



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Estabilización de una base húmeda con material particulado para elevar la resistencia a compactación en pavimentos flexibles vías urbanas, Arequipa 2021.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Cruz Flores, Elvis Gustavo (ORCID: 0000-0002-3285-484X)

Taco Baca, Freddy Oswaldo (ORCID: 0000-0003-1048-6043)

ASESOR:

M. Sc. Clemente Condori, Luis Jimmy (ORCID: 0000-0002-0250-4363)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Presente tesis dedicado a dios, el forjador de mi camino y a mis padres, porque ellos han dado razón a mi vida siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo, sus consejos incondicionales y llevándome por el camino del bien.

Cruz Flores, Elvis

A mis hermanos y amigos por el apoyo que siempre me brindaron cada día durante mí transcurso de cada año de mi carrera profesional universitaria.

Taco Baca, Freddy

Agradecimiento

Gracias dios, ser celestial por darme la vida y disfrutar de mi familia, gracias a mi familia guiarme mis pasos cada día a día.

Agradezco también a mi Asesor M. Sc. Clemente Condori, Luis Jimmy por haberme brindado su orientación y conocimiento científico, así como también tenido toda la tolerancia durante el desarrollo de mi tesis.

Cruz Flores, Elvis

A mis profesores por sus enseñanzas, brindándome todos sus conocimientos y experiencias para desarrollarme profesionalmente.

Y por último también agradezco a todos mis compañeros de clases durante el tiempo transcurrido de cada año en la universidad ya que gracias a la amistad y apoyo moral han proporcionado un alto porcentaje en ganas de seguir adelante en mi formación de mi carrera profesional.

Taco Baca, Freddy

Índice de contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaración de autenticidad.....	iv
Índice de contenido	v
Índice de tabla.....	vi
Índice de figura.....	vii
Índice de abreviaturas.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	7
III. METODOLOGÍA.....	28
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	28
3.2. Variable y Operacionalización.....	29
3.3. Población, muestra y muestreo.....	31
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	32
3.5. Procedimientos de la investigación.....	35
3.6. Método de análisis de datos.....	57
3.7. Aspecto ético.....	57
IV. RESULTADOS.....	59
V. DISCUSIÓN.....	92
VI. CONCLUSIONES.....	93
VII. RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	95
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1: Clasificación de Suelos según tamaño de partículas.....	19
Tabla 2: Características de los suelos según (CBR).....	25
Tabla 3: Operacionalización de variables.....	30
Tabla4: Cuadro de cálculo de cuestionario de Alfa de Crombach.....	34
Tabla5: Cuadro de confiabilidad Crombach.....	35
Tabla 6: Números de esferas para el tipo de gradación.....	45
Tabla 7: Números de tamices para el tipo de gradación	46
Tabla 8: Selección de carga de bolas abrasivas.....	47
Tabla 9: Metodo de uso para el ensayo proctor modificado.....	52
Tabla 10: Granulometría C-01, cantera 13+860.....	59
Tabla 11: Granulometría C-02, cantera 13+860.....	61
Tabla 12: Granulometría C-03, cantera 13+860.....	62
Tabla 13: Límite líquido C-01, cantera 13+860.....	63
Tabla 14: Límite plástico C-01, cantera 13+860.....	64
Tabla 15: Límite líquido C-02, cantera 13+860.....	65
Tabla 16: Límite plástico C-02, cantera 13+860.....	66
Tabla 17: Límite liquido C-03, cantera 13+860.....	66
Tabla 18: Límite plástico C-03, cantera 13+860.....	67
Tabla 19: Resultado de límite de Atterberg cantera 13+860.....	68
Tabla 20: Clasificación de suelos según % de pasantes de finos.....	68
Tabla 21: Pasantes del tamiz N°200, cantera 13+860.....	72
Tabla 22: Proctor modificado C-1, cantera 13+860.....	74
Tabla 23: Proctor modificado C-2, cantera 13+860.....	76
Tabla 24: Proctor modificado C-3, cantera 13+860.....	78
Tabla 25: Resultados de los ensayos realizados (calicata C-01)	80
Tabla 26: Resultados de los ensayos realizados (calicata C-02)	81
Tabla 27: Resultados de los ensayos realizados (calicata C-03)	82
Tabla 28: distribución de t Student	84

Índice de figuras

Figura 1: Características del suelo	2
Figura 2: Condiciones climatológicas de la zona	3
Figura 3: Base de una carretera ya conformada.....	13
Figura 4: Base de una carretera deteriorado.....	13
Figura 5: Suelo de una carretera (trocha carrozable).....	14
Figura 6: Suelo granular para base.....	16
Figura 7: suelo gravoso para base.....	16
Figura 8: Ubicación de la cantera para el estudio de suelo.....	17
Figura 9: Tamices para las respectivas pruebas.....	18
Figura 10: Base en su estado de consistencia	20
Figura 11: Equipo de limite líquido y herramienta de ranurado.....	21
Figura 12: Compactación de la base.....	22
Figura 13: Compactación de la base con el rodillo.....	23
Figura 14: Ensayo de penetracion estándar.....	24
Figura 15: Fractura de la piedra rugosa para la estabilización de la base.....	26
Figura 16: Población Alto Sigwas.....	31
Figura 17: Muestra carretera vecinal P-15.....	32
Figura 18: Ubicación de la Zona (carretera).....	36
Figura 19: Calicata Nro. 3.....	36
Figura 20: Calicata Nro. 2.....	37
Figura 21: Calicata Nro. 1.....	37
Figura 22: Cantera División Pitay 13+860 y cantera 2+100.....	38
Figura 23: Clasificación del material particulado	39
Figura 24: Separación por cuarteo	39
Figura 25: Tamices	40
Figura 26: Conteo de golpes copa Casagrande.....	42
Figura 27: Colocación de la muestra al horno.....	42
Figura 28: Pesa de la muestra seca.....	43

Figura 29: Molde de bastones cilíndricos.....	44
Figura 30: Muestra al horno en una temperatura 110°c.....	44
Figura 31: Colocación de la muestra en la probeta.....	50
Figura 32: Agitación de la probeta.....	50
Figura 33: Colocación de tubo irrigador.....	50
Figura 34: Medición de altura de finos.....	50
Figura 35: Equipo de proctor modificado.....	53
Figura 36: Peso del molde.....	54
Figura 37: Preparación de la muestra.....	54
Figura 38: Compactación a 25 golpes	54
Figura 39: Muestra sumergida en agua.....	56
Figura 40: Prueba de penetración.....	57
Figura 41: Curva granulométrica de las partículas C-01, cantera 13+860.....	60
Figura 42: Curva granulométrica de las partículas C-02, cantera 13+860.....	61
Figura 43: Curva granulométrica de las partículas C-01, cantera 13+860.....	63
Figura 44: Cálculo límite líquido C-01 a 25 golpes, cantera 13+860.....	64
Figura 45: Cálculo límite líquido C-02 a 25 golpes, cantera 13+860.....	65
Figura 46: Cálculo límite líquido C-03 a 25 golpes, cantera 13+860.....	67
Figura 47: Ábaco de Casagrande C-1, cantera 13+860.....	69
Figura 48: Ábaco de Casagrande C-2, cantera 13+860.....	70
Figura 49: Ábaco de Casagrande C-3, cantera 13+860.....	71
Figura 50: Calculo de densidad máxima C-1, cantera 13+860.....	75
Figura 51: Calculo de densidad máxima C-2, cantera 13+860.....	77
Figura 52: Calculo de densidad máxima C-3, cantera 13+860.....	79
Figura 53: T de Student para equivalente de arena	84
Figura 54: T de Student para Incide de plasticidad	87
Figura 55: T de Student para ensayo de abrasión	89
Figura 56: T de Student para ensayo de CBR	91

Índice de abreviaturas

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, x

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation, x

ASTM: American Society for Testing and Materials, x

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 1

CBR: California Bearing Ratio ,7

PET: Politereftalato de polietileno, 10

LL: Límite Líquido, 21

LP: Límite Plástico, 21

SL: Límite de contracción, 21

IP: Índice de plasticidad, 21

Resumen

La base es el apoyo incondicional de la estructura del pavimento y por ello la finalidad de mejorar la estabilización y las características de los materiales que permitan establecer una capacidad estructural de la base, la presente investigación tiene como objetivo estabilizar la base húmeda con material particulado para elevar su resistencia a compactación en pavimentos flexibles vías urbanas. La metodología que se usó fue diseño experimental para ello se estudió sus propiedades físicas determinando las propiedades de índice de suelos (clasificación de suelos por el método SUCS y AASHTO) y mecánicas por ensayos que permitieron determinar la resistencia de los suelos con la cual va a resistir los diferentes puntos de cargas verticales y deformaciones las misma que se realizó en el laboratorio. Desarrollando los ensayos se orientó a explorar el sub suelo mediante la ejecución de la calicata en el área de estudio de la cantera tomándose muestras disturbadas de la exploración ejecutada a una profundidad de 1.50 m las mismas que fueron remitidas al laboratorio para su análisis correspondiente (Cantera división Pitay 13+860 y cantera 2+100 , distrito de Majes, provincia de Caylloma, región-Arequipa), los ensayos de laboratorio permitieron evaluar las propiedades de los suelos físicos y mecánicos, análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422, límite de consistencia (límite líquido, límite plástico) ASTM D-4318 y en campo se realizó el ensayo de densidad natural IN SITU (método del cono de arena ASTM-D1556) los cuales permitieron obtener la densidad húmeda y el contenido de humedad (SSPEDY), obtenido de los dos resultados la densidad seca y se comparó con la máxima densidad seca del proctor (laboratorio) obteniendo el grado de compactación de la base cumpliendo con la capacidad estructural.

De los resultados que se obtuvieron fueron Equivalente de arena 54 %, Índice de Plasticidad 5.79 %, Abrasión 28.18 %, CBR al 95 % de MD 18%, 20%, 19%, Abrasión 28.18 % lo cual cumple con sus características físicas y mecánicas mejorando su capacidad estructural como se observa en la tabla 31, 32 y 33, Concluyeron que el material particulado es óptimo para base cumpliendo con el MTC.

Palabras clave: Estabilización, base, particulado, resistencia, pavimentos.

Abstract

The base is a very important of the structure of the pavement and therefore the purpose of improving the stabilization and the characteristics of the materials that allow to establish a structural capacity of the base, the present research aims to stabilize the wet base with particulate matter to raise its resistance to compaction in flexible pavements urban roads. The methodology that was used was experimental design for it was studied its physical properties determining the properties of soil index (classification of soils by the SUCS and AASHTO method) and mechanical by tests that allowed to determine the resistance of the soils with which it will resist the different points of vertical loads and deformations the same that was carried out in the laboratory. Developing the tests, we aimed to explore the sub-soil by executing the calcata in the study area of the quarry, taking disturbed samples from the exploration carried out at a depth of 1.50 m which were sent to the laboratory for its corresponding analysis (Quarry division Pitay 13+860 and quarry 2+100, district of Majes, province of Caylloma , region-Arequipa), the laboratory tests allowed to evaluate the properties of the physical and mechanical soils, granulometric analysis by sieving ASTM D-422, consistency limit (liquid limit, plastic limit) ASTM D-4318 and in the field the natural density test was carried out IN SITU (sand cone method ASTM-D1556) which allowed to obtain the wet density and moisture content (SSPEDY) , obtained from the two results the dry density and was compared with the maximum dry density of the proctor (laboratory) obtaining the degree of compaction of the base complying with the structural capacity.

Of the results obtained were Sand Equivalent 54%, Plasticity Index 5.79%, Abrasion 28.18 %, CBR at 95 % MD 18%, 20%, 19%, Abrasion 28.18% which meets its physical and mechanical characteristics improving its structural capacity as shown in table 31, 32 Y 33, They concluded that particulate matter is optimal for base compliance with the MTC.

Keywords: Stabilization, base, particulate, resistance, pavements.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo socio-económico de todas las poblaciones demanda obras viales de comunicación terrestre de calidad que nos facilitan intercambios de productos, mayor flujo de mercado, promociona el turismo, mejora la calidad de vida y entre otros. El funcionamiento y la duración de una estructura del pavimento depende de la base a estabilizar tomando en cuenta la cercanía de cantera de material particulado.

En Latinoamérica unos de los grandes problemas en especial nuestro país el deterioro, abandono, mala gestión, formar de trabajo y de no existir un mantenimiento oportuno y adecuado siendo unos de los problemas la baja capacidad portante del suelo in situ.

La vía se encuentra ubicado en la comunidad Alto Siguas, distrito de Majes, la calzada tiene un ancho de 6.00 m de dos carril de doble sentido, en las que no hay separación física, no cuentan con cunetas a los costados, de acuerdo a las condiciones orográficas y el manual de carretera MTC se clasifica en una carretera de tercera clase por ser una baja demanda de tránsito vehicular, los vehículos que se observó transitar durante el día son: volquete, camioneta 4x4, autos, y también vehículos lineales como motos y moto taxis. Asimismo, se ha podido identificar ausencia o carencia de infraestructura vial

se realizó estudio visual de las Características del suelo in situ de la carretera vecinal P-15 se encontró un suelo gravoso con un tamaño mínimo de partícula de 1/4" a 2 1/2", baja cantidad de arena (retenido de la malla N° 4 y N° 200), limos y arcillas en pocas cantidades (pasante por la malla Nro. 200) como se ve en la figura 1.



Figura 1. Características del suelo.

Las condiciones climatológicas en las pampas de alto siguas no presenta grandes ni bruscas fluctuaciones, la temperatura promedio máximo es 22°C y mínima es 17°C durante casi todo el año y las precipitación pluvial en los meses de diciembre hasta marzo esto conlleva a que el suelo de la vía presente humedad, charcos de lodo, característica que la podemos atribuir a dos situaciones: Al hecho de que el área de estudio se encuentra en una altitud (1,396 m.) sobre el nivel del mar, las variaciones climáticas se deben a factores, tales como: altitud, topografía, continentalidad, orientación de los cerros, etc.

El viento experimenta una variación muy clara durante el día como se muestra en la figura 2 y presenta una gran analogía con la variación térmica; es pequeña durante la noche, luego va aumentando desde la salida - del sol hasta después del mediodía, momento en que alcanza su máximo valor, para luego disminuir hasta la madrugada. Observando en el invierno la velocidad del viento aumenta presenta la mayor oscilación.



Figura 2. Condiciones climatológicas de la zona.

La comunidad del alto siguas, su actividad económica esencial es la agricultura y el comercio de productos de alimentos, la vivienda tiene una infraestructura de material noble y cuentan con los servicios básicos de agua, desagüe y luz. Merecen contar con un mejor servicio de calidad, observando en las condiciones actuales en las que se presta esta carretera, es necesario la intervención oportuna de las autoridades al no contar con un servicio adecuado limita el desarrollo de la zona generando malestar, produzcan accidentes u otro acontecimiento.

Para el desarrollo de la población Alto Siguas se busca una alternativa de estabilización en la base con cambios de las características físicas y mecánica con el uso de material particulado de cantera para la estabilización de la base de la carretera vecinal.

Para ello es necesario hacer estudios, ensayos, exploraciones del subsuelo mediante ejecuciones de calicatas en la cantera División Pitay cumpliendo con las normas MTC, ASTM y AASHTO para la obtención de una elevada resistencia a la compactación en la estabilización de la base.

Formulación del problema

Problema general

¿Cómo la estabilización de una base húmeda con material particulado elevaría su resistencia a compactación en pavimentos flexibles, Arequipa 2021?

Problemas específicos

¿con el índice de plasticidad se podrá mejorar la propiedad mecánica de la base sin romperse hasta cierto límite, del material particulado a compactar en pavimentos flexibles?

¿Con el ensayo de equivalente de arena se podrá especificar las proporciones relativas suelos arcillosos y arena en la estabilización de la base humedad?

¿Con el ensayo de abrasión se determinará la degradación, durezas de las partículas gruesas de la estabilización de la base humedad?

Objetivos

➤ Objetivos general

Elevar la resistencia a compactación en pavimentos flexibles por medio de la estabilización de una base húmeda con material particulado.

➤ Objetivos específicos

Mejorar la propiedad mecánica de la base sin romperse hasta cierto límite, del material particulado a compactar con análisis del índice de plasticidad en pavimentos flexibles.

Especificar las proporciones relativas suelos arcillosos y arena en la estabilización de la base humedad con el ensayo de equivalente de arena.

Determinar la degradación, durezas de las partículas gruesas de la estabilización de la base humedad con el ensayo de abrasión.

Justificación de la investigación

Este trabajo se justifica económicamente ya que una mejor compactación de pavimentos hará que exista una mayor transpirabilidad, reduciendo el tiempo de viaje y por lo tanto dinamizando más el aspecto económico, pues se podrá hacer más viajes en menos tiempo. Este trabajo se justifica en el aspecto metodológico ya que dará detalle de todos los pasos a seguir para elevar la resistencia a compactación de los pavimentos flexibles, este trabajo se justifica técnicamente ya que todos las etapas están de acuerdo a las normas técnicas proporcionadas por el MTC, por el AASHTO, y el SUCS .El presente trabajo se justifica teóricamente ya que la información brindada corresponde a una cantera nueva que nunca antes fue estudiada, además los resultados indican que la zona es apta para ser explotada. Finalmente, este trabajo tiene justificación social pues posee el objetivo de solucionar la necesidad de la comunidad de Alto Sigwas con la estabilización de la base con material particulado en la carretera vecinal PE-15 con longitud de 600m que no cuenta con infraestructura vial urbana.

Delimitación de la investigación

➤ Espacial

La indagación se hizo en la carretera vecinal PE-15 y la cantera División Pitay 13+8600 y cantera 2+100 en el distrito de Majes, provincia de Caylloma, región Arequipa.

➤ Temporal

La investigación se comenzó en abril del año 2021 con un tiempo de tres meses culminando en el mes de julio para obtener los resultados.

Hipótesis

Hipótesis general

- La estabilización de una base húmeda con material particulado elevará su resistencia a compactación en pavimentos flexibles.

Hipótesis específicos

- El índice de plasticidad mejorará la propiedad mecánica de la base sin romperse hasta cierto límite, del material particulado a compactar en pavimentos flexibles.
- El ensayo de equivalente de arena, se especificará las proporciones relativas suelos arcillosos y arena en la estabilización de la base humedad.
- El ensayo de abrasión se determinará la degradación, durezas de las partículas gruesas de la estabilización de la base humedad.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

A nivel nacional:

Ravines Merino, María Alejandra, sustentó el año 2010 para botar el título profesional de ingeniero civil su Tesis que se planteó como objetivo la evaluación de un producto muy novedoso en el mercado denominado Perma-ZYME 22X que básicamente es un aditivo hecho a base de enzimas orgánicas expendida como para mejorar la estabilidad del suelo con lo que permitiría mejorara la resistencia de suelos de características arcillosas compuestas por arcilla fina. El aspecto metodológico consideró la utilización del diseño experimental, para lo cual se tuvo el apoyo del laboratorio de suelos de la universidad de Piura en el que se realizaron la prueba de Proctor, CBR, límite plástico, límite líquido, absorción por capacidad y granulometría todos siguiendo las normas técnicas correspondientes a cada una luego de que se le añadió el aditivo químico; el estudio concluye que el aditivo si mejora de manera positiva algunas de las propiedades con lo que el suelo pasa de una baja calidad a una de buena calidad.

Cortes y Fernández (2015). En su Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, se propuso como objetivos dar solución a vías de transporte sin pavimento a través de aditivos a base de biopolímeros y zeolitas, con lo que se redujeron los costos, se mejoraron la resistencia de los suelos, además de disminuir la generación de polvo, aumentando a si el tiempo de durabilidad de las vías. En el aspecto metodológico se utilizó un diseño experimental ya que el ensayo CBR que se utilizó para los suelos requirió sumergirlos en agua previa compactación es decir en su peor presentación pero que para la zona esto no se dio por lo que la capa que recibió la estabilización es superior en su desempeño, el trabajo concluye que la mezcla arena limosa-biopolimero y la mezcla de limo con plasticidad baja-biopolimero no cumplieron con las especificaciones técnicas para que se pueda aceptar el aditivo.

Nesterenko (2018). En su tesis obtener el Grado de Maestría en la rama de ingeniería Civil con relación en infraestructura Vial de la Universidad de Piura, tuvo el objetivo

principal de esta investigación fue la estabilización del suelo a través de la utilización de polímeros agregando elementos pertenecientes a la realidad peruana tales como los equipos de ejecución y el incremento de productividad en las construcciones; la metodología para esta investigación se planteó el uso del diseño experimental para la estabilidad del suelo con PAM; la evaluación física y mecánica de las gravas en condiciones naturales y sometidos a estabilización con PAM , se hizo a través de ensayos realizados en laboratorios ubicado en varias partes del Perú, tales como límites de Atterberg, contenido de humedad optima, granulometría, densidad seca, CBR, la muestra utilizada para este trabajo consta de suelos sometidos a estabilización con polímeros tales como la resistencia y la durabilidad con relación a suelos en estado natural; en esta investigación se llega a la conclusión de que a través de estabilización de los suelos con la ayuda del polímero Poliacrilamida permite ahorrar agua , permite el incremento del CBR de 70% en promedio al 95% MDD incorporando el PAM en la muestras naturales sometidas a experimentos, finalmente permitió que la capacidad portantes del pavimento aumentó con lo que también se incrementó la durabilidad del mismo.

García Gonzales, Anabelén, sustentó el año 2015 su Tesis con el fin de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. En esta investigación se afirma que el valor del CBR de la subrasante es muy importante para diseñar infraestructuras viales, pues valores óptimos de CBR permiten tener capas delgadas, esta investigación se planteó alcanzar dichos valores óptimos de CBR a través de la incorporación de cal a los suelos naturales en porcentajes de 2%, 4% 6% y 8% con lo que también se disminuye la plasticidad. La metodología usada se basó en un diseño experimental, en el cual lo primero que se hizo fue conseguir muestras de 2 calicatas de metro y medio de profundidad, para analizarlos en el laboratorio, los ensayos que se realizaron fueron el granulométrico, y el límite de Atterberg , con el primer ensayo se pudo saber que suelo en estudio se clasifica según SUCS y AASHTO con limo arcilloso. Los ensayos realizados fueron el proctor modificado y california bearing Ratio, límites de Atterberg, dichos ensayos se realizaron añadiendo cal a los suelos de interés, también se realizaron los ensayos de límites de Atterberg , contenido óptimo de humedad,

ensayos de proctor modificado y CBR al 95% de densidad seca máxima, al 0.1" y 0.2"; el estudio concluye que la cal aumenta la resistencia de la subrasante limo arcilloso con un CBR al 0.1"

Mamani D., Huaranca A. (2013). Artículo de investigación: "Estabilización de suelos con fines de pavimentación, mediante el uso de polímeros reciclados", se planteó como objetivo de estabilizar suelos para pavimentos a través del uso de polímeros reutilizados teniendo como referencia el manual de carreteras del ministerio de transportes y comunicaciones. En esta investigación se utilizó un diseño experimental ya que se analizaron tres canteras añadiendo polímeros reciclados, obteniéndose los resultados de un aumento del CBR de 28% en promedio. Las canteras en estudio estaban compuestas por suelos con mayor cantidad de arena e importantes cantidades de arcillas, ya que el porcentaje de material fino fue de 25%. El autor recomienda hacer una investigación con las características de este estudio, pero en suelos limo-arcillosos

Antecedentes internacionales:

Vásquez Jara, Jaime David, sustento el año 2008 su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. En este estudio se hizo un análisis detallado de la estabilización de suelos también se presentaron propiedades de suelos cohesivos para tal fin se planteó el objetivo de estabilizar suelos de trabajos en carreteras con plasticidad alta con la ayuda de cal. Para la metodología de la investigación se utilizó un diseño de tipo experimental, el cual consistió en la estabilización del suelo a través de la incorporación de cal. El estudio concluye que la cal si es una buena alternativa para mejorar los suelos, ya que este elemento es capaz de ocasionar mejoras en las peculiaridades más importantes del suelo tales como el incremento de la capacidad portante, el único inconveniente es que económicamente la utilización de cal no es viable.

Valle Áreas, Wilfredo. (2010) en su tesis de maestría se traza como objetivo principal describir el hecho de que el incremento de cal en la arcilla con la ayuda de fibras disminuye el índice de plasticidad con lo que se mejora su resistencia del suelo

disminuyendo su encogimiento. Para la metodología del trabajo de investigación se usó un diseño experimental ya que se combinaron cal con fibras de polipropileno con lo que se verificó que las dichas fibras aumentan la resistencia al corte y la cal ayuda con mejorar la plasticidad del material, con lo que se concluye que la cal en combinación de las fibras ayuda a reducir la cantidad del uso de cal, reducir la formación de etringitas y reducir problemas por ataque de sulfatos consiguiéndose así estabilizar el suelo.

López T., Hernández J., Harta J., Coronado A. & Castaño V. (2010, mayo). "Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas", Este trabajo tuvo como objetivo primordial analizar los cambios de volumen de las arcillas a consecuencia de la variación de la humedad que por lo general se debe a la capilaridad y la infiltración. La metodología se basó en un diseño experimental ya que se usa el poliuretano muy utilizado para sellar grietas en las construcciones, este material es utilizado para estabilizar variaciones de volumen de suelos con problemas de expansión. El estudio concluye que combinaciones de polímero con el suelo disminuyen el incremento de volumen alrededor del 40% , con relación al suelo en estado natural; el politereftalato de etileno(PET) que se añade al suelo le da la propiedad de resistencia ante el humus, antes los líquidos ácidos, líquidos básicos, líquidos salados, productos químicos , y el daño proveniente del medio ambiente.

Castillo Parra, Byron Fernando, sustentó en el año 2017, su Tesis para optar el grado Máster en Ingeniería en Vialidad y transportes. El objetivo principal de este estudio fue dar estabilidad a materiales arcillosos pertenecientes al Km 3+000 de una carretera con CBR menor al 5% y límite líquido superior al 100% para usarlos como subrasante estabilizado; la metodología se basó en un diseño experimental, para lo cual se tomaron muestras a los que se le dieron tratamientos de estabilización con cal desde el 10% hasta del 40% con relación a peso del suelo deshidratado sin agua. Se concluye que la disminución del límite líquido, del índice de expansión y del índice plástico aumentaron los valores del CBR a consecuencia de haber añadido cal en un 16%.

Altamirano Navarro, Genaro José y Díaz Sandino, Axel Exequiel, sustentaron en el año 2015 su Tesis con el fin de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Este estudio tuvo como objetivo principal estabilizar arcillas ubicadas en la comunidad de san isidro, con una combinación de cal. La comunidad situada en potosí, tiene una variedad de espacios con suelo de características plásticas poco favorables para el transporte de móviles, además existes una evidente carencia de vías acondicionadas apropiadamente con asfalto, adoquines o concreto hidráulico lo que conlleva a problemas de movilidad para realizar actividades de todo tipo en tiempos de lluvia. Para la metodología de investigación se utilizó el diseño experimental ya que se estabilizaron arcillas previa caracterización, y ensayos de laboratorio basadas en normas tales como ASTM y AASHTO .El procedimiento de trabajo consistió básicamente en la aplicación dosificada de material arcilloso con cantidades de cal al 3%, 6%, 9% y 12% de concentración, luego de realizar dicho tratamiento se llegó a la conclusión de que las muestras mejoran de manera muy significativa su propiedad plástica, su densidad de compactación, también aumento la humedad necesaria para el proceso ya que la cal y la arcilla presentan una reacción exotérmica, además se dio una incremento significativo de la capacidad portantes del suelo tratado. finalmente, el estudio logro resultados porcentuales de cal aceptables los cuales corresponden a un valor del 9%.

Habiba Afrin el año 2017 en su artículo, menciona que La estabilización del suelo se utiliza para reducir la permeabilidad y la compresibilidad de la masa del suelo en las estructuras de tierra y para aumentar su resistencia al corte. El principal objetivo de este trabajo es revisar las propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes tipos de métodos de estabilización. La estabilización y su efecto sobre el suelo indican el mecanismo de reacción con aditivos, efecto sobre su resistencia, mejoran y mantienen el contenido de humedad del suelo y sugerencia para sistemas constructivos. La estabilización del suelo se puede lograr mediante varios métodos. Todos estos métodos se dividen en dos categorías amplias, a saber, estabilización mecánica y estabilización química. La estabilización mecánica es el proceso de mejorar las propiedades del suelo cambiando su gradación y la estabilización química del suelo

expansivo consiste en cambiar el físico-sintético alrededor y dentro de las partículas de arcilla donde la tierra obliga a menos agua para cumplir con el desequilibrio estático y hacerlo problemático. para el agua que entra y sale del marco para cumplir proyectos viales de diseño particular.

2.2. Teorías relacionado al tema

2.2.1. Partícula

Son fragmentos pequeños se clasifican según la norma ASTM D_422, pasante en la malla N° 200 partículas finas, pasante de la malla N° 4 partículas gruesa. Los conjuntos de partículas forman agregados que pueden ser de origen natural tratadas o elaboradas.

2.2.2. Agregado densamente gradado

Árido con la característica de que sus partículas al ser compactadas, los espacios vacíos o poros propios de su composición, representado en valores porcentuales es muy pequeño (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 10).

2.2.3. Base

La base es la capa de carga directamente debajo de las capas del asfalto como se muestra en la figura 4 y sirve para proporcionar fuerza y soporte para el pilar superior. Esta capa se forma al esparcir el agregado en capas delgadas y luego compactarlo con equipo pesado hasta que el material forma una capa densa de agregado entrelazado como se observa en la figura 3. Para un buen desempeño, los agregados deben ser fuertes y duraderos, y deben cumplir con requisitos de clasificación muy específicos. Tradicionalmente, los agregados para la base consisten en arena, grava, roca triturada, piedra de cantera y otros materiales minerales vírgenes que proporcionaban la resistencia y durabilidad necesarias. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones Perú Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima. 2008.).



Figura 3. Base de una carretera ya conformada

Fuente: <https://cutt.ly/XngPJg9>



Figura 4. Base de una carretera deteriorado

2.2.4. El suelo

El suelo es el material superficial suelto que cubre la mayor parte de la tierra como se observa en la figura 5. Está formado por moléculas inorgánicas y materia orgánica. El

suelo proporciona soporte estructural para edificaciones, construcciones y obras civiles. Los suelos varían mucho en sus propiedades químicas y físicas. Procesos como la filtración, la intemperie y la actividad microbiana se combinan para formar una amplia variedad de diferentes tipos de suelos. Cada tipo tiene sus propias fortalezas y debilidades para la construcción de obras civiles. (Arredondo Verdú, 2011, p. 221-222).



Figura 5. Suelo de una carretera (trocha carrozable)

2.2.5. Origen del suelo

Gran parte de los suelos presentes en la tierra se origina a consecuencia del intemperismo de una gran variedad de rocas, el intemperismo se divide en dos:

- Intemperismo mecánico. - Es la actividad por la cual la roca se parte en pedazos de menor diámetros debido a la acción de fuerza de tipo físico tales como el movimiento de las aguas, los vientos, los rayos solares y el frío extremo,
- Intemperismo químico. - Consiste en un proceso en el que los elementos químicos de las rocas se descomponen llegando a transformarse en materiales totalmente diferentes a los originales, ejemplo de ello son los feldespatos que por acciones químicas de la naturaleza se convierte en arcillas (Braja M. Das, 5ª edición, p.64).

a) Tipos de suelo

Las variaciones en los tipos de suelos se deben principalmente al tipo y naturales de la roca de donde proviene y al diámetro de las partículas que lo conforman (Braja M. Das, 5ª edición, p.1-5).

- **Suelos granulares**

Conformado por fragmentos de agregados que no tiene conforman un sólido ya que el gran tamaño de su partícula no lo permite como se muestra en la la figura 6, a pesar de tener esa deficiencia este tipo de suelo posee una elevada capacidad portante, además es un material permeable lo cual facilita el flujo del agua en su interior en situaciones donde las lluvias son intensas (Braja M. Das, 5ª edición, p.1-5).



Figura 6. Suelo granular para base.

➤ **Gravas**

Constituido por materiales procedentes de rocas fragmentadas por agentes atmosféricos con el diámetro de partículas mayores a 2 mm según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCCS) como se muestra en la figura 7. Este material suelto suele encontrarse en las riberas de los ríos asimismo en depresiones de terrenos rellenados por el acarreo y/o transporte de los ríos sufriendo así un desgaste en sus aristas de tal manera adquieren una forma redondeada. (Braja M. Das, 5ª edición, p.1-5).



Figura 7. Suelo gravoso para base.

2.2.6. Propiedades del suelo

Las características de un suelo que conforman la base como se muestra en la figura 8, son los aspectos más importantes a tomarse en cuenta durante la elaboración de una estructura de pavimento (sólidos, maleable, compactados). Para saber con precisión las propiedades físicas y mecánicas de un suelo que conforma la base se requiere del recojo de muestras en toda la vía previa realización de calicatas que posteriormente son trabajados en un laboratorio. (Crespo Villalaz, p. 65).



Figura 8. Ubicación de la cantera para el estudio de suelo.

a) Humedad natural

Es una de las características físicas de los suelos de gran ayuda para construir carreteras debido a que los suelos que constituye la base tales como los materiales finos tienen una directa relación con la humedad y por ende con su densidad. La humedad natural es el cociente entre el peso del agua y el peso seco de los suelos. (Crespo Villalaz, p. 65).se expresa de la siguiente forma.

$$W_n(\%) = \frac{W_\omega \times 100}{W_s}$$

W_n (%) = Peso húmedo (%)

W_ω = Peso de H₂O

W_s = Peso del suelo seco

b) Granulometría

Su finalidad es establecer el tipo de textura de un suelo en base a porcentajes de los pesos de las partes de diversos tamaños que conforma el material. Desde un enfoque técnico un suelo para caminos se puede emplear siempre que esté bien gradado para tener buenos resultados de compactación, pues materiales bien gradados poseen mayor estabilidad y mayor capacidad portante.

La granulometría tiene que ver con las cantidades en las que se encuentran las diferentes partículas que componen el suelo (arcilla, limo, arena y grava) expresadas en porcentaje de peso con relación al total. La granulometría analiza la manera en que se distribuyen las partículas los cuales conforman un suelo según la dimensión de su diámetro con la ayuda de tamices o mallas como se observa en la figura 9 y la tabla 1, normas técnicas en los que se da detalle de la manera en que se deben clasificar. (Ensayo MTC E 107). (Mohedas Díaz, Margarita & Moreno Vega, Alberto, 2014, p. 8).



