



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB-BASE
GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILENO
TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VÍAS URBANAS DE LA
CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA – JR. LOS ROMANOS**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. DAVID CHATA PACOMPIA

Bach. WILSON CUSI TITO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIAS

A Dios todo poderoso por darme la oportunidad de vivir, ser mi guía, su protección, su bendición, brindarme salud, brindarme sabiduría y esperanza para alcanzar mis objetivos.

A mis queridos padres Alejandro e Inéz, y mis hermanas por todo el soporte y comprensión que me han servido, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en todo el recorrido de mi formación académica como de la vida, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante, pero más que nada, por su amor incondicional, con lo cual pude superar las dificultades que se presentaron en el camino.

Principalmente a mis hijas Itzel Dayami e Yamileth Yareni quienes son el principal motivo para seguir adelante y ser un ejemplo para ellas.

De: David CHATA PACOMPIA



DEDICATORIAS

A mis queridos padres Guillermo, Lidia y hermanos por brindar todo su apoyo incondicional en mis estudios, a mis docentes de la universidad por compartir sus conocimientos e inculcar valores para ser un profesional de bien en la sociedad.

De: Wilson CUSI TITO



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por habernos bendecido, darnos la fuerza y guiarnos en toda nuestra vida que tuvimos, la fé para concluir con éxito nuestro estudio profesional.

Agradecemos infinitamente a nuestra Alma Mater Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, a la cual llevaremos en el corazón por abrirnos las puertas para brindarnos conocimiento y por habernos formado como profesional Ingeniero Civil.

A nuestro Asesor y Director de Tesis, M. Ing. Emilio Castillo Aroni; por su paciencia, comprensión y apoyo en este proceso de elaboración de tesis y ser un ejemplo en nuestra formación personal y profesional.

A nuestros docentes y ahora jurados de tesis:

Dr. Cesar Edwin Guerra Ramos; por su paciencia, tiempo y valioso aporte.

MSc. Tania Zapata Coacalla, por su aporte y enseñanzas en toda la formación profesional.

Mtro. Boris Jaime Chique Calderon, por sus enseñanzas y por ser guía en nuestra formación profesional.

A nuestros compañeros y amigos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

De: David CHATA PACOMPIA y Wilson CUSI TITO



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT 15

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA GENERAL 17

1.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS 17

1.3. OBJETIVO GENERAL 17

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 17

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES 18

2.2. MARCO TEÓRICO 21

2.2.1. El suelo 21

2.2.2. Suelos granulares 36

2.2.3. Capacidad portante del suelo 37

2.2.4. Elemento estructural de un pavimento 38

2.2.5. Vías urbanas 43

2.2.6. Polietileno tereftalato (PET) 47



2.2.7. Marco legal.....	54
-------------------------	----

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO	58
3.2. TIPO DE ESTUDIO	59
3.3. POBLACION Y TAMAÑO DE MUESTRA.....	60
3.4. MATERIALES	66
3.4.1. Material.....	66
3.5. METODOLOGÍA.....	67
3.5.1. Determinar el impacto de la expansión del Tereftalato de Polietileno en los límites de resistencia de los suelos granulares.....	68
3.5.2. Ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos.....	69
3.5.3. Caracterización geotécnica del suelo.....	69
3.5.4. Métodos estadísticos.....	87

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO NATURAL DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO EN ESTUDIO Y DE LA CANTERA DE SALCEDO... 92	
4.1.1. Características del suelo de las calicatas en estudio.....	92
4.1.2. Cuadro de resumen de los valores obtenidos de las calicatas y de la cantera Salcedo	107
4.1.3. Análisis del suelo granular de la cantera de Salcedo – Puno (muestra patrón)	108
4.1.4. Análisis de las propiedades mecánicas.....	111



4.1.5. Análisis del suelo granular de la cantera Salcedo con adición de PET al 2% ..	113
4.1.6. Análisis del suelo granular de la cantera Salcedo con adición de PET al 4% ..	115
4.1.7. Análisis del suelo granular de la cantera Salcedo con adición de PET al 6% ..	116
4.1.8. Análisis del suelo granular de la cantera Salcedo con adición de PET al 8% ..	118
4.1.9. Análisis del suelo granular de la cantera Salcedo con adición de PET al 10%	119
4.1.10. Análisis de contenido humedad óptimo.....	121
4.1.11. Análisis de máxima densidad seca	122
4.1.12. Análisis de CBR al 100%	123
4.1.13. Análisis de CBR al 95%	124
4.1.14. Resultados de correlaciones y prueba de hipótesis.....	125
V. CONCLUSIONES	130
VI. RECOMENDACIONES.....	131
VII. REFERENCIAS.....	132
ANEXOS.....	137

