanza.- Una balanza de tipo GP5 que reúna los requisitos de la Especificación ASTM D 4753, para una aproximación de 1 gramo.
- 4.1.5 Horno de Secado.- Con control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5$  °C a través de la cámara de secado.

## 4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Regla.- Una regla recta metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 254 mm (10 pulgadas). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de  $\pm 0,1$  mm ( $\pm 0,005$  pulg). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 3 mm (1/8 pulg).
- 4.2.2 Tamices ó Mallas.- De 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  pulg), 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  pulg) y 4,75mm (Nº 4), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11.
- 4.2.3 Herramientas de Mezcla.- Diversas herramientas tales como cucharas, morteros, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

## 5.0 MUESTRA

- 5.1 La masa de la muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 16 kg (35 lbm) y para el Método C es aproximadamente 29 kg (65 lbm) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener un peso húmedo de al menos 23 kg (50 lbm) y 45 kg (100 lbm) respectivamente.
- 5.2 Determinar el porcentaje de material retenido en la malla 4,75mm (Nº 4), 9,5mm ( $\frac{3}{8}$  pulg) ó 19,0mm ( $\frac{3}{4}$  pulg) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino (NTP 339.128 ó ASTM C 136). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de las cuales la información que se desea.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

### 6.1 PREPARACION DE APARATOS

- 6.1.1 Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B ó C) a ser usado. Determinar y anotar su masa con aproximación a 1 gramo. Ensamblar el molde, base y collar de extensión. Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde. Ajustar si es necesario.
- 6.1.2 Revise que el ensamblado del pisón esté en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastado. Realizar cualquier ajuste ó reparación necesaria. Si los ajustes ó reparaciones son hechos, el martillo deberá volver a ser calibrado.



- 6.1.3 Calibración de los siguientes aparatos antes del uso inicial, después de reparaciones u otros casos que puedan afectar los resultados del ensayo, en intervalos no mayores que 1 000 muestras ensayadas o anualmente, cualquiera que ocurra primero; para los siguientes aparatos.
- Balanza.- Evaluar de acuerdo con especificaciones ASTM D 4753 (Especificaciones, Evaluación, Selección y Elección de Balanzas y Escalas para uso muestras de suelos y rocas.)
  - Moldes.- Determinar el volumen como se describe en Anexo A1.
  - Pisón Manual.- Verifique la distancia de caída libre, masa del pisón y la cara del pisón de acuerdo con 4.1.2 de este ensayo. Verificar los requisitos de la guía de acuerdo con 4.1.2.1 de este ensayo.
  - Pisón Mecánico.- Calibre y ajuste el pisón mecánico de acuerdo al Método de Ensayo ASTM D 2168 (Calibración de Pisón Mecánico de Compactación de Suelos en Laboratorio) Además, el espacio libre entre el pisón y la superficie interior del molde debe verificarse de acuerdo a 4.1.2.2 de este ensayo.
- 6.2 PREPARACION DEL ENSAYO
- 6.2.1 SUELOS
- 6.2.1.1 No vuelva a usar el suelo que ha sido compactado previamente en Laboratorio.
- 6.2.1.2 Utilice el método de preparación húmedo y cuando se ensaye con suelos que contienen hallosita hidratada o donde la experiencia con determinados suelos indica que los resultados pueden ser alterados por el secado al aire, (ver 6.2.2 de este ensayo).
- 6.2.1.3 Preparar los especímenes del suelo para el ensayo de acuerdo al párrafo 6.2.2 (de preferencia) o con 6.2.3 de este ensayo.
- 6.2.2 METODO DE PREPARACION HUMEDA (PREFERIBLE)
- 6.2.2.1 Sin secado previo de la muestra, pásela a través del tamiz 4,75mm (Nº 4); 9,5mm (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg), dependiendo del Método a ser usado (A, B ó C). Determine el contenido de agua del suelo procesado.
- 6.2.2.2 Prepare mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo deberá ser preparado primero, añadiendo al cálculo agua y mezcla (ver Nota 6). Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es necesario dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para definir exactamente la curva de compactación del peso seco unitario (ver 7.1.1 de este ensayo). Algunos suelos con muy alto óptimo contenido de agua ó una curva de compactación relativamente plana requieren grandes incrementos de contenido de agua para obtener un Peso Unitario Seco Máximo bien definido. Los incrementos de contenido de agua no deberán excederán de 4%.
- Nota 6.** Con la práctica es posible juzgar visualmente un punto cercano al óptimo contenido de agua. Generalmente, el suelo en un óptimo contenido de agua puede ser comprimido y quedar así cuando la presión manual cesa, pero se quebrará en dos secciones cuando es doblada. En contenidos de agua del lado seco del óptimo, los suelos tienden a desintegrarse; del lado húmedo del óptimo, se mantienen unidos en una masa cohesiva pegajosa. El óptimo contenido de humedad frecuentemente es ligeramente menor que el límite plástico.
- 6.2.2.3 Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta empleando el Métodos A ó B; ó 5,9 kg (13 lbm) cuando se emplee el Método C. Para obtener los contenidos de agua del espécimen que se indica en 6.2.2.2 de este ensayo, añada o remueva las cantidades requeridas de agua de la siguiente manera: Añada poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 60°C (140°F).



Mezclar el suelo continuamente durante el proceso de secado para mantener la distribución del contenido agua en todas partes y luego colóquelo aparte en un contenedor con tapa y ubíquelo de acuerdo con la Tabla Nº1 antes de la compactación. Para seleccionar un tiempo de espera, el suelo debe ser clasificado o seleccionado mediante el método de ensayo NTP 339.134, la práctica ASTM D 2488 o mediante datos de otras muestras del mismo material de origen. Para ensayos de determinación, la clasificación deberá ser por Método de ensayo NTP 339.134 (ASTM D 2487)

### 6.2.3 METODO DE PREPARACION EN SECO

6.2.3.1 Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado puede ser al aire o por el uso de un aparato de secado tal que la temperatura de la muestra no exceda de 60 °C. Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar quebrar las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: 4,75 mm (Nº4); 9,5 mm (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg). Durante la preparación del material granular que pasa la malla ¾ pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.

6.2.3.2 Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes de acuerdo con 6.2.2.2.

6.2.3.3 Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el Método A, B ó 5,9 kg (13 libras) cuando se emplee el Método C. Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos en 6.2.2.2 de este ensayo. Seguir la preparación del espécimen por el procedimiento especificado en 6.2.2.3 de este ensayo para los suelos secos ó adicionar agua en el suelo y el curado de cada espécimen de prueba.

6.2.4 Compactación.- Después del curado, si se requiere, cada espécimen se compactará de la siguiente manera:

6.2.4.1 Determinar y anotar la masa del molde ó molde y el plato de base.

6.2.4.2 Ensamble y asegure el molde y el collar al plato base. El molde se apoyará sobre un cimiento uniforme y rígido, como la proporcionada por un cilindro o cubo de concreto con una masa no menor de 91 kg (200 lbm). Asegurar el plato base a un cimiento rígido. El método de unión al cimiento rígido deberá permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.

6.2.4.3 Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 5 mm (2 pulg) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactado o extendido cerca de la superficie compactada será recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo u otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá 6 mm (1/4 pulg) de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de 6 mm (1/4 pulg) de la parte superior del molde, el espécimen será descartado. El espécimen será descartado cuando el último golpe del pisón para la quinta capa resulta por debajo de la parte superior del molde de compactación.

6.2.4.4 Compactar cada capa con 25 golpes para el molde de 101,6 mm (4 pulg) ó 56 golpes para el molde de 152,4 mm (6 pulgadas).

**Nota 7.** Cuando los especímenes de compactación se humedecen más que el contenido de agua óptimo, pueden producirse superficies compactadas irregulares y se requerirá del juicio del operador para la altura promedio del espécimen.





- 6.2.4.5 Al operar el pisón manual del pisón, se debe tener cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el pisón sube. Mantener la guía firmemente y dentro de 5° de la vertical. Aplicar los golpes en una relación uniforme de aproximadamente 25 golpes/minuto y de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen.
- 6.2.4.6 Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde, excepto como se especifica en 6.2.4.7 de este ensayo. El cuchillo debe usarse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.
- 6.2.4.7 Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o cortado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde. Repetir las operaciones anteriores en la parte inferior del espécimen cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato base se remueve. Para estas situaciones, dejar el plato base fijo al molde. Cuando se deja unido el plato base, el volumen del molde deberá calibrarse con el plato base unido al molde o a un plato de plástico o de vidrio como se especifica en el anexo A1 (A.1.4.1 de este ensayo).
- 6.2.4.8 Determine y registre la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.
- 6.2.4.9 Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quíbrelo para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500 g del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método ensayo NTP 339.127.

## 7.0 CALCULOS E INFORME

### 7.1 CALCULOS

- 7.1.1 Calcule el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado como se explica en 7.1.3 y 7.1.4 de este ensayo, plotee los valores y dibuje la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos (ver ejemplo, Fig. 3). Plotee el Peso Unitario Seco con aproximación 0,2 kN/m<sup>3</sup> (0,1 lbf/ft<sup>3</sup>) y contenido de agua aproximado a 0,1%. En base a la curva de compactación, determine el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo. Si más de 5% en peso del material sobredimensionado (tamaño mayor) fue removido de la muestra, calcular el Peso unitario seco máximo y óptimo contenido de Humedad corregido del material total usando la Norma ASTM D 4718. Esta corrección debe realizarse en el espécimen de ensayo de densidad de campo, más que al espécimen de ensayo de laboratorio.
- 7.1.2 Plotear la curva de saturación al 100%. Los valores de contenido de agua para la condición de 100% de saturación puede ser calculadas como se explica en 7.1.5 de este ensayo (ver ejemplo, Fig. 3).

**Nota 8.** La curva de saturación al 100% es una ayuda al diseñar la curva de compactación. Para suelos que contienen más de 10% de finos a contenidos de agua que superan el óptimo, las dos curvas generalmente llegan a ser aproximadamente paralelas con el lado húmedo de la curva de compactación entre 92 á 95% de saturación. Teóricamente, la curva de compactación no puede ser ploteada o trazarse a la derecha de la curva de 100% de saturación. Si esto ocurre, hay un error en la gravedad específica, en las mediciones, en los cálculos, en procedimientos de ensayo o en el ploteo.



**Nota 9.** La curva de 100% de saturación se denomina algunas veces como curva de relación de vacíos cero o la curva de saturación completa.

- 7.1.3 Contenido de Agua,  $w$ . - Calcular de acuerdo con Método de Ensayo NTP 339.127.
- 7.1.4 Peso Unitario Seco.- Calcular la densidad húmeda (ecuación 1), la densidad seca (ecuación 2) y luego el Peso Unitario Seco (ecuación 3) como sigue:

$$\rho_m = 1000 \frac{(M_t - M_{md})}{V} \quad (1)$$

Donde:

- $\rho_m$  = Densidad Húmeda del espécimen compactado ( $Mg/m^3$ )
- $M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)
- $M_{md}$  = Masa del molde de compactación (kg)
- $V$  = Volumen del molde de compactación ( $m^3$ ) (Ver Anexo A1)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \quad (2)$$

Donde:

- $\rho_d$  = Densidad seca del espécimen compactado ( $Mg/m^3$ )
- $w$  = contenido de agua (%)

$$\rho_d = 62,43 \rho_d \text{ en } lbf/ft^3 \quad (3)$$

$$\rho_d = 9,807 \rho_d \text{ en } kN/m^3$$

Donde:

- $\rho_d$  = peso unitario seco del espécimen compactado.

- 7.1.5 En el cálculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

- $W_{sat}$  = Contenido de agua para una saturación completa (%).
- $\gamma_w$  = Peso unitario del agua  $9,807 kN/m^3$  ó  $(62,43 lbf/ft^3)$ .
- $\gamma_d$  = Peso unitario seco del suelo.
- $G_s$  = Gravedad específica del suelo.

**Nota 10.** La gravedad específica puede ser calculada para los especímenes de prueba en base de datos de ensayos de otras muestras de la misma clasificación de suelo y origen. De otro modo sería necesario el ensayo de Gravedad Específica NTP 339.131.

## 7.2 INFORME

- 7.2.1 Reportar la siguiente información:
  - 7.2.1.1 Procedimiento usado (A, B o C).
  - 7.2.1.2 Método usado para la preparación (húmedo ó seco).
  - 7.2.1.3 El contenido de agua recibida, si se determinó.
  - 7.2.1.4 El óptimo Contenido de Agua Modificado, con aproximación al 0,5 %.



- 7.2.1.5 El Peso Unitario Seco Máximo, con aproximación a  $0,5 \text{ lbf/pe}^3$ .
- 7.2.1.6 Descripción del Pisón (Manual ó Mecánico).
- 7.2.1.7 Datos del tamizado del suelo para la determinación del procedimiento (A, B ó C) empleado.
- 7.2.1.8 Descripción o Clasificación del material usado en la prueba (ASTM D 2488, NTP 339.134).
- 7.2.1.9 Gravedad Específica y Método de Determinación.
- 7.2.1.10 Origen del material usado en el ensayo, por ejemplo, proyecto, lugar, profundidad, etc.
- 7.2.1.11 Ploteo de la Curva de Compactación mostrando los puntos de compactación utilizados para establecerla y la curva de compactación y la curva de 100% saturación, el punto de Peso Unitario Seco Máximo y Optimo Contenido de Agua.
- 7.2.1.12 El dato de Corrección por Fracción Sobredimensionada si es usado, incluyendo la fracción sobredimensionada (Fracción Gruesa), Pc en %.

## **8.0 PRECISION Y DISPERSION**

- 8.1** PRECISION.- Todos los datos están siendo evaluados para determinar la precisión de este método de ensayo. Además los datos pertinentes están siendo solicitados por los usuarios de este método de ensayo.
- 8.2** CONFIABILIDAD.- No es posible obtener la información sobre la confiabilidad porque no existe otros métodos de determinación de valores de máximo Peso Unitario Seco Modificada y Optimo Contenido de Humedad.



**ANEXO**  
**(INFORMACION OBLIGATORIA)**

**A1. VOLUMEN DEL MOLDE DE COMPACTACION**

A1.1. OBJETIVO

A1.1.1. Este anexo describe el procedimiento para la determinación del volumen del molde de compactación.

A1.1.2. El volumen es determinado por un método de llenado con agua y chequeado con un método de medición lineal.