Figura 9. Tamices para las respectivas pruebas.

Tabla 1: Clasificación de Suelos según tamaño de partículas.

Tipo	Denominación	Tamaño de las partículas
Suelos Granulares	Grava	75.0 milímetros - 4.750 milímetros
	Arena	Arena gruesa: 4.75 milímetros - 2.00 milímetros
		Arena media: 2.00 milímetros - 0.425 milímetros
		Arena fina: 0.425 milímetros - 0.075 milímetros
Suelos Cohesivos	Material fino limos	0.075 milímetros - 0.005 milímetros
	Arcillas	Menor a 0.005 milímetros

Fuente: “Manual de Suelos, Geología, Geotecnia Pavimentos” (febrero2013)

c) Estado de consistencia

El desempeño de un suelo se ve afectada de grandemente por la presencia de agua en su interior. Este hecho destaca el menor tamaño de partículas que componen dicho suelo, y se relaciona principalmente con aquellas en las que predomina el componente arcilloso, ya que los fenómenos de interacción superficial en este tipo de suelos se superponen a los del tipo gravitacional.

. Líquido

Una cantidad excesiva de agua anula las fuerzas de atracción entre los extremos que han mantenido unido el suelo (cohesión) y lo convierte en lodo, un líquido viscoso que no tiene la capacidad de resistir.

➤ Plástico

El suelo se puede moldear fácilmente, lo que conduce a grandes deformaciones cuando se realizan pocos esfuerzos en él. Su desempeño es plástico, por lo que no recupera su estado inicial una vez finalizado el esfuerzo. Mecánicamente, no se pueden tolerar cargas adicionales.

➤ Semisólido

El suelo es fácilmente moldeable, se agrieta y agrieta antes de cambiar de forma, pero no es sólido puro porque se seca o pierde agua, su volumen disminuye mecánicamente.

➤ Sólido

En esta situación, el suelo logra estabilidad porque con cambios en la humedad su volumen no cambia como se muestra en la Figura 10, y su comportamiento mecánico es óptimo, correspondiendo la humedad a los puntos de transición entre cada uno de estos estados. (Juan Pérez Valcárcel, p. 16).



Figura 10. Base en su estado de consistencia.

Fuente: <https://cutt.ly/6ngAB2f>

Límites de Atterberg (Límite Líquido E Índice Plástico)

Las pruebas de límites de Atterberg determinan el contenido de humedad en el que los suelos arcillosos finos y los suelos arcillosos hacen la transición entre los estados sólido, semisólido, plástico y líquido utilizando el equipo de Casagrande como se muestra la figura 11, a medida que aumenta el contenido de humedad, los suelos arcillosos y aluviales pasan por cuatro estados diferentes de consistencia: duro, semiduro, plástico y líquido. Cada etapa muestra diferencias significativas en fuerza, consistencia y comportamiento. Las pruebas de límite de Atterberg determinan con precisión los límites entre estos estados utilizando el contenido de humedad en los puntos donde ocurren los cambios físicos. Los valores e indicadores de prueba

derivados tienen aplicaciones directas en el diseño de cimentaciones y en la predicción del comportamiento de rellenos, presas y pavimentos. Los valores evalúan la resistencia al corte, estiman la permeabilidad, predicen la estabilidad y determinan el suelo expandido potencial.

- Límite líquido (LL) es el contenido de agua en el que el suelo cambia de un estado plástico a un estado líquido cuando la muestra de suelo es lo suficientemente líquida como para que el orificio se cierre cuando se mueve de cierta manera.
- El límite de plástico (LP) es el contenido de agua cuando el plástico se cambia a un estado semisólido. Esta prueba implica envolver una muestra de suelo repetidamente en una cuerda hasta que llega a un punto donde se rompe.
- El límite de contracción (SL) es el contenido de agua en el que la pérdida adicional de humedad no da como resultado una disminución en el volumen de la muestra. (Crespo Villalaz, p.70-79).

$$IP = LL - LP$$



Figura 11. Equipo de límite líquido y herramienta de ranurado.

d) Compacidad del Suelo

Es el nivel de compactación del suelo, es una de las características de suelos de la base más importantes, así como también de otro tipo de rellenos ya que tiene directa relación con la estabilidad, la resistencia y la deformabilidad de dicho relleno, pues para toda construcción estos deben de estar consolidados correctamente para prevenir problemas de asentamiento como se aprecia en la figura 12.



Figura 12. Compactación de la base.

Fuente: <https://cutt.ly/bngSur4>

Ensayo Proctor

El ensayo Proctor sirve para determinar la densidad seca máxima de muestras de suelo para realizar la prueba de calidad en la compactación en campo como se aprecia en la figura 13. Determina el contenido de humedad óptimo en el que una muestra determinada se espesará y alcanzará su máxima densidad seca.

La prueba se conoce como prueba de esfuerzo de Proctor en honor a Ralph Roscoe Proctor. En 1933, demostró que la densidad del suelo seco para una presión determinada depende de la cantidad de agua en el suelo en el momento de la compactación.

En el campo de la geotecnia existen dos tipos de ensayo Proctor el Estándar y el Modificado, diferencia entre ambas radica básicamente en la energía de compactación

empleada. La prueba de supervisor estándar se detalla en los métodos de prueba ASTM D698 y AASHTO T99 y la prueba de supervisor modificada se detalla en ASTM D1557 y ASSHTO T180 (Braja M. Das, 2013, p. 60).



Figura 13. Compactación de una base con el rodillo.

Fuente: <https://cutt.ly/LngSfJ4>

Capacidad Portante del suelo

Es importante porque cuando se coloca una carga en el suelo, como desde los cimientos de un edificio, una grúa o un muro de contención, el suelo debe tener la capacidad de soportarlo sin un hundimiento o falla excesivas.

En pocas palabras, la capacidad de carga es la capacidad de la tierra para soportar las cargas aplicadas al suelo por encima, se aplica el ensayo de CBR para hallar la carga máxima que soporte el suelo como se aprecia en la figura 14 y tabla 2. Depende principalmente del tipo de suelo, su resistencia al corte y su densidad. También depende de la profundidad de empotramiento de la carga: cuanto más profundo es el suelo, mayor es la capacidad de carga. Cuando la capacidad de carga es insuficiente, se puede mejorar el suelo o, alternativamente, la carga se puede distribuir en un área más grande para que la tensión aplicada al suelo se reduzca a un valor aceptable por debajo de la capacidad de carga. Esto se puede lograr con cimientos extendidos hechos de hormigón armado, por ejemplo. En el caso de plataformas de trabajo de

grúas y equipos de pilotaje, la distribución de carga mejorada es proporcionada por una plataforma granular cuyo rendimiento se puede mejorar aún más mediante la instalación mecánica utilizando geomallas Tensar.

Hay dos niveles de capacidad de carga del suelo que se consideran:

- ✓ Capacidad de carga máxima: la presión vertical máxima que se puede aplicar a la superficie del suelo, en cuyo punto se desarrolla un mecanismo de falla por cizallamiento en el suelo de soporte.
- ✓ Capacidad de carga permitida: esta es la capacidad de carga máxima dividida por los factores de seguridad apropiados; Se pueden aumentar los factores para reducir adecuadamente los asentamientos. (Braja M. Das, 2013, p.78-87).



Figura 14. Ensayo de penetración estándar

Tabla 2: Características de los suelos según (CBR).

CBR	Clasificación General	Usos	Sistema de clasificación	
			Unificado	AASHTO
00 – 03	Muy pobre	Subrasante	OH-CH-MH-OL	A5-A6-A7
03 – 07	Muy pobre o regular	Subrasante	OH-CH-MH-OL	A4-A5-A6-A7
07 – 20	Regular	Subbase	OL-CL-ML-SC-SM-SP	A2-A4-A6-A7
20 – 50	Bueno	Base	GM-GC-SW-SM-SP-GP	A-1b, A2-5, A-3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW-GM	A1a, A2-4, A-3

Fuente: Braja M.DAS. (2013)

2.2.7. Estabilización de suelos

Su concepto fundamentalmente se refiere a mejora de sus características físicas de los suelos a través de procedimientos y metodologías mecánicas, y de añadir aditivos químicos o de origen natural o de origen sintético (Braja M. Das, 2013, p. 266-273).

a) Métodos de estabilización de suelos

➤ Métodos Físicos

Esta metodología usa una combinación material propias del suelo con materiales prestados de otras canteras, generando transformaciones físicas en la estructura de dichos suelos. La mezcla de los suelos necesita una variedad de pruebas con el fin de analizar la propiedad de todas y cada uno de las variedades de suelo que se pretende mezclar. Esta técnica necesita de muestras provenientes de la superficie pues no resulta practico la mejora mecánica de muestras de mayor profundidad.

➤ Métodos Mecánicos

El proceso de compactar el suelo es un procedimiento de tipo mecánico que busca optimizar y mejorar las propiedades de resistencia a la comprensión y el esfuerzo-deformación de los suelos, como se puede apreciar en la figura 15. En este procedimiento artificial los pequeños pedazos de material que conforman el suelo

son forzadas a mantenerse más juntas cada una de sus partículas a través de la disminución de espacios vacíos con métodos mecánicos.



Figura 15. Fractura de la piedra rugosa para la estabilización de la base.

Fuente: <https://cutt.ly/onqSX9h>

➤ **Métodos Químicos**

El proceso de estabilización química se refiere a la transformación y cambio de las características químicas de los suelos por medio de la adición de insumos químicos o cementos de origen orgánico y inorgánico. Este proceso consiste en aplicar algún producto químico, que por lo general es llamado estabilizador, para luego ser mezclado con el suelo de manera homogénea para así conseguir que dicho suelo adquiera mejoras en su desempeño durante su uso en todo tipo de construcciones en los cuales son usados (Braja M. Das, 2013, p. 266-273).

Los materiales químicos más utilizados para estabilizar suelos son:

- Cales.
- Cementos Portland.
- Productos asfálticos.
- NaCl (Cloruro de sodio)

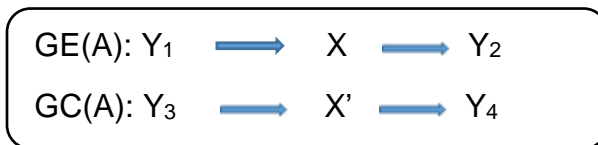
- CaCl_2 (Cloruro de calcio).
- Escorias de fundición.
- Polímeros

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Diseño de la investigación

El diseño de indagación que se realizó es experimental ya que se “manipularon tratamientos, estímulos, denominadas variables independientes para observar sus efectos o reacciones que producen sobre las dependientes en una situación de control”. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.129), este trabajo tiene este diseño pues manipula intencionalmente el “material particulado” a través de varios ensayos en laboratorio para elevar la “resistencia de compactación” la cual será la variable en situación de control



GE: Grupo experimental

GC: Grupo control

X: Variable independiente

X': Tratamiento convencional

Y1, Y3: Prueba previa

Y2, Y4: Post prueba

3.1.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se utilizó es aplicativo debido al uso de nuestros conocimientos teórico poniéndolo en práctica en la búsqueda de resolver y mejorar la resistencia de la estabilización de la base con material particulado en pavimentos flexibles. Su definición está asociada a criterios precisos de uso, tiende a facilitar respuestas a problemas prácticos específicos, y constituye una zona intermedia entre el descubrimiento de nuevos conocimientos y su aplicación práctica con la que intenta transformar el conocimiento científico en técnicas. (Rodríguez Arainga, 2011, p. 37).

3.1.3 Nivel de investigación

Esta indagación es a nivel explicativo y tiene un mayor alcance, orientada a encontrar las razones o motivos de los hechos del fenómeno estudiado, considerando simultáneamente las causas y fenómenos existentes, y determinando las circunstancias y razones de la relación entre dos o más variables (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.95).

Por lo mencionado anteriormente la investigación es de nivel explicativo, nos permite la relación de causa y efectos del material particulado para la elevación de la resistencia del pavimento flexible.

3.1.4 Método de investigación

Se trata de diferentes modelos de procedimientos que se pueden utilizar en una determinada investigación, teniendo en cuenta sus necesidades, es decir, la naturaleza del fenómeno que queremos investigar.

El método hipotético deductivo (o prueba de hipótesis) consiste en probar la verdad o falsedad de hipótesis (que no podemos probar directamente debido a su naturaleza como enunciados generales, es decir, leyes que incluyen términos teóricos) sobre la base de la verdad o falsedad de los datos observados.

La esencia del método deductivo hipotético es saber cómo la verdad o falsedad del enunciado principal habla sobre la verdad o falsedad de la hipótesis que estamos probando (Daniel S. Behar Rivero, 2008, p. 40).

3.2 Variables y operacionalización

Estas son discusiones que pueden tener lugar entre individuos y grupos. El término "variable" significa una característica, atributo, característica o dimensión de un fenómeno y puede tomar diferentes valores (Daniel S. Behar Rivero, 2008, p. 53).

Una definición operacional es un conjunto de acciones que describe las acciones que el espectador debe realizar para obtener impresiones sensoriales que indiquen un concepto más o menos teórico. Es decir, define las acciones o acciones a realizar para

medir una variable e interpretar los datos obtenidos con se muestra en la tabla 3 (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.120).

Tabla 3: Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIBALES				
Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
Base húmeda con material particulado	“Grupo de partículas de origen natural que se pueden procesar o refinar. Pueden variar en tamaño desde partículas casi invisibles hasta trozos de piedra.” (Braja,1999, p.64).	Cumple la función de mejorar las propiedades físicas y mecánicas	Agregado fino y grueso	Volumen M3
Resistencia de compactación	“Es la capacidad de soportar fuerzas y esfuerzos sin romperse, para que no se produzca una distorsión permanente y no se deteriore de ninguna manera” (Braja,1999, p.669).	Se realizó ensayo de medición en laboratorio con equipo de CBR, granulometría y otros.	Capacidad portante	Esfuerzo Kg/cm2

3.2.1. Variable

Problema principal

V.I.: Material particulado

V.D.: Resistencia

Problema secundario N°1

V.I.: Índice de plasticidad

V.D.: Propiedades mecánicas

Problema secundario N°2

V.I.: Ensayo de equivalente de arena

V.D.: Cantidad de agua

Problema secundario N°3

V.I.: Ensayo de abrasión

V.D.: Partículas gruesas

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

“Es un grupo finito o ilimitado de elementos con características parecidas en el que se basarán los hallazgos generales de una investigación.” (Fidias G. Arias, 2012, p.81).

Para esta indagación la estuvo constituida por la comunidad Alto Sigwas región Arequipa, provincia de Caylloma, distrito Majes como se aprecia en la figura 16.



Figura 16. Población Alto Sigwas

Fuente: Google Earth

Muestra

Esta es la parte de la población que se considera que representa el universo y se eligió para proporcionar información sobre las variables de interés (Carlos I. Muñoz Rocha ,2015, p. 169).

Para esta investigación la muestra estuvo conformado por la carretera vecinal P-15 con una longitud de 600 m. como se observa en la siguiente figura 17.



Figura 17. Muestra carretera vecinal P-15

Fuente: Google Earth

Muestreo

Para esta investigación la técnica de muestreo que se utilizó es el no probabilístico donde la elección de la muestra no depende de la probabilidad si no de la decisión del investigador (Fidias G. Arias, 2012. p83).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

La técnica de recopilación de datos es cualquier dispositivo o formato (papel o digital) utilizado para registrar o almacenar información. (Fidias G. Arias, 2012, p.67).

En la presente investigación se utilizó técnica de recolección de información:

- Técnica de Observación directa a campo
- Técnica de Análisis granulométrico por tamizado
- Técnica de Limite liquito
- Técnica Limite plástico
- Técnica de Índice de plasticidad

- Técnica de Equivalente de arena
- Técnica de Abrasión los ángeles
- Técnica de CBR

Instrumentos

Las herramientas son todos los materiales que se utilizan para recopilar y almacenar información para resolver un problema (Fidias G. Arias, 2012, p.67).

En el presente estudio se utilizaron herramientas de recolección de datos para obtener información sobre muestras, como materiales de laboratorio para mecánica de suelos, con el fin de realizar pruebas de cernido para análisis granulométrico., limite líquido, limite plástico, proctor modificado, CBR, formatos en Excel aplicando la norma ASTM y MTC.

3.4.1 Validez y confiabilidad

Validez

Tiene que ver con la precisión con la que el instrumento mide lo que pretende medir, es decir, para realizar la prueba representando, describiendo o prediciendo una característica que interesa al probador.

En términos generales, se refiere al grado de control y calibración de los instrumentos de mecánica de suelo según norma ASTM, MTC. (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p200).

Los instrumentos utilizados fueron validados por 3 expertos con 5 años de experiencia en el campo de la ingeniería civil se realizó cuestionario de diez preguntas de acuerdo a la escala de Likert como se observa en la tabla 4, para alcanzar una alta y correcta confiabilidad ver anexo 3.

Confiabilidad

Los materiales de recolección de datos fueron validos de acuerdo al método Crombach (α), es un índice para medir la confiabilidad del cuestionario de preguntas aplicando la escala Likert de tal manera que el resultado sea mayor o cercano a 1 según la tabla 5

y también los materiales utilizados para el recojo de información cuentan con alto grado de confiabilidad, ya que poseen certificados de calibración los cuales se adjuntan en los anexos 3.

Formula de Crombach

$$\alpha = \frac{k}{k + 1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_i^2} \right]$$

k = Numero de ítems del cuestionario

$\sum S_i^2$ = Sumatoria de las varianzas de los ítems

S_i^2 = Varianza total

α = Coeficiente de confiabilidad de alfa de Crombach

Tabla 4: Cuadro de cálculo de cuestionario de Alfa de Crombach

EXPERTOS	ITEMS										SUMA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	5	5	5	5	4	4	5	5	4	3	45
2	4	4	3	5	5	3	4	4	5	5	42
3	5	5	5	4	4	4	5	3	4	4	42
VARIANZA	0.33	0.33	1.00	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00	0.33	1.00	
\sum VARIANZAS	5.33										
VARIANZA \sum ITEMS	3.00										

$k = 10$

$\sum S_i^2 = 5.3$

$S_i^2 = 3.00$

$\alpha = 0.86$

Tabla 5: Cuadro de confiabilidad de Crombach

Rango de Alfa Crombach	Confiabilidad
[0 ; 0,5]	Inaceptable
[0,5 ; 0,6]	Pobre
[0,6 ; 0,7]	Débil
[0,7 ; 0,8]	Aceptable
[0,8 ; 0,9]	Bueno
[0,9 ; 1]	Excelente

Fuente: <https://cutt.ly/Hmkrl5l>

3.5. Procedimiento de la investigación

Para cumplir con los objetivos se desarrolló los siguientes pasos:

➤ Primera etapa ubicación de la zona:

La muestra de estudio de investigación se encuentra ubicado en la comunidad Alto Majes en la carretera PE-15 con una longitud de 600m en la región de Arequipa, provincia de Caylloma y distrito de majes como se observa en la figura 18.

La carretera vecinal tiene un ancho 6.00 m de acuerdo a la condición orográfica y el manual de carretera MTC se clasifica en una carreta de tercera clase.

Se realizó la búsqueda de la ubicación del material particulado de la cantera División Pitay para la base a estabilizar a una longitud de 13+860 y 2+100. de la zona de la muestra.



Figura 18. Ubicación de la zona (carretera)

➤ Segunda etapa obtención y selección de la muestra de material particulado:

En la zona de la cantera División Pitay 13+860 y cantera 2+100 como se observa en la figura 22, se realizó tres muestras de calicatas exploratorias de profundidad 1.5 m. (mínimo 03 prospecciones por cada área menor o igual a una hectárea) como se observa en la figura 19, 20 y 21, para ser estudiado en laboratorio según el manual de ensayo de materiales MTC y manual de carreteras MTC.



Figura 19. Calicata Nro. 3



Figura 20. Calicata Nro. 2



Figura 21. Calicata Nro. 1



Figura 22. Cantera División Pitay 13+860 y Cantera 2+100

Fuente: Google Earth

➤ Tercera etapa evaluación de propiedades y características del material particulado:

Una vez extraído, embolsado y identificado las muestras se procedió al envío del material particular a laboratorio de mecánica de suelos en la empresa SH & ML S.R.L. Ingeniería soluciones ubicado en el distrito de Arequipa para realizar los siguientes ensayos de laboratorio según las especificaciones que regulan la norma MTC Manual de Ensayo de Materiales, American Society for Testing and Materials (ASTM) de los Estados Unidos de América .

a) Análisis granulométrico por tamizado

Con la finalidad de clasificar y conocer los diferentes tipos de tamaño de sus partículas como se muestra en la figura 23, se agrupan en suelos agregados gruesos y agrupan en suelos de agregados finos según la norma MTC E107-200, ASTM D422 y AASHTO T88.

Los procedimientos correspondientes del ensayo se realizaron la separación de la muestra por cuarteo como se muestra en la figura 24, se registró el peso de la muestra seca, se procedió a lavado la muestra con agua limpia utilizado a través del tamiz N°200, rutinario hasta que el agua este claro obteniendo el material particulado para el tamizado se procede al secado en horno a una temperatura 105°c. a un tiempo de 18 horas. Cumplimento el tiempo de secado realizó el proceso de tamizado a través de los diferentes tamices como se muestra en la figura 25, unos movimientos de rotatoria horizontal y vertical obteniendo los diferentes pesos retenidos en los tamices y se procedió a calcular la curva granulométrica y clasificación de suelos según los datos obtenidos en el ensayo.



Figura 24. Separación por cuarteo



Figura 23. Clasificación del material particulado



Figura 25. Tamices

Formulas desarrollado en gabinete en la hoja de cálculo:

$$(\%) \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total}} \times 100$$

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

b) Límite líquido

Con la finalidad de determinar el contenido de humedad en porcentaje, por lo cual el suelo se encuentra entre límite del estado líquido y plástico según la norma MTC E 110, ASTM D4318 Y AASHTO T 89.

Se utilizó la muestra seca del pasante del tamiz N°40 en una cantidad de 200 gr. aproximadamente. Se procedió a mezclar el material con una espátula en el

recipiente y expulsada agua a través de un gotero hasta formando una pasta, procedemos a utilizar una parte de la mezcla en el equipo de la copa Casagrande en la cuchara llenado en forma horizontal y homogénea a una profundidad de 1cm aproximadamente, con el acanalador se hace una ranura que divide la muestra. Se gira la manivela a dos vueltas por segundo, se realizaron el conteo de golpes como se muestra en la figura 26 necesarios para que la ranura se unen en el fondo de la base a una longitud de 0.5 pulgadas, tomando una tajada del suelo aproximadamente el ancho de la espátula llevando a un envase hacia el horno a una temperatura 110 °c, en una duración de 18 horas como se muestra en la figura 27, luego del seca de la muestra se procede a peso de la muestra como se muestra en la figura 28 Con los datos obtenidos se procede a calcularon los cálculos de contenido de humedad.

Formulas desarrollado en gabinete en la hoja de cálculo:

$$\text{Peso agua} = (\text{Peso del suelo húmedo} + \text{lata}) - (\text{Peso del suelo seco} + \text{lata})$$

$$\text{Peso de suelo seco} = (\text{Peso del suelo seco} + \text{lata}) - (\text{Peso de la lata})$$

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$



Figura 26. Conteo de golpes copa Casagrande



Figura 27. Colocación de la muestra al horno



Figura 28. Peso de la muestra seca

c) Límite plástico

Se utilizó la pasta de mezcla de suelo del ensayo del límite líquido aproximadamente dos gramos para dar moldeada entre los dedos de la mano formando bastones cilíndricos aun diámetro de 3.2 mm como se observa en la figura 29, en el instante que se forma resquebrajaduras en la superficie de la mezcla de suelo se procede a colocar en el envase hasta reunir 6 gramos para enviarlo al horno a una temperatura de 110°C como se observa en la figura 30, con los datos obtenidos se procede a calcular el límite plástico según la norma ASTM D424 – MTC E 111.

Formulas desarrollado en gabinete en la hoja de cálculo:

$$\text{Peso agua} = (\text{Peso del suelo húmedo} + \text{lata}) - (\text{Peso del suelo seco} + \text{lata})$$

$$\text{Peso de suelo seco} = (\text{Peso del suelo seco} + \text{lata}) - (\text{Peso de la lata})$$

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$

$$\text{Límite Plástico (\%)} = \text{Promedio de } \# \text{ contenido de humedad \%}$$

Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad = Límite Líquido - Límite Plástico



Figura 29. Molde de bastones cilíndricos



Figura 30. Muestra al horno a una temperatura 110°C

d) Abrasión Los Ángeles (MAQUINA DE LOS ANGELES) al desgaste de los agregados de tamaño menor de 37,5 mm (1 ½")

La prueba de corrosión de Los Ángeles, también conocida como prueba de abrasión de LA, se utiliza ampliamente como indicador de la calidad general. La prueba mide el deterioro de los grados estándar de agregados sujetos a desgaste e impacto en un tambor de acero giratorio que contiene una carga abrasiva de bolas de acero. Se utilizan hasta doce de ellas, dependiendo de la gradación de las muestras de prueba. La prueba de abrasión de Los Ángeles (LA) se usa ampliamente como indicador de la calidad relativa de los agregados. Mide el deterioro del agregado estándar cuando se somete a abrasión e impacto en un tambor de acero giratorio con una carga abrasiva de bolas de acero como se muestra en la tabla 6.

Referencias Normativas

El ensayo de abrasión de los Ángeles tiene como referente a la NTP 400.019

Tabla 6: *Números de esferas para el tipo gradación*

Gradación	Número de Esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25

Fuente: Manual de ensayos de materiales M.T.C.

Muestra

Debe recibir un lavado y un secado de tal forma que el peso este dentro del valor $110 \pm 5^\circ\text{C}$ de forma constante como se muestra en la tabla 7.

Se conseguirá una muestra en campo conforme al MTC E 201 y se disminuirá a una dimensión adecuada conforme a la ASTM 702

Tabla7: Número de tamices para tipo gradación

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g
Que pasa	Retenido sobre	Gradación
		A
37,5 milímetros (1 ½")	25,0 milímetros (1 pulgada)	1 250 ± 25
25,0 milímetros (1 pulgada)	19,0 milímetros (¾ pulgada)	1 250 ± 25
19,0 milímetros (¾ pulgada)	12,5 milímetros (½ pulgada)	1 250 ±10
12,5 milímetros (½ pulgada)	9,5 milímetros (3/8 pulgada)	1 250 ±10
9,5 milímetros (3/8 pulgada)	6,3 milímetros (¼ pulgada)	-.-
6,3 milímetros (¼ pulgada)	4,75 milímetros (Nº 4)	-.-
4,75 milímetros (Nº 4)	2,36 milímetros (Nº 8)	-.-
TOTAL		5 000 ±10

Fuente: Manual de ensayos de materiales M.T.C.

Procedimiento

La muestra para el ensayo consiste en áridos limpios secados en un horno a 105 ° - 110 ° C. La muestra de agregados debe ajustarse a cualquiera de las calificaciones que se muestran en la tabla 8.

1. Seleccione el tamaño de agregado que se utilizará en la prueba de modo que se ajuste a la clasificación que se utilizará en la construcción, en la mayor medida posible.
2. Tome exactamente 5 kg de la muestra para los grados A, B, C y D, y 10 kg para los grados E, F y G.
3. Elija las bolas de carga abrasiva según la Tabla 8 dependiendo de la clasificación de los agregados.
4. Coloque los agregados y las bolas de carga abrasiva en el cilindro y fije la tapa.
5. Después de eso, gire la máquina a una velocidad de 30 a 33 revoluciones por minuto. El número de revoluciones debe ser 500 para los grados A, B, C y D y 1000 para los grados E, F y G.
6. La máquina se detiene después del número especificado de revoluciones y la muestra agregada se descarga en una bandeja.
7. Todo el polvo de piedra elaborado con una máquina se tamiza en un tamiz de 1,70 mm.
8. El tamaño del material de más de 1,7 mm se pesa correctamente a un gramo.

Tabla 8: Selección de carga de bolas abrasivas

Calificación	Numero de esferas	Peso de la carga g.
A	12	5 000 \pm 25
B	11	4 584 \pm 25
C	8	3 330 \pm 20
D	6	2 500 \pm 15
E	12	5 000 \pm 25
F	12	5 000 \pm 25
G	12	5 000 \pm 25

Fuente: Manual de ensayos de materiales M.T.C.

e) Método de ensayo estándar para el valor Equivalente de Arena de suelos y agregado fino

Este método de prueba está destinado a servir como una prueba rápida de correlación de campo. El propósito de este método de prueba es indicar, bajo condiciones estándar, las proporciones relativas de finos y polvo similares a arcilla o plásticos en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz de 4.75 mm (No. 4). El término "equivalente de arena" expresa el concepto de que la mayoría de los suelos granulares y los agregados finos son mezclas de partículas gruesas deseables, arena y, en general, arcilla o finos plásticos y polvo indeseables. Algunas realizan la prueba en material con un tamaño superior más pequeño que el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Esto se hace para evitar que queden atrapadas las finas arcillosas o plásticas y el polvo debajo de las partículas de tamaño de 4,75 a 2,36 mm (No. 4 a 8). La prueba de material de tamaño superior más pequeño puede reducir los resultados numéricos de la prueba. Se vierte un volumen medido de suelo o agregado como se observa en la figura 31 y una pequeña cantidad de solución floculante en un cilindro de plástico graduado y se agita para aflojar los revestimientos arcillosos de las partículas de arena en la muestra de ensayo como se muestra en la figura 32 . A continuación, la muestra se "irriga" con una solución floculante adicional que obliga al material arcilloso a que se suspenda sobre la arena como se muestra en la figura 33 . Después de un período de sedimentación prescrito, se lee la altura de la arcilla floculada y se determina la altura de la arena

en el cilindro como se observa en la figura 34. El equivalente de arena es la relación entre la altura de la arena y la altura de la arcilla multiplicada por 100.

Muestra

Muestrear el material a ensayar de acuerdo con ASTM D 75.

Mezcle completamente la muestra y redúzcala según sea necesario usando los procedimientos aplicables en la en NTP 339.089

Obtenga al menos 1500 g de material que pase por el tamiz de 4.75 mm (No. 4) de la siguiente manera:

1. Separar la muestra en el tamiz de 4.75 mm (No. 4) por medio de un movimiento lateral y vertical del tamiz, acompañado de una acción de sacudida para mantener la muestra moviéndose continuamente sobre la superficie del tamiz. . Continuar el tamizado hasta que no más del 1% en peso del residuo pase por el tamiz durante 1 min. Realice la operación de tamizado a mano o con un aparato mecánico. Cuando se determina la minuciosidad del tamizado mecánico, pruebe con el método manual descrito anteriormente usando una sola capa de material en el tamiz.
2. Romper los grumos de material en la fracción gruesa para pasar el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Utilice un mortero y una mano de mortero recubierta de caucho o cualquier otro medio que no cause una degradación apreciable del agregado.
3. Eliminar cualquier revestimiento de finos adheridos al agregado grueso. Estas finas pueden eliminarse secando la superficie del agregado grueso y luego frotando entre las manos sobre una sartén plana.
4. Añadir el material que pasa por el tamiz obtenido en 2 y 3 a la porción fina separada de la muestra.

Procedimiento

Preparación del ensayo

Acondicionamiento de la muestra a ensayar. Procedimiento A:

Si se requiere, echar el material para impedir la merma de finos mientras se realiza el cuarteo, tener precaución de que al agregar agua a la muestra para conservar una situación alejado de flujos de materiales.

Utilizando una medida, selecciones cuatro medidas de la muestra. Por cada intento en la que la medida llena el material se recoge de la muestra, impacte el extremo de debajo de la medida por encima de una mesa o alguna otra superficie compacta al menos unos cuatro intentos y sacudir suavemente para producir la cantidad de la mitad del consolidado material a un nivel suavemente redondeado encima del extremo.

Realizar el registro de la porción del material que se contiene en las cuatro medidas según su peso o por su volumen en un objeto cilíndrico seco de plástico

Regresar el material a su lugar de origen es decir a la muestra y seguidamente partir en cuatro usando la NTP 339.089, y realizar las correcciones que se requieran para conseguir el volumen predeterminado. En cuanto se obtiene este volumen, se deben de realizar dos cuarteos sucesivos adicionales sin ajuste, con los cuales obtener las cantidades adecuadas para rellenar la medida, y por lo tanto tener un espécimen de ensayo.

Realizar el secado de la muestra de ensayo con un peso constante a 110.5°C y reducir su temperatura antes de exponerlo al ensayo



Figura 31. Colocamos de la muestra en la probeta



Figura 32. Agitación de la probeta



Figura 33. colocación de tubo irrigador



Figura 34. Medición de altura de finos

f) Proctor

La prueba de compresión de Proctor determina el peso unitario máximo que un tipo de suelo determinado puede compactar utilizando una fuerza de compresión controlada con un contenido de agua óptimo. Esta es la prueba de suelo más común en el laboratorio como se muestra en la figura 35 y la base para todas las colocaciones de suelo compactado diseñadas para presas, muelles y rellenos estructurales. Las densidades medidas en el sitio de relleno compactado se comparan con los resultados de la prueba Proctor para determinar el grado de densidad del suelo como se realiza el ensayo en laboratorio como se muestra en al figura 36, 37 y 38.

Los beneficios de este ensayo son:

- Beneficios de compactación del suelo
- Mayor capacidad de carga y estabilidad.
- Reduce la permeabilidad (conducción hidráulica)
- Se reducen los ciclos de levantamiento de congelación-descongelación
- La corrosión se puede controlar

Debido a que los suelos son materiales naturales, es casi imposible predecir sus propiedades con suficiente precisión para aplicaciones de ingeniería sin pruebas específicas. La manipulación de las propiedades del suelo mediante la compactación plantea naturalmente algunas preguntas. Sabemos que casi cualquier esfuerzo mecánico hará que el suelo sea más denso, pero ¿qué métodos son los mejores para cada tipo de suelo? ¿Qué papel juega la humedad? Más importante aún, ¿cómo se relaciona la densidad máxima del suelo que encontramos en nuestras pruebas de laboratorio con la densidad del suelo que encontramos en el campo? Mediante la tabla 9 se pueden observar los requerimientos por cada método.