TEMA: Estabilización de Suelos

ÁREA: Transportes

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Transporte y Gestión Vial

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 05 de agosto de 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición del suelo	24
Figura 2. Rango del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7	27
Figura 3. Gráfica de plasticidad.....	31
Figura 4. Diagrama de flujo para los nombres de los grupos de grava y arena del suelo	33
Figura 5. Diagrama de flujo de nombres de los grupos para limo inorgánico y suelos arcillosos	34
Figura 6. Diagrama de flujo de nombres de los grupos para limoso orgánico y suelos arcillosos	35
Figura 7. Características estructurales, y propiedades típicas de pavimentos.	41
Figura 8. Estructura típica de un pavimento rígido	42
Figura 9. Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible)	43
Figura 10. Elementos estructurales de un pavimento de adoquines	43
Figura 11. Las botellas plásticas de bebidas y algunos envases de productos alimenticios son de PET (no las tapas).....	48
Figura 12. Instrucciones paso a paso para separar entre varios tipos de plásticos reutilizados PET.....	50
Figura 13. Ciclo de reciclaje del PET	53
Figura 14. Mapa territorial de ubicación geográfica del área de estudio.....	59
Figura 15. Ubicación geográfica de los puntos de las calicatas de muestreo	61
Figura 16. Ubicación del punto de muestreo de la cantera de Salcedo - Puno.....	62
Figura 17. Toma de muestra de suelo natural de la calicata C-1	63
Figura 18. Toma de muestra de suelo natural de la calicata C-2.....	63
Figura 19. Toma de muestra de suelo natural de la calicata C-3.....	64
Figura 20. Toma de muestra de suelo natural de la calicata C-4.....	64
Figura 21. Toma de muestra de suelo natural de la calicata C-5.....	65
Figura 22. Secado de la muestra de suelo de la cantera de Salcedo en pleno sol de día	65
Figura 23. Compactación de suelo granular de la cantera Salcedo distribuida en 5 capas	72



Figura 24. Ensayo de Proctor Modificado con dosificación de PET al 2% y 10%, en el suelo granular de la Cantera de Salcedo	73
Figura 25. Suelo granular de la cantera salcedo para su compactado de 5 capas.....	73
Figura 26. CBR a 12, 25 y 56 golpes enrazados de la muestra de suelo de cantera Salcedo	76
Figura 27. Sumergido de moldes con su muestra de suelo en agua para control de su deformación	76
Figura 28. Ensayo de CBR con adición de PET al 2% y 10%, en el suelo granular de la Cantera de Salcedo.....	77
Figura 29. Sumergido de muestra de suelo con adición de PET para su control de deformación	77
Figura 30. Cuarteo y tamizado de la muestra de suelo de fundación de la vía urbana de la ciudad de Puno	79
Figura 31. Determinación del límite líquido en el laboratorio de Mecánica de Suelos.	80
Figura 32. Determinación del límite plástico en el laboratorio de Mecánica de Suelos	82
Figura 33. Muestra de suelo y ensayo de contenido de humedad	85
Figura 34. Curva Granulométrica de suelo en estudio de la calicata C-1.....	93
Figura 35. Gráfica de limite líquido de suelo en estudio de la calicata C-1	94
Figura 36. Gráfica de Curva de compactación de suelo en estudio en su estado natural de la calicata C-1	95
Figura 37. Curva Granulométrica de suelo en estudio de la calicata C-2.....	96
Figura 38. Gráfica de limite líquido de suelo en estudio de la calicata C2	97
Figura 39. Gráfica de Curva de compactación de suelo en estudio en su estado natural de la calicata C-2	98
Figura 40. Curva Granulométrica de suelo en estudio de la calicata C-3.....	99
Figura 41. Gráfica de limite líquido de suelo en estudio de la calicata C3	100
Figura 42. Gráfica de Curva de compactación de suelo en estudio en su estado natural de la calicata C-3	101
Figura 43. Curva Granulométrica de suelo en estudio de la calicata C4.....	102
Figura 44. Gráfica de limite líquido de suelo en estudio de la calicata C4	103
Figura 45. Gráfica de Curva de compactación de suelo en estudio en su estado natural de la calicata C4.....	104
Figura 46. Curva Granulométrica de suelo en estudio de la calicata C-5.....	105
Figura 47. Gráfica de limite líquido de suelo en estudio de la calicata C-5	106



Figura 48. Gráfica de Curva de compactación de suelo en estudio en su estado natural de la calicata C-5	107
Figura 49. El tipo de suelo para cada calicata según su clasificación	108
Figura 50. Curva Granulométrica de suelo natural en estudio de la cantera de Salcedo	110
Figura 51. Representación gráfica del límite líquido de la cantera de Salcedo sin adición de PET.....	110
Figura 52. Representación gráfica de la curva de compactación de suelo granular de la cantera de Salcedo sin adición de PET	111
Figura 53. Representación de las curvas CBR de suelo granular en estudio a 56, 25 y 12 golpes sin adición de PET.....	112
Figura 54. Representación gráfica de CBR y densidad seca	112
Figura 55. Representación gráfica de la curva de compactación de suelo granular de cantera Salcedo adicionando 2% de PET.....	114
Figura 56. Representación gráfica de CBR del suelo granular de la cantera de Salcedo adicionando 2% de PET.....	114
Figura 57. Representación gráfica de la curva de compactación de suelo granular de cantera Salcedo adicionando 4% de PET.....	115
Figura 58. Representación gráfica de CBR del suelo granular de la cantera de Salcedo adicionando 4% de PET.....	116
Figura 59. Representación gráfica de la curva de compactación de suelo granular de cantera Salcedo adicionando 6% de PET.....	117
Figura 60. Representación gráfica de CBR del suelo granular de la cantera de Salcedo adicionando 6% de PET.....	117
Figura 61. Representación gráfica de la curva de compactación de suelo granular de cantera Salcedo adicionando 8% de PET.....	118
Figura 62. Representación gráfica de CBR del suelo granular de la cantera de Salcedo adicionando 8% de PET.....	119
Figura 63. Representación gráfica de la curva de compactación de suelo granular de cantera Salcedo adicionando 10% de PET.....	120
Figura 64. Representación gráfica de CBR del suelo granular de la cantera de Salcedo adicionando 10% de PET.....	120
Figura 65. Representación gráfica del porcentaje de PET vs CBR	124
Figura 66. Gráfico de dispersión del CBR vs PET	126