A1.2. APARATOS

A1.2.1. En adición a los aparatos listados en la sección 4, los siguientes ítems son requeridos:

A1.2.1.1 Vernier o Dial Calibrado, graduado en un rango de 0 a 150 mm (0 a 6 pulg) y sensibilidad de 0,02 mm (0,001 pulg).

A1.2.1.2 Micrómetro Interior, graduado en un rango de 50 a 300 mm (2 a 12 pulg) y aproximación de lectura a 0,02 mm (0,001 pulg).

A1.2.1.3 Platos de Plástico ó Vidrio, Dos platos de vidrio o plástico de de espesor 200 mm<sup>2</sup> por 6 mm (8 pulg<sup>2</sup> por 1/4 pulg).

A1.2.1.4 Termómetro, de un rango de 0 - 50 °C, con graduaciones cada 0,5 °C, de acuerdo a las Especificaciones ASTM E 1.

A1.2.1.5 Llave de cierre engrasada o sellador similar.

A1.2.1.6 Equipo diverso; jeringa de pera, secadores, etc.

A1.3. PRECAUCIONES

A1.3.1. Desarrollar este procedimiento en un área aislada de corrientes de aire y fluctuaciones extremas de temperatura.

A1.4. PROCEDIMIENTO

A1.4.1. Método de Llenado de agua:

A1.4.1.1 Engrasar ligeramente la base del molde de compactación y colocarlo en uno de los platos de plástico ó vidrio. Engrasar ligeramente la parte superior del molde. Tener cuidado de no engrasar el interior del molde. Si es necesario usar el plato base, como se anota en 6.2.4.7 de este ensayo., colocar al molde engrasado en el plato base y asegurar con los tornillos sujetadores.

A1.4.1.2 Determinar la masa del molde engrasado y platos de vidrio o plástico con aproximación al 1 g (0,01 lb-m).

A1.4.1.3 Colocar el molde y la base del plato en una superficie nivelada, firme y llenar el molde con agua ligeramente hasta los bordes.

A1.4.1.4 Deslizar el segundo plato sobre el borde superior del molde de tal manera que el molde quede completamente lleno de agua y sin burbujas de aire atrapadas. Añadir o quitar agua si es necesario, con la jeringa bombilla.

A1.4.1.5 Secar completamente cualquier exceso de agua del exterior del molde y platos.

A1.4.1.6 Determinar el peso del molde, platos y agua y registrar con aproximación a 1 g (0,01 lb-m).

A1.4.1.7 Determinar la temperatura del agua en el molde con aproximación 1 °C y registrar. Determinar la densidad absoluta del agua según la Tabla A1.1.

A1.4.1.8 Calcular el peso del agua en el molde restando el peso determinado en A1.4.1.2. del registrado en A1.4.1.6.



- A1.4.1.9 Calcular el volumen de agua dividiendo el peso del agua por la densidad de agua y registrar con aproximación a 1 cm<sup>3</sup> (0,0001 pie<sup>3</sup>).
- A1.4.1.10 Cuando el plato de base es usado para la calibración del volumen del molde repetir los pasos A1.4.1.3 al A1.4.1.9.
- A1.4.2 Método de Mediciones Lineales:
  - A1.4.2.1 Usando el vernier calibrador o el micrómetro interior, medir el diámetro del molde seis veces la parte superior del molde y seis veces en la parte inferior del molde, espaciando proporcionalmente cada una de las seis mediciones alrededor de la circunferencia del molde. Registrar valores con aproximación a 0,02 mm (0,001 pulgadas).
  - A1.4.2.2 Usando el vernier calibrador, medir la altura interior del molde realizando tres medidas igualmente espaciados alrededor de la circunferencia del molde. Registrar los valores con aproximación 0,02 mm (0,001 pulgadas).
  - A1.4.2.3 Calcular el promedio del diámetro de la parte superior del molde, promedio del diámetro de la parte inferior del molde y la altura.
  - A1.4.2.4 Calcular el volumen del molde y registrar con aproximación a 1 cm<sup>3</sup> (0,0001 pie<sup>3</sup>) utilizando la ecuación A1a (para pulgadas-libra) ó A1b (para SI):

$$V = \frac{(\bar{v}_t)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(1728)} \quad (A.1.a)$$

$$V = \frac{(\bar{v}_t)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(10)^3} \quad (A.1.b)$$

Donde:

- V = Volumen de molde, cm<sup>3</sup>, (pie<sup>3</sup>)
- H = Promedio de altura, mm, (pulg).
- dt = Promedio de diámetro de la parte superior, mm (pulg)
- db = Promedio de diámetro de la parte inferior, mm (pulg)
- 1/1728 = Constante para convertir pulg<sup>3</sup> a pie<sup>3</sup>
- 1/103 = Constante para convertir mm<sup>3</sup> a cm<sup>3</sup>

- A1.5. Comparación de Resultados
  - A1.5.1 El volumen obtenido por otro método debe estar dentro de los requisitos de tolerancia de 4.1.1.1. y 4.1.1.2.
  - A1.5.2 La diferencia entre los dos métodos no debe ser mayor que 0,5 % del volumen nominal del molde.
  - A1.5.3 Repetir la determinación de volumen si estos criterios no concuerdan.
  - A1.5.4 La falla en la obtención de un acuerdo satisfactorio entre los dos métodos incluso después de varias tentativas, es una indicación que el molde se encuentra muy deformado y debe ser reemplazado.
  - A1.5.5 Emplear el volumen del molde determinado, con el método de llenado en agua, como el valor de volumen asignado para cálculo de humedad y densidad seca (ver 7.1.4).

**Tabla 1**  
**Tiempo de permanencia requerido para saturación de especímenes**

Clasificación	Tiempo de permanencia mínimo en horas
GW, GP, SW, SP	No se requiere
GM, SM	3
Todos los demás suelos	16



**Tabla 2**  
**Equivalencia métricas para las figuras N° 1 y 2**

Pulgadas	milímetros
0,016	0,41
0,026	0,66
0,032	0,81
0,028	0,71
½	12,70
2 ½	63,50
2 ⅝	66,70
4	101,60
4 ½	114,30
4,584	116,43
4 ¾	120,60
6	152,4
6 ½	165,10
6 ⅝	168,30
6 ¾	171,40
8 ¼	208,60

pie <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
1/30 (0,0333)	943
0,0005	14
1/13,333 (0,0750)	2 124
0,0011	31

**Tabla A.1.1**  
**Densidad del Agua**

Temperatura °C (°F)	Densidad del Agua g/ml
18 (64,4)	0,99862
19 (66,2)	0,99843
20 (68,0)	0,99823
21 (69,8)	0,99802
22 (71,6)	0,99779
23 (73,4)	0,99756
24 (75,2)	0,99733
25 (77,0)	0,99707
26 (78,8)	0,99681

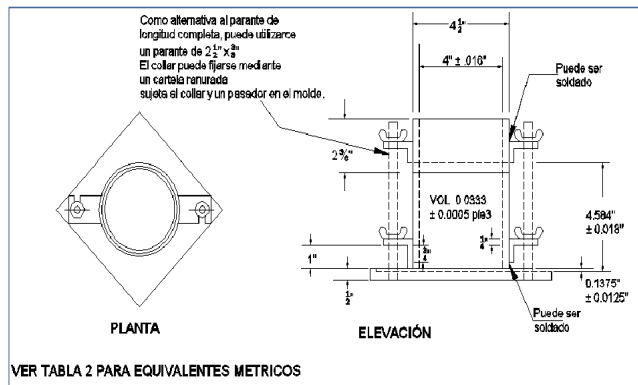


Figura 1: Molde cilíndrico de 4,0 pulg

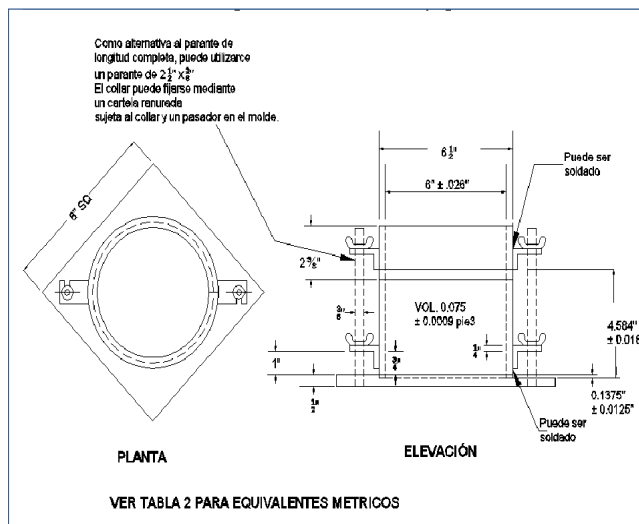


Figura 2: Molde cilíndrico de 6,0 pulg

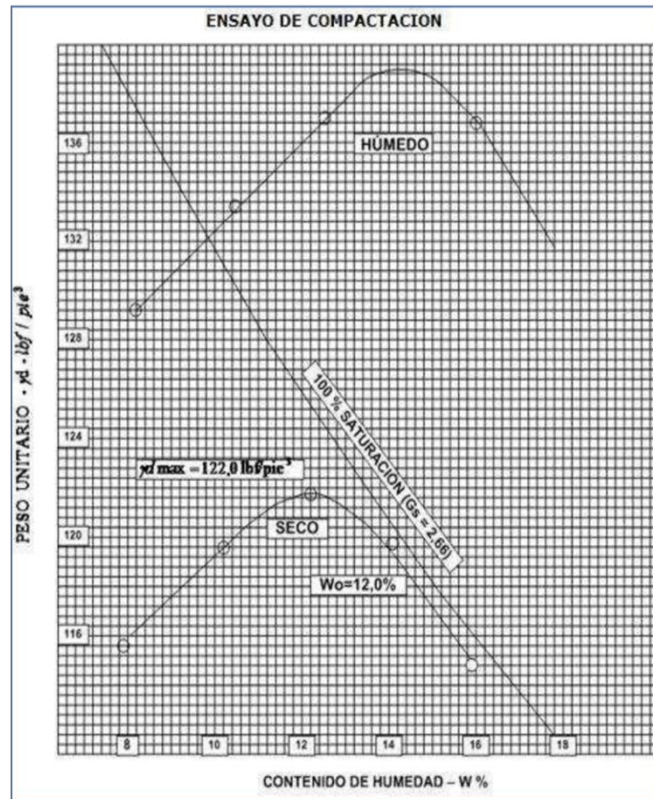


Figura 3. Ejemplo de Gráfico de Curva de Compactación



**NORMA MTC E 132 - ASTM D  
1883 “CBR EN SUELOS  
(LABORATORIO)”**



## MTC E 132

### CBR DE SUELOS (LABORATORIO)

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.
- 2.2 Para aplicaciones donde el efecto del agua de compactación sobre el CBR es mínimo, tales como materiales no-cohesivos de granos gruesos, o cuando sea permisible para el efecto de diferenciar los contenidos de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR puede determinarse al óptimo contenido de agua de un esfuerzo de compactación especificado. El peso unitario seco especificado es normalmente el mínimo porcentaje de compactación permitido por la especificación de compactación de campo de la entidad usuaria.
- 2.3 Para aplicaciones donde el efecto del contenido de agua de compactación en el CBR es desconocido o donde se desee explicar su efecto, el CBR se determina para un rango de contenidos de agua, generalmente el rango de contenido de agua permitido para la compactación de campo por la especificación de compactación en campo de la entidad usuaria.
- 2.4 Los criterios para la preparación del espécimen de prueba con respecto a materiales cementados (y otros) los cuales recuperan resistencia con el tiempo, deben basarse en una evaluación geotécnica de ingeniería. Según sea dirigido por un ingeniero, los mismos materiales cementados deberán ser curados adecuadamente hasta que puedan medirse las relaciones de soporte que representen las condiciones de servicio a largo plazo.
- 2.5 Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.
- 2.6 Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

#### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral 4.1.7.

El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44,5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

- 4.1.2 Molde, de metal, cilíndrico, de 152,4mm  $\pm$  0,66 mm (6  $\pm$  0,026") de diámetro interior y de 177,8  $\pm$  0,46 mm (7  $\pm$  0,018") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0")

de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

- 4.1.3 Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150,8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de  $61,37 \pm 0,127$  mm ( $2,416 \pm 0,005$ ") de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- 4.1.4 Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

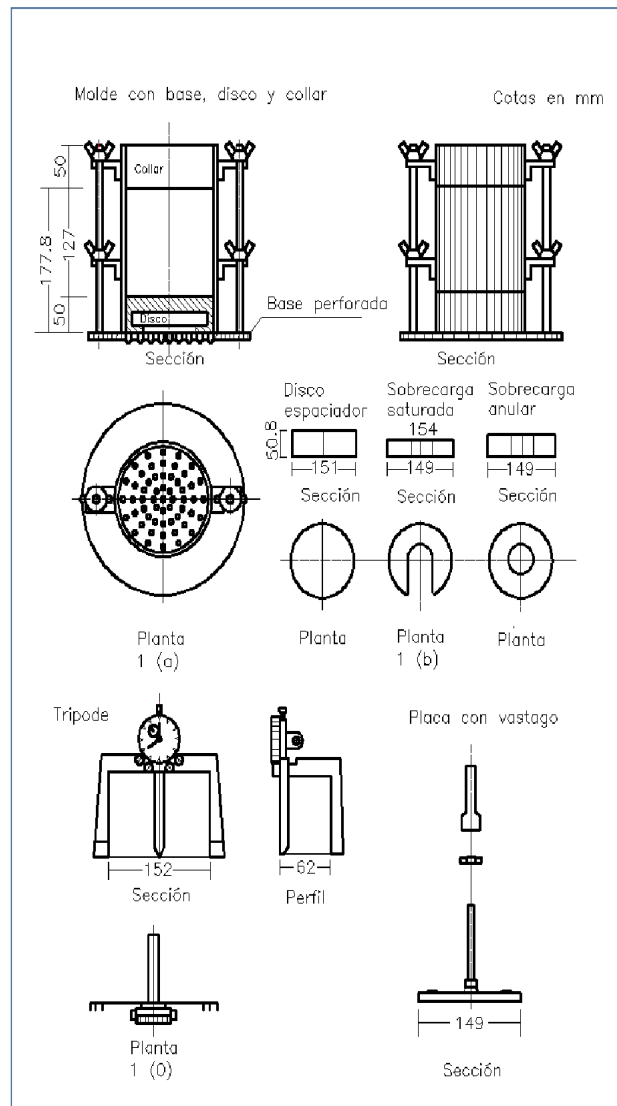


Figura 1.