Tabla 9: Método de uso para el Ensayo Proctor Modificado.

		METODO "A"	METODO "B"	METODO "C"
%Retenido	Tamiz 3/4	-	-	< 30
Acumulado	Tamiz 3/8	-	≤ 20	> 20
	Tamiz N° 4	≤ 20	> 20	-
Modelo Ø		4"	4"	6"
Material		N° 4	3/8	3/4
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capas		25	25	56
Peso del martillo		10 Lb	10 lb	10 lb
Altura de caída en pulgadas		18 "	18"	18"

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales MTC 2016 (MTC E 115)

Proctor standar

En 1933, Ralph R. Proctor, un estudiante de la Universidad de California, Berkeley, estableció un procedimiento de laboratorio que determinaba fácilmente la densidad práctica máxima de una muestra de suelo junto con el contenido de humedad óptimo necesario para lograr esa densidad. Hoy en día, este concepto se conoce como Prueba de humedad y densidad o simplemente Prueba Proctor estándar, y se detalla en los métodos de prueba ASTM D698 y AASHTO T 99. Los pesos unitarios y las pruebas de campo para el contenido de humedad se pueden expresar como un porcentaje de los valores de laboratorio para el mismo suelo, lo que facilita al diseñador determinar qué se requiere y documentar la idoneidad del trabajo realizado en este campo. Además, conocer el contenido de humedad óptimo proporciona una guía clara sobre si el suelo que se compacta debe estar más seco o más húmedo para facilitar el trabajo de todos.

Proctor modificado

En la última parte de la Segunda Guerra Mundial y más tarde en la década de 1950, las cargas dinámicas más pesadas de los aviones más grandes y el tráfico de

camiones más pesado y frecuente aumentaron la demanda de muelles y subgrados. A veces, el suelo compactado ha superado las pruebas de densidad a los valores estándar de Proctor, pero aún así se desvía demasiado bajo carga para resistir el aumento de fuerzas. En términos simples, las densidades eran demasiado bajas y la humedad óptima era demasiado alta para estas cargas aumentadas. Al mismo tiempo, el equipo de compactación de campo se ha vuelto más grande y más eficiente, lo que permite compactar suelos a densidades más altas con menor contenido de humedad. El probador Proctor modificado se introdujo en 1958 como ASTM D1557 y AASHTO T 180 para ayudar en estas aplicaciones de mayor carga.

Proctor estándar vs. Modificado

Los procedimientos de prueba son similares, pero el esfuerzo de presión de laboratorio del método modificado es mayor. Utilice un martillo de 4,54 kg (10 lb) con una caída libre de 457,2 mm (18 pulg.) En lugar de un martillo de 2,49 kg (5,5 lb) con 304,9 mm (12 pulg) de pulgada.



Figura 35. Equipo de proctor modificado



Figura 36. Peso del molde



Figura 37. Preparación de la muestra



Figura 38. Compactación a 25 golpes

g) Ensayo C.B.R

El valor obtenido en la prueba CBR ayuda a determinar la calidad de los pavimentos subterráneos y esto ayuda a evaluar la necesidad de construir pavimentos subterráneos. Un suelo con alto CBR indica que el pavimento que deberá desarrollarse debajo no requerirá una resistencia excesiva porque un suelo con alto CBR indica que el suelo tiene una alta capacidad de absorción de carga y resistencia a la penetración de la carga.

La prueba de relación de carga de California o prueba CBR se realiza en laboratorios de materiales de construcción para evaluar la resistencia de los suelos. Aquellos que diseñan y construyen carreteras, pistas de aterrizaje, pistas de aeropuertos, estacionamientos y otros pavimentos confían en los valores de prueba CBR al elegir el espesor del pavimento y la base.

El método de prueba de laboratorio de ASTM D1883 y AASHTO T 193 para pruebas CBR es un método empírico simple, que compara la resistencia a la penetración de una muestra de prueba con una muestra "estándar" de material de piedra triturada bien graduada. Usando un émbolo de tamaño estándar. La prueba no determina ninguna propiedad del suelo que no sea la resistencia a la penetración. El Departamento de Transporte de Florida ha desarrollado una versión modificada de este método como la prueba FM 5-515 Limerock Bearing Ratio (LBR).

Las pruebas CBR también se pueden realizar en el sitio en el suelo con un dispositivo que utiliza una prensa de penetración del mismo tamaño o con un medidor de penetración cónica dinámica (DCP). ASTM D4429 se usa a menudo como una prueba exploratoria para determinar el suelo o las condiciones subyacentes en un sitio o para confirmar los resultados de las pruebas de laboratorio. Esta publicación de blog discutirá los métodos de laboratorio y de campo de CBR, junto con el programa DCP.

La preparación se realiza usando los mismos pasos o similares que se encuentran en el Método C de ASTM D698 o D1557 (AASHTO T 99 y T 180) pruebas de relación humedad / densidad (Proctor). El especificador de la prueba CBR puede solicitar cambios en la densidad seca de las muestras. Cambiar el número requerido de golpes

ajustará la densidad seca. También se requieren discos espaciadores, contrapesos y otros dispositivos para medir el estiramiento.

La prueba se aplica principalmente a materiales cohesivos con tamaños máximos de partículas de menos de 19 mm (0,75 pulgadas), pero también se puede utilizar para evaluar la resistencia de suelos granulares y agregados. Para la mayoría de los métodos, se preparan de tres a cinco muestras y se remojan durante un tiempo antes de la prueba de penetración como se muestra en la figura 39. Las muestras preparadas se colocan en un bastidor de carga y se someten a cargas penetrantes reguladas desde un pistón cuadrado de 3 pulgadas (1935 mm²) como se observa en la figura 40. Las cargas se registran a intervalos de penetración específicos y se trazan gráficamente.

Se pueden realizar varias variaciones de los métodos de prueba de preparación de muestras en la prueba CBR. Los métodos de prueba pueden incluir una sola muestra probada con un contenido óptimo de agua (según lo definido por ASTM D698 o D1557), una serie de tres muestras de prueba con un contenido óptimo de agua probadas a diferentes pesos unitarios secos máximos, o probar cada muestra utilizada en el desarrollo de una curva de presión. Los dos últimos métodos también pueden requerir comprimir múltiples muestras con diferentes números de choque para ajustar la densidad final del material de la muestra. El protocolo de prueba elegido debe ser entendido claramente por todas las partes interesadas, especialmente por el laboratorio de prueba antes de que comience la preparación.



Figura 39. Muestra sumergida en el agua



Figura 40. Prueba de penetración

Método de análisis de datos

Para la ejecución y la toma de datos de los resultados que se obtuvieron de ensayos realizados del material particulado de la cantera bajo las normas NTP, ASTM, MTC, SUCS, AASHTO. También, se utilizaron diversas herramientas informáticas para el procedimiento y análisis de la investigación como el Excel, Microsoft Word, Project y Power Point. Así también, como el apoyo del ingeniero asesor para la comprobación de los datos obtenidos en laboratorio de los ensayos físicos, químicos y mecánicos ya citados.

3.6. Aspectos éticos

Este trabajo de investigación posee principio de no maleficencia pues no dañó la zona de estudio, ni puso en riesgo la vida de ninguno de las personas involucradas en el estudio y tampoco afectó el medio ambiente según el artículo 4°.

También posee principio de honestidad y beneficencia, ya que los resultados servirán de ayuda para demostrar que los materiales de la cantera aledaña son apropiada y óptimos para utilizarlo como material base según el artículo 6°.

Para el presente trabajo se realizó con responsabilidad el procesamiento de datos de los ensayos con veracidad, objetividad según el artículo 9°. Es importante destacar que se usó como referencia MTC Manual de Ensayo de Materiales, Manual de Carretera del MTC, American Society for Testing and Materials (ASTM) de los Estados Unidos de América.

Finalmente, la información brindada en este trabajo ha sido citada correctamente de acuerdo a las normas del ISO 690 para evitar problemas de autoría, también cabe mencionar que este trabajo cumple con los aspectos del código de ética de la Universidad Cesar Vallejo expresado en la Resolución de Consejo Universitario N° 0126-2017/UCV.

IV. RESULTADOS

En la segunda etapa se obtuvo los materiales de la muestra de las calicatas C-01, C-02 y C-03 de la cantera División Pitay 13+8600 Y Cantera 2+100 para los respectivos ensayos. Los certificados de ensayo de laboratorio se adjuntan en el anexo 03.

4.1 Resultados de los ensayos de granulometría de suelos

Por tamizado para suelo natural

Se realizó el tamizado de las muestras de cada una de las calicatas, por las mallas estandarizadas ASTM, posterior a los tamizados se calculó el peso retenido como el porcentaje de peso pasante por cada una de las mallas como se muestran en las siguientes tablas 10, 11 y 12, el cual se representaron la curva granulométrica en la siguiente figura 41, 42 y 43. Las pruebas de ensayo del laboratorio se adjuntan en el anexo 03. Las formulas utilizados para el cálculo, % de pasantes, mencionado en el ítem 3.5.

Tabla 10: *Granulometría C-01 cantera 13+860*

Malla	mm	Retenido Peso (gr)	Retenido %	Retenido Acumulado %	%Pasa
2-1/2	63.500				100.00
2	50.800				100.00
1-1/2	38.100				100.00
1	25.400				100.00
3/4	19.050	244.00	10.70	10.70	89.30
3/8	9.525	619.00	27.14	37.83	62.17
Nº 4	4.763	491.00	21.53	59.36	40.64
Nº 10	2.000	256.00	11.22	70.58	29.42
Nº 40	0.426	207.00	9.07	79.66	20.34
Nº 200	0.074	246.00	10.78	90.44	9.56
Fondo		218.00	9.56	100.00	
	Sumatorias =>	2,281.00	100.00		

Fuente: Empresa SH & ML S.R.L. Ingeniería soluciones

Se obtuvo en el cálculo de granulometría de la muestra C-1 de la tabla 10 cumple con el requerimiento de manual de carreteras MTC con el porcentaje que pasa de la graduación A como se observa en la tabla 26.

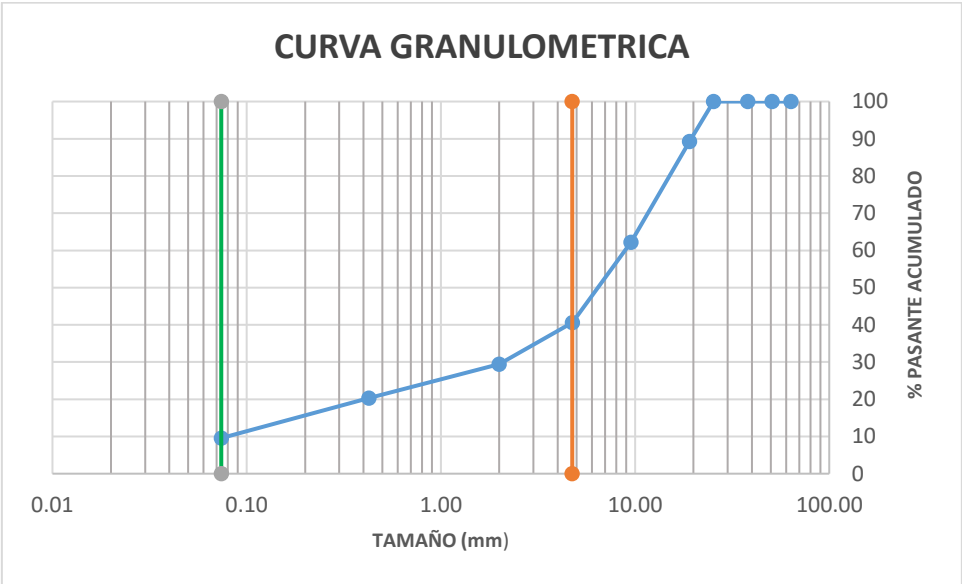


Figura 41. Curva granulométrica de las partículas C-01, cantera 13+860

En la figura 41 se observa la curva granulométrica escala logarítmica de los porcentajes pasantes y el tamaño de los tamices de la de muestra C-1. La división de frontera de agregado grueso 40.64 % del tamiz N°04, agregado fino 9.56% del tamiz N°200 y Arena 49,80%.

Se obtuvo en el cálculo de granulometría de la muestra C-2 de la tabla 11 cumple con el requerimiento de manual de carreteras MTC con el porcentaje que pasa de la graduación A como se observa en la tabla 26.

Tabla 11: Granulometría C-02, cantera 13+860

Malla		Retenido Peso (gr)	Retenido %	Retenido Acumulado %	Pasante Acumulado %
2-1/2	63.500				100.00
2	50.800				100.00
1-1/2	38.100				100.00
1	25.400				100.00
3/4	19.050	231.00	10.62	10.62	89.38
3/8	9.525	588.00	27.02	37.64	62.36
Nº 4	4.763	465.00	21.37	59.01	40.99
Nº 10	2.000	243.00	11.17	70.17	29.83
Nº 40	0.426	196.00	9.01	79.18	20.82
Nº 200	0.074	235.00	10.80	89.98	10.02
Fondo		218.00	10.02	100.00	0.00
	Sumatorias =>	2,176.00	100.00		

Fuente: Empresa SH & ML S.R.L. Ingeniería soluciones

En la figura 42 se observa la curva granulométrica escala logarítmica de los porcentajes pasantes y el tamaño de los tamices de la de muestra C-2. La división de frontera de agregado grueso 40.99% del tamiz Nº04, agregado fino 10.02% del tamiz Nº200 y Arena 48,99%.

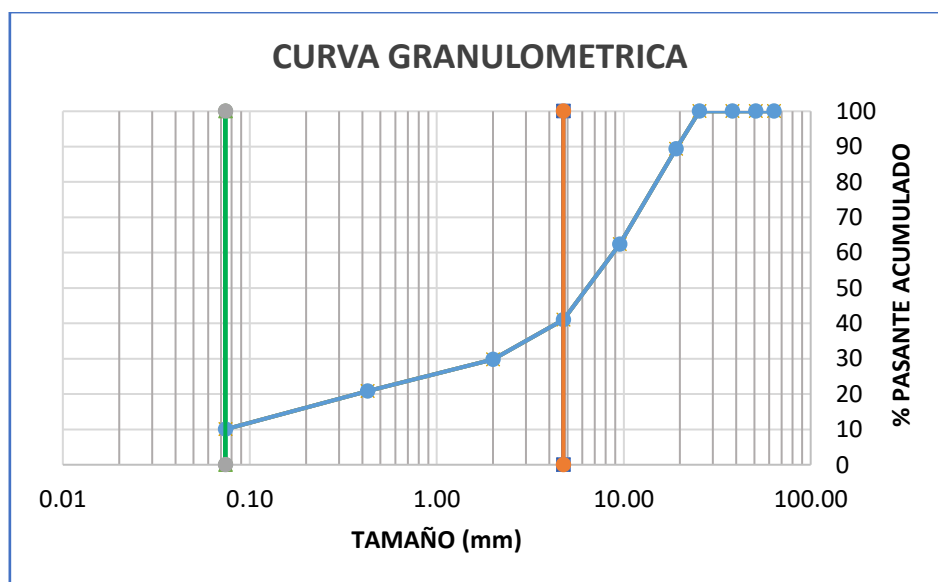


Figura 42. Curva granulométrica de las partículas C-02, cantera 13+860

Se obtuvo en el cálculo de granulometría de la muestra C-3 de la tabla 12 cumple con el requerimiento de manual de carreteras MTC con el porcentaje que pasa de la graduación A como se observa en la tabla 26.

Tabla 12: *Granulometría C-03, cantera 13+860*

Malla		Retenido Peso (gr)	Retenido %	Retenido Acumulado %	Pasante Acumulado %
2-1/2	63.500				100.00
2	50.800				100.00
1-1/2	38.100				100.00
1	25.400				100.00
3/4	19.050	287.00	11.52	11.52	88.48
3/8	9.525	635.00	25.49	37.01	62.99
Nº 4	4.763	581.00	23.32	60.34	39.66
Nº 10	2.000	304.00	12.20	72.54	27.46
Nº 40	0.426	245.00	9.84	82.38	17.62
Nº 200	0.074	294.00	11.80	94.18	5.82
Fondo		145.00	5.82	100.00	0.00
	Sumatorias =>	2,491.00	100.00		

Fuente: Empresa SH & ML S.R.L. Ingeniería soluciones

En la figura 31 se observa la curva granulométrica escala logarítmica de los porcentajes pasantes y el tamaño de los tamices de la de muestra C-3. La división de frontera de agregado grueso 39.66% del tamiz Nº04, agregado fino 5.82% del tamiz Nº200 y Arena 54.52%.

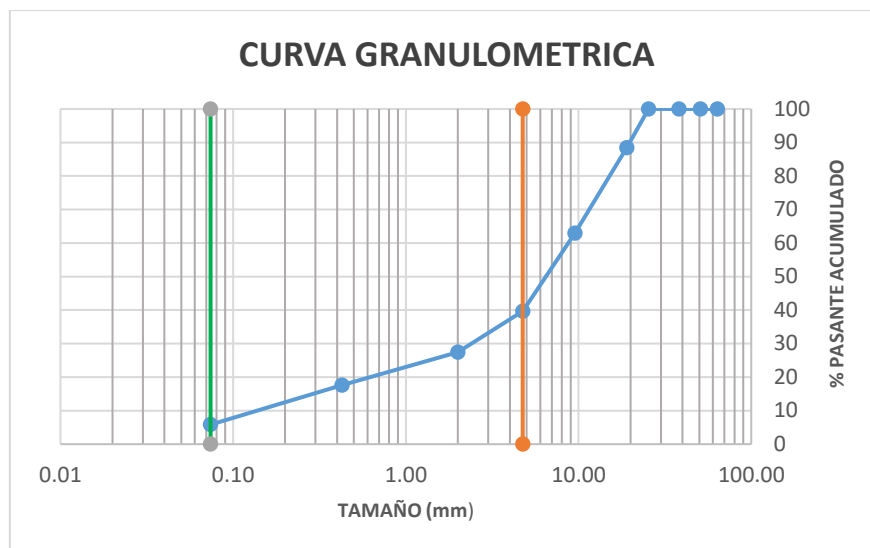


Figura 43. Curva granulométrica de las partículas C-01, cantera 13+860

4.2 Resultados de límites de Atterberg

Los resultados de los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizado que nos permite tener los límites líquido y plástico según la tabla 13 hasta 18, se calculó índice de plasticidad que es necesario para la clasificación SUCCS Y AASTHO. Los certificados de ensayo se encuentran en el anexo 03.

De la tabla 13 se registró los datos obtenidos del límite líquido del laboratorio de la muestra C-1, se realizó los cálculos utilizando la formula mencionado el ítem 3.5.

Tabla 13: Límite líquido C-01, cantera 13+860

Lata	1	2	3
(1) Peso de lata gramos	94.50	82.40	94.50
(2) Peso del suelo húmedo + lata gramos	114.20	107.80	118.60
(3) Peso del suelo seco + lata gramos	110.00	102.60	113.80
(4) Peso del agua gramos (2) – (3)	4.20	5.20	4.80
(5) Peso del suelo seco gr (3) – (1)	15.50	20.20	19.30
porcentaje de humedad [(4)/(5)] x 100	27.10	25.74	24.87
Numero de golpes	14	28	44
Límite líquido	26.00%		

Fuente: Empresa SH & ML S.R.L. Ingeniería soluciones

De la figura 44, se grafica en escala logarítmica con los datos obtenidos de la tabla 13 del número de golpes en el eje (x) y contenido de humedad en el eje (y) en escala logarítmica trazando una línea logarítmica y graficando una línea recta a 25 golpes obtenido el contenido de humedad a 26.00%

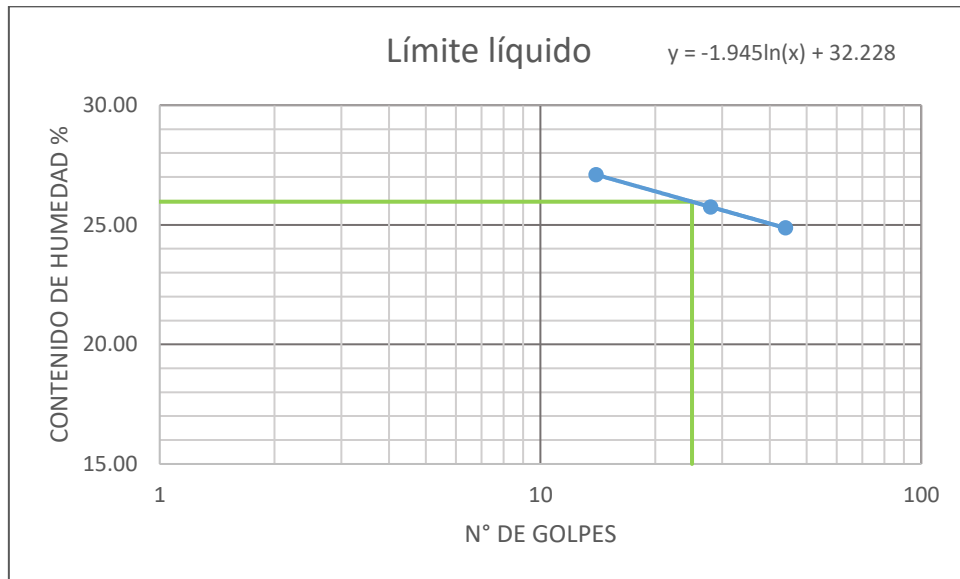


Figura 44. Cálculo límite líquido C-01 a 25 golpes, cantera 13+860

De la tabla 13 se registró los datos obtenidos del límite plástico del laboratorio de la muestra C-1, se realizó los cálculos utilizando la formula mencionado el ítem 3.5. Obteniendo el promedio de los 3 ensayos de la muestra C-01 un total de 21.93%.

Tabla 14: Límite plástico C-01, cantera 13+860

Lata	1	2	3
(1) Peso de lata gramos	86.50	81.40	104.00
(2) Peso del suelo húmedo + lata gramos	91.90	86.50	108.50
(3) Peso del suelo seco + lata gramos	90.90	85.60	107.70
(4) Peso del agua gramos (2) – (3)	1.00	0.90	0.80
(5) Peso del suelo seco gramos (3) – (1)	4.40	4.20	3.70
porcentaje de humedad $[(4)/(5)] \times 100$	22.73	21.43	21.62
Límite plástico	21.93%		

Fuente: Empresa SH & ML S.R.L. Ingeniería soluciones

De la tabla 14 se registró los datos obtenidos del límite líquido del laboratorio de la muestra C-2, se realizó los cálculos utilizando la formula mencionado el ítem 3.5.

Tabla 15: Límite líquido C-02, cantera 13+860

Lata	1	2	3
(1) Peso de lata gramos	94.50	82.40	94.50
(2) Peso del suelo húmedo + lata gramos	115.30	109.00	119.40
(3) Peso del suelo seco + lata gramos	110.30	102.90	113.90
(4) Peso del agua gramos (2) – (3)	5.00	6.10	5.50
(5) Peso del suelo seco gramos (3) – (1)	15.80	20.50	19.40
porcentaje de humedad [(4)/(5)] x 100	31.65	29.76	28.35
Numero de golpes	14	29	57
Límite líquido	30.00%		

Fuente: Empresa SH & ML S.R.L. Ingeniería soluciones

De la figura 45, se grafica en escala logarítmica con los datos obtenidos de la tabla 15 del número de golpes en el eje (x) y contenido de humedad en el eje (y) en escala logarítmica trazando una línea logarítmica y graficando una línea recta a 25 golpes obtenido el contenido de humedad a 30.00%

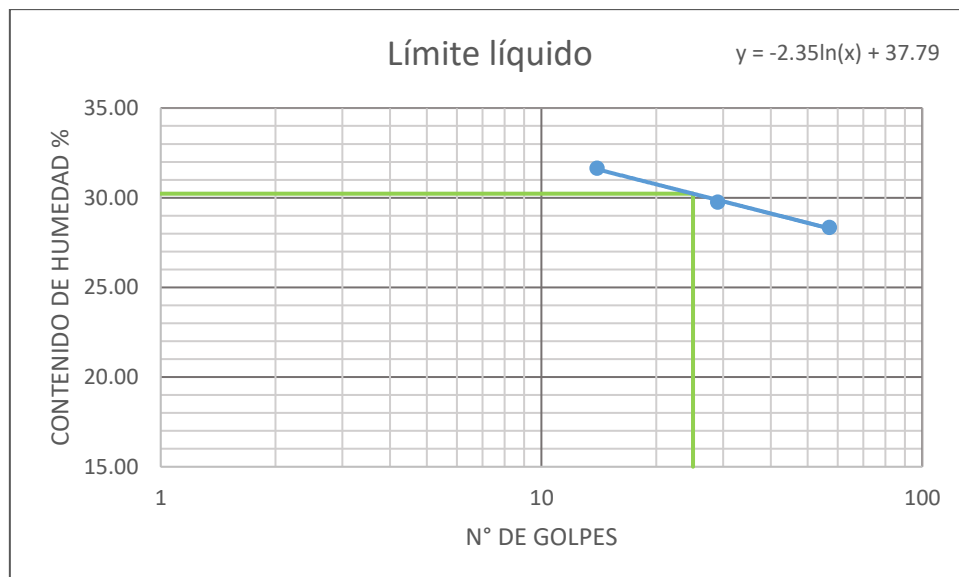


Figura 45. Cálculo límite líquido C-02 a 25 golpes, cantera 13+860

De la tabla 16 se registró los datos obtenidos del límite plástico del laboratorio de la muestra C-2, se realizó los cálculos utilizando la formula mencionado el ítem 3.5. Obteniendo el promedio de los 3 ensayos de la muestra C-02 un total de 22.86%.

Tabla 16: *Límite plástico C-02, cantera 13+860*

Lata	1	2	3
(1) Peso de lata gramos	89.10	83.80	107.10
(2) Peso del suelo húmedo + lata gramos	94.70	89.10	111.80
(3) Peso del suelo seco + lata gramos	93.60	88.20	110.90
(4) Peso del agua gramos (2) – (3)	1.10	0.90	0.90
(5) Peso del suelo seco gramos (3) – (1)	4.50	4.40	3.80
porcentaje de humedad [(4)/(5)] x 100	24.44	20.45	23.68
Limite plástico	22.86%		

Fuente: Empresa SH & ML S.R.L. Ingeniería soluciónes

De la tabla 17 se registró los datos obtenidos del límite líquido del laboratorio de la muestra C-3, se realizó los cálculos utilizando la formula mencionado el ítem 3.5.

Tabla 17: *Límite liquido C-03, cantera 13+860*

Lata	1	2	3
(1) Peso de lata gramos	96.40	84.00	96.40
(2) Peso del suelo húmedo + lata gramos	117.60	111.20	121.80
(3) Peso del suelo seco + lata gramos	112.50	105.00	116.20
(4) Peso del agua gramos (2) – (3)	5.10	6.20	5.60
(5) Peso del suelo seco gramos (3) – (1)	16.10	21.00	19.80
porcentaje de humedad [(4)/(5)] x 100	31.68	29.52	28.28
Numero de golpes	8	35	68
Limite líquido	30.00%		

Fuente: Empresa SH & ML S.R.L. Ingeniería soluciones

De la figura 46, se grafica en escala logarítmica con los datos obtenidos de la tabla 17 del número de golpes en el eje (x) y contenido de humedad en el eje (y) en escala logarítmica trazando una línea logarítmica y graficando una línea recta a 25 golpes obtenido el contenido de humedad a 30.00%

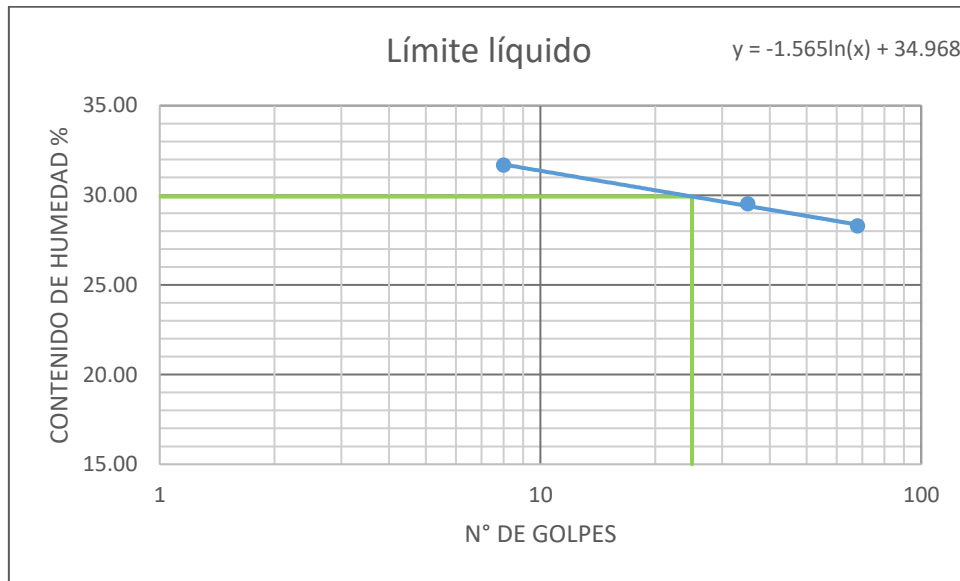


Figura 46. Cálculo límite líquido C-03 a 25 golpes, cantera 13+860

De la tabla 18 se registró los datos obtenidos del límite plástico del laboratorio de la muestra C-3, se realizó los cálculos utilizando la formula mencionado el ítem 3.5. Obteniendo el promedio de los 3 ensayos de la muestra C-01 un total de 21.93%.

Tabla 18: Límite plástico C-03, cantera 13+860

Lata	1	2	3
(1) Peso de lata gramos	83.80	78.80	100.70
(2) Peso del suelo húmedo + lata gramos	89.00	83.80	105.10
(3) Peso del suelo seco + lata gramos	88.00	82.90	104.20
(4) Peso del agua gramos (2) – (3)	1.00	0.90	0.90
(5) Peso del suelo seco gramos (3) – (1)	4.20	4.10	3.50
porcentaje de humedad [(4)/(5)] x 100	23.81	21.95	25.71
Límite plástico	23.83%		

Fuente: Empresa SH & ML S.R.L. Ingeniería soluciones

De tabla 19 se muestra un resumen de resultados de límite de Atterberg cantera 13+860 para el cálculo de método SUCS Y AASHTO.

Tabla 19. Resultado de límite de Atterberg cantera 13+860

Calicata	Límite líquido	Limite plástico	Índice de plasticidad
C-1	26.00%	21.93%	4.07%
C-2	30.00%	22.86%	7.14%
C-3	30.00%	23.83%	6.17%

Clasificación de suelo por método SUCS Y AASHTO

Método SUCS: Para la clasificación de suelo se realizaron los siguientes procedimientos con referencia a tabla de sistema unificado de clasificación de suelos SCUS adjuntado en anexo 3.

a) Primero se analizó el porcentaje de la pasante de la # 200

> 50% es suelo fino; < 50% suelo grueso

Si es el suelo es fino vamos a carta de plasticidad.

b) Suelo grueso se analizó el porcentaje de la pasante de tamiz #4

>50% es Arena; < 50% es grueso

b.1) Verificar la cantidad del % pasantes de los finos y analizar los criterios según la tabla 20

Tabla 20: Clasificación de suelos según % de pasantes de finos

Finos < 5%		5% ≥ Finos ≤ 12%		Finos > 12%	
Arena	Grava	Arena	Grava	Arena	Grava
SP	GP	SP	GP	SM	GM
SW	GW	SW	GW	SC	GC
criterio ①				criterio ②	
		SW	SM		
		SW	SC		
		criterio ① y ②			

Criterios para clasificación de suelos:

Granulométrica ①

- SW = $C_u > 6$; $1 \leq C_c \leq 3$
- GW = $C_u > 4$; $1 \leq C_c \leq 3$

Límite de Atterberg ②

- Límite líquido
- Límite plástico
- Índice de plasticidad

Calicata N°1

De la figura 47 podemos identificar que la calicata C-1 de acuerdo a IP y LL se ubica en la izquierda de bajo de la línea "a" está el grupo ML un suelo de baja plasticidad.

Según la tabla SUCS anexo 3, teniendo en cuenta los criterios de la tabla1 y Abaco de Casagrande la clasificación de suelo es **GP - GM**

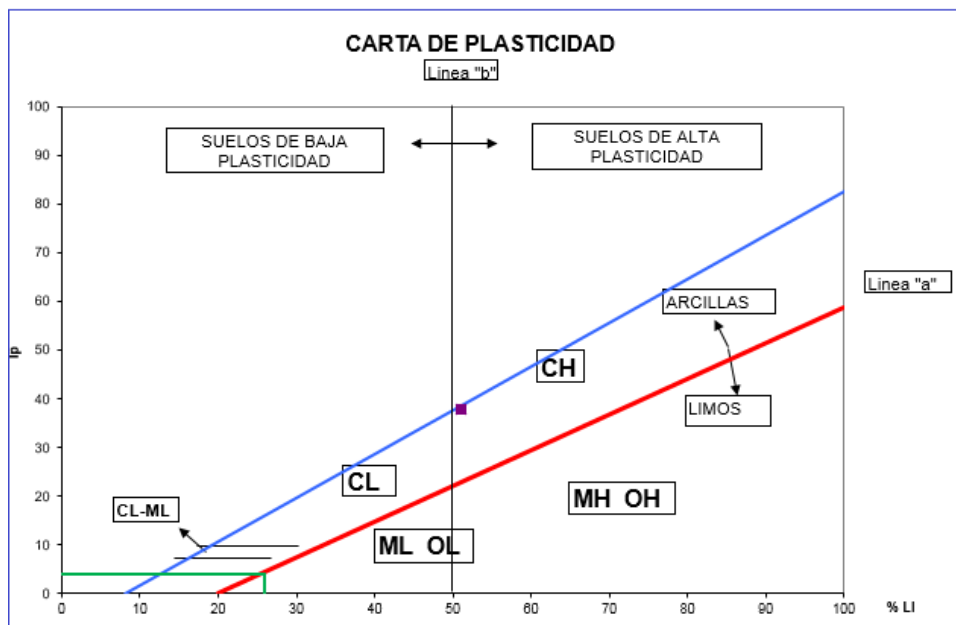


Figura 47. Ábaco de Casagrande C-1, cantera 13+860

Calicata N°2

De la figura 48 podemos identificar que la calicata C-2 de acuerdo a IP y LL se ubica en la izquierda de bajo de la línea "a" está el grupo ML un suelo de baja plasticidad.