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de materiales de carreteras subrasantes	26
Tabla 2. Sistema unificado de clasificación de suelo (basado en el material que pasa por el tamiz núm. 75).....	30
Tabla 3. Diferencias dentro de los suelos de grano fino	36
Tabla 4. Parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas	46
Tabla 5. Técnicas de Investigación en el Campo, aplicables al Estudio de Mecánica de Suelos para Diseño Estructural de Pavimentos, son los indicadores	56
Tabla 6. Cuadro de construcción con coordenadas UTM, referidas a las calicatas de muestreo.....	60
Tabla 7. Cuadro de construcción con coordenada UTM, referidas a la cantera de muestreo.....	61
Tabla 8. Calicatas y Cantera de muestreo de suelo, en el año 2020.	62
Tabla 9. Métodos de compactación - Proctor modificado	71
Tabla 10. Valores de penetración y carga unitaria patrón	75
Tabla 11. Las penetraciones que se consideran en el ensayo	75
Tabla 12. Factor para el cálculo de límite líquido	81
Tabla 13. Tabla de estimados de precisión límite líquido	81
Tabla 14. Tabla de estimados de precisión límite plástico	83
Tabla 15. Tabla ANOVA (análisis de varianzas)	89
Tabla 16. Características Granulométricas de la calicata C-1 del suelo natural.....	93
Tabla 17. Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C-1	94
Tabla 18. Características Granulométricas de la calicata C-2 del suelo natural.....	96
Tabla 19. Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C2.....	97
Tabla 20. Características Granulométricas de la calicata C-3 del suelo natural.....	99
Tabla 21. Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C3.....	100
Tabla 22. Características Granulométricas de la calicata C-4 del suelo natural.....	102
Tabla 23. Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C-4 ...	103
Tabla 24. Características Granulométricas de la calicata C-5 del suelo natural.....	105
Tabla 25. Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C5.....	106
Tabla 26. Cuadro de resumen de resultados de las muestras.....	108
Tabla 27. Características Granulométricas de la cantera de Salcedo.....	109



Tabla 28. CBR de suelo granular de la catera Salcedo en su estado inicial.....	113
Tabla 29. Tabla de resumen adicionando 2%, 4%, 6%, 8% y 10% de PET	121
Tabla 30. Representación en la tabla porcentaje de PET vs CHO	122
Tabla 31. Representación en la tabla porcentaje de PET vs máxima densidad seca	122
Tabla 32. Representación en la tabla porcentaje de PET vs CBR al 100%	123
Tabla 33. Representación en la tabla porcentaje de PET vs CBR al 95%	125
Tabla 34. CBR vs % PET.....	126
Tabla 35. Resumen de análisis de varianza de un factor.....	127
Tabla 36. Análisis de varianza	127
Tabla 37. Prueba de Tukey.....	128
Tabla 38. Comparación de resultados	128



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

PET	: Polietileno Tereftalato
ASTM	: Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales
AASHTO	: Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transporte
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
DMS	: Densidad máxima seca
IG	: Índice de grupo
LL	: Límite Líquido
LP	: Límite Plástico
IP	: Índice de Plasticidad
ANOVA	: Análisis de varianza
HSD	: Diferencia honestamente significativa



RESUMEN

Uno de los problemas ambientales durante los últimos años, el desarrollo de los residuos fuertes se ha expandido fundamentalmente, causando problemas de bienestar y ecológicos. Para proponer una opción que modere este tipo de problemáticas, se estudia la reutilización de material reciclado tereftalato de polietileno (PET) en calidad de equilibrado de suelos gruesos en las vías urbanas de la Ciudad de Puno. El PET está previsto para trabajar sobre las propiedades mecánicas del suelo natural que se encuentra en investigación. El objetivo de esta investigación es determinar la capacidad portante de la sub-base granular incorporando material reciclable polietileno tereftalato (PET), con la finalidad de mejorar la estructura de una carretera ya sea para pavimento flexible, rígida o articulado. Para la determinación de esta investigación, primero se recolectaron las muestras de las calicatas de las vías urbanas de la ciudad de Puno y por otro lado también se recolecto la muestra de suelo granular de la cantera de Salcedo el cual también se encuentra en el distrito de Puno, posteriormente las muestras fueron trasladados al laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y finalmente para concluir con los ensayos de laboratorio se trasladó hasta el laboratorio de Geotecnia, Pavimentos y Construcciones de la Ciudad de Juliaca. La investigación refleja del tipo de suelo y las conmutaciones de sus propiedades mecánicas con los ensayos de Proctor Modificado y California Bearing Ratio, donde luego se logra determinarse que su índice de resistencia del suelo granular mejora, por lo que en su estado natural sin adición del estabilizador de PET se obtuvo 62.4% de CBR. Adicionando el estabilizador PET en porcentajes de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% se obtuvo los siguientes valores 62.4%, 72.6%, 75.1%, 71.2%, 62.5% y 59.0% de CBR al 100% respectivamente. Finalmente, al agregar 4% de PET el suelo en estudio, mejora su índice de resistencia el cual indica que si es apto para la sub base de la estructura de una vía urbana ya sea pavimentos flexibles, rígidos y articulados. Todo ello siempre teniendo en cuenta a las normas peruanas vigentes que tenemos en nuestro país.