4.1.5 Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149,2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Figura 1d).
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0,025 mm (0,001") (véase Figura 1c).

4.1.6 Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de  $4,54 \pm 0,02$  kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de  $2,27 \pm 0,02$  kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener 5 7/8" a 5 15/16" (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de 2 1/8" aproximado (53,98 mm) de diámetro.

4.1.7 Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de  $49,63 \pm 0,13$  mm (1,954 ± 0,005") de diámetro, área de 19,35 cm<sup>2</sup> (3 pulg<sup>2</sup>) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 6,4, pero nunca menor de 101,6 mm (4").

4.1.8 Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.

4.1.9 Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

4.1.10 Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.

4.1.11 Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0,1 g, respectivamente.

4.1.12 Tamices, de 4,76 mm (No. 4), 19,05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").

4.1.13 Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

## 5.0 MUESTRA

5.1 La muestra deberá ser preparada y los especímenes para la compactación deberán prepararse de acuerdo con los procedimientos dados en los métodos de prueba NTP 339.141 ó NTP 339.142 para la compactación de un molde de 152,4mm (6") excepto por lo siguiente:

- Si todo el material pasa el tamiz de 19mm (3/4"), toda la graduación deberá usarse para preparar las muestras a compactar sin modificación. Si existe material retenido en el tamiz de 19 mm (3/4"), este material deberá ser removido y reemplazado por una cantidad igual de material que pase el tamiz de ¾ de pulgada (19 mm) y sea retenido en el tamiz N° 4 obtenido por separación de porciones de la muestra no de otra forma usada para ensayos.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingenieros de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un período de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material.

6.2 Preparación de la Muestra.- Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4") sea



superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19,1 mm (3/4") y de 4,75 mm (Nº4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.

De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108.

Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo, generalmente la óptima determinada según el ensayo de compactación elegido y se mezcla íntimamente con la muestra.

- 6.3** Elaboración de especímenes. Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas (véase Figura 2a). Es frecuente utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

**Nota 1.** En este procedimiento queda descrito cómo se obtiene el índice CBR para el suelo colocado en un solo molde, con una determinada humedad y densidad. Sin embargo, en cada caso, al ejecutar el ensayo deberá especificarse el número de moldes a ensayar, así como la Humedad y Peso Unitario a que habrán de compactarse.

Si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del Suelo de acuerdo con la Norma MTC E 108. Si la muestra no va a ser sumergida, la porción de material para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se saca del molde y se rompe por la mitad.

Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier depresión producida al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellenará con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula.

Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base. Se pesa.

- 6.4** Inmersión. Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo que



se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg (véase Figura 2b).

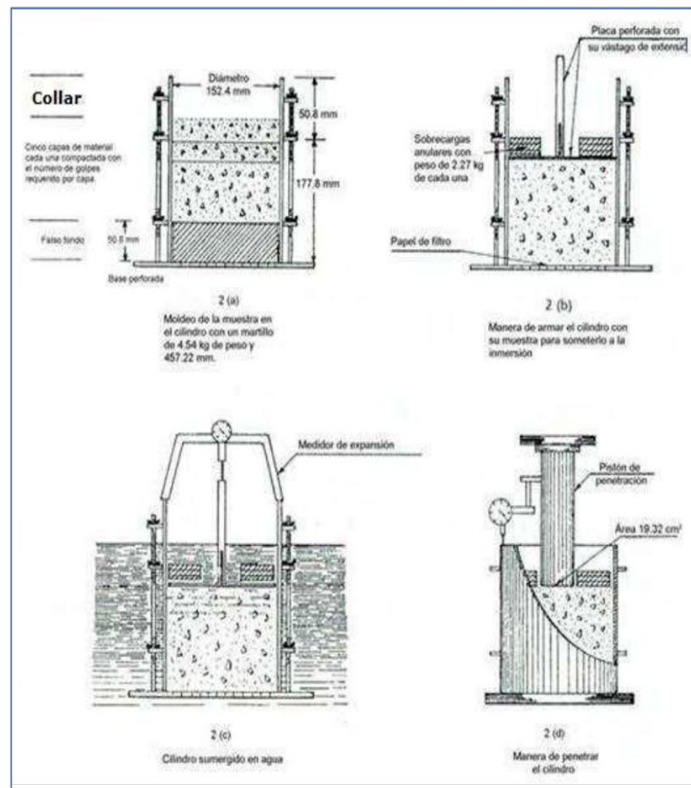
**Nota 2.** A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde aproximadamente a 4,54 kg de sobrecarga.

Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del dial con el de la placa perforada. Se anota su lectura, el día y la hora. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) "con el nivel de agua aproximadamente constante. Es admisible también un período de inmersión más corto si se trata de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados (véase Figura 2c).

Al final del período de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento. Si es posible, se deja el trípode en su posición, sin moverlo durante todo el período de inmersión; no obstante, si fuera preciso, después de la primera lectura puede retirarse, marcando la posición de las patas en el borde del molde para poderla repetir en lecturas sucesivas. La expansión se calcula como un porcentaje de la altura del espécimen.

Después del período de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración según el proceso del numeral siguiente.

Es importante que no transcurra más tiempo que el indispensable desde cuando se retira la sobrecarga hasta cuando vuelve a colocarse para el ensayo de penetración.



**Figura 2: Determinación del valor de la relación de soporte en el laboratorio**

**6.5 Penetración.** Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con  $\pm 2,27$  kg de aproximación) pero no menor de 4,54 kg. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra. Llévese el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añada el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los dials medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración (véase Figura 2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde.

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. Las prensas manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:



### Penetración

Milímetros	Pulgadas
0,63	0,025
1,27	0,050
1,90	0,075
2,54	0,100
3,17	0,125
3,81	0,150
5,08	0,200
7,62	0,300
10,16	0,400
12,70	0,500

\* Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

Finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

#### 6.6 PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO SOBRE MUESTRAS INALTERADAS

En el caso de muestras inalteradas se procede como sigue:

- Se trabajará en una calicata de aproximadamente 0,80 x 0,80 m.
- Se nivela la superficie y se coloca el molde en el centro del área de trabajo. El molde se le debe haber adicionado el anillo cortador.
- Posteriormente se excava suavemente alrededor del molde, presionándolo para que corte una delgada capa de suelo a su alrededor.
- Se clava el molde en el suelo poco a poco, con ayuda de herramientas apropiadas, hasta llenarlo, haciendo uso de la técnica para la toma de muestras inalteradas que se describe en la norma MTC E 112. Debe entenderse que por ningún motivo la muestra debe ser golpeada, tanto en el proceso de recuperación en el campo, como en su transporte y trabajo de laboratorio.
- Una vez lleno el molde, se parafinan sus caras planas y, cuidando de no golpearlo, se traslada al laboratorio. Cuando se vaya a efectuar el ensayo se quita la parafina de ambas caras y, con ayuda de la prensa y el disco espaciador o de un extractor de muestras, se deja un espacio vacío en el molde equivalente al del disco espaciador, enrasando el molde por el otro extremo. A continuación se procede como con las muestras preparadas en el laboratorio. La operación para dejar ese espacio vacío no es necesaria ( $7,0'' \pm 0,16''$ ) si se utiliza un molde con 127 mm (5") de altura, en vez de los 177,8 mm, y se monta el collar antes de proceder al ensayo de penetración.

#### 7.0 CALCULOS E INFORME

##### 7.1 CALCULOS

- 7.1.1 Humedad de compactación. El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \xi 100$$

Donde:

- H = Humedad prefijada  
h = Humedad natural



- 7.1.2 Densidad o peso unitario. La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Proctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.
- 7.1.3 Agua absorbida. El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta (numerales 4.1.3 y 4.1.4); la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.
- Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.
- 7.1.4 Presión de penetración. Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva (véase Figura 3).
- 7.1.5 Expansión. La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión, numeral 6.3. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5").

Es decir:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$$

Donde

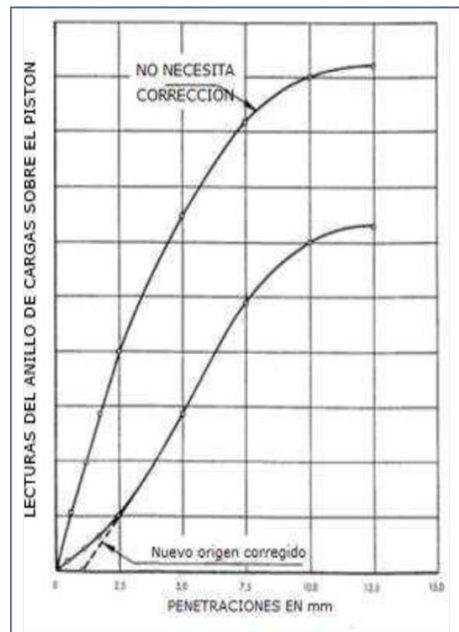
$L_1$  = Lectura inicial en mm.  
 $L_2$  = Lectura final en mm.

- 7.1.6 Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón. Las características de la muestra patrón son las siguientes:

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Para calcular el índice CBR se procede como sigue:

- Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto (o corregido), que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.
- De la curva corregida tórnense los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm y 5,08 mm y calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (1000lb/plg<sup>2</sup>) y 10,3 MPa (1500 lb/plg<sup>2</sup>) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración. Cuando la relación a 5,08 mm (0,2") de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, úsese la relación de soporte para 5,08 mm (0,2") de penetración.



**Figura 3: Curva para cálculo de índice de CBR**

## 7.2 INFORME LECTURAS DEL ANILLO DE CARGAS SOBRE EL PISTON

Los datos y resultados de la prueba que deberán suministrarse son los siguientes:

- Método usado para la preparación y compactación de los especímenes.
- Descripción e identificación de la muestra ensayada.
- Humedad al fabricar el espécimen.
- Peso unitario.
- Sobrecarga de saturación y penetración.
- Expansión del espécimen.
- Humedad después de la saturación.
- Humedad óptima y densidad máxima determinados mediante la norma MTC E115.
- Curva presión-penetración.
- Valor de relación de soporte (C.B.R.).

**ANEXO N° 4**  
**“INFORME DE ENSAYO**  
**QUIMICO DEL PET**  
**RECICLADO”**

## INFORME DE ENSAYO

IE-170521-04

### 1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : HANS AQUINO APESTEGUI  
1.2 RUC/DNI : 72036008

### 2. FECHAS

2.1 Inicio : 18 de Mayo de 2021  
2.2 Fin : 26 de Mayo de 2021  
2.3 Emisión de informe : 27 de Mayo de 2021

### 3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1 Temperatura : 20.3 °C  
3.2 Humedad Relativa : 50 %

### 4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

4.1 Ensayo solicitado : Ver 6.1  
4.2 Método utilizado : Ver 6.1

### 5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

5.1 Código de Lab. : S-1479  
5.2 Descripción : Envases PET – Bebida (San Mateo)

### 6. RESULTADOS

#### 6.1. Resultados obtenidos

TABLA N°1: RESULTADOS DE COMPOSICIÓN

Parámetro	Unidad	Metodología Analítica	Resultado
Ensayo de composición	No aplica	ASTM E168	Tereftalato de polietileno

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

  
DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO  
QUÍMICO  
CQP. 1337

**TABLA N°2: Grupos Funcionales del Espectro Infrarrojo (S-1479)**

Banda	Absorción (cm <sup>-1</sup> )	Resultado
-CH(Glicol)	2966	
-C=O (éster glicol)	1711	
-CH (Ar)	1503-1453	CORRESPONDE A UN ESPECTRO DE PET DE ACUERDO EN COMPRACIÓN CON LA BIBLIOTECA DEL EQUIPO
-C=C (Ar)	1453-1407	
	1239	
-C-O-C- (éster glicol)	1092	
Anillo Ar (p-sustituido) fuera del plano	870	

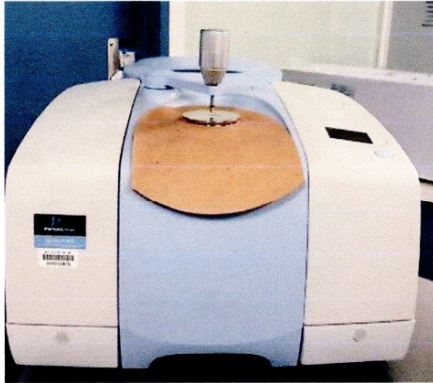
**TABLA N°3: Resultados de Muestra (S-1479)**

Parámetro	Unidad	Metodología Analítica	Resultado
Absorción de Agua (24 Horas)	%	ASTM D570	0.26
Humedad	%	ASTM D6869	1.0
Dureza Shore A	Shore A	NTP 311.253	89
Permeabilidad al Vapor de Agua	g/m <sup>2</sup> .24h	ASTM E398	0.96
Permeabilidad al Oxígeno	cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .24h		0.11
Resistencia a la Tracción	Kg-f/cm <sup>2</sup>	ASTM D638	1186.7
Elongación	%		23.5

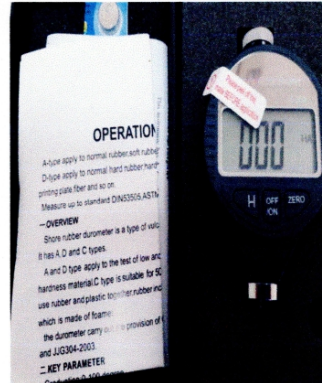
- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

  
DIEGO ROMÁN VERGARAY D'ARRIGO  
QUÍMICO  
CQP. 1337

**ANEXO N°1:  
ALGUNOS EQUIPOS USADOS**



**IMAGEN N°1:** Espectrofotómetro Infrarrojo



**IMAGEN N°2:** Durómetro Shore



**IMAGEN N°3:** Equipo de tracción Universal

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al Laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

*Diego Vergaray*  
DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO  
QUÍMICO  
CQP. 1337

**ANEXO 5**  
**“NORMA ASTM”**

**“NORMA ASTM D638”**



**NOTICE: This standard has either been superseded and replaced by a new version or discontinued. Contact ASTM International (www.astm.org) for the latest information.**



Designation: D 638 – 00

An American National Standard

## Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 638; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

### 1. Scope \*

1.1 This test method covers the determination of the tensile properties of unreinforced and reinforced plastics in the form of standard dumbbell-shaped test specimens when tested under defined conditions of pretreatment, temperature, humidity, and testing machine speed.