Según la tabla SUCS anexo 3, teniendo en cuenta los criterios de la tabla1 y Abaco de Casagrande la clasificación de suelo es **GP – GM**

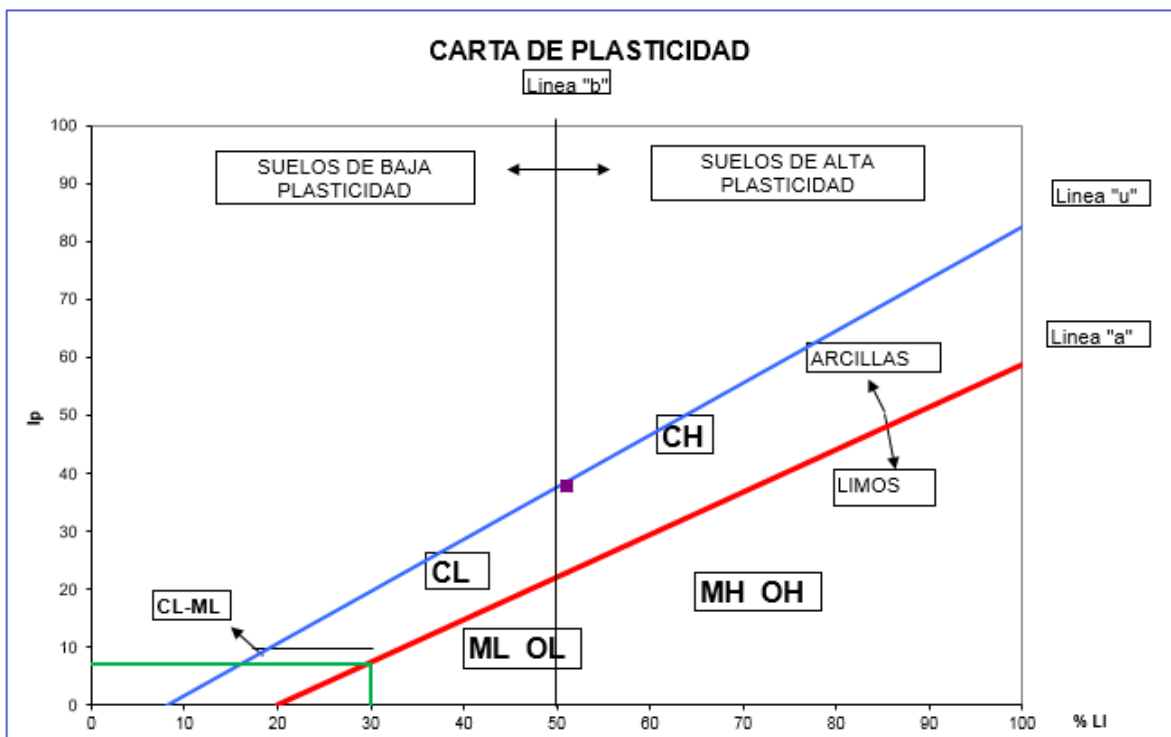


Figura 48. Ábaco de Casagrande C-2, cantera 13+860

Calicata N°3

De la figura 49 podemos identificar que la calicata C-3 de acuerdo a IP y LL se ubica en la izquierda de bajo de la línea "a" está el grupo ML un suelo de baja plasticidad.

Según la tabla SUCS anexo 3, teniendo en cuenta los criterios de la tabla1 y Abaco de Casagrande la clasificación de suelo es **GP - GM**

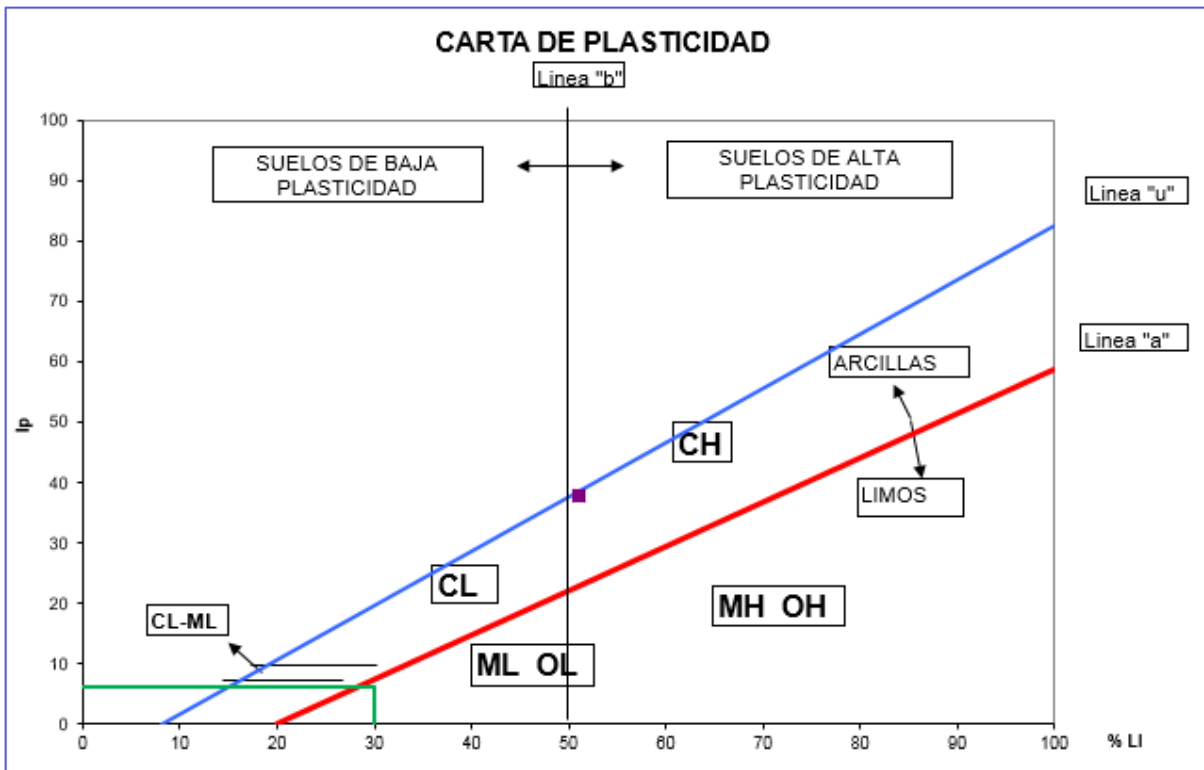


Figura 49. Ábaco de Casagrande C-3, cantera 13+860

Sistema clasificación AASHTO:

Para la clasificación del suelo se realizó estudio de los % de pasantes # 200, #40, #10, limite líquido y índice de plasticidades con referencia de la tabla de sistema de clasificación de suelos AASHTO adjuntado en anexo 11. Tamiz #200 de las calicatas como se muestra en tabla 21 para el caculo de IG (índice de grupo)

Tabla 21: Pasantes del tamiz N°200, *cantera 13+860*

F= %que pasa el tamiz N°200 ,por calicata		
C1	C2	C3
9.56	10.02	5.82

Calicata N°1

Para la calificación de suelo AASHTO

IG = 5

#200 = 9.56 < 35 pertenece a suelo granular

IP = 4.07 < 6 pertenece a grupo A-1

#40 = 20.34 > 30 pertenece al grupo A-1-a

Resultado de clasificación de suelo A-1-a (5) fragmento de roca, grava y arena excelente a bueno de la cantera 13+860.

Calicata N°2

Para la calificación de suelo AASHTO

IG = 5

#200 = 10.02 < 35 pertenece a suelo granular

IP = 7.14 < 10 pertenece a grupo A-1

LL= 30 < 40 pertenece a grupo A-1-4

Resultado de clasificación de suelo A-2-4 (9) un suelo grava y arena arcilla o limosa excelente a bueno de la cantera 13+860.

Calicata N°3

Para la calificación de suelo AASHTO

IG = 9

#200 = 5.82 < 35 pertenece a suelo granular

IP = 6.17 > 10 pertenece a grupo A-1

LL = 30 > 40 pertenece al grupo A-2-4

Resultado de clasificación de suelo A-2-4 (9) un suelo grava y arena arcilla o limosa excelente a bueno de la cantera 13+860.

4.3 Resultados de ensayo de proctor modificado

Los resultados de los ensayos de proctor modificado en laboratorio normalizado que nos permite tener la relación de la densidad seca máxima y la humedad optima la tabla 23, 24 y 25, Los certificados de ensayo se encuentran en el anexo 03.

De la tabla 23, se registró los datos obtenidos de los ensayos del proctor modificado del laboratorio de la muestra C-1, se realizó los cálculos utilizando la formula mencionado el ítem 3.5.

Tabla 22: *Proctor modificado C-1, cantera 13+860*

Ensayo N°	1	2	3	4	5	Unidad
(1) diámetro del proctor	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	cm
(2) Altura de proctor	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	cm
(3) Volumen del proctor	2123.20	2123.20	2123.20	2123.20	2123.20	cm ³
(4) Peso material + proctor	11,115.00	11,237.00	11,429.00	11,476.00	11,484.00	gr
(5) Peso del molde del proctor	6,799.00	6,799.00	6,799.00	6,799.00	6,799.00	gr
(6) Peso del material húmedo (4) - (5)	4,316.00	4,438.00	4,630.00	4,677.00	4,685.00	gr
(7) Densidad del suelo húmedo (6) / (3)	2.03	2.09	2.18	2.20	2.21	gr/cm ³
(1) Peso suelo húmedo + Capsula	387.00	282.00	244.00	230.00	401.00	gr
(2) Peso suelo seco + Capsula	366.00	264.00	226.00	210.00	352.00	gr
(3) Peso de agua (1) - (2)	21.00	18.00	18.00	20.00	49.00	gr
(4) Peso de la capsula	105.00	94.00	105.00	94.00	82.00	gr
(5) Peso del suelo seco (2) - (4)	261.00	170.00	121.00	116.00	270.00	gr
(6) % de humedad [(3)/(4)] x 100	8.05	10.59	14.88	17.24	18.15	%
(8) densidad del suelo seco	1.881	1.890	1.898	1.879	1.868	gr/cm³

De la figura 50, se grafica en escala con los datos obtenidos de la tabla 23, del porcentaje de humedad el eje (x) densidad seca máxima eje (y) trazando dos líneas vertical y horizontal, obteniendo la máxima densidad seca 1.90 gr/cm³ y el contenido de humedad optima 14.20%.

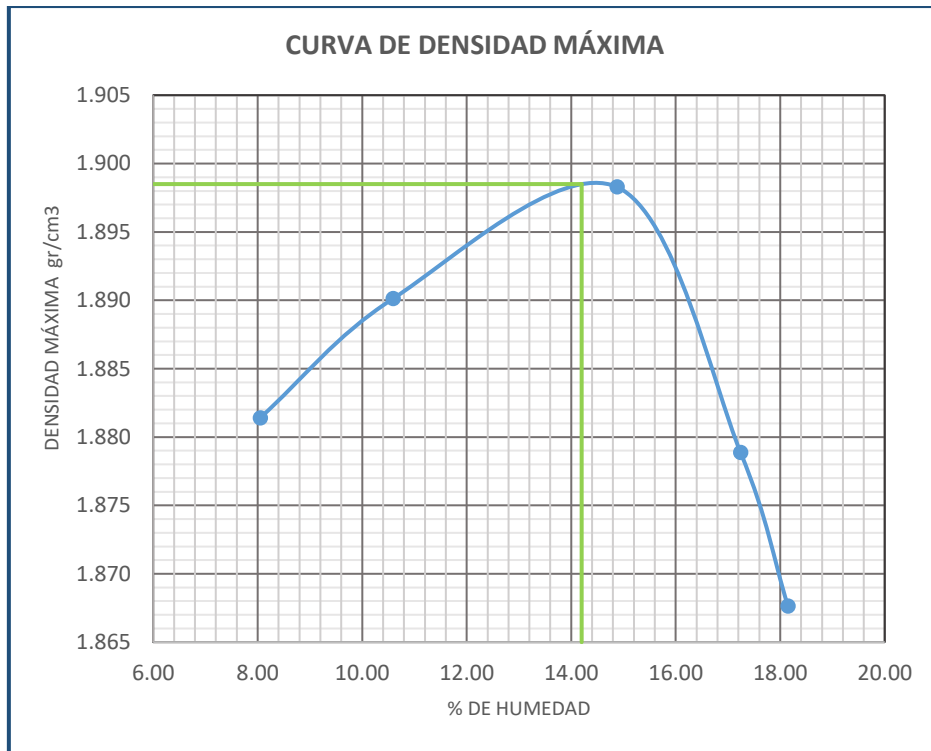


Figura 50. Calculo de densidad máxima C-1, cantera 13+860

De la tabla 24 se registró los datos obtenidos de los ensayos del proctor modificado del laboratorio de la muestra C-2, se realizó los cálculos utilizando la formula mencionado el ítem 3.5.

Tabla23: Proctor modificado C-2, cantera 13+860

Ensayo N°	1	2	3	4	5	Unidad
(1) Diámetro del proctor	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	cm
(2) Altura de proctor	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	cm
(3) Volumen del proctor	2123.20	2123.20	2123.20	2123.20	2123.20	cm ³
(4) Peso material + proctor	11,662.00	11,794.00	12,000.00	12,070.00	12,088.00	gr
(5) Peso del molde del proctor	6,799.00	6,799.00	6,799.00	6,799.00	6,799.00	gr
(6) Peso del material húmedo (4) - (5)	4,863.00	4,995.00	5,201.00	5,271.00	5,289.00	gr
(7) Densidad del suelo húmedo (6) / (3)	2.29	2.35	2.45	2.48	2.49	gr/cm ³
(1) Peso suelo húmedo + Capsula	406.40	296.10	256.20	241.60	421.10	gr
(2) Peso suelo seco + Capsula	384.30	277.20	237.30	220.50	369.60	gr
(3) Peso de agua (1) - (2)	22.10	18.90	18.90	21.10	51.50	gr
(4) Peso de la capsula	105.00	94.00	105.00	94.00	82.00	gr
(5) Peso del suelo seco (2) - (4)	279.30	183.20	132.30	126.50	287.60	gr
(6) % de humedad [(3)/(4)] x 100	7.91	10.32	14.29	16.68	17.91	%
(8) densidad del suelo seco	2.122	2.133	2.143	2.128	2.113	gr/cm³

De la figura 51, se grafica en escala con los datos obtenidos de la tabla 24, del porcentaje de humedad el eje (x) densidad seca máxima eje (y) trazando dos líneas vertical y horizontal, obteniendo la máxima densidad seca 2.14 gr/cm³ y el contenido de humedad optima 14.00%.

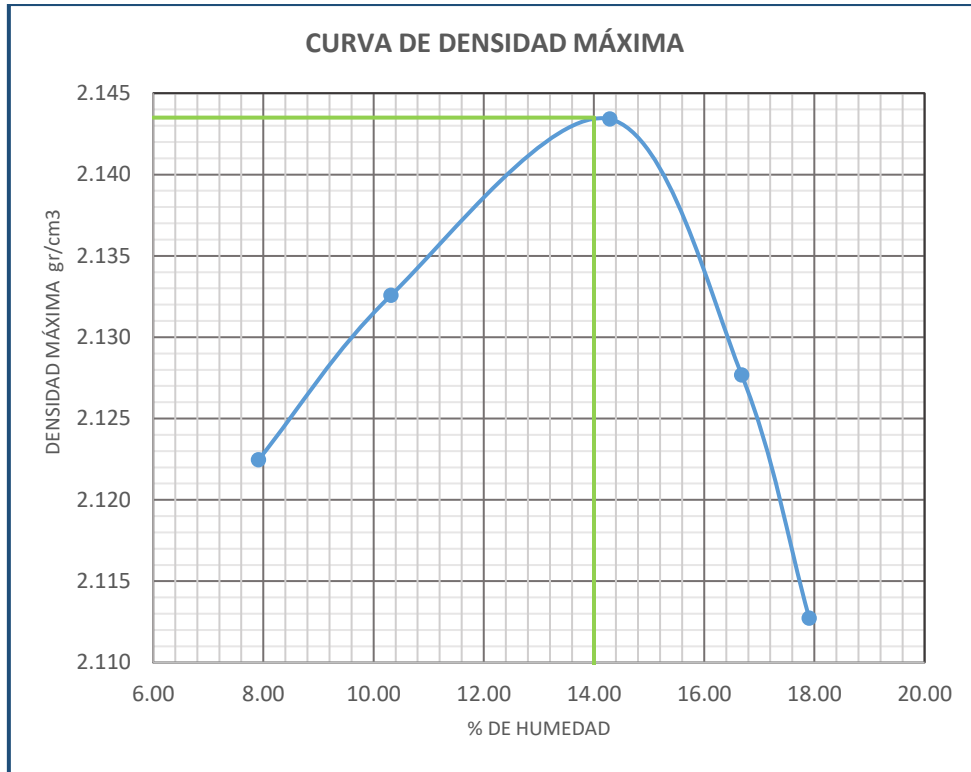


Figura 51. Calculo de densidad máxima C-2, cantera 13+860

De la tabla 25 se registró los datos obtenidos de los ensayos del proctor modificado del laboratorio de la muestra C-3, se realizó los cálculos utilizando la formula mencionado el ítem 3.5.

Tabla 24: Proctor modificado C-3, cantera 13+860

Ensayo N°	1	2	3	4	5	Unidad
(1) diámetro del proctor	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	cm
(2) Altura de proctor	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	cm
(3) Volumen del proctor	2123.20	2123.20	2123.20	2123.20	2123.20	cm ³
(4) Peso material + proctor	11,429.00	11,558.00	11,760.00	11,829.00	11,846.00	gr
(5) Peso del molde del proctor	6,799.00	6,799.00	6,799.00	6,799.00	6,799.00	gr
(6) Peso del material húmedo (4) - (5)	4,630.00	4,759.00	4,961.00	5,030.00	5,047.00	gr
(7) Densidad del suelo húmedo (6) / (3)	2.18	2.24	2.34	2.37	2.38	gr/cm ³
(1) Peso suelo húmedo + Capsula	398.30	290.20	251.10	236.80	412.70	gr
(2) Peso suelo seco + Capsula	376.60	271.70	232.60	216.10	362.20	gr
(3) Peso de agua (1) - (2)	21.70	18.50	18.50	20.70	50.50	gr
(4) Peso de la capsula	105.00	94.00	105.00	94.00	82.00	gr
(5) Peso del suelo seco (2) - (4)	271.60	177.70	127.60	122.10	280.20	gr
(6) % de humedad [(3)/(4)] x 100	7.99	10.41	14.50	16.95	18.02	%
(8) densidad del suelo seco	2.019	2.030	2.041	2.026	2.014	gr/cm³

De la figura 52, se grafica en escala con los datos obtenidos de la tabla 25, del porcentaje de humedad el eje (x) densidad seca máxima eje (y) trazando dos líneas vertical y horizontal, obteniendo la máxima densidad seca 2.04 gr/cm³ y el contenido de humedad optima 14.00%.

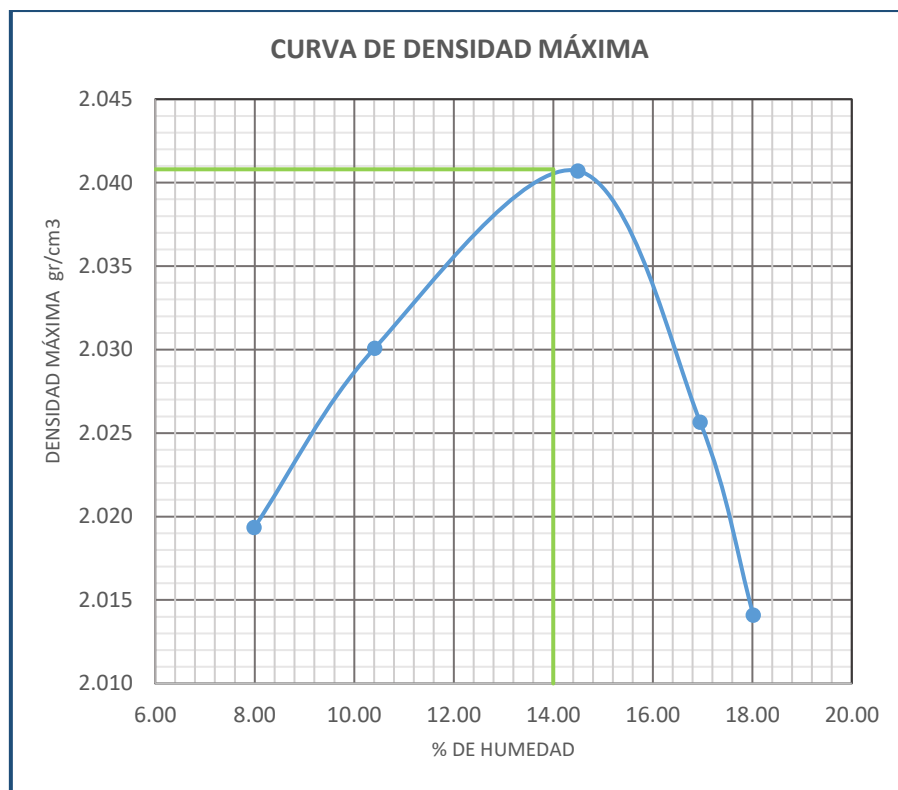


Figura 52. Calculo de densidad máxima C-3, cantera 13+860

4.4 Cuadro de los resultados

Esta investigación se planteó como objetivo general “Determinar la calidad del material particulado para la estabilización de la base en la Cantera División Pitay 13+860 y cantera 2+100, para lo cual se utilizó la siguiente tabla 25 comparativa de los resultados obtenidos del laboratorio, los valores exigidos por la norma NTP 400.037 MTC y Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG – 2013) se adjunta en el anexo12, para la muestra de la calicata 01 y en base a los resultados que cumplen con la norma exigidas por el MTC se determinó si la calidad del material particulado es apto para la estabilización de la base.

Tabla 25: Resultados de los ensayos realizados (calicata C-01)

Ensayo de materiales	Norma	Resultados del laboratorio (MP) cantera 13+860		Resultados del laboratorio (MP) cantera 2+100		Cumplimiento con la Norma MTC Cantera 13+860	Cumplimiento con la Norma MTC Cantera 2+100
Clasificación SUCS	ASTM D2487	GP		SW		SI	SI
Clasificación AASHTO	ASTM D3282	A-1-a (5)		A-2-4 (9)		SI	SI
Limite Liquido	MTC E 110	26.00%		27.00%		SI	SI
Limite Plástico	MTC E 111	21.93%		21.56%		SI	SI
Índice de Plasticidad	MTC E 111	4.07%		5.44%		SI	SI
Equivalente de Arena	MTC E 114	55.00%		56.00%		SI	SI
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	28.32%		29.66%		SI	SI
Proctor Modificado	MTC E 115	Max. Densidad Seca (gr/cm ³)	1.9	Max. Densidad Seca (gr/cm ³)	2.1	SI	SI
		Humedad Óptima (%)	14.2	Humedad Óptima (%)	7	SI	SI
CBR	MTC E 132	56.00%		44.00%		SI	SI

De la tabla 26, se comparó los resultados obtenidos del laboratorio y los valores exigidos por la norma NTP 400.037 MTC para la muestra de la calicata 02 y en base a los resultados que cumplen con la norma exigidas por el MTC se determinó si la calidad del material particulado es apto para la estabilización de la base.

Tabla 26: Resultados de los ensayos realizados (calicata C-02)

Ensayo de materiales	Norma	Resultados del laboratorio (MP) cantera 13+860		Resultados del laboratorio (MP) cantera 2+100		Cumplimiento con la Norma MTC Cantera 13+860	Cumplimiento con la Norma MTC Cantera 2+100
Clasificación SUCS	ASTM D2487	GP		SW		SI	SI
Clasificación AASHTO	ASTM D3282	A-2-4(5)		A-1-a (9)		SI	SI
Limite Liquido	MTC E 110	30.00%		23.00%		SI	SI
Limite Plástico	MTC E 111	22.86%		17.14%		SI	SI
Índice de Plasticidad	MTC E 111	7.14%		5.86%		SI	SI
Equivalente de Arena	MTC E 114	55.00%		71.00%		SI	SI
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	33.06%		24.98%		SI	SI
Proctor Modificado	MTC E 115	Max. Densidad Seca (gr/cm ³)	2.14	Max. Densidad Seca (gr/cm ³)	1.92	SI	SI
		Humedad Óptima (%)	14	Humedad Óptima (%)	11	SI	SI
CBR	MTC E 132	51.00%		42.00%		SI	SI

De la tabla 27, se comparó los resultados obtenidos del laboratorio y los valores exigidos por la norma NTP 400.037 MTC para la muestra de la calicata 03 y en base a los resultados que cumplen con la norma exigidas por el MTC se determinó si la calidad del material particulado es apto para la estabilización de la base.

Tabla 27: Resultados de los ensayos realizados (calicata C-03)

Ensayo de materiales	Norma	Resultados del laboratorio (MP) cantera 13+860		Resultados del laboratorio (MP) cantera 2+100		Cumplimiento con la Norma MTC Cantera 13+860	Cumplimiento con la Norma MTC Cantera 2+100
Clasificación SUCS	ASTM D2487	GP		GW		SI	SI
Clasificación AASHTO	ASTM D3282	A-2-4 (9)		A-1-a (9)		SI	SI
Limite Líquido	MTC E 110	30.00%		24.00%		SI	SI
Limite Plástico	MTC E 111	23.83%		18.87%		SI	SI
Índice de Plasticidad	MTC E 111	6.17%		5.13%		SI	SI
Equivalente de Arena	MTC E 114	51.00%		66.00%		SI	SI
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	23.16%		24.72%		SI	SI
Proctor Modificado	MTC E 115	Max. Densidad Seca (gr/cm ³)	2.04	Max. Densidad Seca (gr/cm ³)	1.92	SI	SI
		Humedad Óptima (%)	14	Humedad Óptima (%)	11.5	SI	SI
CBR	MTC E 132	50.00%		45.00%		SI	SI

Prueba de hipótesis con el estadístico t de Student para resultado Equivalente de Arena

Se consideran todas las muestras del material particulado de las calicatas C-1, C-2 y C-3 se realizó los ensayo de Equivalente de Arena en laboratorio de mecánica de suelos para determinar la proporción relativa del suelo arcillosos, polvos de suelos granulares y agregado fino como se observa en las tablas 31,32 y 33, esto se verificando que cumpla con cantidad mínima de 35% según especifica en manual de ensayo MTC y manual de carreteras “técnicas generales para la construcción” como se muestra en la tabla 29.

Formulación de hipótesis

$H_0: \mu < 35\%$ El valor de equivalente de arena no cumplirá con lo requerido para la estabilización de la base con material particulado en pavimentos flexibles

$H_{a1}: \mu \geq 35\%$ El valor de equivalente de arena cumplirá con lo requerido para la estabilización de la base con material particulado en pavimentos flexibles.

Considerando el nivel de confianza de 95%, nivel de significancia del 5% y la media hipótesis de 35%. Se calcula la media H_{a1} , desviación estándar y valor estadística de prueba.

Calculo de la media:

$$\bar{x} = \frac{\sum(n_1 + \dots + n_n)}{N} = \frac{55 + 55 + 51}{3} = 53.67 = 54\%$$

Calculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{(55 - 54)^2 + (55 - 54)^2 + (51 - 54)^2}{3 - 1}} = 2.35$$

Formula de estadista de prueba:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{54 - 35}{\frac{2.35}{\sqrt{3}}} = 14$$

hallar valor crítico t de Student en tabla anexo 3, aunque una parte se presenta en la siguiente tabla ()

grado de libertad = $n-1$

nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Tabla 28: *distribución de t Student*

α r	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0005
1	1	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.656	636.578
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.92	4.303	6.965	9.925	31.6
3	0.765	0.978	1.638	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.924
4	0.741	0.941	1.533	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.61
5	0.727	0.92	1.476	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869

Fuente : <https://n9.cl/zs3gv>

Se observa en la figura 53, el Valor crítico 2.92, debido a que la región de rechazo se encuentra en el lado derecho, el valor crítico es positivo. La regla de decisión es aceptar la H_0 , si el valor de t de Student menor que 2.92.

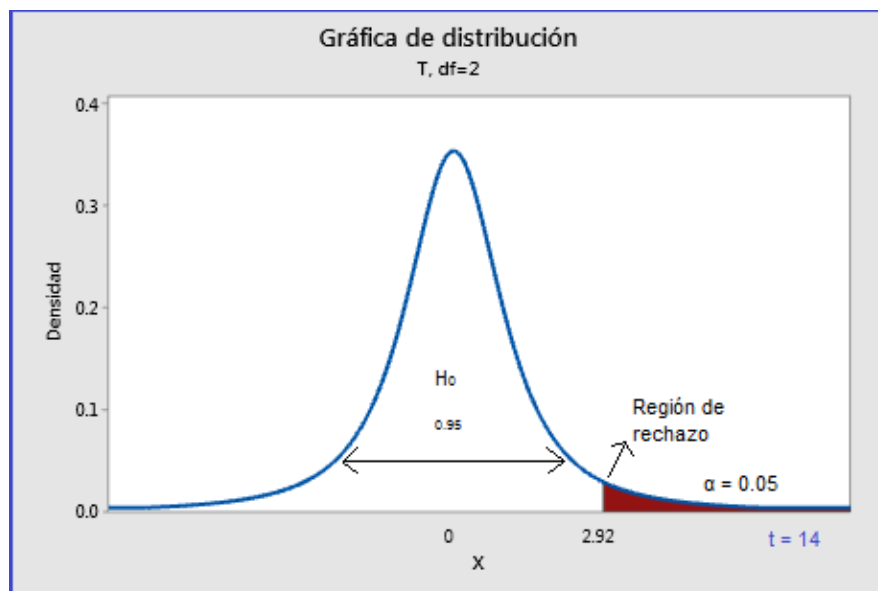


Figura 53. T de Student para equivalente de arena

Como $t = 14$ se encuentra en la región derecha y es menor del valor crítico 2.92, con nivel de significancia 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa H_1 .

Prueba de hipótesis con el estadístico T de Student para resultado índice de plasticidad de Atterberg

el índice de plasticidad se obtiene de la diferencia de límite líquido y plástico de los ensayos realizados en laboratorio de mecánica de suelos de las muestras del material particulado de las calicatas C-1, C-2 y C-3 que se observan en las tablas 31, 32 y 33. La cantidad de humedad en porcentajes que necesita el suelo para que pase a un estado semisólido a menor índice de plasticidad menor es la cantidad de agua. Verificando que cumpla con cantidad máxima 4 % según especifica en manual de ensayo MTC y manual de carreteras “técnicas generales para la construcción” como se muestra en la tabla 29.

Formulación de hipótesis

$H_0: \mu > 4\%$ El valor de índice de plasticidad no cumplirá con lo requerido para la estabilización de la base con material particulado en pavimentos flexibles

$H_{a1}: \mu \leq 4\%$ El valor de índice de plasticidad cumplirá con lo requerido para la estabilización de la base con material particulado en pavimentos flexibles.

Considerando el nivel de confianza de 95%, nivel de significancia del 5% y media hipótesis de 6%. Se calcula la media, desviación estándar y valor estadística de prueba.

Calculo de la media:

$$\bar{x} = \frac{\sum(n_1 + \dots + n_n)}{N} = \frac{4.07 + 7.14 + 6.17}{3} = 5.79 = 5.79\%$$

Calculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{(4.07 - 5.79)^2 + (7.14 - 5.79)^2 + (6.17 - 5.79)^2}{3 - 1}} = 1.57$$

Formula de estadista de prueba:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{5.79 - 4}{\frac{1.57}{\sqrt{3}}} = 1.97$$

hallar valor critico t de Student en tabla anexo3, aunque una parte se presenta en la siguiente tabla 34.

Se observa en la figura 54, el Valor critico - 2.92, debido a que la región de rechazo se encuentra en el lado izquierdo, el valor crítico es negativo. La regla de decisión es aceptar la H_0 , si el valor de t de Student menor que -2.92.

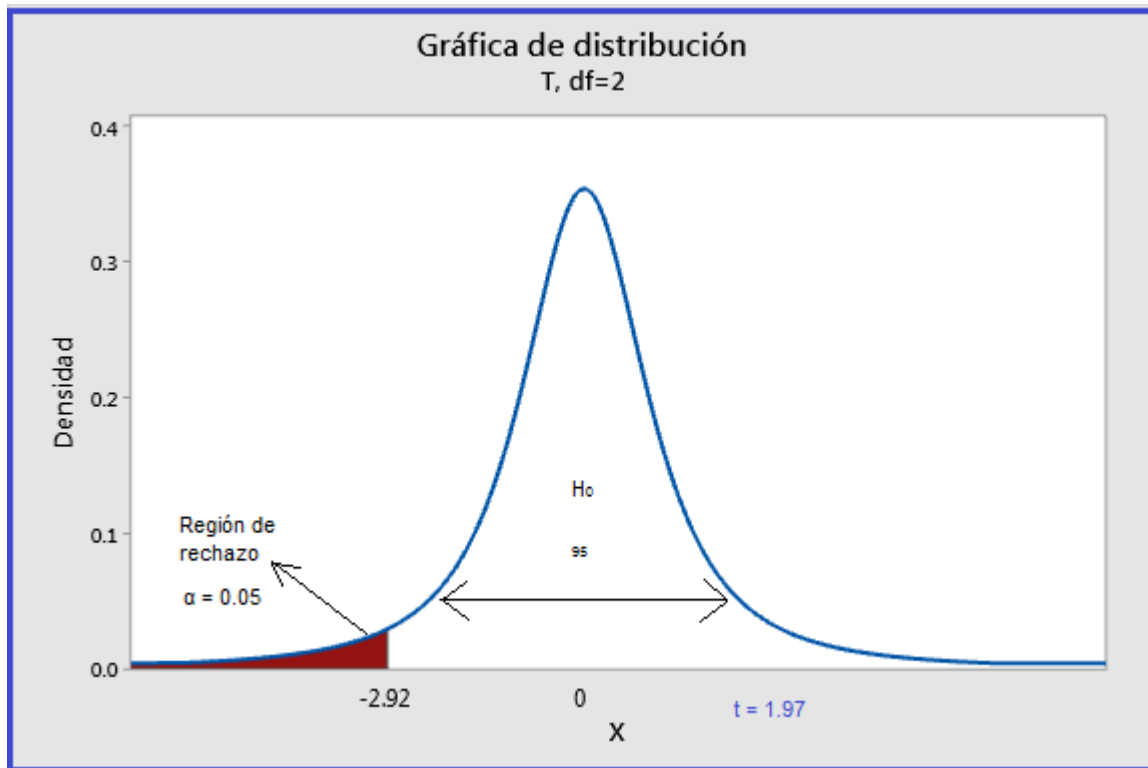


Figura 54. T de Student para Incide de plasticidad

Como $t = 1.97$ se encuentra en la región izquierda está fuera del área de rechazo del valor crítico -2.92 , con nivel de significancia 0.05 , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula H_0 .