Palabras Clave: Capacidad portante, polietileno tereftalato, suelo estabilizado, sub-base, vías urbanas.



ABSTRACT

One of the environmental problems during the last few years, the development of strong waste has fundamentally expanded, causing welfare and ecological problems. To propose an option that moderates this type of problem, the reuse of recycled polyethylene terephthalate (PET) material is studied as a balance for coarse soils on urban roads in the City of Puno. The PET is planned to work on the mechanical properties of the natural soil that is under investigation. The objective of this research is to determine the bearing capacity of the granular sub-base incorporating recyclable polyethylene terephthalate (PET) material, in order to improve the structure of a road, whether for flexible, rigid or articulated pavement. For the determination of this investigation, first the samples of the pits of the urban roads of the city of Puno were collected and on the other hand the sample of granular soil of the Salcedo quarry was also collected, which is also located in the district of Puno, later the samples were transferred to the laboratory of the Professional School of Civil Engineering and finally, to conclude with the laboratory tests, they were transferred to the Geotechnics, Pavements and Constructions laboratory of the City of Juliaca. The investigation reflects the type of soil and the changes in its mechanical properties with the Modified Proctor and California Bearing Ratio tests, where it is later determined that its granular soil resistance index improves, so that in its natural state without the addition of PET stabilizer 62.4% CBR was obtained. Adding the PET stabilizer in percentages of 2%, 4%, 6%, 8% and 10%, the following values were obtained: 62.4%, 72.6%, 75.1%, 71.2%, 62.5% and 59.0% of CBR at 100%, respectively. Finally, by adding 4% of PET to the soil under study, its resistance index improves, which indicates that it is suitable for the sub-base of the structure of an urban road, be it flexible, rigid and articulated pavements. All this always taking into account the current Peruvian regulations that we have in our country.

Key Words: Bearing capacity, polyethylene terephthalate, stabilized soil, sub-base, urban roads.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la naturaleza donde los problemas ambientales son cada vez mayores y existe el riesgo de daños mayores, es necesario encontrar soluciones aprovechando el reciclaje y la reutilización de los residuos sólidos urbanos. El reciclaje en la actualidad es un asunto alarmante no solo para los conciudadanos situación que también es preocupante para las instancias gubernamentales para darles o brindarles una mejor calidad de vida a la generación de hoy en día y de manera responsable a la generación venidera.

El incremento demográfico, las actividades recientes y modernas hacen el incremento significativo del aumento de residuos existentes. En estos últimos tiempos se fabrican grandes cantidades de productos con el material de polietileno tereftalato, lo que ocasiona el acaparamiento de grandes cantidades de residuos. A este problema se suma la ineficiencia en la organización de los residuos, lo que también ocasiona en este caso la contaminación del agua, suelo y aire, generando problemas en la salud pública e impactos ambientales adversos, lo que a su vez conduce a la conflictividad social.

En el desarrollo de calles utilizamos por lo general fuentes de datos regulares, no mejoramos los materiales que pueden ser reutilizados y que podrían sernos útiles para trabajar en la naturaleza de nuestra sociedad, del mismo modo no mejoramos el tiempo, el dinero, etc. Por esta razón el desarrollo de una calle habitual produce sobreabundancia de cantera, mayor tiempo de ejecución, y simultáneamente incrementa los costos de desarrollo.

Durante la realización de obras viales a lo largo del tiempo, hemos notado muchos problemas y problemas como suelos de mala calidad, afloramientos rocosos y niveles de



agua subterránea que conducen a la saturación del suelo, etc. Existen soluciones para esto, pero no son económicamente rentables.

1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Al incorporar material plástico reciclable polietileno tereftalato, permitirá mejorar la capacidad portante en sub bases granulares de vías urbanas de la ciudad de puno?

1.2. PROBLEMAS ESPECIFICIOS

- ¿Cuál será el porcentaje optimo del material de sub-base granular estabilizadas con polietileno tereftalato?
- ¿Cómo será el índice de resistencia de la mezcla de sub-base del suelo granular con adición del material triturado de polietileno tereftalato?

Asimismo, se plantea el siguiente objetivo general y los objetivos especificos:

1.3. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la capacidad portante de la sub-base granular incorporando material reciclable polietileno tereftalato (PET).

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el porcentaje óptimo del material granular, estabilizadas con polietileno tereftalato.
- Determinar la capacidad portante de la mezcla de sub-base granular con material reciclado de polietileno tereftalato.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

A nivel internacional:

Ramírez & Hincapié (2018), reporta en Pereira (Colombia), que la mezcla en frío de los dos materiales, sub-base y PET funciona, lo que indica el valor CBR de 84.92% obtenido en la mezcla del material original en adición con 1.5% de PET, logrando así uno de los objetivos más relevantes de este proyecto, asimismo **Arteaga (2018)**, en Bogotá (Colombia), en su análisis, adicionada con 2% de material PET, se obtendrá un material de calidad con una resistencia a la compresión dentro de los parámetros mínimos exigidos por la normatividad colombiana para bases estabilizadas para pavimentos, por otro lado **Botero et al (2014)**, en Medellín (Colombia), investigan la reutilización de los envases de Polietileno -Tereftalato (PET) como una sustitución de materiales ligeros convencionales utilizados en la nivelación o reemplazo de suelo.