1.2 This test method can be used for testing materials of any thickness up to 14 mm (0.55 in.). However, for testing specimens in the form of thin sheeting, including film less than 1.0 mm (0.04 in.) in thickness, Test Methods D 882 is the preferred test method. Materials with a thickness greater than 14 mm (0.55 in.) must be reduced by machining.

1.3 This test method includes the option of determining Poisson's ratio at room temperature.

NOTE 1—This test method and ISO 527-1 are technically equivalent.  
NOTE 2—This test method is not intended to cover precise physical procedures. It is recognized that the constant rate of crosshead movement type of test leaves much to be desired from a theoretical standpoint, that wide differences may exist between rate of crosshead movement and rate of strain between gage marks on the specimen, and that the testing speeds specified disguise important effects characteristic of materials in the plastic state. Further, it is realized that variations in the thicknesses of test specimens, which are permitted by these procedures, produce variations in the surface-volume ratios of such specimens, and that these variations may influence the test results. Hence, where directly comparable results are desired, all samples should be of equal thickness. Special additional tests should be used where more precise physical data are needed.

NOTE 3—This test method may be used for testing phenolic molded resin or laminated materials. However, where these materials are used as electrical insulation, such materials should be tested in accordance with Test Methods D 229 and Test Method D 651.

NOTE 4—For tensile properties of resin-matrix composites reinforced with oriented continuous or discontinuous high modulus  $>20$ -GPa ( $>3.0 \times 10^6$ -psi) fibers, tests shall be made in accordance with Test Method D 3039/D 3039M.

1.4 Test data obtained by this test method are relevant and appropriate for use in engineering design.

1.5 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.6 *This standard does not purport to address all of the*

*safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:

- D 229 Test Methods for Rigid Sheet and Plate Materials Used for Electrical Insulation<sup>2</sup>
- D 412 Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers—Tension<sup>3</sup>
- D 618 Practice for Conditioning Plastics for Testing<sup>4</sup>
- D 651 Test Method for Tensile Strength of Molded Electrical Insulating Materials<sup>5</sup>
- D 882 Test Methods for Tensile Properties of Thin Plastic Sheetings<sup>2</sup>
- D 883 Terminology Relating to Plastics<sup>4</sup>
- D 1822 Test Method for Tensile-Impact Energy to Break Plastics and Electrical Insulating Materials<sup>4</sup>
- D 3039/D 3039M Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials<sup>6</sup>
- D 4000 Classification System for Specifying Plastic Materials<sup>7</sup>
- D 4066 Specification for Nylon Injection and Extrusion Materials<sup>7</sup>
- D 5947 Test Methods for Physical Dimensions of Solid Plastic Specimens<sup>8</sup>
- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines<sup>9</sup>
- E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems<sup>9</sup>
- E 132 Test Method for Poisson's Ratio at Room Temperature<sup>9</sup>
- E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method<sup>10</sup>

#### 2.2 ISO Standard:

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 10.01.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 09.01.

<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.01.

<sup>5</sup> Discontinued; see 1994 Annual Book of ASTM Standards, Vol 10.01.

<sup>6</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.03.

<sup>7</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.02.

<sup>8</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.03.

<sup>9</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

<sup>10</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D20 on Plastics and is the direct responsibility of Subcommittee D 20.10 on Mechanical Properties. Current edition approved Dec. 10, 2000. Published February 2001. Originally published as D 638 – 41 T. Last previous edition D 638 – 99.

3. Terminology

3.1 *Definitions*—Definitions of terms applying to this test method appear in Terminology D 883 and Annex A2.

4. Significance and Use

4.1 This test method is designed to produce tensile property data for the control and specification of plastic materials. These data are also useful for qualitative characterization and for research and development. For many materials, there may be a specification that requires the use of this test method, but with some procedural modifications that take precedence when adhering to the specification. Therefore, it is advisable to refer to that material specification before using this test method. Table 1 in Classification D 4000 lists the ASTM materials standards that currently exist.

4.2 Tensile properties may vary with specimen preparation and with speed and environment of testing. Consequently, where precise comparative results are desired, these factors must be carefully controlled.

4.2.1 It is realized that a material cannot be tested without also testing the method of preparation of that material. Hence, when comparative tests of materials per se are desired, the greatest care must be exercised to ensure that all samples are prepared in exactly the same way, unless the test is to include the effects of sample preparation. Similarly, for referee purposes or comparisons within any given series of specimens, care must be taken to secure the maximum degree of uniformity in details of preparation, treatment, and handling.

4.3 Tensile properties may provide useful data for plastics engineering design purposes. However, because of the high degree of sensitivity exhibited by many plastics to rate of straining and environmental conditions, data obtained by this test method cannot be considered valid for applications involving load-time scales or environments widely different from those of this test method. In cases of such dissimilarity, no reliable estimation of the limit of usefulness can be made for most plastics. This sensitivity to rate of straining and environment necessitates testing over a broad load-time scale (including impact and creep) and range of environmental conditions if tensile properties are to suffice for engineering design purposes.

NOTE 5—Since the existence of a true elastic limit in plastics (as in many other organic materials and in many metals) is debatable, the propriety of applying the term “elastic modulus” in its quoted, generally accepted definition to describe the “stiffness” or “rigidity” of a plastic has been seriously questioned. The exact stress-strain characteristics of plastic materials are highly dependent on such factors as rate of application of stress, temperature, previous history of specimen, etc. However, stress-strain curves for plastics, determined as described in this test method, almost always show a linear region at low stresses, and a straight line drawn tangent to this portion of the curve permits calculation of an elastic modulus of the usually defined type. Such a constant is useful if its arbitrary nature and dependence on time, temperature, and similar factors are realized.

<sup>11</sup> Available from American National Standards Institute, 11 W. 42nd St., 13th Floor, New York, NY 10036.

4.4 *Poisson's Ratio*—When uniaxial tensile force is applied to a solid, the solid stretches in the direction of the applied force (axially), but it also contracts in both dimensions lateral to the applied force. If the solid is homogeneous and isotropic, and the material remains elastic under the action of the applied force, the lateral strain bears a constant relationship to the axial strain. This constant, called Poisson's ratio, is defined as the negative ratio of the transverse (negative) to axial strain under uniaxial stress.

4.4.1 Poisson's ratio is used for the design of structures in which all dimensional changes resulting from the application of force need to be taken into account and in the application of the generalized theory of elasticity to structural analysis.

NOTE 6—The accuracy of the determination of Poisson's ratio is usually limited by the accuracy of the transverse strain measurements because the percentage errors in these measurements are usually greater than in the axial strain measurements. Since a ratio rather than an absolute quantity is measured, it is only necessary to know accurately the relative value of the calibration factors of the extensometers. Also, in general, the value of the applied loads need not be known accurately.

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—A testing machine of the constant-rate-of-crosshead-movement type and comprising essentially the following:

5.1.1 *Fixed Member*—A fixed or essentially stationary member carrying one grip.

5.1.2 *Movable Member*—A movable member carrying a second grip.

5.1.3 *Grips*—Grips for holding the test specimen between the fixed member and the movable member of the testing machine can be either the fixed or self-aligning type.

5.1.3.1 Fixed grips are rigidly attached to the fixed and movable members of the testing machine. When this type of grip is used extreme care should be taken to ensure that the test specimen is inserted and clamped so that the long axis of the test specimen coincides with the direction of pull through the center line of the grip assembly.

5.1.3.2 Self-aligning grips are attached to the fixed and movable members of the testing machine in such a manner that they will move freely into alignment as soon as any load is applied so that the long axis of the test specimen will coincide with the direction of the applied pull through the center line of the grip assembly. The specimens should be aligned as perfectly as possible with the direction of pull so that no rotary motion that may induce slippage will occur in the grips; there is a limit to the amount of misalignment self-aligning grips will accommodate.

5.1.3.3 The test specimen shall be held in such a way that slippage relative to the grips is prevented insofar as possible. Grip surfaces that are deeply scored or serrated with a pattern similar to those of a coarse single-cut file, serrations about 2.4 mm (0.09 in.) apart and about 1.6 mm (0.06 in.) deep, have been found satisfactory for most thermoplastics. Finer serrations have been found to be more satisfactory for harder plastics, such as the thermosetting materials. The serrations should be kept clean and sharp. Breaking in the grips may occur at times, even when deep serrations or abraded specimen surfaces are used; other techniques must be used in these cases.

Other techniques that have been found useful, particularly with smooth-faced grips, are abrading that portion of the surface of the specimen that will be in the grips, and interposing thin pieces of abrasive cloth, abrasive paper, or plastic, or rubber-coated fabric, commonly called hospital sheeting, between the specimen and the grip surface. No. 80 double-sided abrasive paper has been found effective in many cases. An open-mesh fabric, in which the threads are coated with abrasive, has also been effective. Reducing the cross-sectional area of the specimen may also be effective. The use of special types of grips is sometimes necessary to eliminate slippage and breakage in the grips.

5.1.4 *Drive Mechanism*—A drive mechanism for imparting to the movable member a uniform, controlled velocity with respect to the stationary member, with this velocity to be regulated as specified in Section 8.

5.1.5 *Load Indicator*—A suitable load-indicating mechanism capable of showing the total tensile load carried by the test specimen when held by the grips. This mechanism shall be essentially free of inertia lag at the specified rate of testing and shall indicate the load with an accuracy of  $\pm 1\%$  of the indicated value, or better. The accuracy of the testing machine shall be verified in accordance with Practices E 4.

NOTE 7—Experience has shown that many testing machines now in use are incapable of maintaining accuracy for as long as the periods between inspection recommended in Practices E 4. Hence, it is recommended that each machine be studied individually and verified as often as may be found necessary. It frequently will be necessary to perform this function daily.

5.1.6 The fixed member, movable member, drive mechanism, and grips shall be constructed of such materials and in such proportions that the total elastic longitudinal strain of the system constituted by these parts does not exceed 1% of the total longitudinal strain between the two gage marks on the test specimen at any time during the test and at any load up to the rated capacity of the machine.

5.2 *Extension Indicator (extensometer)*—A suitable instrument shall be used for determining the distance between two designated points within the gage length of the test specimen as the specimen is stretched. For referee purposes, the extensometer must be set at the full gage length of the specimen, as shown in Fig. 1. It is desirable, but not essential, that this instrument automatically record this distance, or any change in it, as a function of the load on the test specimen or of the elapsed time from the start of the test, or both. If only the latter is obtained, load-time data must also be taken. This instrument shall be essentially free of inertia at the specified speed of testing. Extensometers shall be classified and their calibration periodically verified in accordance with Practice E 83.

5.2.1 *Modulus-of-Elasticity Measurements*—For modulus-of-elasticity measurements, an extensometer with a maximum strain error of 0.0002 mm/mm (in./in.) that automatically and continuously records shall be used. An extensometer classified by Practice E 83 as fulfilling the requirements of a B-2 classification within the range of use for modulus measurements meets this requirement.

5.2.2 *Low-Extension Measurements*—For elongation-at-yield and low-extension measurements (nominally 20% or

less), the same above extensometer, attenuated to 20% extension, may be used. In any case, the extensometer system must meet at least Class C (Practice E 83) requirements, which include a fixed strain error of 0.001 strain or  $\pm 1.0\%$  of the indicated strain, whichever is greater.

5.2.3 *High-Extension Measurements*—For making measurements at elongations greater than 20%, measuring techniques with error no greater than  $\pm 10\%$  of the measured value are acceptable.

5.2.4 *Poisson's Ratio*—Bi-axial extensometer or axial and transverse extensometers capable of recording axial strain and transverse strain simultaneously. The extensometers shall be capable of measuring the change in strains with an accuracy of 1% of the relevant value or better.

NOTE 8—Strain gages can be used as an alternative method to measure axial and transverse strain; however, proper techniques for mounting strain gages are crucial to obtaining accurate data. Consult strain gage suppliers for instruction and training in these special techniques.

5.3 *Micrometers*—Suitable micrometers for measuring the width and thickness of the test specimen to an incremental discrimination of at least 0.025 mm (0.001 in.) should be used. All width and thickness measurements of rigid and semirigid plastics may be measured with a hand micrometer with ratchet. A suitable instrument for measuring the thickness of nonrigid test specimens shall have: (1) a contact measuring pressure of  $25 \pm 2.5$  kPa ( $3.6 \pm 0.36$  psi), (2) a movable circular contact foot  $6.35 \pm 0.025$  mm ( $0.250 \pm 0.001$  in.) in diameter, and (3) a lower fixed anvil large enough to extend beyond the contact foot in all directions and being parallel to the contact foot within 0.005 mm (0.0002 in.) over the entire foot area. Flatness of the foot and anvil shall conform to Test Method D 5947.

5.3.1 An optional instrument equipped with a circular contact foot  $15.88 \pm 0.08$  mm ( $0.625 \pm 0.003$  in.) in diameter is recommended for thickness measuring of process samples or larger specimens at least 15.88 mm in minimum width.

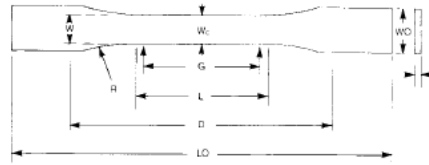
## 6. Test Specimens

### 6.1 Sheet, Plate, and Molded Plastics:

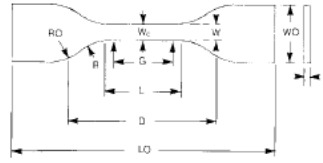
6.1.1 *Rigid and Semirigid Plastics*—The test specimen shall conform to the dimensions shown in Fig. 1. The Type I specimen is the preferred specimen and shall be used where sufficient material having a thickness of 7 mm (0.28 in.) or less is available. The Type II specimen may be used when a material does not break in the narrow section with the preferred Type I specimen. The Type V specimen shall be used where only limited material having a thickness of 4 mm (0.16 in.) or less is available for evaluation, or where a large number of specimens are to be exposed in a limited space (thermal and environmental stability tests, etc.). The Type IV specimen should be used when direct comparisons are required between materials in different rigidity cases (that is, nonrigid and semirigid). The Type III specimen must be used for all materials with a thickness of greater than 7 mm (0.28 in.) but not more than 14 mm (0.55 in.).