Prueba de hipótesis con el estadístico t de Student ensayo de abrasión

el ensayo de abrasión es la resistencia de las partículas al desgaste que se realizó en laboratorio de mecánica de suelos de las muestras del material particulado de las calicatas C-1, C-2 y C-3 que se observan en las tablas 31, 32, y 33. Verificando que cumpla con cantidad máxima 40% según especifica en manual de ensayo MTC y manual de carreteras “técnicas generales para la construcción” como se muestra en la tabla 28.

Formulación de hipótesis

$H_0: \mu > 40\%$ El valor desgates no cumplirá con lo requerido para la estabilización de la base con material particulado en pavimentos flexibles

$H_{a1}: \mu \leq 40\%$ El valor desgates cumplirá con lo requerido para la estabilización de la base con material particulado en pavimentos flexibles.

Considerando el nivel de confianza de 95%, nivel de significancia del 5% y media hipótesis de 40%. Se calcula la media, desviación estándar y valor estadística de prueba.

Calculo de la media:

$$\bar{x} = \frac{\sum(n_1 + \dots + n_n)}{N} = \frac{28.32 + 33.06 + 23.16}{3} = 28.18 = 28.18\%$$

Calculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{(28.32 - 28.18)^2 + (33.06 - 28.18)^2 + (23.16 - 28.18)^2}{3 - 1}} = 4.95$$

Formula de estadista de prueba:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{28.18 - 40}{\frac{4.95}{\sqrt{3}}} = -4.1$$

hallar valor critico t de Student en tabla anexo3, aunque una parte se presenta en la siguiente tabla 34.

Se observa en la figura 55 el Valor critico - 2.92, debido a que la región de rechazo se encuentra en el lado izquierdo, el valor crítico es negativo. La regla de decisión es aceptar la H_0 , si el valor de t de Student menor que -2.92.

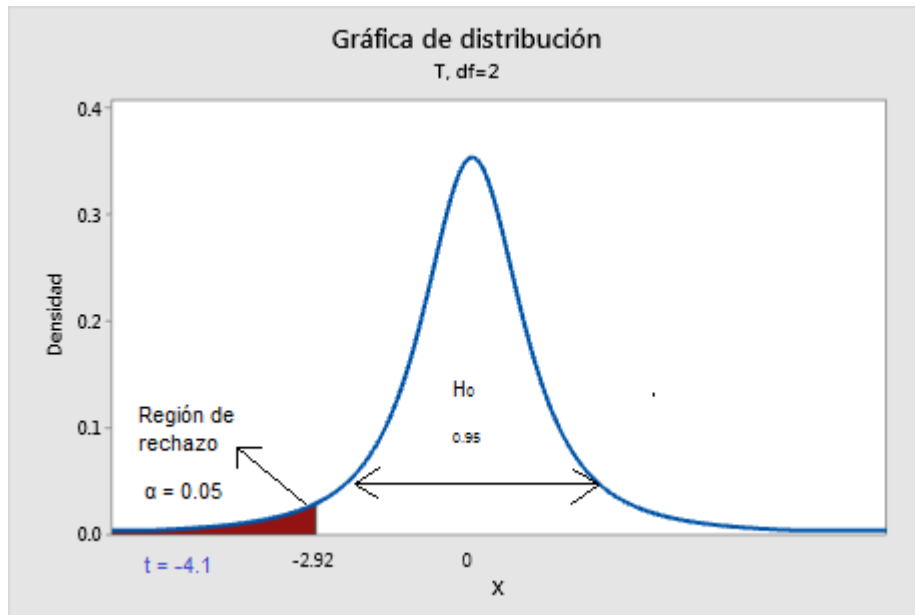


Figura 55. T de Student para ensayo de abrasión

Como $t = -4.1$ se encuentra en la región izquierda y es mayor que el valor crítico -2.92 con nivel de significancia 0.05 , por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa H_1

Prueba de hipótesis con el estadístico t de Student ensayo de CBR

el ensayo de CBR mide la resistencia del esfuerzo del cortante del material particulado que se realizó en laboratorio de mecánica de suelos de las muestras de las calicatas C-1, C-2 y C-3 que se observan en las tablas 31, 32 y 33. Verificando que cumpla con cantidad mínimo de 40% según especifica en manual de ensayo MTC y manual de carreteras “técnicas generales para la construcción” como se muestra en la tabla 27.

Formulación de hipótesis

$H_0: \mu < 40\%$ El valor de la resistencia no cumplirá con lo requerido para la estabilización de la base con material particulado en pavimentos flexibles

$H_{a1}: \mu \geq 40\%$ El valor de la resistencia cumplirá con lo requerido para la estabilización de la base con material particulado en pavimentos flexibles.

Considerando el nivel de confianza de 95%, nivel de significancia del 5% y media hipótesis de 40%. Se calcula la media, desviación estándar y valor estadística de prueba.

Calculo de la media:

$$\bar{x} = \frac{\sum(n_1 + \dots + n_n)}{N} = \frac{56 + 51 + 50}{3} = 52.33 = 53\%$$

Calculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{(56 - 53)^2 + (51 - 53)^2 + (50 - 53)^2}{3 - 1}} = 3.32$$

Formula de estadista de prueba:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{53 - 40}{\frac{3.32}{\sqrt{3}}} = 6.78 \text{ aprox}$$

hallar valor critico t de Student en tabla anexo3, aunque una parte se presenta en la siguiente tabla 34.

Se observa en la figura 56 el Valor critico 2.92, debido a que la región de rechazo se encuentra en el lado derecho, el valor crítico es positivo. La regla de decisión es aceptar la H_0 , si el valor de t de Student menor que 2.92.

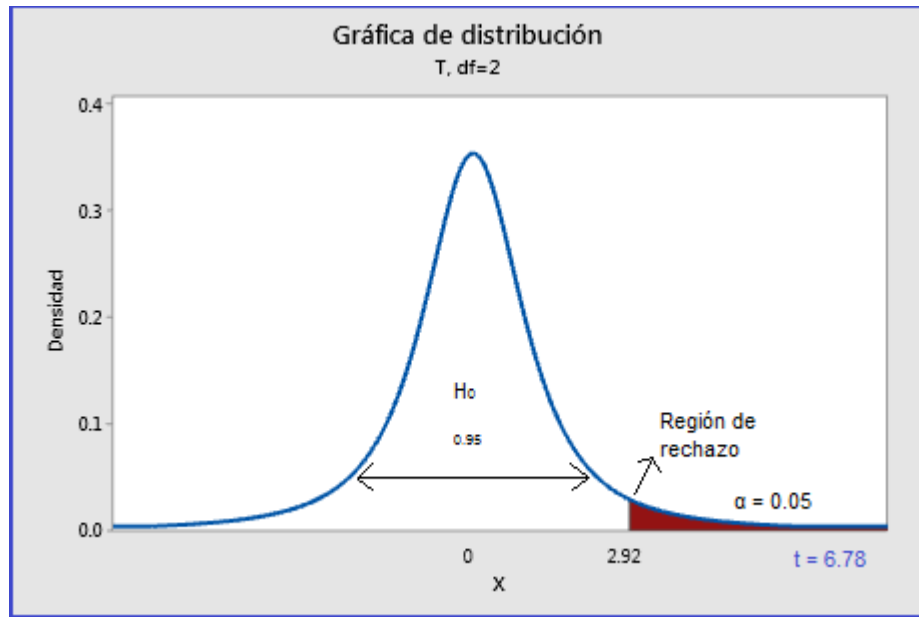


Figura 56.T de Student para ensayo de CBR

Como $t = 6.78$ se encuentra en la región derecha y es mayor que el valor crítico 2.92 con nivel de significancia 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa H_1 .

V. DISCUSIONES

De la muestra del material particulado todos se preparó, y los especímenes para la compactación se prepararon de acuerdo con los procedimientos dados en los métodos de prueba NTP 339.141 o NTP 339.142 para la compactación de un molde de 152,4mm (6") hay que recalcar que puede variar la preparación de la muestra por lo siguiente condiciones: 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.

Para el límite líquido y el límite plástico, se tomó una muestra de unos 20 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 se debe tomar 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 hubiera ejecutado después de realizar el límite líquido y en dicho intervalo la muestra se hubiera secado, se añade más agua.

Para el ensayo de equivalente de arena se separó la muestra en el tamiz N°4(4,75mm) por medio de un movimiento lateral y vertical del tamiz, acompañado por una acción chocante, de tal manera que se mantenga a la muestra moviéndose continuamente sobre la superficie del tamiz. Se continuó tamizado hasta que no más del 1% en peso del residuo pase el tamiz durante 1 min. La operación de tamizado fue realizado a mano, puede ser mediante un aparato mecánico. Y se desmenuzo cualquier grumo de material en la fracción gruesa que pase el tamiz N°4 (4,75mm), se puede usar un mortero y un pisón cubierto de jebe o cualquier otro medio que no cause apreciable degradación del agregado.

VI. CONCLUSIONES

El objetivo principal se realizó el procedimiento del ensayo (CBR), para la determinación del índice de resistencia del material particulado, denominado valor de la relación de soporte y se obtuvo el valor de la potencia de resistencia del CBR al 100% del MDS 19 %, 21%, 20% y al 95% del MDS 18 %, 20%,19% y el cálculo de la media de las tres muestras 53%, resultados de un suelo particulado optimos para la construcción de un pavimento base de la resistencia a la compactación cumpliendo con la MTC E 132 como lo especifica en el manual de ensayo de materiales .

El objetivo secundario n°1 fue determinar índice de plasticidad de Atterberg del ensayo de las tres calicatas, se obtuvieron los resultados de la muestra del IP = 4.07 %, 7.14 %, 6.17% de humedad en porcentajes que necesita el suelo para que pase a un estado semisólido, cálculo de la media 5.79 %. El IP supero la cantidad máxima del 4% según lo especificado por el manual de ensayo, MTC 111 del laboratorio de mecánica de suelos.

El objetivo secundario n°2 se realizó el procedimiento del ensayo Equivalente de Arena AASHTO T-176-ASTM D2418 en el laboratorio y se obtuvieron los resultados de la muestra del E. A. : 55 %, 55 %, 51% es la proporción relativa del suelo arcilloso, polvo de suelo granulares y agregado fino, cálculo de la media 54%, cumple con los requerimientos de agregado grueso del 35% mín. del MTC E 114 en el laboratorio de mecánica de suelos, logrando que nuestro material sea apto para material particulado y así conseguir la resistencia a compactación en el pavimentos flexible.

El objetivo secundario n°3 se realizó el procedimiento del ensayo de abrasión (MAQUINA DE LOS ANGELES) obtenido los resultados de desgaste de la muestra de 28.32%, 33.06% y 23.16% de la resistencia de las partículas gruesas al desgates que se realizó en laboratorio de mecánica de suelos y cumpliendo con la norma MTC E 207 del. 40% máx., cálculo de la media de las tres muestras 28.18 %, los resultados fueron favorables para la resistencia a compactación como lo especifica.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda para la prueba de densidad de campo (cono de arena) manteniendo el % de Humedad (Speedy) se mantenga entre el 9% a 11% ya que es un clima seco y soleado alterando el comportamiento del material.

Efectuar mayores ensayos en la cantera de acuerdo a las normas especificadas del MTC, para que los resultados del laboratorio sean los más precisos mejorando la calidad del material particulado.

Se recomienda controlar las aplicaciones del contenido de agua del CBR para un mejor resultado de las pruebas del laboratorio, determinando para un rango óptimo del contenido de humedad mejorando la compactación en el campo, elevando su resistencia del pavimento flexible de la vía urbana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

RAVINES Merino, María Alejandra. “Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras” Tesis (Obtención de título de Ingeniera Civil). Piura: Universidad de Piura, 2010.

Fuente: <https://n9.cl/pyqz1>

CORTES y Fernández. “Influencia de las zeolitas y biopolímeros en el mejoramiento de la resistencia de suelos del sur, este y norte de lima para vías a nivel de afirmado” Tesis (Obtención de título de Ingeniera Civil). Lima, Universidad Ricardo Palma, 2015

Fuente: <https://n9.cl/4wie>

NESTERENKO. “Desempeño de Suelos estabilizados en Perú” Tesis (Obtención de título Master en Ingeniería Civil). Lima, Universidad de Piura, 2018.

Disponible: <https://cutt.ly/8ngFXZt>

GARCÍA Gonzales, Anabelén “Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 de Mollepampa de Cajamarca, 2015” (Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil) Cajamarca, Universidad Privada del Norte, 2015.

Disponible: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/7327>

MAMANI D., Huaranca A. “Estabilización de suelos con fines de pavimentación, mediante el uso de polímeros reciclados “Juliaca Puno, Universidad Peruana Unión, 2013, Manuscrito no publicado.

<https://n9.cl/2s33d>

VÁSQUEZ Jara, Jaime David “Estabilización de Suelos cohesivos con cal” Tesis (Obtención de título de Ingeniera Civil). Santiago Chile, Universidad Andrés Bello, Santiago de Chile, 2008. Ojoo pasar archivo

Fuente : <https://n9.cl/8tqxi>

VALLE Áreas, Wilfredo. “Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos” Tesis (Obtención de título Master en Ingeniería Civil) Madrid España, Universidad Politécnica de Madrid, 2010.

Disponible: <https://cutt.ly/HngGsEd>

LÓPEZ T., Hemández J., Harta J., Coronado A. & Castaño V “Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas” 2010

Revista Iberoamericana de Polímeros.

Fuente: <https://n9.cl/hmj2x>

CASTILLO Parra, Byron Fernando “Estabilización de suelos arcillosos de macas con valores de CBR menores al 5% y límites líquidos superiores al 100% para utilizarlos en carreteras” Tesis (Obtención de título Master en Ingeniería Civil) Cuenca Ecuador, Universidad de Cuenca, 2017.

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26917>

Altamirano Navarro, Genaro José y Díaz Sandino, Axel Exequiel “Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de san isidro del pegón, municipio Potosí – Rivas” Tesis (Obtención de título de Ingeniera Civil). Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2015.

Fuente :<https://n9.cl/hamwd>

HERNANDEZ, Fernández y Baptista, “Metodología de la investigación”. 6.^a ed. México DF: Colonia Desarrollo Santa fe, McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2014, p129.

Disponible: <https://cutt.ly/ZngGMPR>

RODRÍGUEZ Arainga “Guía de investigación científica” 1er edición, Perú, Asociación Civil Universidad de Ciencias y Humanidades, Fondo Editorial, 2011, p37.

Disponible: <https://cutt.ly/hngG7Qa>

DANIEL S. Behar Rivero, “metodología de la investigación” edición A. Rubeira, editorial Shalom, 2008, p40.

Disponible: <https://cutt.ly/engHuDn>

FIDIAS G. Arias “Proyecto de investigación introducción a la metodología científica” 6 edición, Venezuela, editorial Episteme, 2012, p. 81

Disponible: <https://cutt.ly/qngHa2S>

CARLOS I. Muñoz Rocha “metodología de investigación” 1er edición, México, Editorial Progreso, 2015, p189

Disponible: <https://cutt.ly/4ngHgNw>

MINISTERIO de transportes y comunicaciones Perú, Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima. 2008.

Disponible: <https://n9.cl/d4tzm>

ARREDONDO Verdú, 2011, “El suelo”, p.221-222.

Disponible: <https://cutt.ly/engHF2d>

BRAJA M. (1999) Das “Principios de ingeniería de cimentaciones” 5ª edición, p.64.

Disponible: <https://cutt.ly/QngHLd9>

CRESPO Villalaz, “Mecánica de suelos y cimentaciones ”5° edición, México, 2004, p.65.

Disponible: <https://cutt.ly/nngHBDD>

MOHEDAS Díaz, Margarita & Moreno Vega, Alberto, 2014, “Granulometría”, p. 8.

Disponible: <https://cutt.ly/FngH0F3>

JUAN Pérez Valcárcel “Concepto generales de la mecánica de suelos “España, departamento tecnología en construcción, 2014, p.16).

Disponible: <https://n9.cl/9t6l>

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Título: “Estabilización de una base húmeda con material particulado para elevar la resistencia a compactación en pavimentos flexibles vías urbanas, Arequipa 2021”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	METODOLOGIA
PROBLEMA PRINCIPAL ¿Cómo la estabilización de una base húmeda con material particulado elevaría su resistencia a compactación en pavimentos flexibles, Arequipa 2021?	OBJETIVO PRINCIPAL Elevar la resistencia a compactación en pavimentos flexibles por medio de la estabilización de una base húmeda con material particulado	HIPOTESIS PRINCIPAL La estabilización de una base húmeda con material particulado elevará su resistencia a compactación en pavimentos flexibles	VI: • Material particulado. VD: • Resistencia.	• Agregado fino y grueso • Capacidad portante	• M3 • kg/cm ²	<ul style="list-style-type: none"> • METODO DE INVESTIGACION: hipotético – deductivo • DISEÑO DE INVESTIGACION Experimental • TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicativo
PROBLEMA SECUNDARIO Nº 1 ¿cómo el índice de plasticidad se podrá mejorar la propiedad mecánica de la base sin romperse hasta cierto límite, del material particulado a compactar en pavimentos flexibles?	OBJETIVO SECUNDARIO Nº 1 Mejorar la propiedad mecánica de la base sin romperse hasta cierto límite, del material particulado a compactar con análisis del índice de plasticidad en pavimentos flexibles.	HIPOTESIS SECUNDARIO Nº 1 El índice de plasticidad mejorará la propiedad mecánica de la base sin romperse hasta cierto límite, del material particulado a compactar en pavimentos flexibles.	VI: • Índice de plasticidad VD: • Propiedades mecánicas	de porcentaje • textura, permeabilidad, estructuras	• % • Pulg3, mm3	<ul style="list-style-type: none"> • NIVEL DE INVESTIGACIÓN Explicativo • POBLACIÓN Alto Sigwas, Arequipa • MUESTRA Carretera vecinal P-15
PROBLEMA SECUNDARIO Nº 2 ¿Con el ensayo de equivalente de arena se podrá especificar las proporciones relativas suelos arcillosos y arena en la estabilización de la base humedad?	OBJETIVO SECUNDARIO Nº 2 Especificar las proporciones relativas suelos arcillosos y arena en la estabilización de la base humedad con el ensayo de equivalente de arena.	HIPOTESIS SECUNDARIO Nº 2 El ensayo de equivalente de arena, se especificará las proporciones relativas suelos arcillosos y arena en la estabilización de la base humedad.	VI: • Ensayo de equivalente de arena VD: • Arena, arcilla	de Equipo de • Volumen	• EQ. • Cm3, mm3	<ul style="list-style-type: none"> • TECNICAS DE OBTENCION DE DATOS: Fuentes primarias: Observación Fuentes secundarias: Textos, tesis, formatos de control, fichas.
PROBLEMA SECUNDARIO Nº 3 ¿Con el ensayo de abrasión se determinará la degradación, durezas de las partículas gruesas de la estabilización de la base humedad?	OBJETIVO SECUNDARIO Nº 3 Determinar la degradación, durezas de las partículas gruesas de la estabilización de la base humedad con el ensayo de abrasión.	HIPOTESIS SECUNDARIO Nº 3 El ensayo de abrasión se determinará la degradación, durezas de las partículas gruesas de la estabilización de la base humedad.	VI: • Ensayo abrasión • Partículas gruesas	de Equipo • Volumen, forma	• EQ. • Cm3, mm3	<ul style="list-style-type: none"> • TECNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS Prueba de proctor modificado, análisis granulométrico, CBR, límite de Atterberg, equivalente de arena y ensayo de abrasión.

Anexo 2: Panel topografico evidencia de trabajo en laboratorio







Anexo 3: Panel topografico evidencia de trabajo en campo





Anexo 4: Formato de toma de datos de ensayos de laboratorio

FORMATO DE LIMITES DE CONSISTENCIA-LIMITE LIQUIDO- LIMITE PLASTICO LABORATORIO DE SUELOS																																																																							
MUESTRA N°	TIPO:	NUMERO:																																																																					
PROFUNDAD (m)	ABSCISA:	TIPO DE MUESTRA:																																																																					
FECHA:	FUENTE:	EQUIPO:																																																																					
DESCRIPCIÓN																																																																							
<table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #ADD8E6;">LIMITE PLASTICO</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Recipiente</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso del recipiente</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso recipiente + suelo húmedo</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso recipiente + suelo seco</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>peso de agua</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>peso suelo seco</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="display: inline-table;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #ADD8E6;">LIMITE LIQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>golpes</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Recipiente</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso del recipiente</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso recipiente + suelo húmedo</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso recipiente + suelo seco</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>peso de agua</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>peso suelo seco</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				LIMITE PLASTICO				Muestra	1	2	3	Recipiente				Peso del recipiente				Peso recipiente + suelo húmedo				Peso recipiente + suelo seco				peso de agua				peso suelo seco				LIMITE LIQUIDO				Muestra	1	2	3	golpes				Recipiente				Peso del recipiente				Peso recipiente + suelo húmedo				Peso recipiente + suelo seco				peso de agua				peso suelo seco			
LIMITE PLASTICO																																																																							
Muestra	1	2	3																																																																				
Recipiente																																																																							
Peso del recipiente																																																																							
Peso recipiente + suelo húmedo																																																																							
Peso recipiente + suelo seco																																																																							
peso de agua																																																																							
peso suelo seco																																																																							
LIMITE LIQUIDO																																																																							
Muestra	1	2	3																																																																				
golpes																																																																							
Recipiente																																																																							
Peso del recipiente																																																																							
Peso recipiente + suelo húmedo																																																																							
Peso recipiente + suelo seco																																																																							
peso de agua																																																																							
peso suelo seco																																																																							
OBSERVACIONES :																																																																							

REALIZÓ		APROBÓ																																																																					
LABORATORISTA		COORDINADOR																																																																					
		COPIA CONTROLADA																																																																					
		SI																																																																					


Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 1344-96.

FORMATO DE ENSAYO DE ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES
LABORATORIO DE SUELOS

MUESTRA N°: TIPO: NUMERO:
 PROFUNDAD (m): ABSCISA: TIPO DE MUESTRA:
 FECHA: FUENTE: EQUIPO:
 DESCRIPCIÓN:

%	TIPO DE GRADACIÓN (g)					
	PASA	RETENIDO	A	B	C	D
3"	2 1/2"					
2 1/2"	2"					
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"	1,250				
1"	3/4"	1,250				
3/4"	1/2"	1,250	2500			
1/2"	3/8"	1,250	2500			
3/8"	1/4"			2,500.00		
1/4"	N° 4			2,500.00		
N° 4	N° 8					50000
ESFERAS		12	11.000	8.00		6
ROTACIONES		500	500.000	500.00		500

Peso de la muestra : _____
 Peso de la muestra del tamiz retenido N°12: _____
 Peso de la muestra del tamiz pasante N°12: _____
 % desgastes : _____

OBSERVACIONES : _____

REALIZÓ	APROBÓ	COPIA CONTROLADA	SI
LABORATORISTA	COORDINADOR		


Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446.

FORMATO DE TOMA DE DATOS ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO LABORATORIO DE SUELOS																																										
MUESTRA N°:	TIPO:	NUMERO:																																								
PROFUNDAD (m):	ABSCISA:	TIPO DE MUESTRA:																																								
FECHA:	FUENTE:	EQUIPO:																																								
DESCRIPCIÓN:																																										
Peso de la muestra total: _____																																										
Peso de fino antes de lavado : _____																																										
Peso de fino después de lavado: _____																																										
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Malla</th> <th style="width: 35%;">Diámetro mm</th> <th style="width: 50%;">Retenido Peso (gr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2-1/2</td><td>63.500</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>50.800</td><td></td></tr> <tr><td>1-1/2</td><td>38.100</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>25.400</td><td></td></tr> <tr><td>3/4</td><td>19.050</td><td></td></tr> <tr><td>3/8</td><td>9.525</td><td></td></tr> <tr><td>N° 4</td><td>4.763</td><td></td></tr> <tr><td>N° 10</td><td>2.000</td><td></td></tr> <tr><td>N° 40</td><td>0.426</td><td></td></tr> <tr><td>N° 200</td><td>0.074</td><td></td></tr> <tr><td>FONDO</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>TOTAL</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				Malla	Diámetro mm	Retenido Peso (gr)	2-1/2	63.500		2	50.800		1-1/2	38.100		1	25.400		3/4	19.050		3/8	9.525		N° 4	4.763		N° 10	2.000		N° 40	0.426		N° 200	0.074		FONDO			TOTAL		
Malla	Diámetro mm	Retenido Peso (gr)																																								
2-1/2	63.500																																									
2	50.800																																									
1-1/2	38.100																																									
1	25.400																																									
3/4	19.050																																									
3/8	9.525																																									
N° 4	4.763																																									
N° 10	2.000																																									
N° 40	0.426																																									
N° 200	0.074																																									
FONDO																																										
TOTAL																																										
OBSERVACIONES : _____																																										

REALIZÓ	APROBÓ	COPIA CONTROLADA	SI																																							
LABORATORISTA	COORDINADOR																																									


Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446

Anexo 5: Cuestionario de validez

Cuestionario de validez de instrumento						
Tesis: Estabilización de una base húmeda con material particulado para elevar la resistencia a compactación en pavimentos flexibles vías urbanas, Arequipa 2021						
Tesisistas : Cruz Flores, Elvis Gustavo Taco Baca, Freddy Oswaldo						
Profesión: <u>Ingeniero Civil</u> CIP: <u>134440</u>						
Ítems	Pregunta	1	2	3	4	5
1	¿De acuerdo con su experiencia cree que el C= D60 es la fórmula para obtener el coeficiente de informalidad? D10					X
2	¿En su experiencia la velocidad con la cual se dan los golpes en la cuchara de Casagrande llegan a cumplir las 120 revoluciones por minuto?					X
3	¿De acuerdo con su experiencia cree que el Hidrómetro se utiliza Para determinar la granulometría que pasa por la malla Nro. 200?					X
4	¿Segun su experiencia cree usted que mallas sirven de frontera entre gravas, arenas y finos lo que retiene en la malla Nro. 4 son gravas, lo que pasa de la Nro. 4 a la 200 son arenas y lo que pasa la malla Nro. 200 son finos?					X
5	¿En su experiencia cree usted que el contenido de humedad y el número de golpes determinarían como será nuestra grafica?				X	
6	¿De acuerdo a su experiencia cree que la partícula es la parte granular de los suelos la cual podemos encontrar de formas y tamaños muy variados?				X	
7	¿De acuerdo a su experiencia cree que el agregado es como un conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre límites normalizados NTP 400.011?					X
8	¿De acuerdo a su experiencia cree que la estructura del suelo es el resultado de la granulometría de los diversos estratos que la componen y del modo como se halla el suelo produce una estructura vertical a la cual se le hace el estudio?					X
9	¿De acuerdo a su experiencia cree que el Equivalente de Arena es una prueba de laboratorio, que se realiza con el objeto de determinar qué porcentaje de una muestra se puede considerar como arena?				X	
10	¿En su experiencia cree usted que la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones?			X		


Edwin I. Miranda Leon
 Ingeniero Civil
 CIP: 134440

Ing. Edwin Ismael Miranda Leon.
 DNI: 29601429

Cuestionario de validez de instrumento	
Tesis: "Estabilización de una base húmeda con material particulado para elevar la resistencia a compactación en pavimentos flexibles vías urbanas, Arequipa 2021"	
Tesisistas : Cruz Flores, Elvis Gustavo Taco Baca, Freddy Oswaldo	
Profesión: <i>Ingeniero Civil</i>	CIP: <i>134683</i>

Ítems	Pregunta	1	2	3	4	5
1	¿De acuerdo con su experiencia cree que el C= D60 es la fórmula para obtener el coeficiente de informalidad? D10				X	
2	¿En su experiencia la velocidad con la cual se dan los golpes en la cuchara de Casagrande llegan a cumplir las 120 revoluciones por minuto?				X	
3	¿De acuerdo con su experiencia cree que el Hidrómetro se utiliza Para determinar la granulometría que pasa por la malla Nro. 200?			X		
4	¿Según su experiencia cree usted que mailas sirven de frontera entre gravas, arenas y finos lo que retiene en la malla Nro. 4 son gravas, lo que pasa de la Nro. 4 a la 200 son arenas y lo que pasa la malla Nro. 200 son finos?					X
5	¿En su experiencia cree usted que el contenido de humedad y el número de golpes determinaran como será nuestra grafica?					X
6	¿De acuerdo a su experiencia cree que la partícula es la parte granular de los suelos la cual podemos encontrar de formas y tamaños muy variados?			X		
7	¿De acuerdo a su experiencia cree que el agregado es como un conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre límites normalizados NTP 400.011?				X	
8	¿De acuerdo a su experiencia cree que la estructura del suelo es el resultado de la granulometría de los diversos estratos que la componen y del modo como se halla el suelo produce una estructura vertical a la cual se le hace el estudio?				X	
9	¿De acuerdo a su experiencia cree que el Equivalente de Arena es una prueba de laboratorio, que se realiza con el objeto de determinar qué porcentaje de una muestra se puede considerar como arena?					X
10	¿En su experiencia cree usted que la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones?					X


 Raúl Gilbert Taco Baca
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 134683

Nombre: *Raúl Gilbert Taco Baca*

DNI: *2966 10 48*

Cuestionario de validez de instrumento	
Tesis: "Estabilización de una base húmeda con material particulado para elevar la resistencia a compactación en pavimentos flexibles vías urbanas, Arequipa 2021	
Tesisistas : Cruz Flores, Elvis Gustavo Taco Baca, Freddy Oswaldo	
Profesión : <u>Ingeniero Civil</u>	CIP : <u>112099</u>

Ítems	Pregunta	1	2	3	4	5
1	¿De acuerdo con su experiencia cree que el C= D60 es la fórmula para obtener el coeficiente de informalidad? D10					X
2	¿En su experiencia la velocidad con la cual se dan los golpes en la cuchara de Casagrande llegan a cumplir las 120 revoluciones por minuto?					X
3	¿De acuerdo con su experiencia cree que el Hidrómetro se utiliza Para determinar la granulometría que pasa por la malla Nro. 200?					X
4	¿Según su experiencia cree usted que mallas sirven de frontera entre gravas, arenas y finos lo que retiene en la malla Nro. 4 son gravas, lo que pasa de la Nro. 4 a la 200 son arenas y lo que pasa la malla Nro. 200 son finos?				X	
5	¿En su experiencia cree usted que el contenido de humedad y el número de golpes determinaran como será nuestra grafica?				X	
6	¿De acuerdo a su experiencia cree que la partícula es la parte granular de los suelos la cual podemos encontrar de formas y tamaños muy variados?				X	
7	¿De acuerdo a su experiencia cree que el agregado es como un conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre límites normalizados NTP 400.011?					X
8	¿De acuerdo a su experiencia cree que la estructura del suelo es el resultado de la granulometría de los diversos estratos que la componen y del modo como se halla el suelo produce una estructura vertical a la cual se le hace el estudio?			X		
9	¿De acuerdo a su experiencia cree que el Equivalente de Arena es una prueba de laboratorio, que se realiza con el objeto de determinar qué porcentaje de una muestra se puede considerar como arena?				X	
10	¿En su experiencia cree usted que la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones?				X	



Francisco Collao Arandibar
Ingeniero Civil
C.I.P. 112099

Nombre: FRANCISCO COLLAO ARANIBAR
DNI: 43452822

Anexo 6: Ensayos de laboratorio cantera 13+860

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (ASTM D - 422 / AASHTO - T88)
CLASIFICACION DE SUELO

CANtera: CANtera 13860
 PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
 SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLROES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
 CALICATA N° C-01 MUESTRA: M01
 PROFUNDIDAD: 1.50 m FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON DEPOSITADAS EN LABORATORIO

Malla		Retenido Peso (gr)	Retenido %	Retenido Acumulado %	Pasante Acumulado %
2-1/2	63.500				100.00
2	50.800				100.00
1-1/2	38.100				100.00
1	25.400				100.00
3/4	19.050	244.00	10.70	10.70	89.30
3/8	9.525	619.00	27.14	37.83	62.17
N° 4	4.763	491.00	21.53	59.36	40.64
N° 10	2.000	256.00	11.22	70.58	29.42
N° 40	0.425	207.00	9.07	79.65	20.34
N° 200	0.075	246.00	10.78	90.44	9.56
FONDO		218.00	9.56	100.00	
Zumatorias =>		2,281.00	100.00		

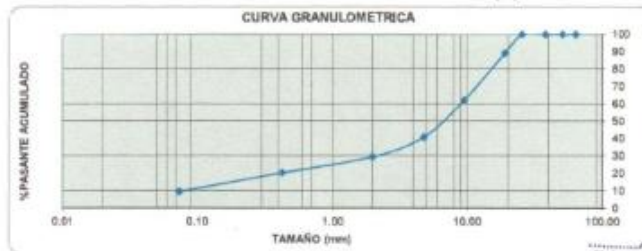
DATOS

Límite Líquido 26.00%
 Límite Plástico 21.93%
 Apreciación Visual
 Presenta Orgánicos? NO

RESULTADOS

D60 9.05
 D30 2.14
 D10 0.09
 Cu 102.27
 Cc 5.74
 INDICE PLASTICO 4.07%

Clasificación SUCS GP-GM
 Clasificación AASTHO A-1-a (5)