Muñoz (2012), en Distrito Federal (México), estudia el comportamiento mecánico del polietileno tereftalato (PET) bajo esfuerzos de compresión estáticos, con el ensayo realizado se mostró que después de un periodo de tiempo mantuvo la deformación dentro del rango ± 0.2 milímetros, por otro lado, según **Sherwell (2014)**, en la Universidad Nacional Autónoma (México), en su estudio, disminuye la capacidad de carga para todas las recipientes fortalecidas con fibras prudentes de PET. El incremento en la capacidad de carga para una deformación del 10% a una del 15% de la altura inicialmente del recipiente fue del 53%.

Celi (2021), en ciudad de Ambato (Ecuador), en su trabajo experimental presenta las muestras de suelo de los ensayos Proctor y CBR, se adicionó finos de PET, PP, PE en



porcentajes de 0, 3, 6, 9, 12 y 15. Se analizó las variaciones en los valores de densidad seca máxima, humedad óptima y CBR, encontrando valores óptimos de estabilización para cada muestra de suelo, asimismo según **Carvajal & Garzon (2019)**, en Girardot - Cundinamarca (Colombia), en su investigación encontró que los resultados que fueron obtenidos mediante esta investigación demostró como las fibras PET mejora las propiedades de un suelo areno arcilloso de baja plasticidad dándole a si una resistencia.

A nivel nacional:

Gil & Nuñez (2018), reutilizaron Polietileno Tereftalato (PET), en Trujillo (Perú), para suelo fibro-reforzado fue el porcentaje de adición de fibras de PET reciclado de 20 mm de longitud al 0.3%, 0.6%, 0.9%, 1.2% y 1.5% del peso seco del suelo, elaborándose un total de 54 probetas cilíndricas, para luego evaluar el desempeño físico-mecánico de las diferentes combinaciones, asimismo **Cuipal (2018)**, en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas (Perú), para la investigación utilizó como estabilizador el polímero sintético, realizando 27 ensayos de CBR en porcentajes 3%, 6% y 9% de adición polímero sintético.

Nesterenko (2018), en Lima (Perú), en su investigación, determina los parámetros estructurales correspondientes a muestras de suelo provenientes de obras viales peruanas. Se realizaron ensayos equilibrados con polímeros, razonando que la utilización de polímeros como estabilizadores de suelos demuestra una mejora de sus cualidades físico-mecánicas, mostrando su mejor presentación para suelos peruanos con $IP \geq 9$, por otro lado, según **Vargas (2017)**, en su investigación, en Huancayo (Perú), nos ha demostrado que el tamaño más apropiado y que nos da los mejores beneficios son: el grosor de 1 a 2 mm y la longitud de 30 a 40 mm, más grueso y más largo crea problemas de funcionalidad mientras se hacen los moldes, la fibra no encaja bien en el material granular. Esto entonces da resultados adversos que disminuyen el valor del CBR.



Ramos (2014), en Paucará Huancavelica – Huancayo (Perú), en su investigación, la capacidad portante en términos de CBR para un suelo de baja capacidad portante con presencia de polímeros reciclados PET incrementa porcentualmente en promedio en 26% y la expansión disminuye en promedio en 1.5%, asimismo **Flores (2019)**, en la evaluación de su proyecto, en Chiclayo (Perú), al emplear material PET de 1” al 1.15% añadido al terreno natural para conformar la subrasante se logra disminuir el costo de la capa de base debido a la disminución de espesor, sin embargo, el precio de la capa de subrasante aumenta significativamente debido al incremento de un material adicional, lo cual llega a sobrepasar los costos.

Sinche & Zevallos (2019), en Lima (Perú), en el desarrollo de su investigación encuentra que el ángulo de fricción aumenta solo cuando se adiciona un 2.5% de flake PET a la muestra de suelo, de la misma forma sucede con los resultados de la capacidad portante, por otro lado, según **Quispe & Sañac (2019)**, en Abancay – Apurímac (Perú), en su investigación presenta que con la incorporación de PRT-PET, en una dosificación óptima de incorporación de 5% respecto al peso seco del suelo, se tuvo el más significativo crecimiento del CBR, llegando a mejorar el suelo natural de 3.4% a 7.8% que representa incremento en 129% y en expansión de 1.1% a 0.6% que representa una reducción en 45%, pasando de ser una sub rasante insuficiente a una sub rasante regular.

A nivel local:

Quispe (2014), en Puno (Perú), en su investigación presenta los resultados experimentales de ensayar los suelos de las canteras: Salcedo, Jallihuaya y Cuntur Wasi ubicadas en la Provincia de Puno - Distrito de Puno, estabilizadas con desechos de Policloruro de Vinilo (PVC), suministrado por la E.I.R.L. RESITEC DEL SUR-PUNO, por otro lado, según **Zenteno (2018)**, en Puno (Perú), en su investigación logró determinar que la capacidad portante (CBR) del suelo fino en su estado natural, es decir,



sin adición del estabilizador, fue de 28.91%, al adicionar 2% de PET el suelo en estudio, mejora considerablemente su capacidad de soporte al esfuerzo cortante (CBR).