6.1.2 *Nonrigid Plastics*—The test specimen shall conform to the dimensions shown in Fig. 1. The Type IV specimen shall be used for testing nonrigid plastics with a thickness of 4 mm (0.16 in.) or less. The Type III specimen must be used for all materials with a thickness greater than 7 mm (0.28 in.) but not

ASTM D 638



TYPES I, II, III & IV



TYPE IV

Specimen Dimensions for Thickness,  $T$ , mm (in.)<sup>A</sup>

Dimensions (see drawings)	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl		4 (0.16) or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV <sup>B</sup>	Type V <sup>C,D</sup>		
$W$ —Width of narrow section <sup>E,F</sup>	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	...	$\pm 0.5 (\pm 0.02)^{B,C}$
$L$ —Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	...	$\pm 0.5 (\pm 0.02)^C$
$W_O$ —Width overall, min <sup>G</sup>	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	9.53 (0.375)	+ 6.4 (+ 0.25)
$W_O$ —Width overall, min <sup>G</sup>	...	...	...	...	...	...	+ 3.18 (+ 0.125)
$L_O$ —Length overall, min <sup>H</sup>	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)	...	no max (no max)
$G$ —Gage length <sup>I</sup>	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)	...	$\pm 0.25 (\pm 0.010)^C$
$G$ —Gage length <sup>I</sup>	...	...	...	25 (1.00)	...	...	$\pm 0.13 (\pm 0.005)$
$D$ —Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5) <sup>J</sup>	25.4 (1.0)	...	$\pm 5 (\pm 0.2)$
$R$ —Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	...	$\pm 1 (\pm 0.04)^C$
$RO$ —Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 (1.00)	...	...	$\pm 1 (\pm 0.04)$

<sup>A</sup> Thickness,  $T$ , shall be  $3.2 \pm 0.4$  mm ( $0.13 \pm 0.02$  in.) for all types of molded specimens, and for other Types I and II specimens where possible. If specimens are machined from sheets or plates, thickness,  $T$ , may be the thickness of the sheet or plate provided this does not exceed the range stated for the intended specimen type. For sheets of nominal thickness greater than 14 mm (0.55 in.) the specimens shall be machined to  $14 \pm 0.4$  mm ( $0.55 \pm 0.02$  in.) in thickness, for use with the Type III specimen. For sheets of nominal thickness between 14 and 51 mm (0.55 and 2 in.) approximately equal amounts shall be machined from each surface. For thicker sheets both surfaces of the specimen shall be machined, and the location of the specimen with reference to the original thickness of the sheet shall be noted. Tolerances on thickness less than 14 mm (0.55 in.) shall be those standard for the grade of material tested.

<sup>B</sup> For the Type IV specimen, the internal width of the narrow section of the die shall be  $6.00 \pm 0.05$  mm ( $0.250 \pm 0.002$  in.). The dimensions are essentially those of Die C in Test Methods D 412.

<sup>C</sup> The Type V specimen shall be machined or die cut to the dimensions shown, or molded in a mold whose cavity has these dimensions. The dimensions shall be:

- $W = 3.18 \pm 0.03$  mm ( $0.125 \pm 0.001$  in.),
- $L = 9.53 \pm 0.08$  mm ( $0.375 \pm 0.003$  in.),
- $G = 7.62 \pm 0.02$  mm ( $0.300 \pm 0.001$  in.), and
- $R = 12.7 \pm 0.08$  mm ( $0.500 \pm 0.003$  in.).

The other tolerances are those in the table.

<sup>D</sup> Supporting data on the introduction of the  $L$  specimen of Test Method D 1822 as the Type V specimen are available from ASTM Headquarters. Request RR:D20-1038.

<sup>E</sup> The width at the center  $W_c$  shall be  $+0.00$  mm,  $-0.10$  mm ( $+0.000$  in.,  $-0.004$  in.) compared with width  $W$  at other parts of the reduced section. Any reduction in  $W$  at the center shall be gradual, equally on each side so that no abrupt changes in dimension result.

<sup>F</sup> For molded specimens, a draft of not over 0.13 mm (0.005 in.) may be allowed for either Type I or II specimens 3.2 mm (0.13 in.) in thickness, and this should be taken into account when calculating width of the specimen. Thus a typical section of a molded Type I specimen, having the maximum allowable draft, could be as follows:

- <sup>G</sup> Overall widths greater than the minimum indicated may be desirable for some materials in order to avoid breaking in the grips.
- <sup>H</sup> Overall lengths greater than the minimum indicated may be desirable either to avoid breaking in the grips or to satisfy special test requirements.
- <sup>I</sup> Test marks or initial extensometer span.
- <sup>J</sup> When self-tightening grips are used, for highly extensible polymers, the distance between grips will depend upon the types of grips used and may not be critical if maintained uniform once chosen.

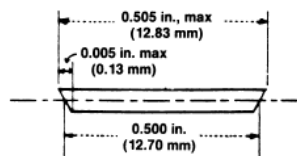


FIG. 1 Tension Test Specimens for Sheet, Plate, and Molded Plastics

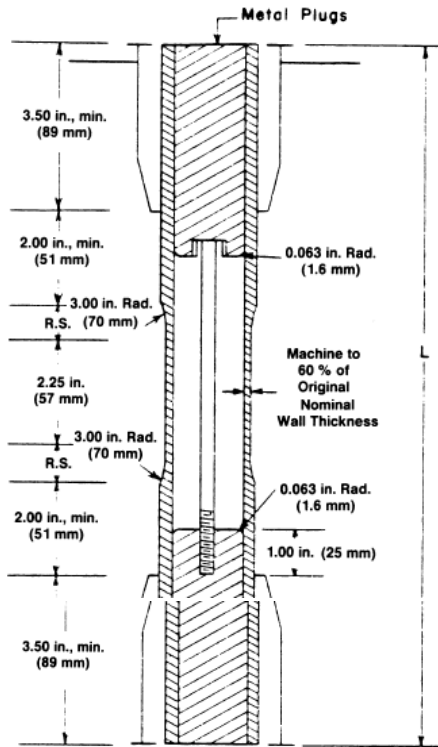
more than 14 mm (0.55 in.).

6.1.3 *Reinforced Composites*—The test specimen for reinforced composites, including highly orthotropic laminates,

shall conform to the dimensions of the Type I specimen shown in Fig. 1.

6.1.4 *Preparation*—Test specimens shall be prepared by

machining operations, or die cutting, from materials in sheet, plate, slab, or similar form. Materials thicker than 14 mm (0.55 in.) must be machined to 14 mm (0.55 in.) for use as Type III specimens. Specimens can also be prepared by molding the material to be tested.



DIMENSIONS OF TUBE SPECIMENS

Nominal Wall Thickness	Length of Radial Sections, 2R.S.	Total Calculated Minimum Length of Specimen	Standard Length, <i>L</i> , of Specimen to Be Used for 89-mm (3.5-in.) Jaws <sup>a</sup>
			mm (in.)
0.79 (1/32)	13.9 (0.547)	350 (13.80)	381 (15)
1.2 (3/16)	17.0 (0.670)	354 (13.92)	381 (15)
1.6 (1/8)	19.6 (0.773)	356 (14.02)	381 (15)
2.4 (3/32)	24.0 (0.946)	361 (14.20)	381 (15)
3.2 (1/8)	27.7 (1.091)	364 (14.34)	381 (15)
4.8 (3/16)	33.9 (1.333)	370 (14.58)	381 (15)
6.4 (1/4)	39.0 (1.536)	376 (14.79)	400 (15.75)
7.9 (5/16)	43.5 (1.714)	380 (14.96)	400 (15.75)
9.5 (3/8)	47.6 (1.873)	384 (15.12)	400 (15.75)
11.1 (7/16)	51.3 (2.019)	388 (15.27)	400 (15.75)
12.7 (1/2)	54.7 (2.154)	391 (15.40)	419 (16.5)

<sup>a</sup> For other jaws greater than 89 mm (3.5 in.), the standard length shall be increased by twice the length of the jaws minus 178 mm (7 in.). The standard length permits a slippage of approximately 6.4 to 12.7 mm (0.25 to 0.50 in.) in each jaw while maintaining the maximum length of the jaw grip.

FIG. 2 Diagram Showing Location of Tube Tension Test Specimens in Testing Machine

NOTE 9—Test results have shown that for some materials such as glass cloth, SMC, and BMC laminates, other specimen types should be considered to ensure breakage within the gage length of the specimen, as mandated by 7.3.

NOTE 10—When preparing specimens from certain composite laminates such as woven roving, or glass cloth, care must be exercised in cutting the specimens parallel to the reinforcement. The reinforcement will be significantly weakened by cutting on a bias, resulting in lower laminate properties, unless testing of specimens in a direction other than parallel with the reinforcement constitutes a variable being studied.

NOTE 11—Specimens prepared by injection molding may have different tensile properties than specimens prepared by machining or die-cutting because of the orientation induced. This effect may be more pronounced in specimens with narrow sections.

6.2 *Rigid Tubes*—The test specimen for rigid tubes shall be as shown in Fig. 2. The length, *L*, shall be as shown in the table in Fig. 2. A groove shall be machined around the outside of the specimen at the center of its length so that the wall section after machining shall be 60 % of the original nominal wall thickness. This groove shall consist of a straight section 57.2 mm (2.25 in.) in length with a radius of 76 mm (3 in.) at each end joining it to the outside diameter. Steel or brass plugs having diameters such that they will fit snugly inside the tube and having a length equal to the full jaw length plus 25 mm (1 in.) shall be placed in the ends of the specimens to prevent crushing. They can be located conveniently in the tube by separating and supporting them on a threaded metal rod. Details of plugs and test assembly are shown in Fig. 2.

6.3 *Rigid Rods*—The test specimen for rigid rods shall be as shown in Fig. 3. The length, *L*, shall be as shown in the table in Fig. 3. A groove shall be machined around the specimen at the center of its length so that the diameter of the machined portion shall be 60 % of the original nominal diameter. This groove shall consist of a straight section 57.2 mm (2.25 in.) in length with a radius of 76 mm (3 in.) at each end joining it to the outside diameter.

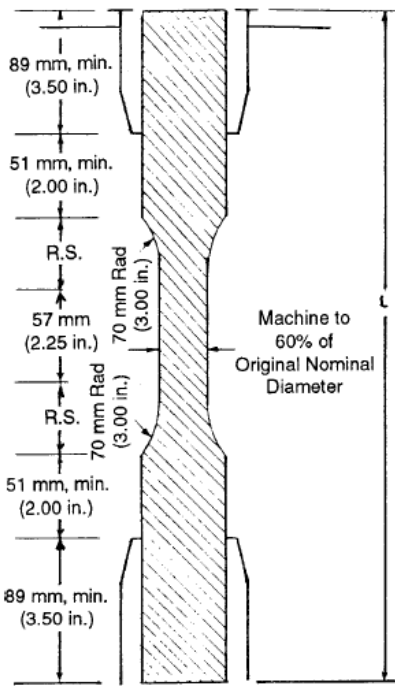
6.4 All surfaces of the specimen shall be free of visible flaws, scratches, or imperfections. Marks left by coarse machining operations shall be carefully removed with a fine file or abrasive, and the filed surfaces shall then be smoothed with abrasive paper (No. 00 or finer). The finishing sanding strokes shall be made in a direction parallel to the long axis of the test specimen. All flash shall be removed from a molded specimen, taking great care not to disturb the molded surfaces. In machining a specimen, undercuts that would exceed the dimensional tolerances shown in Fig. 1 shall be scrupulously avoided. Care shall also be taken to avoid other common machining errors.

6.5 If it is necessary to place gage marks on the specimen, this shall be done with a wax crayon or India ink that will not affect the material being tested. Gage marks shall not be scratched, punched, or impressed on the specimen.

6.6 When testing materials that are suspected of anisotropy, duplicate sets of test specimens shall be prepared, having their long axes respectively parallel with, and normal to, the suspected direction of anisotropy.

7. Number of Test Specimens

7.1 Test at least five specimens for each sample in the case of isotropic materials.



DIMENSIONS OF ROD SPECIMENS

Nominal Diameter	Length of Radial Sections, 2R.S.	Total Calculated Minimum Length of Specimen	Standard Length, L, of Specimen to Be Used for 89-mm (3½-in.) Jaws <sup>a</sup>
mm (in.)			
3.2 (1/8)	19.6 (0.773)	356 (14.02)	381 (15)
4.7 (1/4)	24.0 (0.946)	361 (14.20)	381 (15)
6.4 (1/4)	27.7 (1.091)	364 (14.34)	381 (15)
9.5 (3/8)	33.9 (1.333)	370 (14.58)	381 (15)
12.7 (1/2)	39.0 (1.536)	376 (14.79)	400 (15.75)
15.9 (5/8)	43.5 (1.714)	380 (14.96)	400 (15.75)
19.0 (3/4)	47.6 (1.873)	384 (15.12)	400 (15.75)
22.2 (7/8)	51.5 (2.019)	388 (15.27)	400 (15.75)
25.4 (1)	54.7 (2.154)	391 (15.40)	419 (16.5)
31.8 (1¼)	60.9 (2.398)	398 (15.65)	419 (16.5)
38.1 (1½)	66.4 (2.615)	403 (15.87)	419 (16.5)
42.5 (1¾)	71.4 (2.812)	408 (16.06)	419 (16.5)
50.8 (2)	76.0 (2.993)	412 (16.24)	432 (17)

<sup>a</sup> For other jaws greater than 89 mm (3.5 in.), the standard length shall be increased by twice the length of the jaws minus 178 mm (7 in.). The standard length permits a slippage of approximately 6.4 to 12.7 mm (0.25 to 0.50 in.) in each jaw while maintaining the maximum length of the jaw grip.

FIG. 3 Diagram Showing Location of Rod Tension Test Specimen in Testing Machine

7.2 Test ten specimens, five normal to, and five parallel with, the principle axis of anisotropy, for each sample in the case of anisotropic materials.

7.3 Discard specimens that break at some obvious fortuitous flaw, or that do not break between the predetermined gage marks, and make retests, unless such flaws constitute a variable to be studied.

NOTE 12—Before testing, all transparent specimens should be inspected in a polariscope. Those which show atypical or concentrated strain patterns should be rejected, unless the effects of these residual strains constitute a variable to be studied.

8. Speed of Testing

8.1 Speed of testing shall be the relative rate of motion of the grips or test fixtures during the test. The rate of motion of the driven grip or fixture when the testing machine is running idle may be used, if it can be shown that the resulting speed of testing is within the limits of variation allowed.

8.2 Choose the speed of testing from Table 1. Determine this chosen speed of testing by the specification for the material being tested, or by agreement between those concerned. When the speed is not specified, use the lowest speed shown in Table 1 for the specimen geometry being used, which gives rupture within 1/2 to 5-min testing time.

8.3 Modulus determinations may be made at the speed selected for the other tensile properties when the recorder response and resolution are adequate.