Edwin T. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 13446



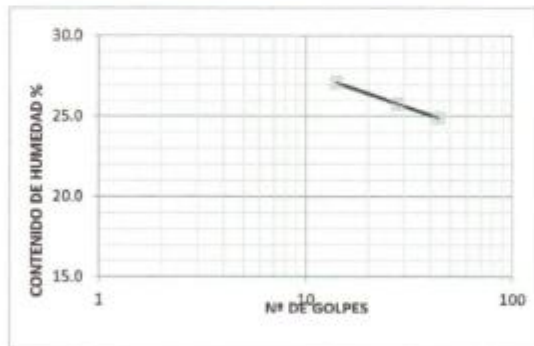
LIMITES DE ATTERBERG
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO e INDICE PLASTICO
ASTM - D4318 / AASHTO - T89 - T90

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
 CANTERA: CANTERA 13660
 SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLROES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
 FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA		
CALICATA N° C-01	MUESTRA: M01	PROFUNDIDAD: 1.50 m

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ESPECIMEN =>		E1	E2	E3
Peso del suelo húmedo + cápsula	(gf)	114.2	107.8	118.8
Peso del suelo seco + cápsula	(gf)	110.0	102.6	113.8
Peso de la cápsula	(gf)	94.5	82.4	94.5
Peso del suelo seco	(gf)	15.5	20.2	19.3
Peso del agua	(gf)	4.2	5.2	4.8
Contenido de humedad	(%)	27.10	25.74	24.87
Número de golpes	(N)	14	28	44



Límite líquido	26.00%
Límite plástico	21.82%
Índice de plasticidad Ip	4.07%

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ESPECIMEN =>		E1	E2	E3
Peso del suelo húmedo + cápsula	(gf)	91.9	86.5	108.5
Peso del suelo seco + cápsula	(gf)	90.9	85.6	107.7
Peso de la cápsula	(gf)	86.5	81.4	104.0
Peso del suelo seco	(gf)	4.4	4.2	3.7
Peso del agua	(gf)	1.0	0.9	0.8
Contenido de humedad	(%)	22.7	21.4	21.6


Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446

Partida Registral N° 11017842
 Calle Corbacho 116 - Departamento 01
 RPM: #941948070

RUC N° 20498405275
 Teléfono 054 - 215479
 Celular 95-8225370 (RPC Claro)

ENSAYO DE ABRASION
 (MAQUINA DE LOS ANGELES)
ASTM C-131 / AASHTO T96

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIA PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"

SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA – MAJES
 FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021
 CANTERA: CANTERA 13860
 PROFUNDIDAD: 1.50 m

CALICATA N° C-01
 MUESTRA: M01

MALLA		GRADACION "A"		
PASA	RETIENE	12 Eaf		
1.5"	1"	1250.00		
1"	3/4"	1250.00		
3/4"	1/2"	1250.00		
1/2"	3/8"	1250.00		
PESO TOTAL (grs.)		5000.00		
PESO RETENIDO (en Tamiz N° 12)		3584.00		
% DESGASTE		28.32%		

TIEMPO DE ROTACION (MINUTOS) 15.00
 N° DE REVOLUCIONES 500.00



Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 13448



EQUIVALENTE DE ARENA AASHTO T-176 - ASTM D2418

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
 SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
 FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA	
CANTERA: CANTERA 13860	CALICATA N° C-01
PROFUNDIDAD: 1.50 m	MUESTRA: M01

LECTURA		E1	E2
Peso de Muestra	(gf)	151.00	151.00
Altura de Probeta	(cm)	35.30	35.30
Nivel Superior de Agua	(cm)	35.30	35.30
Nivel Superior de Fino o Arcilla	(cm)	6.10	6.00
Nivel Superior de Arena	(cm)	3.50	3.10
Diametro de Probeta	(cm)	6.20	6.20
Peso Unitario de Agua	(gf/cm ³)	1.000	1.000
Temperatura	°C	20.00	20.00

Volumen de probeta	(cm ³)	1065.73	1065.73
Equivalente Arena	%	58.0	52.0

EQUIVALENTE DE ARENA	55.0%
----------------------	--------------


Edelm I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446



ENSAYO DE DENSIDAD MÁXIMA						
PROCTOR MODIFICADO - ASTM D1557 - AASHTO T180						
PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA E LEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"						
SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS						
UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES						
CANTERA: CANTERA 13860			CALICATA N° C-01		FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021	
PROFUNDIDAD: 1.50 m			MUESTRA: M01			

ENSAYO N°	1	2	3	4	5	UNIDAD
(1) Diámetro del Proctor	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	cm
(2) Altura del proctor	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	cm
(3) Volumen del proctor	2,123.20	2,123.20	2,123.20	2,123.20	2,123.20	cm ³
(4) Peso Material + Proctor	11,115.00	11,237.00	11,428.00	11,476.00	11,484.00	gr
(5) Peso del Molde Proctor	6,799.00	6,799.00	6,799.00	6,799.00	6,799.00	gr
(6) Peso del Material Humedo	4,316.00	4,438.00	4,630.00	4,677.00	4,685.00	gr
(7) Densidad del suelo Humedo	2.03	2.08	2.18	2.20	2.21	gr/cm ³
(1) Peso suelo Humedo + Capsula	387.00	282.00	244.00	230.00	401.00	gr
(2) Peso suelo Seco + Capsula	368.00	264.00	226.00	210.00	352.00	gr
(3) Peso del Agua = (1) - (2)	21.00	18.00	18.00	20.00	49.00	gr
(4) Peso de la Capsula	105.00	94.00	105.00	94.00	82.00	gr
(5) Peso del Suelo Seco = (2) - (4)	261.00	170.00	121.00	116.00	270.00	gr
(6) (W) Porcentaje de Humedad = 100 x (3) / (5)	8.06	10.59	14.88	17.24	18.16	%
(8) Densidad del suelo seco (gr/cm ³)	1.881	1.890	1.898	1.879	1.898	gr/cm ³

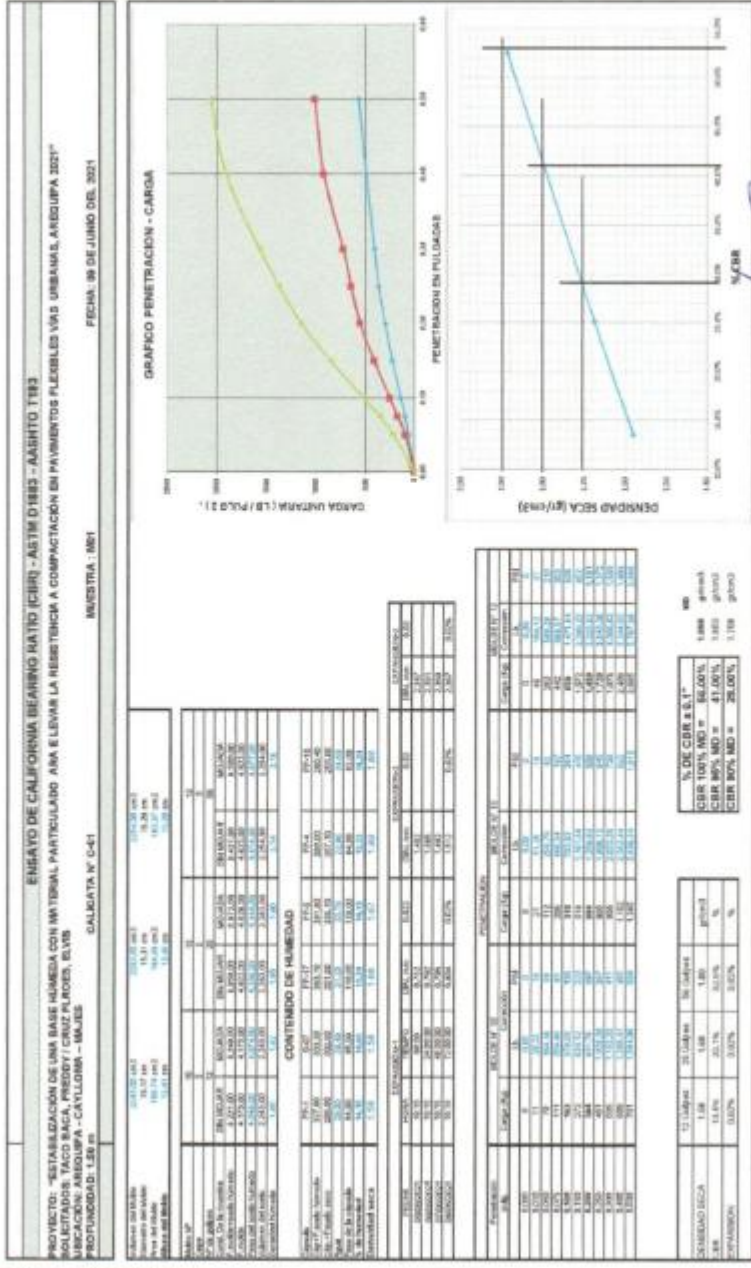


DEL GRÁFICO SE OBTIENE LO SIGUIENTE:		
% DE HUMEDAD ÓPTIMA	14.20	%
DENSIDAD MÁXIMA	1.90	gr/cm ³


Edelm I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446

Partida Registral N° 11017842
Calle Corbacho 116 – Departamento 01
RPM: #941948070

RUC N° 20498405275
Teléfono 054 – 215479
Celular 95-8225370 (RPC Claro)



Edwin I. Miranda León
Ingeniero Civil
C.U.P. 134446



Partida Registral N° 11017842
Calle Corbacho 116 - Departamento 01
RPM: #941948070

RUC N° 20498405275
Teléfono 054 - 215479
Celular 95-8225370 (RPC Claro)

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (ASTM D - 422 / AASHTO - T88)
CLASIFICACION DE SUELO

CANtera: CANtera 13860
 PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA
 ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS
 URBANAS, AREQUIPA 2021"
 SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
 CALICATA N° C-02
 PROFUNDIDAD: 1.50 m
 MUESTRA: M01
 FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021
 NOTA: LAS MUESTRAS FUERON DEPOSITADAS EN LABORATORIO

Malla	Retenido Peso (gr)	Retenido %	Retenido Acumulado %	Pasante Acumulado %
2-1/2	63.500			100.00
2	50.800			100.00
1-1/2	38.100			100.00
1	25.400			100.00
3/4	19.050	231.00	10.62	89.38
3/8	9.525	588.00	27.02	62.36
N° 4	4.763	465.00	21.37	40.99
N° 10	2.000	243.00	11.17	28.83
N° 40	0.426	195.00	9.01	20.82
N° 200	0.074	235.00	10.80	10.02
FONDO		218.00	10.02	100.00
Zumatorias =>	2,176.00	100.00		

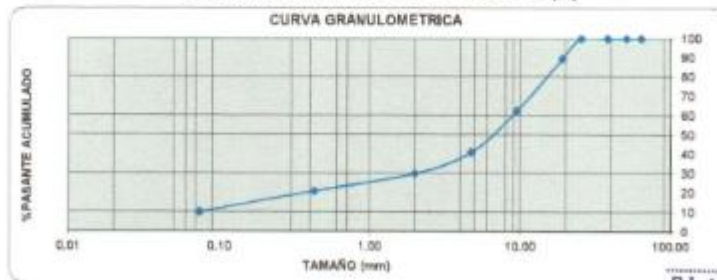
DATOS

Limite Líquido 30.00%
 Limite Plástico 22.88%
 Apreciación Visual
 Presenta Orgánicos? NO

RESULTADOS

D₆₀ 9.00
 D₃₀ 2.04
 D₁₀ 0.07
 C_u 121.83
 C_c 6.28
 INDICE PLASTICO 7.14%

Clasificación SUCS GP-GM
Clasificación AASTHO A-2-4 (5)



Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446

Partida Registral N° 11017842
 Calle Corbacho 116 - Departamento 01
 RPM: #941948070

RUC N° 20498405275
 Teléfono 054 - 215479
 Celular 95-8225370 (RPC Claro)

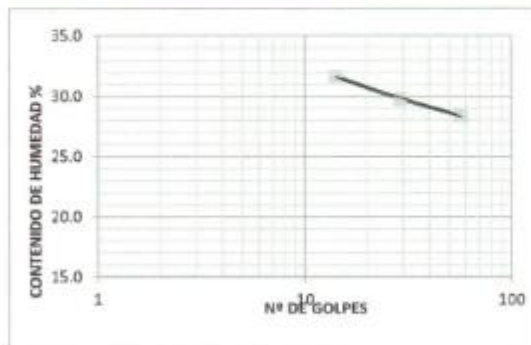
LIMITES DE ATTERBERG
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO e INDICE PLASTICO
ASTM - D4318 / AASHTO - T89 - T90

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
CANTERA: CANTERA 13880
SOLICITADOS: TAGO BACA, FREDDY / CRUZ FLROES, ELVIS
UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA		
CALICATA N°	C-02	MUESTRA: M01
		PROFUNDIDAD: 1.50 m

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ESPECIMEN =>		E1	E2	E3
Peso del suelo húmedo + cápsula	(gf)	115,3	109,0	119,4
Peso del suelo seco + cápsula	(gf)	110,3	102,9	113,9
Peso de la cápsula	(gf)	94,5	82,4	94,5
Peso del suelo seco	(gf)	15,8	20,5	19,4
Peso del agua	(gf)	5,0	6,1	5,5
Contenido de humedad	(%)	31,85	29,76	28,35
Número de golpes	(N)	14	29	57



Limite liquido	30.00%
Limite plástico	22.86%
Indice de plasticidad Ip	7.14%

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ESPECIMEN =>		E1	E2	E3
Peso del suelo húmedo + cápsula	(gf)	94,7	89,1	111,8
Peso del suelo seco + cápsula	(gf)	93,6	88,2	110,9
Peso de la cápsula	(gf)	89,1	83,8	107,1
Peso del suelo seco	(gf)	4,5	4,4	3,8
Peso del agua	(gf)	1,1	0,9	0,9
Contenido de humedad	(%)	24,4	20,5	23,7

Edwin I. Miranda León
Ingeniero Civil
C.I.P. 134448

Partida Registral N° 11017842
Calle Corbacho 116 – Departamento 01
RPM: #941948070

RUC N° 20498405275
Teléfono 054 – 215479
Celular 95-8225370 (RPC Claro)

EQUIVALENTE DE ARENA AASHTO T-176 - ASTM D2418

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
 SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
 FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: CANTERA 13860 CALICATA N° C-02
 PROFUNDIDAD: 1.50 m MUESTRA: M01

LECTURA		E1	E2
Peso de Muestra	(gf)	151.00	151.00
Altura de Probeta	(cm)	35.30	35.30
Nivel Superior de Agua	(cm)	35.30	35.30
Nivel Superior de Fino o Arcilla	(cm)	6.30	6.20
Nivel Superior de Arena	(cm)	3.80	3.20
Diámetro de Probeta	(cm)	6.20	6.20
Peso Unitario de Agua	(gf/cm ³)	1.000	1.000
Temperatura	°C	20.00	20.00

Volumen de probeta	(cm ³)	1065.73	1065.73
Equivalente Arena	%	58.0	52.0

EQUIVALENTE DE ARENA 55.0%


Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 13443

ENSAYO DE ABRASION
 (MAQUINA DE LOS ANGELES)
 ASTM C-131 / AASHTO T96

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIA PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"

SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLROES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
 FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021
 CANTERA: CANTERA 13860
 PROFUNDIDAD: 1.50 m

CALICATA N° C-02
 MUESTRA: M01

MALLA		GRADACION "A"		
PASA	RETENE	12. Eaf		
1.5"	1"	1250.00		
1"	3/4"	1250.00		
3/4"	1/2"	1250.00		
1/2"	3/8"	1250.00		
PESO TOTAL (grs.)		5000.00		
PESO RETENIDO (en Tamiz N° 12)		3347.00		
% DESGASTE		33.86%		

TIMPO DE ROTACION (MINUTOS) 15.00
 N° DE REVOLUCIONES 500.00



Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134448

ENSAYO DE DENSIDAD MÁXIMA PROCTOR MODIFICADO - ASTM D1557 - AASHTO T180	
PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA E LEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"	
SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS	
UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES	
CANTERA: CANTERA 13860	CALICATA N° C-02
PROFUNDIDAD: 1.50 m	MUESTRA: M01
FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021	

ENSAYO N°	1	2	3	4	5	UNIDAD
(1) Diámetro del Proctor	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	cm
(2) Altura del proctor	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	cm
(3) Volumen del proctor	2,123.20	2,123.20	2,123.20	2,123.20	2,123.20	cm ³
(4) Peso Material + Proctor	11,662.00	11,794.00	12,000.00	12,070.00	12,088.00	gr
(5) Peso del Molde Proctor	6,799.00	6,799.00	6,799.00	6,799.00	6,799.00	gr
(6) Peso del Material Humedo	4,863.00	4,995.00	5,201.00	5,271.00	5,289.00	gr
(7) Densidad del suelo Humedo	2.29	2.35	2.43	2.48	2.49	gr/cm ³
(1) Peso suelo Humedo + Capsula	406.40	296.10	256.20	241.60	421.10	gr
(2) Peso suelo Seco + Capsula	384.30	277.20	237.30	220.50	369.60	gr
(3) Peso del Agua = (1) - (2)	22.10	18.90	18.90	21.10	51.50	gr
(4) Peso de la Capsula	105.00	94.00	105.00	94.00	82.00	gr
(5) Peso del Suelo Seco = (2) - (4)	279.30	183.20	132.30	126.50	287.60	gr
(6) (W) Porcentaje de Humedad = 100 x (3) / (5)	7.91	10.32	14.29	16.68	17.91	%
(8) Densidad del suelo seco (gr/cm ³)	2.122	2.133	2.143	2.128	2.113	gr/cm ³

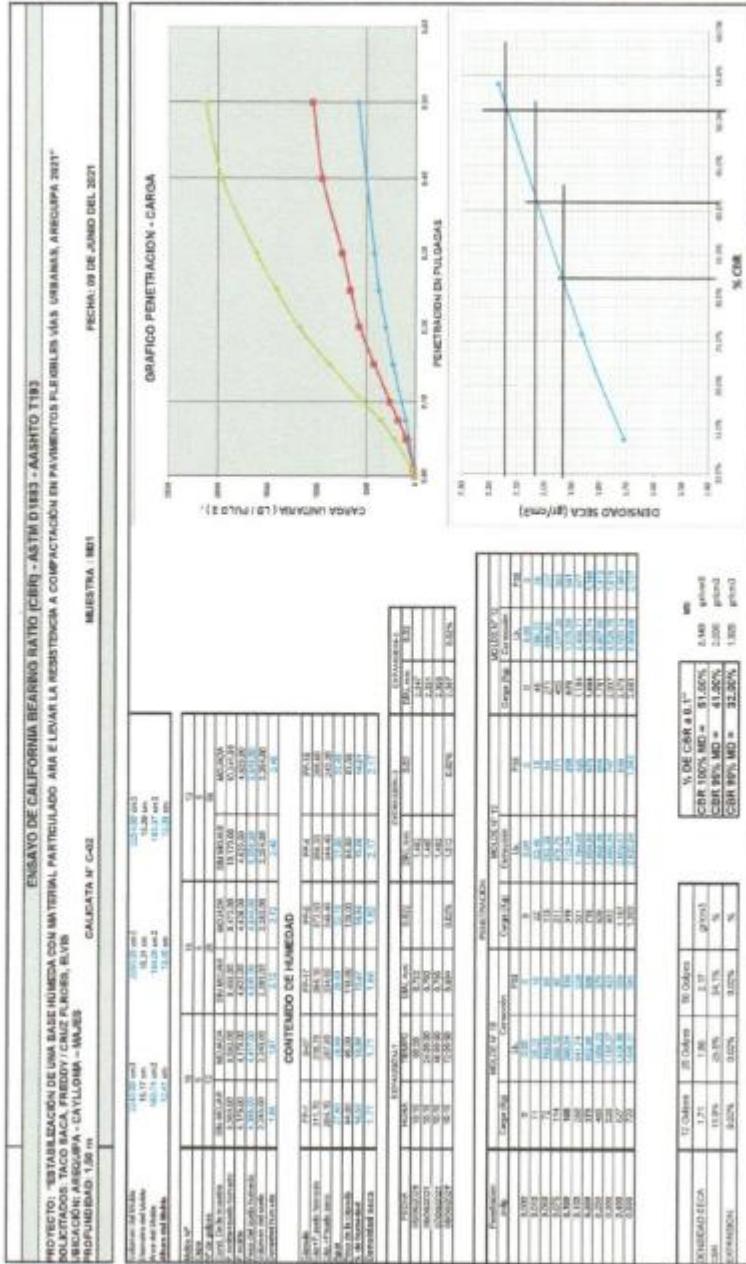


DEL GRÁFICO SE OBTIENE LO SIGUIENTE:		
% DE HUMEDAD ÓPTIMA	14.00	%
DENSIDAD MÁXIMA	2.14	gr/cm ³

Eduin J. Miranda León
Ingeniero Civil
C.I.P. 134446

Partida Registral N° 11017842
Calle Corbacho 116 – Departamento: OI
RPM: #941948070

RUC N° 20498405275
Teléfono 054 – 215479
Celular 95-8225370 (RPC Claro)



ENSAYO DE GRANULOMETRIA (ASTM D - 422 / AASHTO - T88)
CLASIFICACION DE SUELO

CANTERA: CANTERA 13860
 PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA
 ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS
 URBANAS, AREQUIPA 2021"
 SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
 CALICATA N° C-03
 PROFUNDIDAD: 1.50 m
 MUESTRA: M01
 FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021
 NOTA: LAS MUESTRAS FUERON DEPOSITADAS EN LABORATORIO

Malla	Retenido Peso (gr)	Retenido %	Retenido Acumulado %	Pasante Acumulado %
2-1/2	63.500			100.00
2	50.800			100.00
1-1/2	38.100			100.00
1	25.400			100.00
3/4	19.050	297.00	11.52	88.48
3/8	9.525	635.00	25.49	62.99
N° 4	4.763	581.00	23.32	60.34
N° 10	2.000	304.00	12.20	72.54
N° 40	0.426	245.00	9.84	82.38
N° 200	0.074	294.00	11.80	84.18
FONDO		145.00	5.82	100.00
Zumatorias =>	2,491.00	100.00		

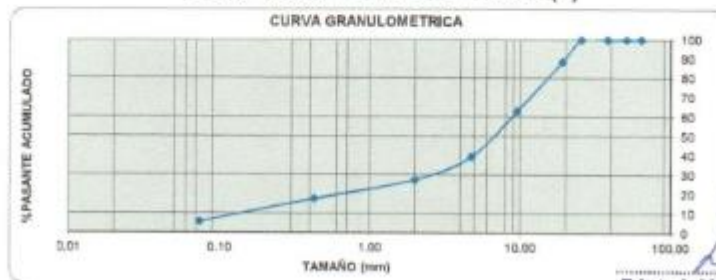
DATOS

Limite Liquido 30.00%
 Limite Plastico 23.83%
 Apreciación Visual
 Presenta Organicos? NO

RESULTADOS

D60 6.92
 D30 2.58
 D10 0.20
 Cu 44.88
 Cc 3.74
 INDICE PLASTICO 6.17%

Clasificación SUCS GP-GM
Clasificación AASTHO A-2-4 (9)



Edwin I. Miranda León
Ingeniero Civil
O.I.P. 134446

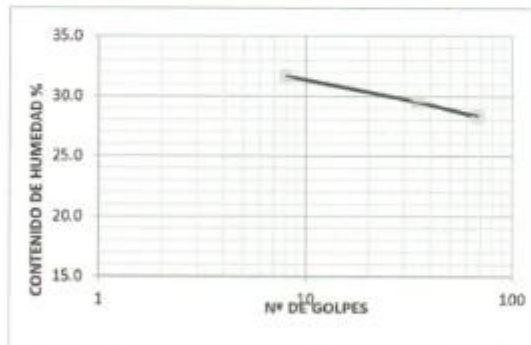
LIMITES DE ATTERBERG
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO e INDICE PLASTICO
ASTM - D4318 / AASHTO - T89 - T90

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
CANTERA: CANTERA 13860
SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLRCEA, ELVIS
UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA		
CALICATA N° C-03	MUESTRA: M01	PROFUNDIDAD: 1.50 m

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ESPECIMEN =>		E1	E2	E3	
Peso del suelo húmedo + cápsula	(gf)	117.6	111.2	121.8	#
Peso del suelo seco + cápsula	(gf)	112.5	105.0	116.2	#
Peso de la cápsula	(gf)	96.4	84.0	96.4	#
Peso del suelo seco	(gf)	16.1	21.0	19.8	
Peso del agua	(gf)	5.1	6.2	5.6	
Contenido de humedad	(%)	31.68	29.52	28.28	
Número de golpes	(N)	8	35	68	



Limite liquido	30.80%
Limite plástico	23.83%
Indice de plasticidad Ip	6.17%

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ESPECIMEN =>		E1	E2	E3
Peso del suelo húmedo + cápsula	(gf)	99.0	83.8	105.1
Peso del suelo seco + cápsula	(gf)	88.0	82.9	104.2
Peso de la cápsula	(gf)	83.8	78.8	100.7
Peso del suelo seco	(gf)	4.2	4.1	3.5
Peso del agua	(gf)	1.0	0.9	0.9
Contenido de humedad	(%)	23.8	22.0	25.7


Edwin I. Miranda Leon
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134440

EQUIVALENTE DE ARENA AASHTO T-176 - ASTM D2418

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
 SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA – MAJES
 FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: CANTERA 13860 CALICATA N° C-03
 PROFUNDIDAD: 1.50 m MUESTRA: M01

LECTURA		E1	E2
Peso de Muestra	(gf)	151.00	151.00
Altura de Probeta	(cm)	35.30	35.30
Nivel Superior de Agua	(cm)	35.30	35.30
Nivel Superior de Fino o Arcilla	(cm)	6.40	6.60
Nivel Superior de Arena	(cm)	3.30	3.20
Diametro de Probeta	(cm)	6.20	6.20
Peso Unitario de Agua	(gf/cm3)	1.000	1.000
Temperatura	°C	20.00	20.00

Volumen de probeta	(cm3)	1065.73	1065.73
Equivalente Arena	%	52.0	49.0

EQUIVALENTE DE ARENA	51.0%
-----------------------------	--------------


Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134448 

ENSAYO DE ABRASION
 (MAQUINA DE LOS ANGELES)
 ASTM C-131 / AASHTO T96

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIA PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"

SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLROES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA – MAJES
 FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021
 CANTERA: CANTERA 13860
 PROFUNDIDAD: 1.50 m

CALICATA N° C-03
 MUESTRA: M01

MALLA		GRADACION "A"	
PASA	RETIENE	12 Tiel.	
1.5"	1"	1250.00	
1"	3/4"	1250.00	
3/4"	1/2"	1250.00	
1/2"	3/8"	1250.00	
PESO TOTAL (grs.)		5000.00	
PESO RETENIDO (en Tamiz N° 12)		3842.00	
% DESGASTE		23.16%	

TIEMPO DE ROTACION (MINUTOS) 15.00
 N° DE REVOLUCIONES 500.00



Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446



ENSAYO DE DENSIDAD MÁXIMA PROCTOR MODIFICADO - ASTM D1557 - AASHTO T160	
PROYECTO: *ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA E LEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021*	
SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLROES, ELVIS	
UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES	
CANTERA: CANTERA 13850	CALICATA N° C-03
PROFUNDIDAD: 1.50 m	MUESTRA: M01
FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021	

ENSAYO N°	1	2	3	4	5	UNIDAD
(1) Diámetro del Proctor	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	cm
(2) Altura del proctor	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	cm
(3) Volumen del proctor	2.123.20	2.123.20	2.123.20	2.123.20	2.123.20	cm ³
(4) Peso Material + Proctor	11.429.00	11.558.00	11.760.00	11.829.00	11.846.00	gr
(5) Peso del Molde Proctor	6.799.00	6.799.00	6.799.00	6.799.00	6.799.00	gr
(6) Peso del Material Humedo	4.630.00	4.759.00	4.961.00	5.030.00	5.047.00	gr
(7) Densidad del suelo Humedo	2.18	2.24	2.34	2.37	2.38	gr/cm ³
(1) Peso suelo Humedo + Capsula	398.30	290.20	251.10	236.80	412.70	gr
(2) Peso suelo Seco + Capsula	375.60	271.70	232.60	215.10	362.20	gr
(3) Peso del Agua = (1) - (2)	21.70	18.50	18.50	20.70	50.50	gr
(4) Peso de la Capsula	105.00	94.00	105.00	94.00	82.00	gr
(5) Peso del Suelo Seco = (2) - (4)	271.60	177.70	127.60	122.10	280.20	gr
(6) (W) Porcentaje de Humedad = 100 x (3) / (5)	7.89	10.41	14.50	16.95	18.02	%
(8) Densidad del suelo seco (gr/cm ³)	2.019	2.030	2.041	2.026	2.014	gr/cm ³



DEL GRÁFICO SE OBTIENE LO SIGUIENTE:		
% DE HUMEDAD ÓPTIMA	14.00	%
DENSIDAD MÁXIMA	2.04	gr/cm ³

Eduin I. Miranda León
Ingeniero Civil
C.I.P. 134448





ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - ASTM D1883 - ASHTO T193

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HUMEDA CON MATERIAL PARTICULADO ANA E LEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN DE PAVIMENTOS FLESBLES VÍAS URBANAS, RESCUPA 2021"

UBICACIÓN: TACO BACA, PERIBUÍ / CRUZ FLORÉN, EL VIEJO

PROPIEDAD: ASEGURPA - CHILLOMA - IMAJES CALLECA Nº 0-49

FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

MUESTRA: (B81)

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA

GRÁFICO CARGA SECA (kg/cm²)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ESTRATA	PROFUNDIDAD	TIPO DE MUESTRA	W ₁ (%)	W ₂ (%)	W ₃ (%)	W ₄ (%)
SUBGRANULAR	0-5 CM	1	12.4	12.1	12.0	12.2
		2	12.3	12.0	11.9	12.1
		3	12.2	11.9	11.8	12.0
		4	12.1	11.8	11.7	11.9
GRANULAR	5-10 CM	1	12.5	12.2	12.1	12.3
		2	12.4	12.1	12.0	12.2
		3	12.3	12.0	11.9	12.1
		4	12.2	11.9	11.8	12.0

RESUMEN

ESTRATA	PROFUNDIDAD	TIPO DE MUESTRA	W (%)	P ₈₀ (kg)	P ₇₅ (kg)	P ₈₀ (%)	P ₇₅ (%)	CBR (%)
SUBGRANULAR	0-5 CM	1	12.4	12.1	12.0	12.2	12.1	12.0
		2	12.3	12.0	11.9	12.1	12.0	11.9
		3	12.2	11.9	11.8	12.0	11.9	11.8
		4	12.1	11.8	11.7	11.9	11.8	11.7
GRANULAR	5-10 CM	1	12.5	12.2	12.1	12.3	12.2	12.1
		2	12.4	12.1	12.0	12.2	12.1	12.0
		3	12.3	12.0	11.9	12.1	12.0	11.9
		4	12.2	11.9	11.8	12.0	11.9	11.8

RESULTADOS

Estrata	Profundidad	Tipo de Muestra	Método A			Método B			Método C			Carga	SOLUCIÓN	
			Carga (kg)	P ₈₀ (mm)	P ₇₅ (mm)	Carga (kg)	P ₈₀ (mm)	P ₇₅ (mm)	Carga (kg)	P ₈₀ (mm)	P ₇₅ (mm)			
SUBGRANULAR	0-5 CM	1	12.1	12.1	12.0	12.2	12.1	12.0	12.3	12.2	12.1	12.0	12.1	12.0
		2	12.0	11.9	11.8	12.1	12.0	11.9	12.2	12.1	12.0	11.9	12.0	11.9
		3	11.9	11.8	11.7	12.0	11.9	11.8	12.1	12.0	11.9	11.8	11.9	11.8
		4	11.8	11.7	11.6	11.9	11.8	11.7	12.0	11.9	11.8	11.7	11.8	11.7
GRANULAR	5-10 CM	1	12.2	12.1	12.0	12.3	12.2	12.1	12.4	12.3	12.2	12.1	12.2	12.1
		2	12.1	12.0	11.9	12.2	12.1	12.0	12.3	12.2	12.1	12.0	12.1	12.0
		3	12.0	11.9	11.8	12.1	12.0	11.9	12.2	12.1	12.0	11.9	12.0	11.9
		4	11.9	11.8	11.7	12.0	11.9	11.8	12.1	12.0	11.9	11.8	11.9	11.8

% DE CBR & DLT*

% DE CBR & DLT*	150 mm	300 mm	600 mm
CBR 95% MD = 84.0%	1.88	1.78	2.08
CBR 80% MD = 45.0%	1.50	1.40	1.60
CBR 85% MD = 28.0%	1.35	1.25	1.45

Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446

Anexo 7: Ensayos de laboratorio cantera 2+100

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (ASTM D - 422 / AASHTO - T88)
CLASIFICACION DE SUELO

CANTERA: CANTERA 2+100
 PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
 SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
 CALICATA N° C-01 MUESTRA: M01
 PROFUNDIDAD: 1.50 m FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

NOTA: 'LOS RESULTADOS DE ESTE ESTUDIO SON UNICAMENTE PARA ESTE PROYECTO'

Malla	Retenido Peso (gr)	Retenido %	Retenido Acumulado %	Pasante Acumulado %
2-1/2				100.00
2				100.00
1-1/2				100.00
1				100.00
3/4	238.00	10.72	10.72	89.28
3/8	592.00	26.67	37.39	62.61
N° 4	259.00	11.67	49.05	50.95
N° 10	323.00	14.55	63.60	36.40
N° 40	365.00	16.44	80.05	19.95
N° 200	317.00	14.28	94.32	5.68
FONDO	126.00	5.68	100.00	
Zumatorias =>	2,220.00	100.00		

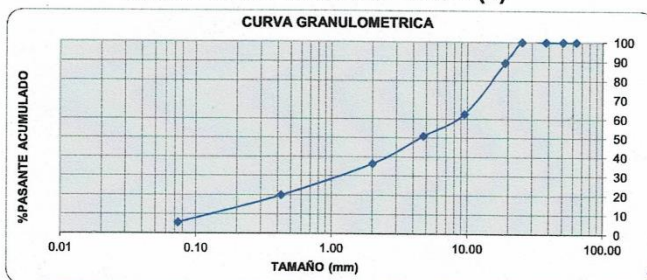
DATOS

Limite Liquido 27.00%
 Limite Plastico 21.56%
 Apreciacion Visual Presenta Organicos? No

RESULTADOS

D60 8.46
 D30 1.39
 D10 0.18
 Cu 46.84
 Cc 1.26
 INDICE PLASTICO 5.44%

Clasificacion SUCS SW-SM
Clasificacion AASTHO A-2-4 (9)



Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446.