Pari (2013), en la ciudad de Juliaca – Puno (Perú), en el desarrollo del proyecto determinó que el aditivo de desecho de PVC mejora el CRB de un material granular de tipo subbase a partir del 1.8%, caso en el cual mantiene las propiedades originales, asimismo **Quispe (2016)**, en la evaluación Geológica – Geotécnica, en Puno (Perú), en su trabajo de tesis, para la estructura de la sub base granular, se realizaron diseños de mezclas de suelos de las siguientes canteras: ligante Jallihuaya (40%) y hormigón del río Cutimbo (60%), en proporciones que indique el laboratorio de suelos y en cumplimiento con las especificaciones técnicas ASTM, MTC.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. El suelo

2.2.1.1. Definición del suelo

El suelo se define o se caracteriza como todo el espesor del casco del mundo, donde se realizan obras comunes y cuyas propiedades físico-compuestas y mecánicas son de interés a la hora del desarrollo. Para el objetivo final del diseño, el suelo se caracteriza como el total no cementado de granos minerales y materia natural deteriorada (partículas fuertes) con fluido y gas en los huecos entre las partículas fuertes. El suelo se utiliza como material de desarrollo en diferentes empresas de diseño estructural y con establecimientos primarios. En consecuencia, los diseñadores respetuosos deben concentrarse en las propiedades del suelo, por ejemplo, el comienzo, la difusión del tamaño del grano, el límite de desperdicio de agua, la presión, la resistencia al corte y el límite de carga (M. Das, 2015).



El suelo de convicción normal es un total de partículas naturales e inorgánicas, no expuestas a ninguna asociación positiva y propiedades que cambian "vectorialmente". En el curso ascendente sus propiedades cambian en su mayor parte considerablemente más rápido que en el porte uniforme. El suelo tiene un perfil, y esta es una realidad de la que se hace abundante aplicación Juárez & Rico (2005).

"Suelo" es un término utilizado por varios profesores. La traducción fluctúa según lo indicado por sus ventajas individuales, para el Agrónomo, por ejemplo, la palabra se aplica a la pieza poco profunda de la cubierta equipada para soportar la vegetación, siendo esta comprensión excesivamente limitada para el Ingeniero. Para el Geólogo es material completamente soportado donde se encuentra actualmente y con sustancia de materia natural cerca de la superficie. La palabra Suelo representa una amplia gama de materiales naturales, desde el relleno de escombros hasta las areniscas algo solidificadas o los delicados esquistos. El contenido de agua desempeña un papel tan importante en el comportamiento mecánico de la tierra que debe considerarse como una parte vital de la misma Juárez & Rico (2005).

2.2.1.2. Mecánica de Suelos

La mecánica es la parte de la ciencia actual que se ocupa de la actividad de las fuerzas sobre los cuerpos. Asimismo, la Mecánica del Suelo es la parte de la Mecánica que se ocupa de la actividad de las fuerzas sobre la masa de los suelos. El Dr. Karl Terzaghi caracterizó la Mecánica de Suelos como el uso de las leyes de la Mecánica y la Hidráulica para el diseño de problemas de gestión de limos y otras colecciones no consolidadas de partículas fuertes, resultado del desmoronamiento compuesto y mecánico de las rocas. Últimamente se han integrado las expresiones "Geotecnia" e "Ingeniería Geotécnica" al fraseo de suelos, que se aplican normalmente como prueba de que se están

considerando las normas y el uso de la Mecánica de Suelos, la Geología y la Mecánica de Rocas Crespo (2004).

2.2.1.3. Identificación de los Suelos

La cuestión de la prueba de reconocimiento del suelo es de importancia central en el diseño; distinguir un suelo es, hablando estrictamente, agruparlo dentro de un marco de orden pasado. En el caso particular de este trabajo, es ponerlo en una de las agrupaciones referenciadas dentro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos; claramente en la agrupación que se le compara por sus atributos. La prueba reconocible permite conocer, de forma subjetiva, las propiedades mecánicas e hídricas de la tierra, acreditando las del conjunto en el que se coloca; normalmente, como se ha referenciado, la experiencia asume una parte significativa en la utilidad que puede obtenerse del orden Juárez & Rico (2005).

Para cada uno de los espacios del suelo tiene diferentes propiedades físicas y químicas, lo que se manifiesta en su aspecto.

Al conjunto de horizontes de un suelo se le llama perfil, donde el contorno de un suelo se puede observar en un corte de carreteras o en una barranca, se muestra en la

Figura 1:

Horizonte A: capa superior, más oscura y fértil, con más raíces. Es la capa arable del suelo.

Horizonte B: capa más arcillosa, menos fértil y con menos raíces.

Horizonte C: capa más profunda. Prácticamente sin raíces.