8.4 Poisson's ratio determinations shall be made at the same speed selected for modulus determinations.

9. Conditioning

9.1 *Conditioning*—Condition the test specimens at 23 ± 2°C (73.4 ± 3.6°F) and 50 ± 5 % relative humidity for not less than 40 h prior to test in accordance with Procedure A of Practice D 618, for those tests where conditioning is required. In cases of disagreement, the tolerances shall be ± 1°C (1.8°F) and ± 2 % relative humidity.

9.1.1 Note that for some hygroscopic materials, such as nylons, the material specifications (for example, Specification D 4066) call for testing "dry as-molded specimens." Such requirements take precedence over the above routine preconditioning to 50 % relative humidity and require sealing the specimens in water vapor-impermeable containers as soon as molded and not removing them until ready for testing.

TABLE 1 Designations for Speed of Testing<sup>a</sup>

Classification <sup>b</sup>	Specimen Type	Speed of Testing, mm/min (in./min)	Nominal Strain <sup>c</sup> Rate at Start of Test, mm/mm·min (in./in.·min)
Rigid and Semirigid	I, II, III rods and tubes	5 (0.2) ± 25 %	0.1
		50 (2) ± 10 %	1
	IV	500 (20) ± 10 %	10
		5 (0.2) ± 25 %	0.15
	V	50 (2) ± 10 %	1.5
		500 (20) ± 10 %	15
		1 (0.05) ± 25 %	0.1
		10 (0.5) ± 25 %	1
		100 (5) ± 25 %	10
		50 (2) ± 10 %	1
Nonrigid	III	50 (2) ± 10 %	1
		500 (20) ± 10 %	10
	IV	50 (2) ± 10 %	1.5
		500 (20) ± 10 %	15

<sup>a</sup> Select the lowest speed that produces rupture in 1/2 to 5 min for the specimen geometry being used (see 8.2).

<sup>b</sup> See Terminology D 883 for definitions.

<sup>c</sup> The initial rate of straining cannot be calculated exactly for dumbbell-shaped specimens because of extension, both in the reduced section outside the gage length and in the fillets. This initial strain rate can be measured from the initial slope of the tensile strain-versus-time diagram.

9.2 *Test Conditions*—Conduct tests in the Standard Laboratory Atmosphere of  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  ( $73.4 \pm 3.6^\circ\text{F}$ ) and  $50 \pm 5\%$  relative humidity, unless otherwise specified in the test methods. In cases of disagreement, the tolerances shall be  $\pm 1^\circ\text{C}$  ( $1.8^\circ\text{F}$ ) and  $\pm 2\%$  relative humidity.

NOTE 13—The tensile properties of some plastics change rapidly with small changes in temperature. Since heat may be generated as a result of straining the specimen at high rates, conduct tests without forced cooling to ensure uniformity of test conditions. Measure the temperature in the reduced section of the specimen and record it for materials where self-heating is suspected.

10. Procedure

10.1 Measure the width and thickness of rigid flat specimens (Fig. 1) with a suitable micrometer to the nearest 0.025 mm (0.001 in.) at several points along their narrow sections. Measure the thickness of nonrigid specimens (produced by a Type IV die) in the same manner with the required dial micrometer. Take the width of this specimen as the distance between the cutting edges of the die in the narrow section. Measure the diameter of rod specimens, and the inside and outside diameters of tube specimens, to the nearest 0.025 mm (0.001 in.) at a minimum of two points  $90^\circ$  apart; make these measurements along the groove for specimens so constructed. Use plugs in testing tube specimens, as shown in Fig. 2.

TABLE 2 Modulus,  $10^6$  psi, for Eight Laboratories, Five Materials

	Mean	$S_r$	$S_R$	$I_r$	$I_R$
Polypropylene	0.210	0.0089	0.071	0.025	0.201
Cellulose acetate butyrate	0.246	0.0179	0.035	0.051	0.144
Acrylic	0.481	0.0179	0.063	0.051	0.144
Glass-reinforced nylon	1.17	0.0537	0.217	0.152	0.614
Glass-reinforced polyester	1.39	0.0894	0.266	0.253	0.753

10.2 Place the specimen in the grips of the testing machine, taking care to align the long axis of the specimen and the grips with an imaginary line joining the points of attachment of the grips to the machine. The distance between the ends of the gripping surfaces, when using flat specimens, shall be as indicated in Fig. 1. On tube and rod specimens, the location for the grips shall be as shown in Fig. 2 and Fig. 3. Tighten the grips evenly and firmly to the degree necessary to prevent slippage of the specimen during the test, but not to the point where the specimen would be crushed.

10.3 Attach the extension indicator. When modulus is being determined, a Class B-2 or better extensometer is required (see 5.2.1).

NOTE 14—Modulus of materials is determined from the slope of the linear portion of the stress-strain curve. For most plastics, this linear portion is very small, occurs very rapidly, and must be recorded automatically. The change in jaw separation is never to be used for calculating modulus or elongation.

10.3.1 *Poisson's Ratio Determination:*

10.3.1.1 When Poisson's ratio is determined, the speed of testing and the load range at which it is determined shall be the same as those used for modulus of elasticity.

10.3.1.2 Attach the transverse strain measuring device. The transverse strain measuring device must continuously measure the strain simultaneously with the axial strain measuring device.

TABLE 3 Tensile Stress at Yield,  $10^3$  psi, for Eight Laboratories, Three Materials

	Mean	$S_r$	$S_R$	$I_r$	$I_R$
Polypropylene	3.63	0.022	0.161	0.062	0.456
Cellulose acetate butyrate	5.01	0.058	0.227	0.164	0.642
Acrylic	10.4	0.067	0.317	0.190	0.897

TABLE 4 Elongation at Yield, %, for Eight Laboratories, Three Materials

	Mean	$S_r$	$S_R$	$I_r$	$I_R$
Cellulose acetate butyrate	3.65	0.27	0.62	0.76	1.75
Acrylic	4.89	0.21	0.55	0.59	1.56
Polypropylene	8.79	0.45	5.86	1.27	16.5

10.3.1.3 Make simultaneous measurements of load and strain and record the data. The precision of the value of Poisson's ratio will depend on the number of data points of axial and transverse strain taken.

10.4 Set the speed of testing at the proper rate as required in Section 8, and start the machine.

10.5 Record the load-extension curve of the specimen.

10.6 Record the load and extension at the yield point (if one exists) and the load and extension at the moment of rupture.

NOTE 15—If it is desired to measure both modulus and failure properties (yield or break, or both), it may be necessary, in the case of highly extensible materials, to run two independent tests. The high magnification extensometer normally used to determine properties up to the yield point may not be suitable for tests involving high extensibility. If allowed to remain attached to the specimen, the extensometer could be permanently damaged. A broad-range incremental extensometer or hand-rule technique may be needed when such materials are taken to rupture.

11. Calculation

11.1 Toe compensation shall be made in accordance with Annex A1, unless it can be shown that the toe region of the curve is not due to the take-up of slack, seating of the specimen, or other artifact, but rather is an authentic material response.

11.2 *Tensile Strength*—Calculate the tensile strength by dividing the maximum load in newtons (or pounds-force) by the original minimum cross-sectional area of the specimen in square metres (or square inches). Express the result in pascals (or pounds-force per square inch) and report it to three significant figures as tensile strength at yield or tensile strength at break, whichever term is applicable. When a nominal yield or break load less than the maximum is present and applicable, it may be desirable also to calculate, in a similar manner, the corresponding tensile stress at yield or tensile stress at break and report it to three significant figures (see Note A2.8).

11.3 *Percent Elongation*—If the specimen gives a yield load that is larger than the load at break, calculate percent elongation at yield. Otherwise, calculate percent elongation at break. Do this by reading the extension (change in gage length) at the moment the applicable load is reached. Divide that extension by the original gage length and multiply by 100. Report percent elongation at yield or percent elongation at break to two significant figures. When a yield or breaking load less than the maximum is present and of interest, it is desirable to calculate and report both percent elongation at yield and percent

elongation at break (see Note A2.2).

straight line through the points can be reduced by applying the

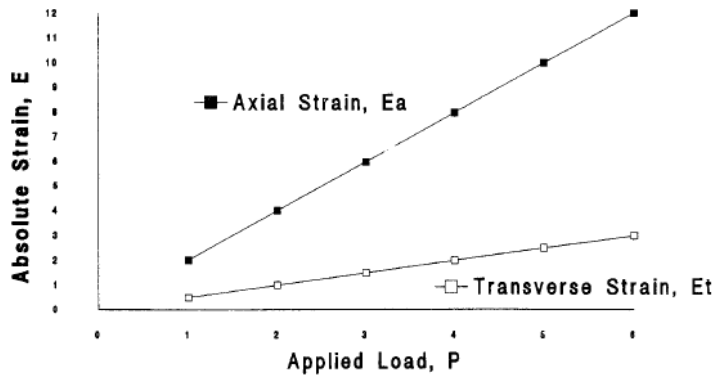


FIG. 4 Plot of Strains Versus Load for Determination of Poisson's Ratio

11.4 *Modulus of Elasticity*—Calculate the modulus of elasticity by extending the initial linear portion of the load-extension curve and dividing the difference in stress corresponding to any segment of section on this straight line by the corresponding difference in strain. All elastic modulus values shall be computed using the average initial cross-sectional area of the test specimens in the calculations. The result shall be expressed in pascals (pounds-force per square inch) and reported to three significant figures.

11.5 *Secant Modulus*—At a designated strain, this shall be calculated by dividing the corresponding stress (nominal) by the designated strain. Elastic modulus values are preferable and shall be calculated whenever possible. However, for materials where no proportionality is evident, the secant value shall be calculated. Draw the tangent as directed in A1.3 and Fig. A1.2, and mark off the designated strain from the yield point where the tangent line goes through zero stress. The stress to be used in the calculation is then determined by dividing the load-extension curve by the original average cross-sectional area of the specimen.

11.6 *Poisson's Ratio*—The axial strain,  $\epsilon_a$ , indicated by the axial extensometer, and the transverse strain,  $\epsilon_t$ , indicated by the transverse extensometers, are plotted against the applied load,  $P$ , as shown in Fig. 4. A straight line is drawn through each set of points, and the slopes,  $d\epsilon_a/dP$  and  $d\epsilon_t/dP$ , of these lines are determined. Poisson's ratio,  $\mu$ , is then calculated as follows:

$$\mu = -(d\epsilon_t/dP)/(d\epsilon_a/dP) \quad (1)$$

where:

$d\epsilon_t$  = change in transverse strain,  
 $d\epsilon_a$  = change in axial strain, and  
 $dP$  = change in applied load;

or

$$\mu = -(d\epsilon_t)/(d\epsilon_a) \quad (2)$$

11.6.1 The errors that may be introduced by drawing a

method of least squares.

11.7 For each series of tests, calculate the arithmetic mean of all values obtained and report it as the "average value" for the particular property in question.

11.8 Calculate the standard deviation (estimated) as follows and report it to two significant figures:

$$s = \sqrt{(\sum X^2 - n\bar{X}^2)/(n - 1)} \quad (3)$$

where:

$s$  = estimated standard deviation,  
 $X$  = value of single observation,  
 $n$  = number of observations, and  
 $\bar{X}$  = arithmetic mean of the set of observations.

11.9 See Annex A1 for information on toe compensation.

TABLE 5 Tensile Strength at Break,  $10^3$  psi, for Eight Laboratories, Five Materials<sup>A</sup>

	Mean	$S_r$	$S_R$	$I_r$	$I_R$
Polypropylene	2.97	1.54	1.65	4.37	4.66
Cellulose acetate butyrate	4.82	0.058	0.180	0.164	0.509
Acrylic	9.09	0.452	0.751	1.27	2.13
Glass-reinforced polyester	20.8	0.233	0.437	0.659	1.24
Glass-reinforced nylon	23.6	0.277	0.698	0.784	1.98

<sup>A</sup> Tensile strength and elongation at break values obtained for unreinforced propylene plastics generally are highly variable due to inconsistencies in necking or "drawing" of the center section of the test bar. Since tensile strength and elongation at yield are more reproducible and relate in most cases to the practical usefulness of a molded part, they are generally recommended for specification purposes.

## 12. Report

12.1 Report the following information:

12.1.1 Complete identification of the material tested, including type, source, manufacturer's code numbers, form, principal dimensions, previous history, etc.,

12.1.2 Method of preparing test specimens,

12.1.3 Type of test specimen and dimensions,

12.1.4 Conditioning procedure used,



TABLE 6 Elongation at Break, %, for Eight Laboratories, Five Materials<sup>A</sup>

	Mean	S <sub>r</sub>	S <sub>R</sub>	I <sub>r</sub>	I <sub>R</sub>
Glass-reinforced polyester	3.68	0.20	2.33	0.570	6.59
Glass-reinforced nylon	3.87	0.10	2.13	0.283	6.03
Acrylic	13.2	2.05	3.65	5.80	10.3
Cellulose acetate butyrate	14.1	1.87	6.62	5.29	18.7
Polypropylene	293.0	50.9	119.0	144.0	337.0

<sup>A</sup> Tensile strength and elongation at break values obtained for unreinforced polypropylene plastics generally are highly variable due to inconsistencies in necking or "drawing" of the center section of the test bar. Since tensile strength and elongation at yield are more reproducible and relate in most cases to the practical usefulness of a molded part, they are generally recommended for specification purposes.

TABLE 7 Tensile Yield Strength, for Ten Laboratories, Eight Materials

Material	Test Speed, in./min	Values Expressed in psi Units				
		Average	S <sub>r</sub>	S <sub>R</sub>	r	R
LDPE	20	1544	52.4	64.0	146.6	179.3
LDPE	20	1894	53.1	61.2	148.7	171.3
LLDPE	20	1879	74.2	99.9	207.8	279.7
LLDPE	20	1791	49.2	75.8	137.9	212.3
LLDPE	20	2900	55.5	87.9	155.4	246.1
LLDPE	20	1730	63.9	96.0	178.9	268.7
HDPE	2	4101	196.1	371.9	549.1	1041.3
HDPE	2	3523	175.9	478.0	492.4	1338.5

- 12.1.5 Atmospheric conditions in test room,
- 12.1.6 Number of specimens tested,
- 12.1.7 Speed of testing,
- 12.1.8 Classification of extensometers used. A description of measuring technique and calculations employed instead of a minimum Class-C extensometer system,
- 12.1.9 Tensile strength at yield or break, average value, and standard deviation,
- 12.1.10 Tensile stress at yield or break, if applicable, average value, and standard deviation,
- 12.1.11 Percent elongation at yield or break, or both, as applicable, average value, and standard deviation,
- 12.1.12 Modulus of elasticity, average value, and standard deviation,
- 12.1.13 Date of test, and
- 12.1.14 Revision date of Test Method D 638.