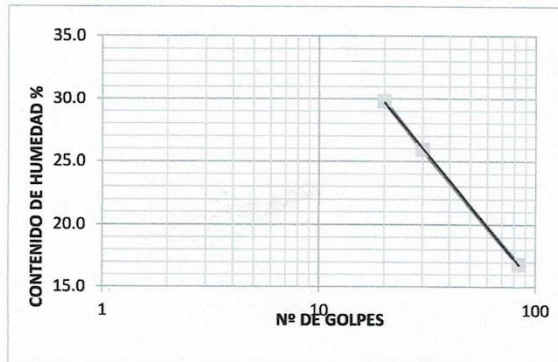
LIMITES DE ATTERBERG
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO e INDICE PLASTICO
ASTM - D4318 / AASHTO - T89 - T90

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
CANTERA: CANTERA 2+100
SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA		
CALICATA N° C-01	MUESTRA: M01	PROFUNDIDAD: 1.50 m

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

ESPECIMEN =>		E1	E2	E3
Peso del suelo húmedo + cápsula	(gf)	110.4	128.3	104.9
Peso del suelo seco + cápsula	(gf)	105.9	122.7	101.2
Peso de la cápsula	(gf)	90.8	101.1	79.2
Peso del suelo seco	(gf)	15.1	21.6	22.0
Peso del agua	(gf)	4.5	5.6	3.7
Contenido de humedad	(%)	29.80	25.93	16.82
Número de golpes	(N)	20	30	84



Limite líquido	27.00%
Limite plástico	21.56%
Indice de plasticidad Ip	5.44%

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ESPECIMEN =>		E1	E2	E3
Peso del suelo húmedo + cápsula	(gf)	97.7	85.4	107.2
Peso del suelo seco + cápsula	(gf)	97.0	84.7	106.6
Peso de la cápsula	(gf)	93.6	81.5	103.9
Peso del suelo seco	(gf)	3.4	3.2	2.7
Peso del agua	(gf)	0.7	0.7	0.6
Contenido de humedad	(%)	20.6	21.9	22.2


Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446.

EQUIVALENTE DE ARENA AASHTO T-176 - ASTM D2418

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: CANTERA 2+100
PROFUNDIDAD: 1.50 m

CALICATA N° C-01
MUESTRA: M01

LECTURA		E1	E2
Peso de Muestra	(gf)	151.00	151.00
Altura de Probeta	(cm)	35.30	35.30
Nivel Superior de Agua	(cm)	35.30	35.30
Nivel Superior de Fino o Arcilla	(cm)	6.30	6.10
Nivel Superior de Arena	(cm)	3.50	3.30
Diametro de Probeta	(cm)	6.20	6.20
Peso Unitario de Agua	(gf/cm3)	1.000	1.000
Temperatura	°C	20.00	20.00

Volumen de probeta	(cm3)	1065.73	1065.73
Equivalente Arena	%	56.0	55.0

EQUIVALENTE DE ARENA	56.0%
-----------------------------	--------------


Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446.



ENSAYO DE ABRASION
 (MAQUINA DE LOS ANGELES)
 ASTM C-131 / AASHTO T96

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA
 ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES
 VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"

SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
 FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021
 CANTERA: CANTERA 2+100
 PROFUNDIDAD: 1.50 m

CALICATA N° C-01
 MUESTRA: M01

MALLA		GRADACION "A"		
PASA	RETIENE	12 Esf.		
1.5"	1"	1250.00		
1"	3/4"	1250.00		
3/4"	1/2"	1250.00		
1/2"	3/8"	1250.00		
PESO TOTAL (grs.)		5000.00		
PESO RETENIDO (en Tamiz N° 12)		3517.00		
% DESGASTE		29.66%		

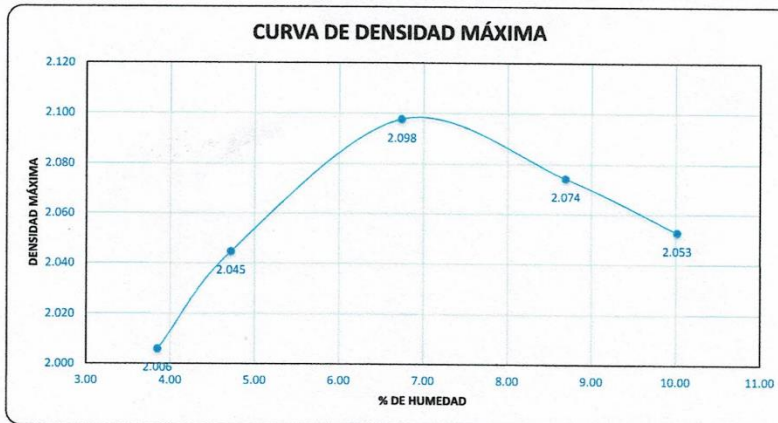
TIMPO DE ROTACION (MINUTOS) 15.00
 N° DE REVOLUCIONES 500.00

Edwin I. Miranda León
 Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446.



ENSAYO DE DENSIDAD MÁXIMA						
PROCTOR MODIFICADO - ASTM D1557 - AASHTO T180						
PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"						
SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS						
UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES						
CANTERA: CANTERA 2+100			CALICATA N° C-01		FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021	
PROFUNDIDAD: 1.50 m			MUESTRA: M01			

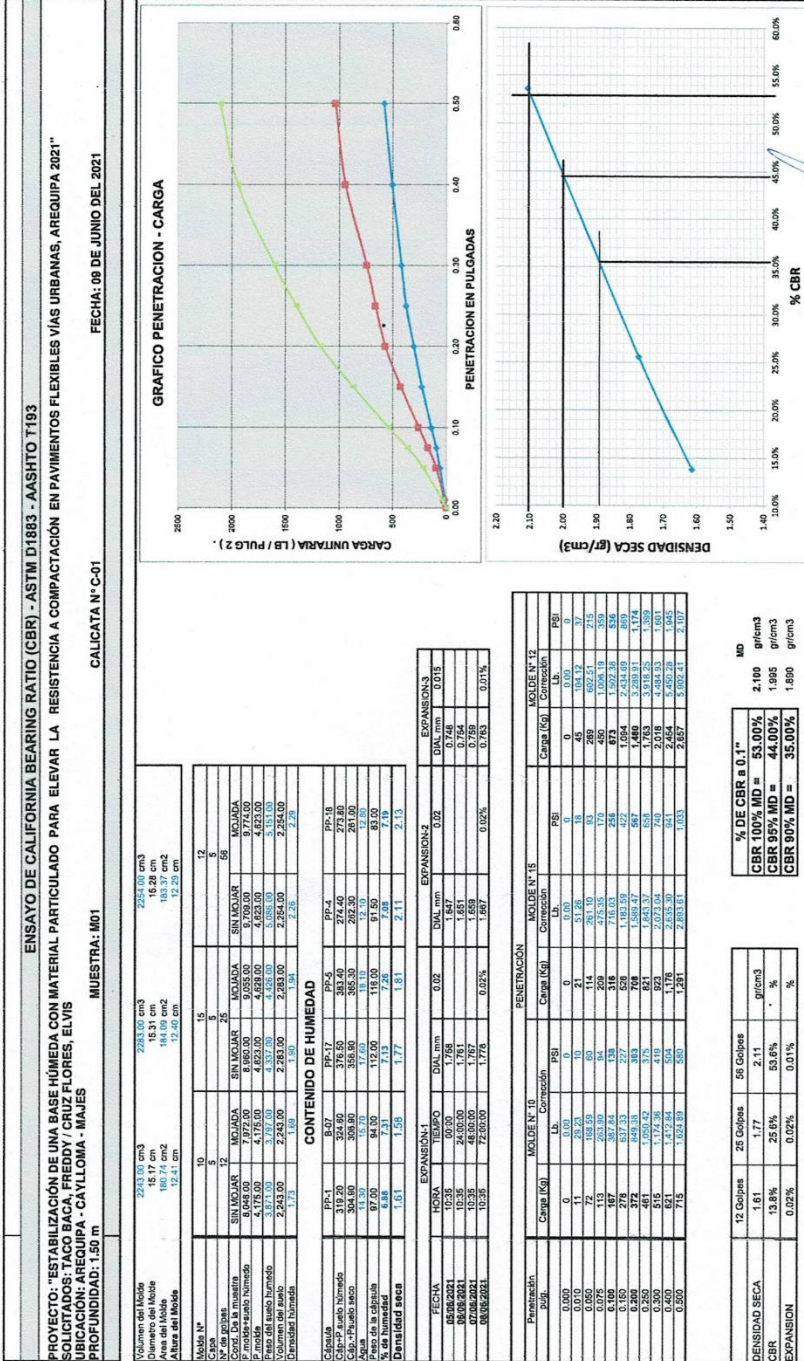
ENSAYO N°	1	2	3	4	5	UNIDAD
(1) Diametro del Proctor	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	cm
(2) Altura del proctor	11.67	11.67	11.67	11.67	11.67	cm
(3) Volumen del proctor	2,123.20	2,123.20	2,123.20	2,123.20	2,123.20	cm ³
(4) Peso Material + Proctor	11,222.00	11,345.00	11,553.00	11,586.00	11,594.00	gr
(5) Peso del Molde Proctor	6,799.00	6,799.00	6,799.00	6,799.00	6,799.00	gr
(6) Peso del Material Humedo	4,423.00	4,546.00	4,754.00	4,787.00	4,795.00	gr
(7) Densidad del suelo Humedo	2.08	2.14	2.24	2.25	2.26	gr/cm ³
(1) Peso suelo Humedo + Capsula	372.20	269.30	231.70	217.80	375.20	gr
(2) Peso suelo Seco + Capsula	362.30	261.40	223.70	207.90	348.50	gr
(3) Peso del Agua = (1) - (2)	9.90	7.90	8.00	9.90	26.70	gr
(4) Peso de la Capsula	105.00	94.00	105.00	94.00	82.00	gr
(5) Peso del Suelo Seco = (2) - (4)	257.30	167.40	118.70	113.90	266.50	gr
(6) (W) Porcentaje de Humedad = 100 x (3) / (5)	3.85	4.72	6.74	8.69	10.02	%
(8) Densidad del suelo seco (gr/cm ³)	2.006	2.045	2.098	2.074	2.053	gr/cm ³



DEL GRÁFICO SE OBTIENE LO SIGUIENTE:		
% DE HUMEDAD ÓPTIMA	7.00	%
DENSIDAD MÁXIMA	2.10	gr/cm ³



Edwin I. Miranda León
Ingeniero Civil
C.I.P. 134446



ENSAYO DE GRANULOMETRIA (ASTM D - 422 / AASHTO - T88)
CLASIFICACION DE SUELO

CANtera: CANtera 2+100
 PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO
 PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS
 FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
 SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
 CALICATA N° C-02
 PROFUNDIDAD: 1.50 m
 MUESTRA: M01
 FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

NOTA: 'LOS RESULTADOS DE ESTE ESTUDIO SON ÚNICAMENTE PARA ESTE PROYECTO

Malla	Retenido Peso (gr)	Retenido %	Retenido Acumulado %	Pasante Acumulado %
2-1/2				100.00
2				100.00
1-1/2				100.00
1				100.00
3/4	198.00	9.53	9.53	90.47
3/8	561.00	27.01	36.54	63.46
N° 4	273.00	13.14	49.69	50.31
N° 10	318.00	15.31	65.00	35.00
N° 40	327.00	15.74	80.74	19.26
N° 200	287.00	13.82	94.56	5.44
FONDO	113.00	5.44	100.00	
Zumatorias =>	2,077.00	100.00		

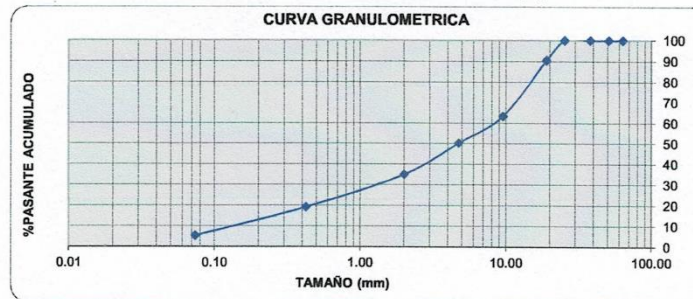
DATOS

Limite Liquido 23.00%
 Limite Plastico 17.14%
 Apreciacion Visual
 Presenta Organicos? NO

RESULTADOS

D60 8.27
 D30 1.50
 D10 0.19
 Cu 43.51
 Cc 1.43
 INDICE PLASTICO 5.86%

Clasificacion SUCS SW-SM
Clasificacion AASTHO A-1-a (9)



Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446.

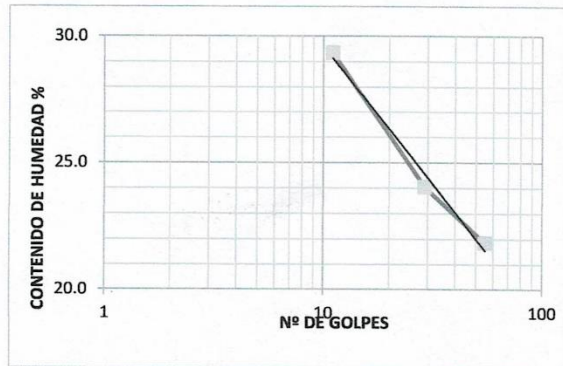
LIMITES DE ATTERBERG
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO e INDICE PLASTICO
ASTM - D4318 / AASHTO - T89 - T90

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
CANTERA: CANTERA 2+100
SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA		
CALICATA N° C-02	MUESTRA: M01	PROFUNDIDAD: 1.50 m

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO


ESPECIMEN =>		E1	E2	E3
Peso del suelo húmedo + cápsula	(gf)	104.0	104.6	105.2
Peso del suelo seco + cápsula	(gf)	100.8	99.5	100.5
Peso de la cápsula	(gf)	89.9	78.3	79.0
Peso del suelo seco	(gf)	10.9	21.2	21.5
Peso del agua	(gf)	3.2	5.1	4.7
Contenido de humedad	(%)	29.36	24.06	21.86
Número de golpes	(N)	11	29	55



Límite líquido	23.00%
Límite plástico	17.14%
Índice de plasticidad Ip	5.86%

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ESPECIMEN =>		E1	E2	E3
Peso del suelo húmedo + cápsula	(gf)	92.8	80.9	103.5
Peso del suelo seco + cápsula	(gf)	92.4	80.5	103.0
Peso de la cápsula	(gf)	89.9	78.3	100.1
Peso del suelo seco	(gf)	2.5	2.2	2.9
Peso del agua	(gf)	0.4	0.4	0.5
Contenido de humedad	(%)	16.0	18.2	17.2


Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446.

EQUIVALENTE DE ARENA AASHTO T-176 - ASTM D2418

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA

CANtera: CANtera 2+100 **CALICATA N° C-02**
PROFUNDIDAD: 1.50 m **MUESTRA: M01**

LECTURA		E1	E2
Peso de Muestra	(gf)	151.00	151.00
Altura de Probeta	(cm)	35.30	35.30
Nivel Superior de Agua	(cm)	35.30	35.30
Nivel Superior de Fino o Arcilla	(cm)	6.10	6.30
Nivel Superior de Arena	(cm)	4.50	4.20
Diametro de Probeta	(cm)	6.20	6.20
Peso Unitario de Agua	(gf/cm ³)	1.000	1.000
Temperatura	°C	20.00	20.00

Volumen de probeta	(cm ³)	1065.73	1065.73
Equivalente Arena	%	74.0	67.0

EQUIVALENTE DE ARENA	71.0%
-----------------------------	--------------


Edwin I. Miranda León
Ingeniero Civil
C.I.P. 134446.



ENSAYO DE ABRASION
(MAQUINA DE LOS ANGELES)
ASTM C-131 / AASHTO T96

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA
 ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES
 VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"

SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
 FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021
 CANTERA: CANTERA 2+100
 PROFUNDIDAD: 1.50 m

CALICATA N° C-02
 MUESTRA: M01

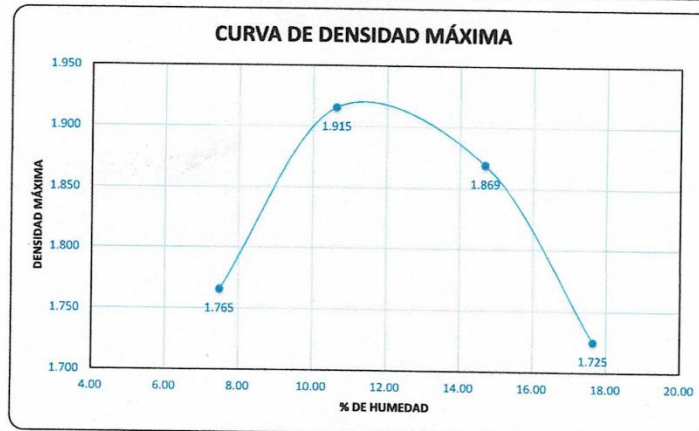
MALLA		GRADACION "A"		
PASA	RETIENE	12 Esf.		
1.5"	1"	1250.00		
1"	3/4"	1250.00		
3/4"	1/2"	1250.00		
1/2"	3/8"	1250.00		
PESO TOTAL (grs.)		5000.00		
PESO RETENIDO (en Tamiz N° 12)		3751.00		
% DESGASTE		24.98%		

TIMPO DE ROTACION (MINUTOS) 15.00
 N° DE REVOLUCIONES 500.00


Edwin A. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446.

ENSAYO DE DENSIDAD MÁXIMA					
PROCTOR MODIFICADO - ASTM D1557 - AASHTO T180					
PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"					
SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS					
UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES					
CANTERA: CANTERA 2-100			CALICATA N° C-02		FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021
PROFUNDIDAD: 1.50 m			MUESTRA: M01		

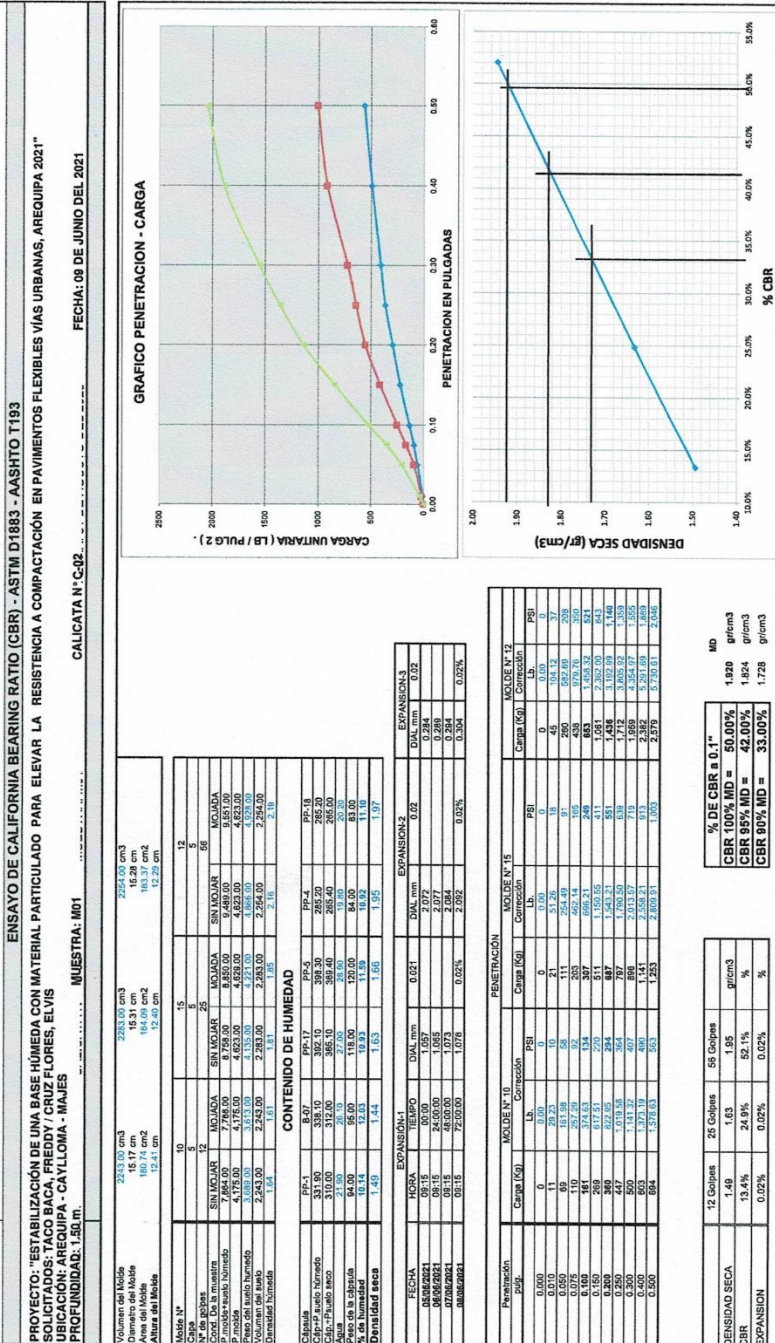
ENSAYO N°	1	2	3	4	UNIDAD
(1) Diametro del Proctor	15.22	15.22	15.22	15.22	cm
(2) Altura del proctor	11.67	11.67	11.67	11.67	cm
(3) Volumen del proctor	2,123.20	2,123.20	2,123.20	2,123.20	cm3
(4) Peso Material + Proctor	10,828.00	11,298.00	11,351.00	11,108.00	gr
(5) Peso del Molde Proctor	6,799.00	6,799.00	6,799.00	6,799.00	gr
(6) Peso del Material Humedo	4,029.00	4,499.00	4,552.00	4,309.00	gr
(7) Densidad del suelo Humedo	1.90	2.12	2.14	2.03	gr/cm3
(1) Peso suelo Humedo + Capsula	263.00	334.00	269.00	265.00	gr
(2) Peso suelo Seco + Capsula	252.00	312.00	248.00	241.00	gr
(3) Peso del Agua = (1) - (2)	11.00	22.00	21.00	24.00	gr
(4) Peso de la Capsula	105.00	105.00	105.00	105.00	gr
(5) Peso del Suelo Seco = (2) - (4)	147.00	207.00	143.00	136.00	gr
(6) (W) Porcentaje de Humedad = $100 \times (3) / (5)$	7.48	10.63	14.69	17.65	%
(8) Densidad del suelo seco (gr/cm3)	1.765	1.915	1.869	1.725	gr/cm3



DEL GRÁFICO SE OBTIENE LO SIGUIENTE:			
% DE HUMEDAD ÓPTIMA		11.00	%
DENSIDAD MÁXIMA		1.92	gr/cm3

Partida Registral N° 11017842
Calle Corbacho 116 – Departamento 01
RPM: #941948070


Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446
 RUC N° 20498405275
 Teléfono 054 – 215479
 Celular 95-8225370 (RPC Claro)




Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446.



**ENSAYO DE GRANULOMETRIA (ASTM D – 422 / AASHTO - T88)
CLASIFICACION DE SUELO**

CANTERA: CANTERA 2+100
 PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO
 PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS
 FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
 SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
 CALICATA N° C-03 MUESTRA: M01
 PROFUNDIDAD: 1.50 m FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

NOTA: 'LOS RESULTADOS DE ESTE ESTUDIO SON UNICAMENTE PARA ESTE PROYECTO

Malla	Retenido Peso (gr)	Retenido %	Retenido Acumulado %	Pasante Acumulado %
2-1/2				100.00
2				100.00
1-1/2				100.00
1				100.00
3/4	238.00	10.03	10.03	89.97
3/8	651.00	27.42	37.45	62.55
N° 4	328.00	13.82	51.26	48.74
N° 10	362.00	15.25	66.51	33.49
N° 40	342.00	14.41	80.92	19.08
N° 200	321.00	13.52	94.44	5.56
FONDO	132.00	5.56	100.00	
Zumatorias =>	2,374.00	100.00		

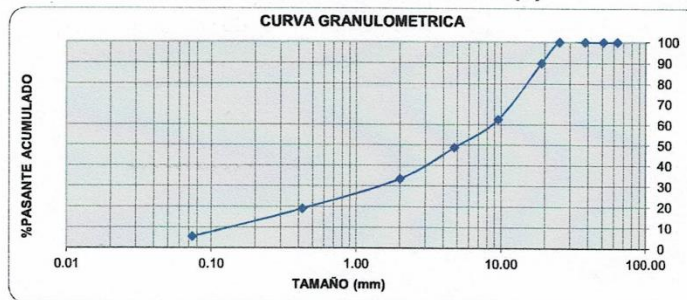
DATOS

Limite Liquido 24.00%
 Limite Plastico 18.87%
 Apreciacion Visual
 Presenta Organicos? NO

RESULTADOS

D60 8.65
 D30 1.62
 D10 0.19
 Cu 45.60
 Cc 1.60
 INDICE PLASTICO 5.13%

**Clasificacion SUCS GW-GM
 Clasificacion AASTHO A-1-a (9)**




Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446.

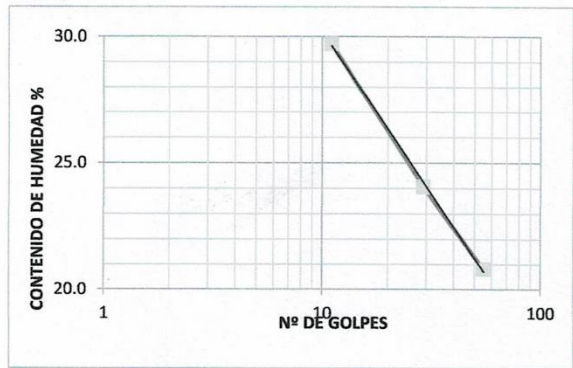
LIMITES DE ATTERBERG
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO e INDICE PLASTICO
ASTM - D4318 / AASHTO - T89 - T90

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
CANTERA: CANTERA 2+100
SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA		
CALICATA N° C-03	MUESTRA: M01	PROFUNDIDAD: 1.50 m

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO


ESPECIMEN =>		E1	E2	E3
Peso del suelo húmedo + cápsula	(gf)	106.1	106.7	107.3
Peso del suelo seco + cápsula	(gf)	102.8	101.5	102.7
Peso de la cápsula	(gf)	91.7	79.9	80.6
Peso del suelo seco	(gf)	11.1	21.6	22.1
Peso del agua	(gf)	3.3	5.2	4.6
Contenido de humedad	(%)	29.73	24.07	20.81
Número de golpes	(N)	11	29	55



Límite líquido	24.00%
Límite plástico	18.87%
Índice de plasticidad Ip	5.13%

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

ESPECIMEN =>		E1	E2	E3
Peso del suelo húmedo + cápsula	(gf)	95.7	83.3	106.7
Peso del suelo seco + cápsula	(gf)	95.2	82.9	106.1
Peso de la cápsula	(gf)	92.6	80.6	103.1
Peso del suelo seco	(gf)	2.6	2.3	3.0
Peso del agua	(gf)	0.5	0.4	0.6
Contenido de humedad	(%)	19.2	17.4	20.0


Edwin V. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446

EQUIVALENTE DE ARENA AASHTO T-176 - ASTM D2418

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"
SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: CANTERA 2+100
PROFUNDIDAD: 1.50 m

CALICATA N° C-03
MUESTRA: M01

LECTURA		E1	E2
Peso de Muestra	(gf)	151.00	151.00
Altura de Probeta	(cm)	35.30	35.30
Nivel Superior de Agua	(cm)	35.30	35.30
Nivel Superior de Fino o Arcilla	(cm)	6.30	6.20
Nivel Superior de Arena	(cm)	4.10	4.00
Diametro de Probeta	(cm)	6.20	6.20
Peso Unitario de Agua	(gf/cm ³)	1.000	1.000
Temperatura	°C	20.00	20.00

Volumen de probeta	(cm ³)	1065.73	1065.73
Equivalente Arena	%	66.0	65.0

EQUIVALENTE DE ARENA	66.0%
-----------------------------	--------------


Edwin I. Miranda León
Ingeniero Civil
C.I.P. 134446.

ENSAYO DE ABRASION
 (MAQUINA DE LOS ANGELES)
 ASTM C-131 / AASHTO T96

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA
 ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES
 VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"

SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS
 UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES
 FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021
 CANTERA: CANTERA 2+100
 PROFUNDIDAD: 1.50 m

CALICATA N° C-03
 MUESTRA: M01

MALLA		GRADACION "A"		
PASA	RETIENE	12 Esf.		
1.5"	1"	1250.00		
1"	3/4"	1250.00		
3/4"	1/2"	1250.00		
1/2"	3/8"	1250.00		
PESO TOTAL (grs.)		5000.00		
PESO RETENIDO (en Tamiz N° 12)		3764.00		
% DESGASTE		24.72%		

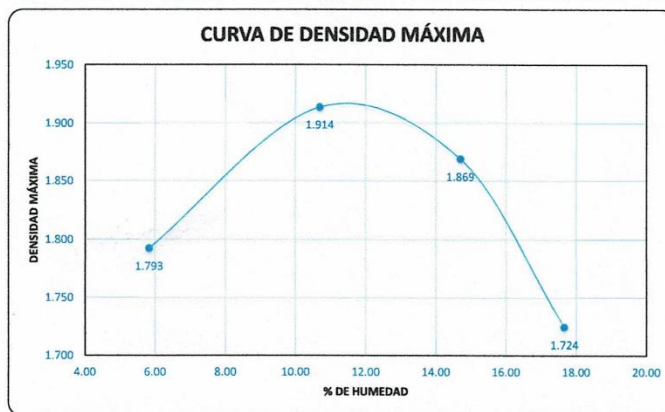
TIMPO DE ROTACION (MINUTOS) 15.00
 N° DE REVOLUCIONES 500.00


Edwin I. Miranda León
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446.



ENSAYO DE DENSIDAD MÁXIMA		
PROCTOR MODIFICADO - ASTM D1557 - AASHTO T180		
PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA BASE HÚMEDA CON MATERIAL PARTICULADO PARA ELEVAR LA RESISTENCIA A COMPACTACIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES VÍAS URBANAS, AREQUIPA 2021"		
SOLICITADOS: TACO BACA, FREDDY / CRUZ FLORES, ELVIS		
UBICACIÓN: AREQUIPA - CAYLLOMA - MAJES		
CANTERA: CANTERA 2+100	CALICATA N° C-03	FECHA: 09 DE JUNIO DEL 2021
PROFUNDIDAD: 1.50 m	MUESTRA: M01	

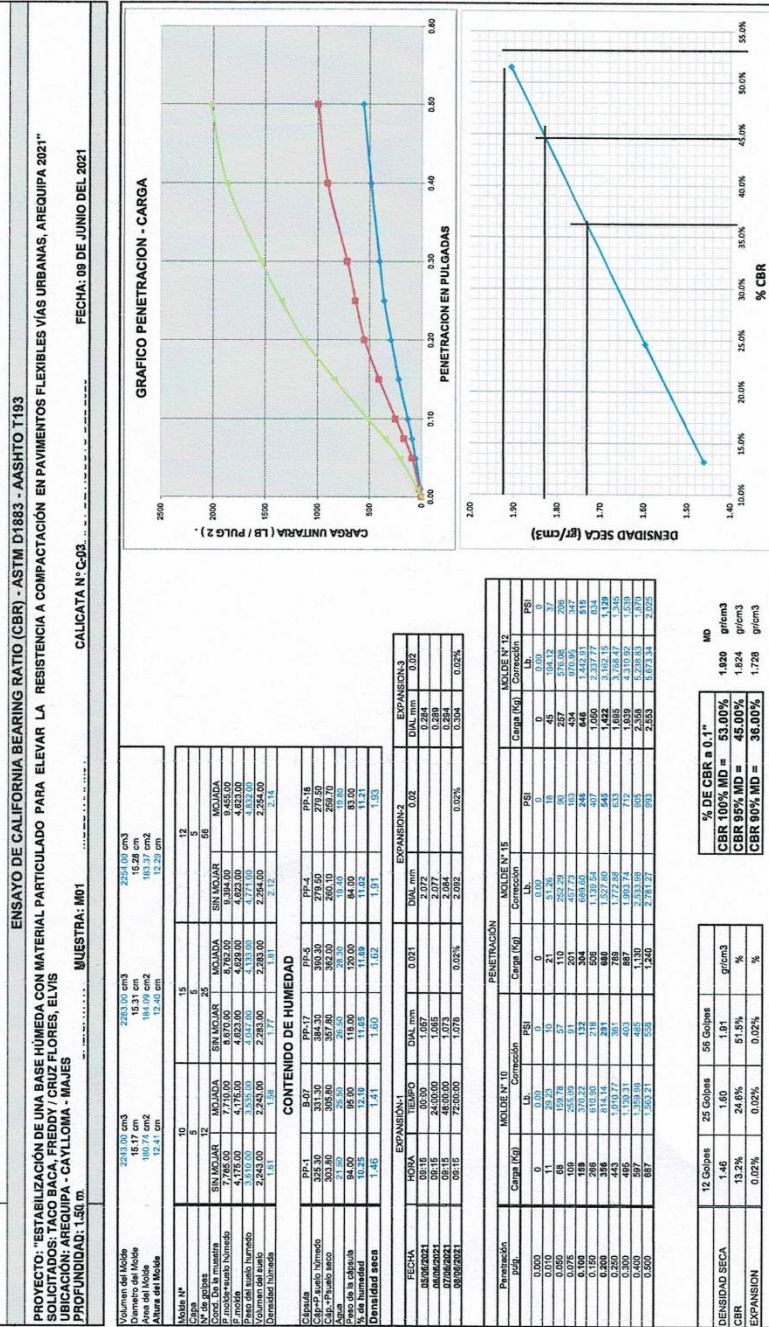
ENSAYO N°	1	2	3	4	UNIDAD
(1) Diametro del Proctor	15.22	15.22	15.22	15.22	cm
(2) Altura del proctor	11.67	11.67	11.67	11.67	cm
(3) Volumen del proctor	2,123.20	2,123.20	2,123.20	2,123.20	cm ³
(4) Peso Material + Proctor	10,827.00	11,297.00	11,350.00	11,107.00	gr
(5) Peso del Molde Proctor	6,799.00	6,799.00	6,799.00	6,799.00	gr
(6) Peso del Material Humedo	4,028.00	4,498.00	4,551.00	4,308.00	gr
(7) Densidad del suelo Humedo	1.90	2.12	2.14	2.03	gr/cm³
(1) Peso suelo Humedo + Capsula	262.90	333.90	268.90	264.90	gr
(2) Peso suelo Seco + Capsula	254.20	311.80	247.90	240.90	gr
(3) Peso del Agua = (1) - (2)	8.70	22.10	21.00	24.00	gr
(4) Peso de la Capsula	105.00	105.00	105.00	105.00	gr
(5) Peso del Suelo Seco = (2) - (4)	149.20	206.80	142.90	135.90	gr
(6) (W) Porcentaje de Humedad = 100 x (3) / (5)	5.83	10.69	14.70	17.66	%
(8) Densidad del suelo seco (gr/cm³)	1.793	1.914	1.869	1.724	gr/cm³



DEL GRÁFICO SE OBTIENE LO SIGUIENTE:		
% DE HUMEDAD ÓPTIMA	11.50	%
DENSIDAD MÁXIMA	1.92	gr/cm ³

Partida Registral N° 11017842
Calle Corbacho 116 – Departamento 01
RPM: #941948070

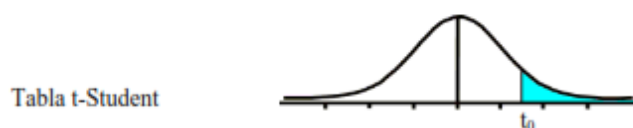

Edwin T. Miranda L.
 Ingeniero Civil
 C.I.P. 134446
 RUC N° 20498405275
 Teléfono 054 – 215479
 Celular 95-8225370 (RPC Claro)



Edwin I. Miranda León
Ingeniero Civil
C.I.P. 134446.