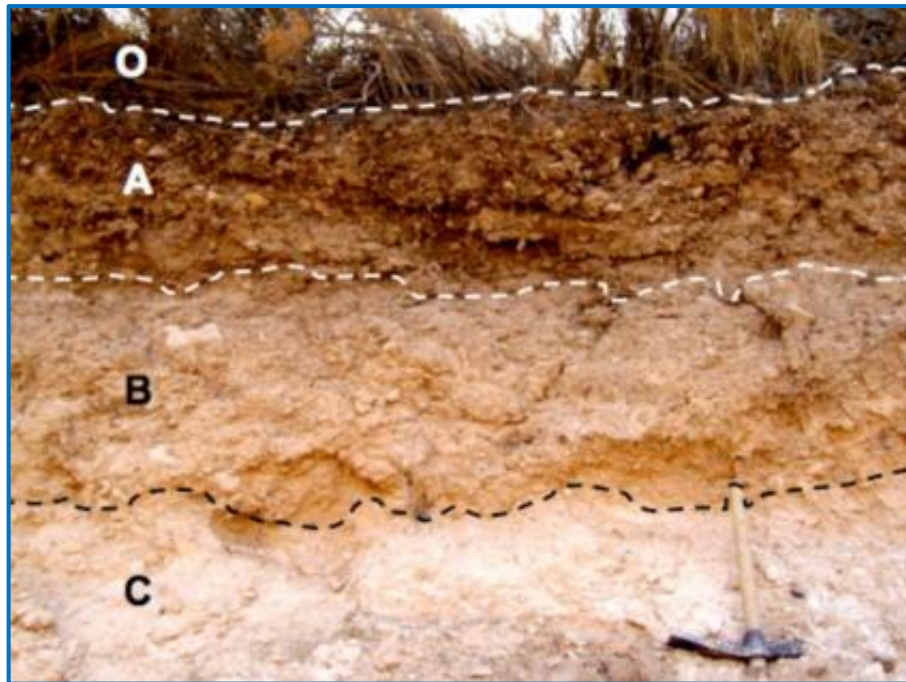


Figura 1. Composición del suelo

Fuente: (Achiacchio, 2015)

2.2.1.4. Clasificación de suelos

Los suelos con propiedades comparables pueden caracterizarse en grupos y subgrupos en función de sus atributos mecánicos y de su forma de comportamiento. Los marcos de agrupación ofrecen un lenguaje típico para comunicar de forma sucinta las cualidades generales de los suelos, que cambian constantemente, sin necesidad de una descripción detallada. En la actualidad, para el diseño de aplicaciones se suelen utilizar dos elaborados marcos de agrupación que utilizan el transporte del tamaño del grano y la flexibilidad de los suelos. Se trata de American Association of State Highway Officials (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. En Estados Unidos, el marco de la AASHTO es utilizado fundamentalmente por las divisiones de carreteras estatales y de distrito, mientras que los diseños geotécnicos suelen utilizar el Sistema Unificado. En esta sección nos familiarizaremos con la estrategia de agrupación de la tierra utilizando los sistemas AASHTO y Unificado (M. Das, 2015).



- **Sistema de clasificación AASHTO**

El marco de agrupación de la AASHTO utilizado hasta ahora se muestra en la (Tabla 1). Según este marco, los suelos se ordenan en siete agrupaciones fundamentales: A-1 a A-7. Los suelos caracterizados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, en los que el 35% o menos de las partículas pasan por el tamiz N° 200. Los suelos en los que más del 35% pasa por el tamiz N° 200 se caracterizan en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Estos son básicamente materiales de tipo residuo y tierra (M. Das, 2015). El marco de ordenación depende de las normas adjuntas:

1. **Tamaño de grano**

Roca: división que pasa el colador de 75 mm y se mantiene en el colador n° 10 (2 mm). **Arena:** porción que pasa el colador N° 10 (2 mm) y se mantiene en el colador N° 200 (0,075 mm).

Limo y arcilla: porción que pasa el tamiz N° 200.

2. **Plasticidad:** el término limoso se aplica cuando las partes finas de la tierra tienen un registro de versatilidad de 10 o menos. El término arcilloso se aplica cuando las divisiones finas tienen un archivo de plasticidad de al menos 11.
3. En el caso de que se encuentren **pedras y guijarros** (tamaño superior a 75 mm), se excluyen del trozo del ejemplo de tierra sobre el que se realizó la caracterización. No obstante, se registra el nivel de este tipo de material.

Para caracterizar una suciedad como se indica en la **Tabla 1**, la información de la prueba se aplica de izquierda a derecha. Por interacción de la disposición, la reunión inicial de la izquierda en la que encaja la información de la prueba es la caracterización de la derecha (M. Das, 2015).

Tabla 1. Clasificación de materiales de carreteras subrasantes

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)				
	A-4		A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Grupo de clasificación	A-4		A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)					
Núm. 10					
Núm. 40					
Núm. 200	36 mín.		36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40					
Límite líquido	40 máx.		41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.		10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos			Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo				

*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$

†Para A-7-6, $PI > LL - 30$

Fuente: (M. Das, 2015)

La **Figura 2** muestra un diagrama de la lista de alcance del límite líquido y el índice de plasticidad de los suelos que se fragmentan en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7. Para la evaluación de la naturaleza de un suelo como material de subrasante de una calle, se integra igualmente en las agrupaciones y subgrupos de suelos un número denominado lista de índice de grupo (IG). Este número se escribe entre paréntesis después de la asignación del grupo o subgrupo (M. Das, 2015).