13. Precision and Bias <sup>12</sup>

13.1 Precision—Tables 2-6 are based on a round-robin test conducted in 1984, involving five materials tested by eight laboratories using the Type I specimen, all of nominal 0.125-in. thickness. Each test result was based on five individual determinations. Each laboratory obtained two test results for each material.

13.1.1 Tables 7-10 are based on a round-robin test conducted by the polyolefin subcommittee in 1988, involving eight polyethylene materials tested in ten laboratories. For each material, all samples were molded at one source, but the individual specimens were prepared at the laboratories that

<sup>12</sup> Supporting data are available from ASTM Headquarters. Request RR:D20-1125 for the 1984 round robin and RR:D20-1170 for the 1988 round robin.

TABLE 8 Tensile Yield Elongation, for Eight Laboratories, Eight Materials

Material	Test Speed, in./min	Values Expressed in Percent Units				
		Average	S <sub>r</sub>	S <sub>R</sub>	r	R
LDPE	20	17.0	1.26	3.16	3.52	8.84
LDPE	20	14.6	1.02	2.38	2.86	6.67
LLDPE	20	15.7	1.37	2.85	3.85	7.97
LLDPE	20	16.6	1.59	3.30	4.46	9.24
LLDPE	20	11.7	1.27	2.88	3.56	8.08
LLDPE	20	15.2	1.27	2.59	3.55	7.25
HDPE	2	9.27	1.40	2.84	3.91	7.94
HDPE	2	9.63	1.23	2.75	3.45	7.71

TABLE 9 Tensile Break Strength, for Nine Laboratories, Six Materials

Material	Test Speed, in./min	Values Expressed in psi Units				
		Average	S <sub>r</sub>	S <sub>R</sub>	r	R
LDPE	20	1592	52.3	74.9	146.4	209.7
LDPE	20	1750	66.6	102.9	186.4	288.1
LLDPE	20	4379	127.1	219.0	355.8	613.3
LLDPE	20	2840	78.6	143.5	220.2	401.8
LLDPE	20	1679	34.3	47.0	95.96	131.6
LLDPE	20	2660	119.1	166.3	333.6	465.6

TABLE 10 Tensile Break Elongation, for Nine Laboratories, Six Materials

Material	Test Speed, in./min	Values Expressed in Percent Units				
		Average	S <sub>r</sub>	S <sub>R</sub>	r	R
LDPE	20	567	31.5	59.5	88.2	166.6
LDPE	20	569	61.5	89.2	172.3	249.7
LLDPE	20	890	25.7	113.8	71.9	318.7
LLDPE	20	64.4	6.68	11.7	18.7	32.6
LLDPE	20	803	25.7	104.4	71.9	292.5
LLDPE	20	782	41.6	96.7	116.6	270.8

tested them. Each test result was the average of five individual determinations. Each laboratory obtained three test results for each material. Data from some laboratories could not be used for various reasons, and this is noted in each table.

13.1.2 In Tables 2-10, for the materials indicated, and for test results that derived from testing five specimens:

13.1.2.1 S<sub>r</sub> is the within-laboratory standard deviation of the average; I<sub>r</sub> = 2.83 S<sub>r</sub>. (See 13.1.2.3 for application of I<sub>r</sub>.)

13.1.2.2 S<sub>R</sub> is the between-laboratory standard deviation of the average; I<sub>R</sub> = 2.83 S<sub>R</sub>. (See 13.1.2.4 for application of I<sub>R</sub>.)

13.1.2.3 Repeatability—In comparing two test results for the same material, obtained by the same operator using the same equipment on the same day, those test results should be judged not equivalent if they differ by more than the I<sub>r</sub> value for that material and condition.

13.1.2.4 Reproducibility—In comparing two test results for the same material, obtained by different operators using different equipment on different days, those test results should be judged not equivalent if they differ by more than the I<sub>R</sub> value for that material and condition. (This applies between different laboratories or between different equipment within the same laboratory.)

13.1.2.5 Any judgment in accordance with 13.1.2.3 and

13.1.2.4 will have an approximate 95 % (0.95) probability of being correct.

13.1.2.6 Other formulations may give somewhat different results.

13.1.2.7 For further information on the methodology used in this section, see Practice E 691.

13.1.2.8 The precision of this test method is very dependent upon the uniformity of specimen preparation, standard practices for which are covered in other documents.

13.2 *Bias*—There are no recognized standards on which to base an estimate of bias for this test method.

14. Keywords

14.1 modulus of elasticity; percent elongation; plastics; tensile properties; tensile strength

ANNEXES

(Mandatory Information)

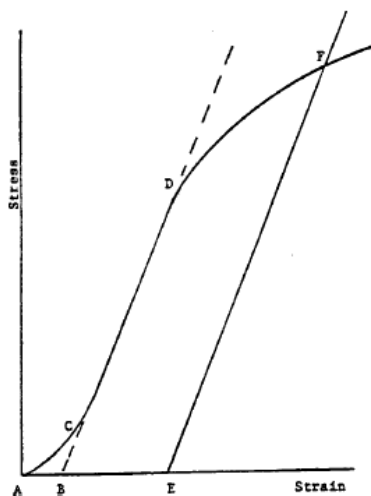
A1. TOE COMPENSATION

A1.1 In a typical stress-strain curve (Fig. A1.1) there is a toe region, AC, that does not represent a property of the material. It is an artifact caused by a takeup of slack and alignment or seating of the specimen. In order to obtain correct values of such parameters as modulus, strain, and offset yield point, this artifact must be compensated for to give the corrected zero point on the strain or extension axis.

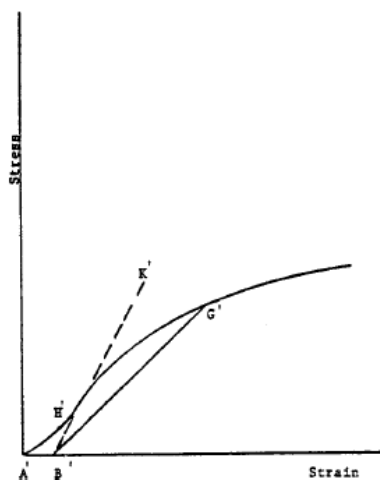
A1.2 In the case of a material exhibiting a region of Hookean (linear) behavior (Fig. A1.1), a continuation of the linear (CD) region of the curve is constructed through the zero-stress axis. This intersection (B) is the corrected zero-strain point from which all extensions or strains must be measured, including the yield offset (BE), if applicable. The

elastic modulus can be determined by dividing the stress at any point along the line CD (or its extension) by the strain at the same point (measured from Point B, defined as zero-strain).

A1.3 In the case of a material that does not exhibit any linear region (Fig. A1.2), the same kind of toe correction of the zero-strain point can be made by constructing a tangent to the maximum slope at the inflection point (H'). This is extended to intersect the strain axis at Point B', the corrected zero-strain point. Using Point B' as zero strain, the stress at any point (G') on the curve can be divided by the strain at that point to obtain a secant modulus (slope of Line B' G'). For those materials with no linear region, any attempt to use the tangent through the inflection point as a basis for determination of an offset yield point may result in unacceptable error.



NOTE 1—Some chart recorders plot the mirror image of this graph.  
FIG. A1.1 Material with Hookean Region



NOTE 1—Some chart recorders plot the mirror image of this graph.  
FIG. A1.2 Material with No Hookean Region

A2. DEFINITIONS OF TERMS AND SYMBOLS RELATING TO TENSION TESTING OF PLASTICS

A2.1 *elastic limit*—the greatest stress which a material is capable of sustaining without any permanent strain remaining upon complete release of the stress. It is expressed in force per unit area, usually pounds-force per square inch (megapascals).

NOTE A2.1—Measured values of proportional limit and elastic limit vary greatly with the sensitivity and accuracy of the testing equipment, eccentricity of loading, the scale to which the stress-strain diagram is plotted, and other factors. Consequently, these values are usually replaced by yield strength.

A2.2 *elongation*—the increase in length produced in the gage length of the test specimen by a tensile load. It is expressed in units of length, usually inches (millimetres). (Also known as *extension*.)

NOTE A2.2—Elongation and strain values are valid only in cases where uniformity of specimen behavior within the gage length is present. In the case of materials exhibiting necking phenomena, such values are only of qualitative utility after attainment of yield point. This is due to inability to ensure that necking will encompass the entire length between the gage marks prior to specimen failure.

A2.3 *gage length*—the original length of that portion of the specimen over which strain or change in length is determined.

A2.4 *modulus of elasticity*—the ratio of stress (nominal) to corresponding strain below the proportional limit of a material. It is expressed in force per unit area, usually megapascals (pounds-force per square inch). (Also known as *elastic modulus* or *Young's modulus*).

NOTE A2.3—The stress-strain relations of many plastics do not conform to Hooke's law throughout the elastic range but deviate therefrom even at stresses well below the elastic limit. For such materials the slope of the tangent to the stress-strain curve at a low stress is usually taken as the modulus of elasticity. Since the existence of a true proportional limit in plastics is debatable, the propriety of applying the term "modulus of elasticity" to describe the stiffness or rigidity of a plastic has been seriously questioned. The exact stress-strain characteristics of plastic materials are very dependent on such factors as rate of stressing, temperature, previous specimen history, etc. However, such a value is useful if its arbitrary nature and dependence on time, temperature, and other factors are realized.

A2.5 *necking*—the localized reduction in cross section which may occur in a material under tensile stress.

A2.6 *offset yield strength*—the stress at which the strain exceeds by a specified amount (the offset) an extension of the initial proportional portion of the stress-strain curve. It is expressed in force per unit area, usually megapascals (pounds-force per square inch).

NOTE A2.4—This measurement is useful for materials whose stress-strain curve in the yield range is of gradual curvature. The offset yield strength can be derived from a stress-strain curve as follows (Fig. A2.1):

On the strain axis lay off *OM* equal to the specified offset. Draw *OA* tangent to the initial straight-line portion of the stress-strain curve.

Through *M* draw a line *MN* parallel to *OA* and locate the intersection of *MN* with the stress-strain curve.

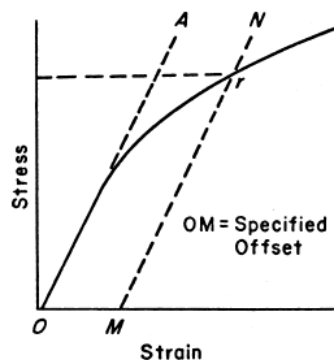


FIG. A2.1 Offset Yield Strength

The stress at the point of intersection *r* is the "offset yield strength." The specified value of the offset must be stated as a percent of the original gage length in conjunction with the strength value. Example: 0.1 % offset yield strength = ... MPa (psi), or yield strength at 0.1 % offset ... MPa (psi).

A2.7 *percent elongation*—the elongation of a test specimen expressed as a percent of the gage length.

A2.8 *percent elongation at break and yield:*

A2.8.1 *percent elongation at break*

the percent elongation at the moment of rupture of the test specimen.

A2.8.2 *percent elongation at yield*

the percent elongation at the moment the yield point (A2.21) is attained in the test specimen.

A2.9 *percent reduction of area (nominal)*—the difference between the original cross-sectional area measured at the point of rupture after breaking and after all retraction has ceased, expressed as a percent of the original area.

A2.10 *percent reduction of area (true)*—the difference between the original cross-sectional area of the test specimen and the minimum cross-sectional area within the gage boundaries prevailing at the moment of rupture, expressed as a percentage of the original area.

A2.11 *proportional limit*—the greatest stress which a material is capable of sustaining without any deviation from proportionality of stress to strain (Hooke's law). It is expressed in force per unit area, usually megapascals (pounds-force per square inch).

A2.12 *rate of loading*—the change in tensile load carried by the specimen per unit time. It is expressed in force per unit time, usually newtons (pounds-force) per minute. The initial rate of loading can be calculated from the initial slope of the load versus time diagram.

A2.13 *rate of straining*—the change in tensile strain per unit time. It is expressed either as strain per unit time, usually

metres per metre (inches per inch) per minute, or percent elongation per unit time, usually percent elongation per minute. The initial rate of straining can be calculated from the initial slope of the tensile strain versus time diagram.

NOTE A2.5—The initial rate of straining is synonymous with the rate of crosshead movement divided by the initial distance between crossheads only in a machine with constant rate of crosshead movement and when the specimen has a uniform original cross section, does not “neck down,” and does not slip in the jaws.

A2.14 *rate of stressing (nominal)*—the change in tensile stress (nominal) per unit time. It is expressed in force per unit area per unit time, usually megapascals (pounds-force per square inch) per minute. The initial rate of stressing can be calculated from the initial slope of the tensile stress (nominal) versus time diagram.

NOTE A2.6—The initial rate of stressing as determined in this manner has only limited physical significance. It does, however, roughly describe the average rate at which the initial stress (nominal) carried by the test specimen is applied. It is affected by the elasticity and flow characteristics of the materials being tested. At the yield point, the rate of stressing (true) may continue to have a positive value if the cross-sectional area is decreasing.

A2.15 *secant modulus*—the ratio of stress (nominal) to corresponding strain at any specified point on the stress-strain curve. It is expressed in force per unit area, usually megapascals (pounds-force per square inch), and reported together with the specified stress or strain.

NOTE A2.7—This measurement is usually employed in place of modulus of elasticity in the case of materials whose stress-strain diagram does not demonstrate proportionality of stress to strain.

A2.16 *strain*—the ratio of the elongation to the gage length of the test specimen, that is, the change in length per unit of original length. It is expressed as a dimensionless ratio.

A2.17 *tensile strength (nominal)*—the maximum tensile stress (nominal) sustained by the specimen during a tension test. When the maximum stress occurs at the yield point (A2.21), it shall be designated tensile strength at yield. When the maximum stress occurs at break, it shall be designated tensile strength at break.

A2.18 *tensile stress (nominal)*—the tensile load per unit area of minimum original cross section, within the gage boundaries, carried by the test specimen at any given moment. It is expressed in force per unit area, usually megapascals (pounds-force per square inch).