Anexo 8: tabla de t de student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800

Anexo 9: tabla de sucs

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "U.S.C.S."

DIVISIONES PRINCIPALES		Simbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	$Cu = D_{20}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3 Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		
		(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		
	ARENAS	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	$< 5\% \rightarrow$ GW, GP, SW, SP. $> 12\% \rightarrow$ GM, GC, SM, SC. Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		
		(apreciable cantidad de finos)	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		
		Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,75 mm)				
		Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200				
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.		
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.		
	Limite líquido menor de 50		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.		
	Limos y arcillas:		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.		
			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.		
	Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.		
	Limos y arcillas:		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.		
	Suelos muy orgánicos					

Anexo 10: Símbolos y Tipología de grupos sucs

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrememente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

SÍMBOLO	Características generales		
GW	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
GP			Pobrememente graduadas
GM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
SP			Pobrememente graduadas
SM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	
OL	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
OH		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Anexo 11: Tabla Sistema de clasificación de suelos AASHTO

DIVISION GENERAL		MATERIALES GRANULARES (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM N°200)						MATERIALES LIMOS –arcillosos (más del 35%por el tamiz ASTM N° 200)					
GRUPO		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
ANALISIS GRANULOMETRICO (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	N° 10	≤ 50											
	N° 40	≤ 30	≤50	≥51									
	N° 200	≤ 15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	≥36	≥36	≥36	≥36	≥36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelos que pasa por el tamiz ASTM Nro. 40)													
Límite Líquido					≤40	≥41	≤40	≥41	≤40	≥41	≤40	>41 (IP<LL-30)	>41 (IP > LL-30)
Índice de plasticidad		≤6		NP	≤10	≤10	≥11	≥11	≤10	≤10	≥11	≥11	≥11
INDICE DE GRUPO		0	0	0	0	0	≤4	≤4	≤8	≤12	≤20	≤20	≤20
TIPOLOGIA		Fragmentos de piedra, Grava y arena	Arena fina		GRAVAS Y ARENA LIMOSAS O ARCILLOSAS				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
CALIDAD		EXELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA					

Fuente: <https://n9.cl/pg9om>

Índice de grupo

$$IG = (F - 35) * [0.2 + 0.005 * (LL - 40)] + 0.01 * (F - 15) * (IP - 10)$$

Donde:

F: Porcentaje que pasa en tamiz N°200

LL: Límite líquido

IP: Índice de plasticidad

El índice de grupo para los suelos de los subgrupos A-2-6 y A-2-7 se calcula usando

$$\text{solo : } IG = 0.01 * (F - 15) * (IP - 10)$$

Anexo 12: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG – 2013)

Los materiales para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos indicados.

Además, deberán ajustarse a las siguientes especificaciones de calidad:

a) Granulometría

La composición final de los materiales presentará una granulometría continua, bien graduada y según los requerimientos de una de las franjas granulométricas que se indican en la Tabla para las zonas con altitud iguales o mayores a 3.000 msnm. se deberá seleccionar la gradación "A" como se observa en la tabla 01.

Tabla 01: *Requerimientos granulométricos para base granular*

TAMIZ	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")	100	75 - 95	100	100
9,5 mm. (3/8 ")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4,75 mm. (N.º 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	35 - 65
2,0 mm. (N.º 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
425 µm. (N.º 40)	8 - 20	15-30	15 -30	25 - 45
75 µm.(N.º 200)	2 - 8	5 -15	5 - 15	8 - 15

Fuente: ASTM D 1241 – Manual de Carreteras, EG-2013

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas, químicas y el % de CBR mínimo como se observa en la tabla 02.

Tabla 02: *Requerimiento de ensayo de CBR*

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥3.000 msnm
CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	40% mín.	40% mín.

Fuente: ASTM D 1241 – Manual de Carreteras, EG-2013

b) Agregado Grueso

Se denominará así a los materiales retenidos en la malla N° 4, que podrán provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos como se muestra en la tabla 03.

Tabla 03 *Requerimientos Agregado Grueso*

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5822		40%min.	50%min.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 217	C 131	T 96	40%max.	40%max.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88			18% máx.

Fuente: Manual de Carreteras, EG-2013 (Sección 403-03)

c) Agregado Fino

Se denominará así a los materiales que pasan la malla N°4, que podrán provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos.

Deberán cumplir las características indicadas según la tabla 04.

Tabla 04: *Requerimientos Agregado Fino*

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		<3.000 msnm	≥3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	----	15%

Fuente: Manual de Carreteras, EG-2013 (Sección 403-04)

d) Requerimientos de construcción

Tabla 05: *Ensayos de frecuencia*

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Base Granular	Granulometría	MTC E 204	C 136	T 27	750 m ³	Cantera (2)
	Límite líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750 m ³	Cantera (2)
	Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	750 m ³	Cantera (2)
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	2.000 m ³	Cantera (2)
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2.000 m ³	Cantera (2)
	Sales Solubles	MTC E 219			2.000 m ³	Cantera (2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2.000 m ³	Cantera (2)
	Partículas fracturadas	MTC E 210	D 5821		2.000 m ³	Cantera (2)
	Partículas Chatas y Alargadas		D 4791		2.000 m ³	Cantera (2)
	Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2.000 m ³	Cantera (2)
	Densidad y Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	750 m ²	Pista
	Compactación	MTC E 117	D 4718	T191	250 m ²	Pista
		MTC E 124	D 2922	T238		

Fuente: Manual de Carreteras, EG-2013

Anexo 13: Certificado de calibración



CARTA N° 1924-LO JUSTO/GLC-2020

Arequipa, 14 de agosto del 2020

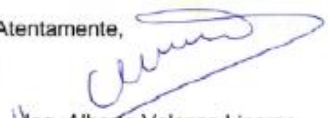
SEÑORES
SH & ML S.R.L.
Arequipa

Por la presente nos dirigimos a ustedes para saludarlos cordialmente y manifestarle que de acuerdo al servicio de calibración realizado a su instrumento de medición, adjuntamos al presente los siguientes documentos:

- Certificado de calibración IMV-562-2020
- Certificado de calibración OT-066-2020
- Certificado de calibración ML-425 al ML-426-2020 (dos certificados)
- Certificado de calibración IB-434-2020

Sin otro particular, aprovechamos la oportunidad para ponemos nuevamente a sus órdenes.

Atentamente,


Ing. Alberto Velazco Linares
Gerente Laboratorio de Calibración
LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C.
ISO / IEC 17025

PI 1229-2201-2020
pic

ISO / IEC 17025

001649

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C.
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Código del certificado

IB-434-2020

Laboratorio de Masa

1 de 3

Fecha de calibración: 2020-08-11

Instrumento de medida: Instrumento de pesaje de funcionamiento no automático

Marca: Patrick's

Modelo: No indica

Número de Serie: No indica

Identificación: No indica

Procedencia: No indica

Capacidad máxima: 30 kg

División de escala: 1 g

Dív. Escala de verificación: 1 g

Tipo: Electrónica

Clase de exactitud: No indica

Solicitante: SH & MI. S.R.L.

Dirección solicitante: Zona 1 Mza. D Lote. 11 Mirador de M. Melgar Melgar - Arequipa

Número de páginas: 05 Páginas

Expediente: E1229-2201B-2020

Lugar de calibración: Laboratorio de Masa de LO JUSTO S.A.C.

Los datos del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos solo para el equipo u objeto calibrado, no pudiendo extender sus resultados a ninguna otra unidad o lote que no haya sido calibrado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.

Este certificado de calibración es trazable a los patrones de referencia de INAGAL.

Las frecuencias de calibración son determinadas por el usuario del equipo.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de Calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia. Sin perjuicio de lo señalado dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección del consumidor y las que regula la libre competencia.

El Certificado de calibración no es válido sin la firma del Gerente General, Gerente Operaciones, Supervisor de Operaciones de LO JUSTO S.A.C y Supervisor de Laboratorio. El documento tiene un sello de agua y holograma de seguridad.

Revisado: Arequipa, 12 de Agosto de 2020



Amílcar Machaca Ancasi
Supervisor del laboratorio



José Luis Rosales Saavedra
Supervisor de Operaciones
LO JUSTO S.A.C.



FT02-INRE/CB-01-C Ed. 03

Etiqueta de calibración N° 68096 y N° 005375

Laboratorio de Masa

Código del certificado
IB-434-2020

2 de 4

Procedimiento de medida:

PC-011, Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II. Método de Comparación Directa Contra Cargas Aplicadas de Valor Conocido (Pesas Patrón). Ed. 4. 2010. INDECOPI-SNM. Lima - Perú.

Instrumentos empleados:

Termohigrómetro con certificado de calibración N° TE-2262-2019
Juego de pesas patrón desde 0,1 g hasta 30 kg, de clase de exactitud E2 y F1 según OIML R111-1 Edición (2004).
Pesas patrones, certificadas:

Patrón utilizado	Identificación	Valor nominal	Certificado de calibración
Peso	LM-1-015	20 kg	IP-247-2019
Peso	LM-1-012	10 kg	M-1440-2019
Juego de pesas	LM-1-005	10 mg a 500 g	IP-284-2019
Peso	LM-1-005	1 kg	LM-C-273-2019
Pesas	LM-1-005	2 kg a 5 kg	LM-268-2019

Incertidumbre de calibración

La incertidumbre expandida de medición reportada en el presente certificado de calibración resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición", segunda edición, Julio del 2001.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre estimada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Condiciones durante la calibración

Las condiciones ambientales durante el proceso de calibración han sido:

Temperatura ambiente: 18,2 °C
Humedad relativa: 53 % HR

Notas y aclaraciones:

Si por el tipo de uso del instrumento de medición no resulta aconsejable realizar las correcciones de calibración, se puede utilizar una incertidumbre maximizada, que englobaría la máxima corrección encontrada en la calibración, en valor absoluto: $\pm U = \pm U_i \text{ máx} + |C \text{ máx}|$.

Se asumió un valor de 0,00001 /°C como coeficiente de deriva de la balanza por variación de temperatura para la calibración.

Se colocó al instrumento de pesaje una etiqueta de LO JUSTO S.A.C. identificada con el N° 68096 y N° 005375 en señal de haber realizado la calibración.

Antes de la calibración se realizó ajustes respectivos al instrumento de pesaje hechos por el personal encargado.

El intervalo de variación de temperatura en el lugar de ubicación de la balanza fue considerado de acuerdo a la variación de temperatura registrada durante la calibración.

LO JUSTO S.A.C.
2020-08-12

Laboratorio de Masa

Código del certificado
IB-434-2020

3 de 4

Resultados antes del ajuste:

Masa Convencional kg	Lectura Instrumento kg	Error	
		g	%
5,000	4,990	-10	-0,20
10,000	9,980	-20	-0,20
15,000	14,968	-32	-0,21
30,000	29,919	-81	-0,27

Ajuste se realizó con pesa:

Interna del equipo	
Del solicitante	
Externa al cliente *	X
Excentricidad	X
Repetibilidad	
Linealidad	
Span	X

* de propiedad de Lo Justo S.A.C.

INSPECCION VISUAL

PRUEBA	RESULTADO
1. Ajuste de cero	Tiene
2. Oscilación litro	Tiene
3. Plataformas	Tiene
4. Sistema de traba	No Tiene

PRUEBA	RESULTADO
5. Escala	No tiene
6. Cursor	No tiene
7. Nivelación	Tiene

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Inicial		Final	
°C	% HR.	°C	% HR.
18,2	53	18,3	53

Medición Nº	CARGA L ₁ = 15,000 kg			CARGA L ₂ = 30,000 kg		
	I kg	M. g	E g	I kg	M. g	E g
1	14,998	0,6	-2,1	29,980	0,4	-19,9
2	14,998	0,6	-2,1	29,981	0,6	-19,1
3	14,998	0,6	-2,1	29,981	0,6	-19,1
4	14,998	0,6	-2,1	29,980	0,4	-19,9
5	14,998	0,6	-2,1	29,980	0,3	-19,8
6	14,999	0,8	-1,3	29,980	0,3	-19,8
7	14,998	0,6	-2,1	29,980	0,4	-19,9
8	14,998	0,6	-2,1	29,980	0,3	-19,8
9	14,998	0,6	-2,1	29,980	0,3	-19,8
10	14,998	0,6	-2,1	29,980	0,3	-19,8

E=11%e-dL

CARGA kg	Emax - Emin g
15,000	0,8
30,000	0,8

ISO / IEC 17025

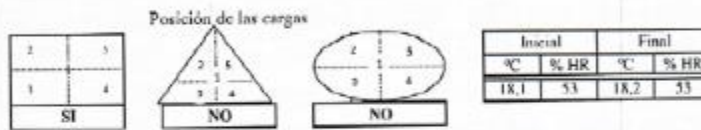
A 141238

Laboratorio de Masa

Código del certificado
IB-434-2020

4 de 5

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de la carga	DETERMINACIÓN DE E ₀				DETERMINACIÓN DE ERRORES CORREGIDOS E _c				
	Carga mínima *	I kg	ΔL g	E ₀ g	Carga L kg	I kg	ΔL g	E g	E _c g
1	0,010 kg	0,010	0,4	0,1	10,000 kg	10,000	1,0	-0,5	-0,6
2		0,010	0,4	0,1		10,000	1,1	-0,6	-0,7
3		0,010	0,5	0,0		10,000	1,1	-0,6	-0,6
4		0,010	0,5	0,0		10,000	1,2	-0,7	-0,7
5		0,010	0,5	0,0		10,000	0,8	-0,3	-0,3

* Valor entre 0 y 10 g

$E_0 = I \times 0,000001 \times L$

$E_c = E - E_0$

ENSAYO DE PESAJE

Inicial		Final	
°C	% HR	°C	% HR
18,2	53	18,2	53

CARGA L kg	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE			
	I kg	ΔL g	E g	E _c g	I kg	ΔL g	E g	E _c g
0,0100	0,010	0,4	0,1	0,0				
0,0500	0,050	0,4	0,1	0,0	0,051	0,9	0,6	0,5
0,1000	0,100	0,6	-0,1	-0,2	0,100	0,2	0,3	0,2
1,0000	1,001	1,0	0,5	0,4	1,000	0,4	0,1	0,0
2,0000	2,000	0,7	-0,2	-0,3	2,000	0,4	0,1	0,0
5,0000	5,000	0,5	0,0	-0,1	5,000	0,8	-0,3	-0,4
6,0000	6,000	0,4	0,1	0,0	6,000	0,9	-0,4	-0,5
10,0000	10,000	0,8	-0,3	-0,4	9,998	0,4	-1,9	-2,0
15,0000	14,998	0,6	-2,1	-2,2	14,997	0,5	-3,0	-3,1
20,0000	19,992	0,2	-7,7	-7,8	19,988	0,2	-11,7	-11,8
30,0000	29,980	0,4	-19,9	-20,0	29,980	0,4	-19,9	-20,0

* Carga para determinar E₀

$E_0 = I \times 0,000001 \times L$

$E_c = E - E_0$

ISO / IEC 17025

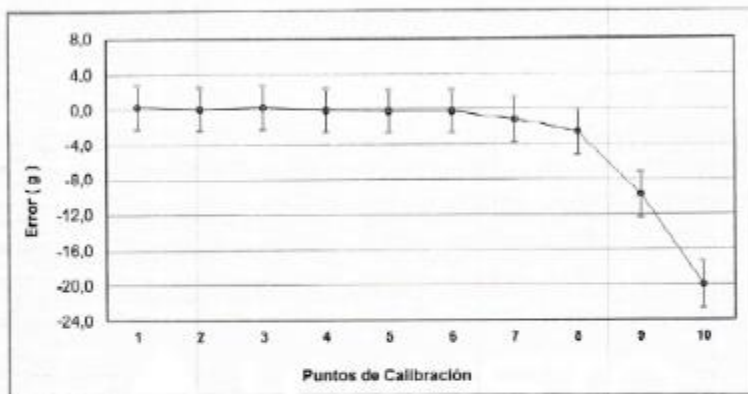
A 141239

Laboratorio de Masa

Código del certificado
IB-434-2020

5 de 5

**Gráfico de errores con su incertidumbre para cada punto de medición
Ensayo de Pesaje**



Fórmula para corregir la lectura indicada por el equipo.

$$R \text{ corregida} = (R + 0,000436818 * R) \text{ kg}$$

Fórmula para encontrar la incertidumbre expandida, con un nivel de confianza aproximado del 95 %.

$$U_k = 2 * (0,0000015988 + 0,00000000163 * R^2)^{1/2} \text{ kg}$$

- F Lectura del instrumento
- E Error absoluto
- E₀ Error en cero
- E_c Error corregido
- L Carga
- R Lectura en uso del instrumento de pesaje. Vale dado en kg
- UR Incertidumbre expandida para una lectura en uso R

LABORATORIO DE CALIBRACION LO JUSTO S.A.C.
CALIDAD, PRECISION Y EXACTITUD
CERTIFICADO DE CALIBRACION

Código del certificado
ML - 426-2020

Laboratorio de Longitud

Fig. 1 de 1

Numero de Expediente: E1229-2201B-2020
File number

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales que realizan las unidades de medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades.

Fecha de calibración: 2020-08-10
Calibration Date

This calibration certificate provides documentary evidence for the traceability to national standards, carried out by the units of measurement according to the international System of Units (SI)

Solicitante: SH & ML S.R.L.
Applicant

Dirección solicitante: Zona 1 Mza. D Lote. 11 Asoc. Mirador de M. Melgar, Mariano Melgar - Arequipa.
Applicant address

Este certificado no constituye una autorización legal para su uso en la certificación metroológica de terceras partes.

Instrumento de medida: Tamiz
Measuring instrument

This certificate does not constitute a legal authorization for the use thereof for the metrological certification of third parties.

Marca: GRAN TEST
Manufacturer / Brand

Es responsabilidad del usuario establecer la frecuencia de calibración de este instrumento. Esta declaración es aspecto auditable en el sistema de gestión de su empresa.

Modelo: No indica
Model

The user shall be responsible for establishing the calibration frequency of this instrument. This statement is an auditable aspect in the management system of his company.

Numero de serie: 20393
Serial Number:

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado.

Identificación: No indica
Internal code

These results are only related to the item described in this certificate.

Lugar de calibración: Laboratorio de Longitud de LO JUSTO S.A.C.
Calibration Place

Fecha de emisión: Arequipa, 10 de Agosto de 2020
Date of issue

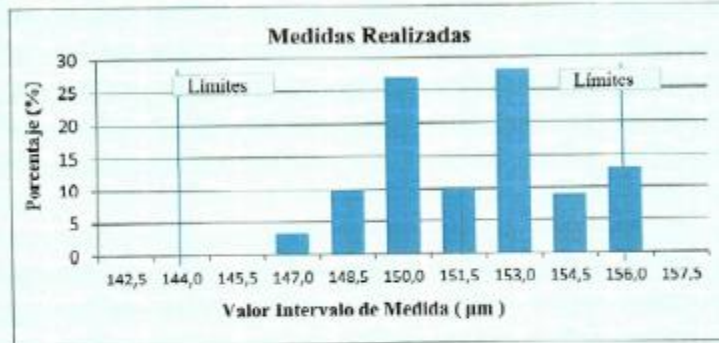
Aprobado por:
Approved by


José Luis Rosales Saavedra
 Supervisor de Operaciones
 LO JUSTO S.A.C.



LO JUSTO S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que puede ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento. Este certificado de calibración no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C. is not responsible for the damages that may result from the incorrect or inadequate use of this instrument and for incorrect or undue interpretations of this document. This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with written approval of LO JUSTO S.A.C.



Notas y aclaraciones:
Notes and clarifications:

- La incertidumbre combinada se calcula considerando las contribuciones de los estándares, el procedimiento de calibración y la calibración del propio instrumento. El valor de incertidumbre corresponde a la incertidumbre combinada multiplicada por un factor de cobertura $k = 2$ para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. La incertidumbre de la medición típica ha sido determinada por el documento: Guía de expresión de la incertidumbre de la medición, primera edición septiembre 2008.

The combined uncertainty is calculated by considering the contributions the standards, the calibration procedure and calibration of the instrument itself. The uncertainty value corresponds to the combined uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$ for a confidence level of approximately 95%. The uncertainty of the typical measurement has been determined by Guide to the expression of uncertainty in measurement. First edition September 2008

El periodo de validez de este certificado de calibración dependerá del uso y cuidado que se da a este instrumento. Se coloca una etiqueta de color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. en el equipo y esta identificada con el N° 68058.

- Responsable de la calibración : Huamán Checoña Marleni

**** FIN DEL DOCUMENTO ****

LO JUSTO S.A.C.
 2020-08-10

ISO / IEC 17025

S 082988

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C.
CALIDAD, PRECISIÓN Y EXACTITUD

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Código del certificado
MI. - 425- 2020

Pag. 1 de 3

Laboratorio de Longitud

Numero de Expediente: E1229-2201R-2020
File number

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales que realizan las unidades de medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades.

Fecha de calibración: 2020-08-10
Calibration Date

This calibration certificate provides documentary evidence for the traceability to national standards, carried out by the units of measurement according to the international System of Units (SI)

Solicitante: SH & ML S.R.L.
Applicant

Dirección solicitante: Zona 1 Mza. D Lote. 11 Asoc. Mirador de M. Melgar, Mariano Melgar - Arequipa.
Applicant address

Este certificado no constituye una autorización legal para su uso en la certificación metroológica de terceros partes.
This certificate does not constitute a legal authorization for the use thereof for the metrological certification of third parties.

Instrumento de medida: Tamiz
Measuring instrument

Marea: GRAN TEST
Manufacturer / Brand

Es responsabilidad del usuario establecer la frecuencia de calibración de este instrumento. Esta declaración es aspecto auditable en el sistema de gestión en su empresa.
The user shall be responsible for establishing the calibration frequency of this instrument. This statement is an auditable aspect in the management system of his company.

Modelo: No indica
Model

Numero de serie: 20516
Serial Number:

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado.
These results are only related to the item described in this certificate.

Identificación: No indica
Internal code

Lugar de calibración: Laboratorio de Longitud de LO JUSTO S.A.C.
Calibration Place

Fecha de emisión: Arequipa, 10 de Agosto de 2020
Date of issue

Aprobado por:
Approved by


José Luis Rosales Saavedra
 Supervisor de Operaciones
 LO JUSTO S.A.C.



LO JUSTO S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o inadecuadas del presente documento. Este certificado de calibración no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C. is not responsible for the damages that may result from the incorrect or inadequate use of this instrument and for incorrect or inadequate interpretations of this document. This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with written approval of LO JUSTO S.A.C.



Notas y aclaraciones:

Notes and clarifications:

La incertidumbre combinada se calcula considerando las contribuciones de los estándares, el procedimiento de calibración y la calibración del propio instrumento. El valor de incertidumbre corresponde a la incertidumbre combinada multiplicada por un factor de cobertura $k = 2$ para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. La incertidumbre de la medición típica ha sido determinada por el documento: Guía de expresión de la incertidumbre de la medición, primera edición septiembre 2008.

The combined uncertainty is calculated by considering the contributions the standards, the calibration procedure and calibration of the instrument itself. The uncertainty value corresponds to the combined uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$ for a confidence level of approximately 95%. The uncertainty of the typical measurement has been determined by Guide to the expression of uncertainty in measurement. First edition September 2008

El periodo de validez de este certificado de calibración dependerá del uso y cuidado que se de a este instrumento. Se colocó una etiqueta de color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. en el equipo y esta identificada con el N° 68057.

(*) El tamiz presenta un orificio de 210 µm ubicado a 10 cm aproximadamente detrás de la placa. (visto desde la parte superior).

- Responsable de la calibración : Huánuco Checcaña Marlení

**** FIN DEL DOCUMENTO ****

LO JUSTO S.A.C.
2020-06-10

ISO / IEC 17025

S 082985

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C.
Laboratorio de calibración de Instrumentos de medición

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Código del certificado
OT - 066 - 2020

Pág. 1 de 5

Fecha de calibración: 2020-08-10

Instrumento: Molde Proctor Modificado

Marca: RUMISTONE

Modelo: S-0123

Serie : No indica

Identificación Molde: LJ-2746

Diámetro Nominal: 4"

Identificación Martillo: No indica

Solicitante: SH & MI. S.R.L.

Dirección solicitante: Zona 1 Mza. D Lote 11 Asoc.
Mirador de M. Melgar, Mariano
Melgar - Arequipa.

Expediente: E1229-2201B-2020

Lugar de calibración: Laboratorio de LO JUSTO S.A.C.

Número de páginas: 03 Pág.

Los datos del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos solo para el instrumento u objeto calibrado, no pudiendo extender sus resultados a ninguna otra unidad o lote que no haya sido calibrado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.

Este certificado de calibración es trazable a los patrones de referencia de INACAL. Las frecuencias de calibración son determinadas por el usuario del instrumento.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de calibración es un documento de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia. Sin perjuicio de lo señalado dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección del consumidor y las que regula la libre competencia.

El certificado de calibración no es válido sin la firma de alguno de los siguientes: Gerente General, Gerente de Operaciones, Supervisor de Operaciones de LO JUSTO S.A.C. El documento tiene un sello de agua y holograma de seguridad.



Revisado:

Arequipa, 10 de Agosto de 2020



José Luis Rosales Saavedra
Supervisor de Operaciones
LO JUSTO S.A.C.



Etiqueta de calibración N° 68255

ISO / IEC 17025

082989

Código del certificado
OT - 066 - 2020

Pág. 2 de 3

Procedimiento de Medida:

Se empleó el método de medición directa, Norma ASTM D 698, D 1557, D 558 ; AASHTO T 99, T180, T 134 ;

Instrumentos Empleados:

- Termohigrómetro, con certificado de calibración TE-213-2020,
- Vernier digital con resolución de 0.01 mm, con certificado de calibración MLP-001-2020.
- Cinta métrica Clase I de 1 mm, con certificado de calibración LLA-068-2018.

Condiciones Ambientales:

- Temperatura Ambiente: 20,6 °C ± 0,7 °C
- Humedad Relativa: 36 % ± 2 %

RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

- **Molde Metálico**

Medida	Valor Nominal	Valor Medido	Incertidumbre	Tolerancia ±
Diámetro interno (mm)	101,60	101,57	0,02	0,41
Altura (mm)	116,43	116,69	0,02	0,13
Volumen geométrico (cm ³)	943	946	1	8

- **Collar (Extensión)**

Medida	Valor Nominal	Valor Medido	Incertidumbre	Tolerancia ±
Altura Extensión (mm)	50,8	41,17	0,08	---

- **Martillo (Pistón)**

Medida	Valor Nominal	Valor Medido	Incertidumbre	Tolerancia ±
Diámetro (mm)	50,8	50,66	0,02	0,25
Altura caída libre (mm)	305,2	305,0	0,0	2,0
Masa (kg)	2,495	2,494	0,02	0,009

LO JUSTO S.A.C.
2020-06-10

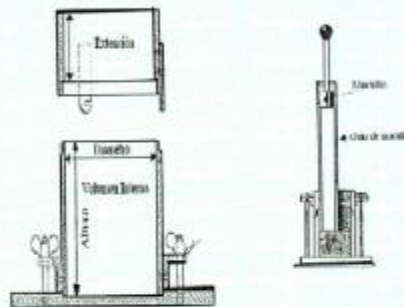
ISO IEC 17025

S 082990

Código del
certificado
OT - 066 - 2020

Pág. 3 de 3

Diagrama del Molde Proctor, Extensión y Martillo.



Notas y aclaraciones:

Este certificado de calibración cumple con los requisitos establecidos en la NORMA ISO/IEC 17025: Requisitos Generales para la competencia de los Laboratorios de Calibración y Ensayo. Se colocó una etiqueta con logotipo de LO JUSTO S.A.C. e identificada con el N° 68055 en señal de su calibración. El Martillo está identificado con el código LJ-2747 y se colocó una etiqueta con logotipo de LO JUSTO S.A.C. e identificada con el N° 68056 en señal de su calibración.

*** FIN DEL DOCUMENTO ***

LO JUSTO S.A.C.
2020-08-10

ISO / IEC 17025

S 082991

**LABORATORIO DE CALIBRACION LO JUSTO S.A.C.
 DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL**
CERTIFICADO DE CALIBRACION
Código del certificado
IMV - 562 - 2020

Pág. 1 de 2

Laboratorio de Volumen

Fecha de calibración:	2020-08-13
Instrumento de medida:	Matraz de un solo trazo - Fiola
Marca:	PYREX
Modelo:	5642C-500
Serie:	No indica
Identificación:	LJV-723
Procedencia:	No indica
Valor nominal:	500 ml
Resolución:	No tiene
Temp. De Referencia.:	20 °C
Tipo:	In
Clase de exactitud:	A ± 0,20 ml
Tiempo de espera:	No aplica
Solicitante:	SH & ML S.R.L.
Dirección:	Zona 1 Mza.D Lote.II Asoc. Mirador de M. Melgar - Mariano Melgar - Arequipa - Arequipa.
Número de páginas:	02 Págs.
Expediente:	E1229-2201-2020
Lugar de calibración:	Laboratorio de Volumen de LO JUSTO S.A.C.

Los datos del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos solo para el equipo u objeto calibrado, no pudiendo extender sus resultados a ninguna otra unidad o lote que no haya sido calibrado.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.

Este certificado de calibración es trazable a los patrones de referencia del INACAL. Las frecuencias de calibración son determinadas por el usuario del equipo. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de Calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia. Sin perjuicio de lo señalado dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección del consumidor y las que regula la libre competencia.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del Gerente General, Gerente de Operaciones o Supervisor de Operaciones de LO JUSTO S.A.C. y Responsable de Laboratorio. El documento tiene un sello de agua y holograma de seguridad.

Revisado:

Arequipa, 13 de Agosto de 2020


Nancy A. Ito Apaza
 Responsable Laboratorio
 de Volumen (E)


Jose Luis Rosales Saavedra
 Supervisor de Operaciones
 LO JUSTO S.A.C.


FT02-INRE/CC-A Ed. 1

Etiquetas de calibración N° 67997 / 005941

LABORATORIO DE CALIBRACION LO JUSTO S.A.C.

Código del certificado
IMV - 562 - 2020

Pág. 2 de 2

Procedimiento de medida: PC-LJ-007 PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE VOLUMEN método gravimétrico Ed. 1 (2010) - LO JUSTO S.A.C. Arequipa - Perú.

Modelo matemático utilizado para la calibración

$$V_i = (I_{L1} - I_{R1}) * \left(\frac{1}{\rho_{w1} - \rho_A} \right) * \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B} \right) * [1 - \xi * (T_i - T_{20})]$$

- V_i : Volumen vertido o contenido a la temperatura de referencia de 20 °C.
- I_{L1} : Lectura de la balanza cuando se pesa el recipiente con agua.
- ρ_A : Densidad del aire calculada de las condiciones ambientales medidas.
- ρ_B : Densidad de las pesas cuando estas son ajustadas a su masa nominal.
- ρ_{w1} : Densidad del agua a la temperatura T_i .
- T_i : Temperatura del agua destilada durante la calibración.
- I_{R1} : Lectura de la balanza cuando se pesa el recipiente vacío.
- ξ : Coef. de expansión térmica cubetas del material del equipo.

Instrumentos de referencia:

Patrón empleado	Capacidad	Certificado	Trazabilidad
Balanza LM-J-126, Clase I	1210 g y d=0,001 g	IB-423-2020	INACAL

Instrumentos auxiliares:

- Termómetro digital con certificado emitido por LO JUSTO S.A.C., con código TE-019-2020.
- Termohigrómetro digital con certificado de calibración N° TE-720-2020.
- Manómetro de Presión Absoluta Digital con certificado N° LFP-113-2020.
- Medidor de tiempo de indicación digital con Informe de calibración LTF-010-2018.

Resultados de la calibración

Volumen nominal ml	Volumen contenido ml	Desviación ml	Incertidumbre ml
500	500,02	0,02	0,05

Se efectuó la corrección de temperatura a 20 °C

Notas y aclaraciones:

La incertidumbre expandida de medición reportada en el presente certificado de calibración resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición", segunda edición, Julio del 2001.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. la incertidumbre estimada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Las condiciones ambientales al momento de la calibración fueron: Temperatura 19,8 °C, Humedad Relativa 45,8 % y Presión 771,6 mbar

El material de fabricación del equipo calibrado es Vidrio borosilicaco

Se colocó etiquetas de color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. identificada con el N° 67997 y N° 005341 en señal de haber sido calibrado.

El valor reportado es el promedio de mediciones no consecutivas.

*** FIN DEL DOCUMENTO***

FT02-INRE/CC-A Ed. 1

LO JUSTO S.A.C.
2020-08-12