NOTE A2.8—The expression of tensile properties in terms of the minimum original cross section is almost universally used in practice. In the case of materials exhibiting high extensibility or necking, or both (A2.15), nominal stress calculations may not be meaningful beyond the yield point (A2.21) due to the extensive reduction in cross-sectional area that ensues. Under some circumstances it may be desirable to express the tensile properties per unit of minimum prevailing cross section. These properties are called true tensile properties (that is, true tensile stress, etc.).

A2.19 *tensile stress-strain curve*—a diagram in which values of tensile stress are plotted as ordinates against corresponding values of tensile strain as abscissas.

A2.20 *true strain* (see Fig. A2.2) is defined by the following equation for  $\epsilon_T$ :

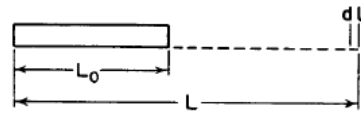


FIG. A2.2 Illustration of True Strain Equation

$$\epsilon_T = \int_{L_0}^L \frac{dL}{L} = \ln L/L_0 \quad (A2.1)$$

where:

$dL$  = increment of elongation when the distance between the gage marks is  $L$ .

$L_0$  = original distance between gage marks, and

$L$  = distance between gage marks at any time.

A2.21 *yield point*—the first point on the stress-strain curve at which an increase in strain occurs without an increase in stress (Fig. A2.2).

NOTE A2.9—Only materials whose stress-strain curves exhibit a point of zero slope may be considered as having a yield point.

NOTE A2.10—Some materials exhibit a distinct “break” or discontinuity in the stress-strain curve in the elastic region. This break is not a yield point by definition. However, this point may prove useful for material characterization in some cases.

A2.22 *yield strength*—the stress at which a material exhibits a specified limiting deviation from the proportionality of stress to strain. Unless otherwise specified, this stress will be the stress at the yield point and when expressed in relation to the tensile strength shall be designated either tensile strength at yield or tensile stress at yield as required in A2.17 (Fig. A2.3). (See *offset yield strength*.)

A2.23 *Symbols*—The following symbols may be used for the above terms:

Symbol	Term
$W$	Load
$\Delta W$	Increment of load
$L$	Distance between gage marks at any time
$L_0$	Original distance between gage marks
$L_r$	Distance between gage marks at moment of rupture
$\Delta L$	Increment of distance between gage marks = elongation
$A$	Minimum cross-sectional area at any time
$A_0$	Original cross-sectional area
$\Delta A$	Increment of cross-sectional area
$A_u$	Cross-sectional area at point of rupture measured after breaking specimen
$A_T$	Cross-sectional area at point of rupture, measured at the moment of rupture
$t$	Time
$\Delta t$	Increment of time
$\sigma$	Tensile stress
$\Delta \sigma$	Increment of stress
$\sigma_T$	True tensile stress
$\sigma_U$	Tensile strength at break (nominal)
$\sigma_{UT}$	Tensile strength at break (true)
$\epsilon$	Strain
$\Delta \epsilon$	Increment of strain
$\epsilon_U$	Total strain, at break
$\epsilon_T$	True strain
$\%EI$	Percentage elongation
Y.P.	Yield point
$E$	Modulus of elasticity

A2.24 Relations between these various terms may be defined as follows:

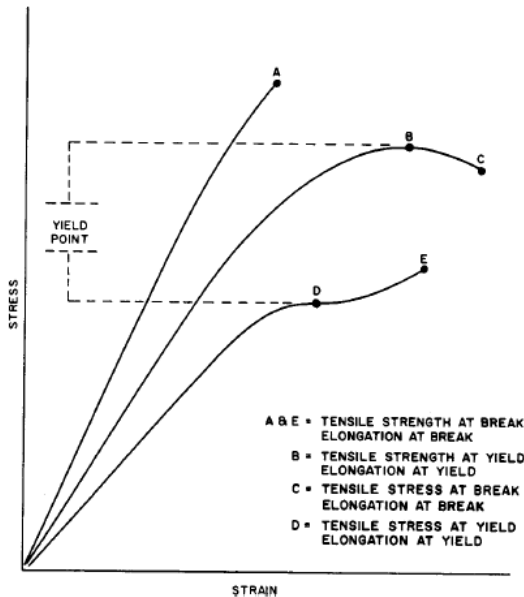


FIG. A2.3 Tensile Designations

$$\begin{aligned} \sigma_U &= W/A_0 \text{ (where } W \text{ is breaking load)} \\ \sigma_{UT} &= W/A_T \text{ (where } W \text{ is breaking load)} \\ \epsilon &= \Delta L/L_0 = (L - L_0)/L_0 \\ \epsilon_U &= (L_U - L_0)/L_0 \\ \epsilon_T &= \int_0^L dL/L = \ln L/L_0 \\ \%EI &= [(L - L_0)/L_0] \times 100 = \epsilon \times 100 \end{aligned}$$

Percent reduction of area (nominal) =  $[(A_0 - A_U)/A_0] \times 100$   
 Percent reduction of area (true) =  $[(A_0 - A_T)/A_0] \times 100$   
 Rate of loading =  $\Delta W/\Delta t$   
 Rate of stressing (nominal) =  $\Delta\sigma/\Delta t = (\Delta W)/A_0/\Delta t$   
 Rate of straining =  $\Delta\epsilon/\Delta t = (\Delta L/L_0)/\Delta t$

For the case where the volume of the test specimen does not change during the test, the following three relations hold:

$$\begin{aligned} \sigma_T &= \sigma(1 + \epsilon) = \sigma L/L_0 & (A2.2) \\ \sigma_{UT} &= \sigma_U(1 + \epsilon_U) = \sigma_U L_U/L_0 \\ A &= A_0/(1 + \epsilon) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= W/A_0 \\ \sigma_T &= W/A \end{aligned}$$

SUMMARY OF CHANGES

This section identifies the location of selected changes to this test method. For the convenience of the user, Committee D20 has highlighted those changes that may impact the use of this test method. This section may also include descriptions of the changes or reasons for the changes, or both.

D 638-98:

- (1) Revised 10.3 and added 12.1.8 to clarify extensometer usage.
- (2) Added 12.1.14.
- (3) Replaced reference to Test Methods D 374 with Test Method D 5947 in 2.1 and 5.3.

D 638-99:

- (1) Added and clarified extensometer classification requirements.

D 638-00:

- (1) Added 11.1 and renumbered subsequent sections.

*The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*

# **ANEXO N° 6**

## **“FIGURAS”**

<b>Clasificación general</b>	<b>Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)</b>						
	<b>A-1</b>			<b>A-2</b>			
<i>Grupo de clasificación</i>	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						
<b>Clasificación general</b>	<b>Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)</b>						
							A-7 A-7-5* A-7-6†
<i>Grupo de clasificación</i>		A-4		A-5		A-6	
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10							
Núm. 40							
Núm. 200		36 mín.		36 mín.		36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido		40 máx.		41 mín.		40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad		10 máx.		10 máx.		11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes		Suelos limosos			Suelos arcillosos		
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo						
*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$							
†Para A-7-6, $PI > LL - 30$							

Figura 1. Clasificación de materiales para subrasante de carretera

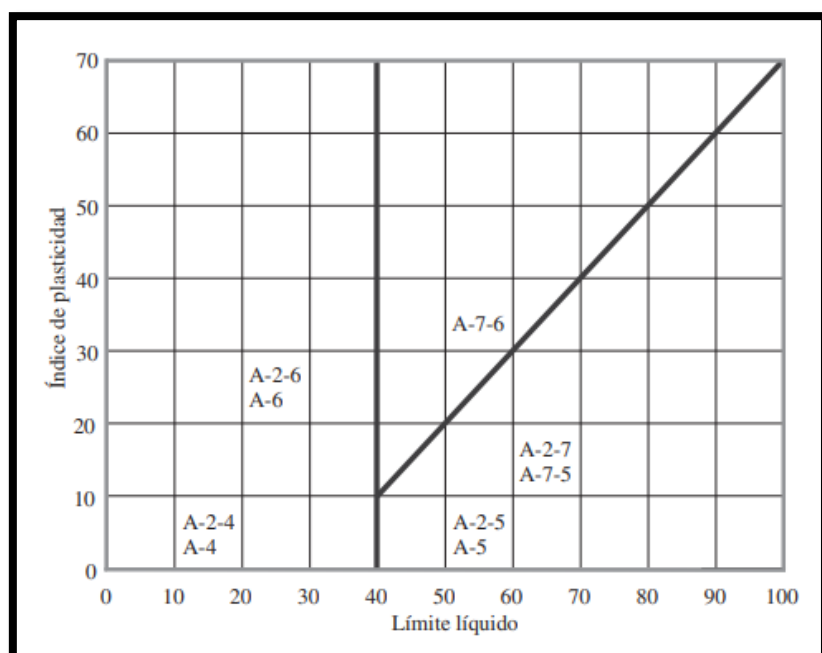


Figura 2. Rango de L. líquido e I. de plasticidad para los suelos de suelos A-2, A-4, A-5, A-6, A-7.

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo	
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	<b>Gravas</b> Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias Menos de 5% finos <sup>a</sup>	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW	
		Gravas con finos Más de 12% finos <sup>a,d</sup>	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^c$	GP	
	<b>Arenas</b> 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias Menos de 5% finos <sup>b</sup>	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^c$	SW	
		Arenas con finos Más de 12% finos <sup>a,d</sup>	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^c$	SP	
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	<b>Limos y arcillas</b> Límite líquido menor que 50	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) <sup>e</sup>	CL	
		Orgánico	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) <sup>e</sup>	ML	
	<b>Limos y arcillas</b> Límite líquido 50 o más	Inorgánico	Límite líquido: secado	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ ; vea la figura 4.2; zona OL	OL
			Límite líquido: no secado	Gráficos $PI$ en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	CH
		Orgánico	Gráficos $PI$ por debajo de "A" línea (figura 4.2)	MH	
			Límite líquido: secado	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ ; vea la figura 4.2; zona OH	OH
Suelos altamente orgánicos Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico				Pt	

<sup>a</sup>Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.  
<sup>b</sup>Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.  
<sup>c</sup> $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ ;  $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$   
<sup>d</sup>Si  $4 \leq PI \leq 7$  y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.  
<sup>e</sup>Si  $4 \leq PI \leq 7$  y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.



Figura 3. clasificación de suelos de acuerdo al SUCS (se basa en el material que pasa por la malla N° 75)

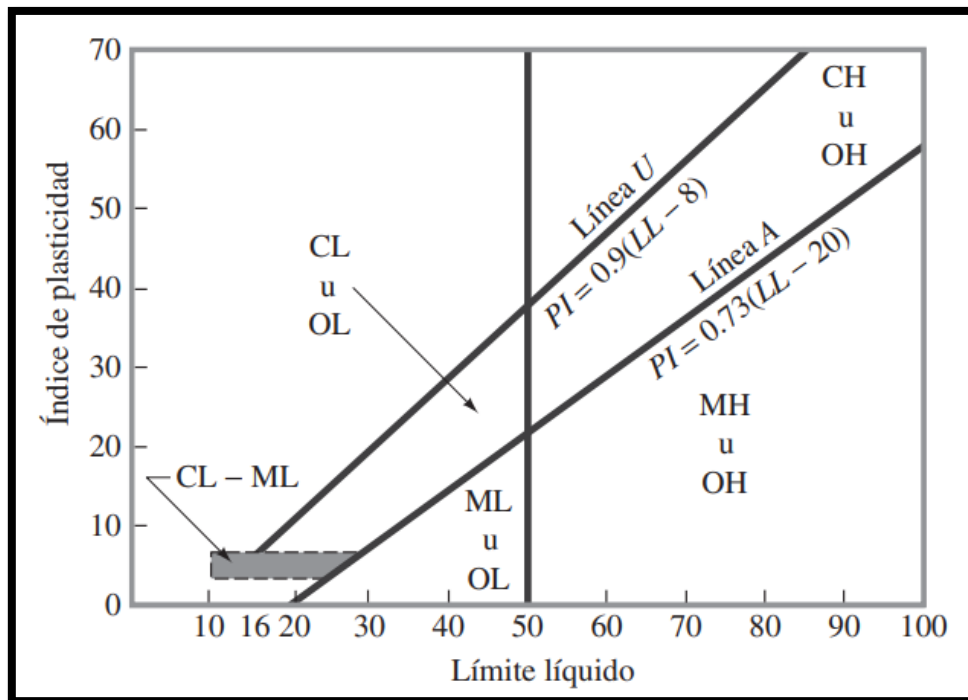


Figura 4. Esquema de plasticidad

**ANEXO N° 7**  
**“PLANO DE UBICACIÓN”**



**ANEXO N° 8**  
**“PANEL FOTOGRAFICO”**

## FOTOS DE CAMPO

C-1 – Entre la Avenida 1 y la Avenida 4



C-3 Entre la Avenida 1 Y la Av. Industrial



Este

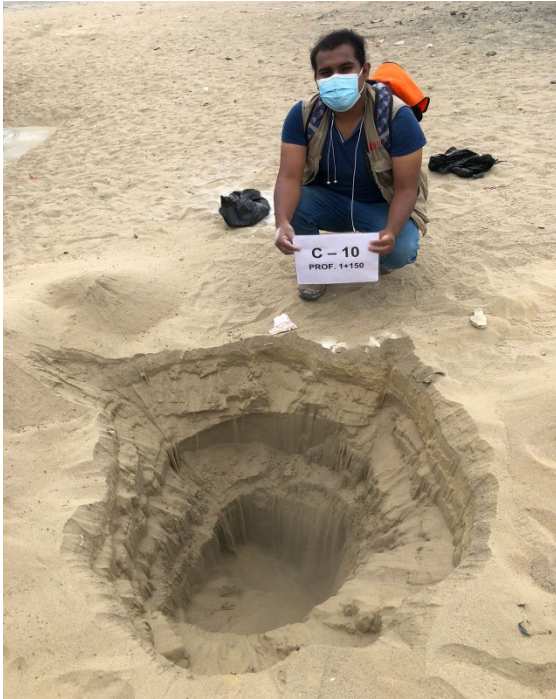
C-5 – Avenida 2



C-8 – Calle 12



*C-10 – Entre la Av. Industrial y la Av. Alcatraces*



*C-12 – Entre la Avenida 4 y la Av. Alcatraces*



**FOTOS EN EL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

*Ensayo Granulométrico*



*Ensayo de Contenido de Humedad*



*Ensayo de Compactación (Proctor Modificado)*



*Ensayo de CBR en Suelos*