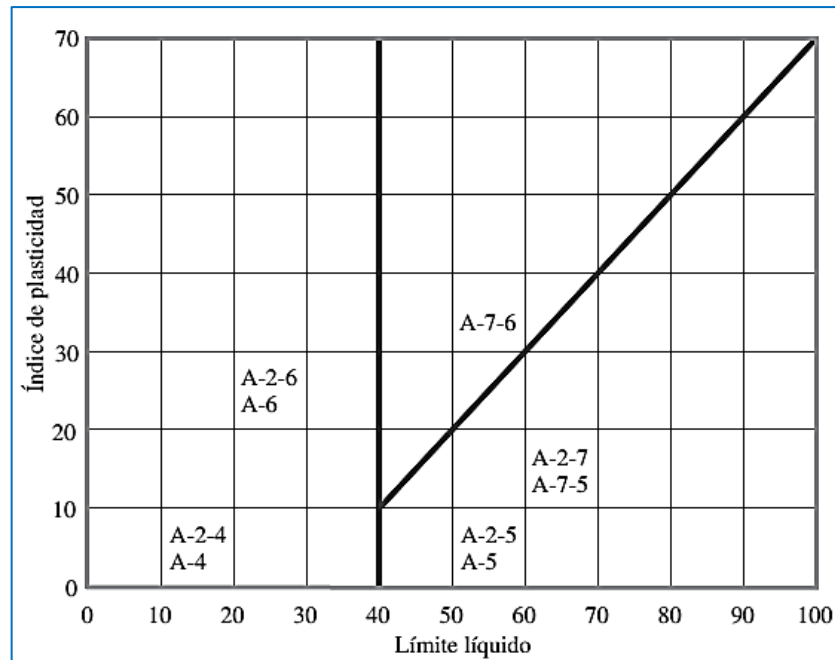


Figura 2. Rango del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7

Fuente: (M. Das, 2015)

El índice de grupo está dado por la siguiente ecuación, según (M. Das, 2015):

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.1(F - 15)(PI - 10)$$

Donde:

F=porcentaje pasado por el tamiz N° 200

LL=límite líquido

PI=índice de plasticidad

El primer término de la ecuación, es decir $(F-35) [0.2+0.005(LL-40)]$, es el índice de grupo parcial determinado por el límite líquido.

El segundo término, $0.01 (F-15) (PI-10)$, es el índice de grupo parcial determinado a partir del índice de plasticidad.

Asimismo, se muestran algunas reglas para la determinación del índice de grupo:

1. En el caso de que la condición dé un incentivo negativo para GI, se toma como 0.
2. El índice de acopiada determinado a partir de la ecuación se ajusta al número entero más cercano (por ejemplo, GI=3,4 se ajusta a 3; GI=3,5 se ajusta a 4).



3. No puede haber un límite máximo para el índice de grupo.
4. El registro de recolección de los suelos que tienen un lugar con los racimos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 y A-3 es, con seguridad, 0.
5. Al elaborar el registro de recogida de los suelos que tienen un lugar con parte A-2-6 y A-2-7, utilice el índice de grupo parcial para PI, o

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

Como regla general, la naturaleza de la presentación de un suelo como material de subrasante es inversamente relativa al archivo de recolección.

- **Sistema unificado de clasificación de suelo**

Como se ha referenciado, este marco depende del marco del Aeropuerto, hasta el punto de que puede decirse que es algo similar con ligeras modificaciones. El marco abarca los suelos gruesos y los finos, reconociendo ambos mediante el cribado a través del entramado 200; las partículas gruesas son más grandes que la sección transversal 200 y las finas son más modestas. Se considera que una tierra es gruesa si más de la mitad de sus partículas son gruesas, y fina si la mayor parte de sus partículas, en peso, son finas (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005).

Según M. Das (2015) el Sistema Unificado de Clasificación se presenta en la **Tabla 2** y clasifica los suelos en dos grandes categorías:

1. Suelos de grano grueso que son gravosos y arenosos en su estado regular con menos de la mitad pasando por el tamiz N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de G o S. La G es para los suelos de grava o cascajosos, y la S para los suelos de arena o arenosos.
2. Suelos de grano fino con la mitad o seriamente pasando el tamiz N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con el prefijo M, que es inseparable de los residuos inorgánicos,



C para los lodos inorgánicos, y O para los sedimentos y suciedades naturales. La imagen Pt se utiliza para la turba, los sedimentos y otros suelos profundamente naturales.

Los símbolos que se utilizan también para la clasificación son:

- *W: Bien clasificado.*
- *P: Mal clasificado.*
- *L: Baja plasticidad (límite líquido menor de 50).*
- *H: Alta plasticidad (límite líquido mayor de 50).*

Tabla 2. Sistema unificado de clasificación de suelo (basado en el material que pasa por el tamiz núm. 75)

Criterio para la asignación de símbolos de grupo		Símbolos de grupo
Gravas Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias Menos de 5% finos ^a	GW GP
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 4	Gravas con finos Más de 12% finos ^{a,d}	GM GC
Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias Menos de 5% finos ^b Arenas con finos Más de 12% finos ^{b,d}	SW SP SM SC
Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánico	CL ML
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Orgánico	OL
Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Inorgánico	CH MH
	Orgánico	OH
Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico	Pt

^aGravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

^bArenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

$${}^c C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

^dSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

^eSi $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

Fuente: (M. Das, 2015)

Para la clasificación adecuada de acuerdo con este sistema, una parte o toda la siguiente información debe conocerse:

1. Porcentaje de grava, esto es, la porción que pasa el tamiz de 76.2 mm y retenida en el tamiz N° 4 (4.75 mm de apertura)
2. El porcentaje de arena, es decir, la porción que pasa el tamiz N° 4 (4.75 mm de apertura) y es retenida en el tamiz núm. 200 (0.075 mm de apertura)
3. El porcentaje de limo y arcilla, esto es, la porción más fina que el tamiz N° 200 (0.075 mm de apertura)
4. El coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de gradación (Cc)
5. El límite líquido y el índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa el tamiz N° 40

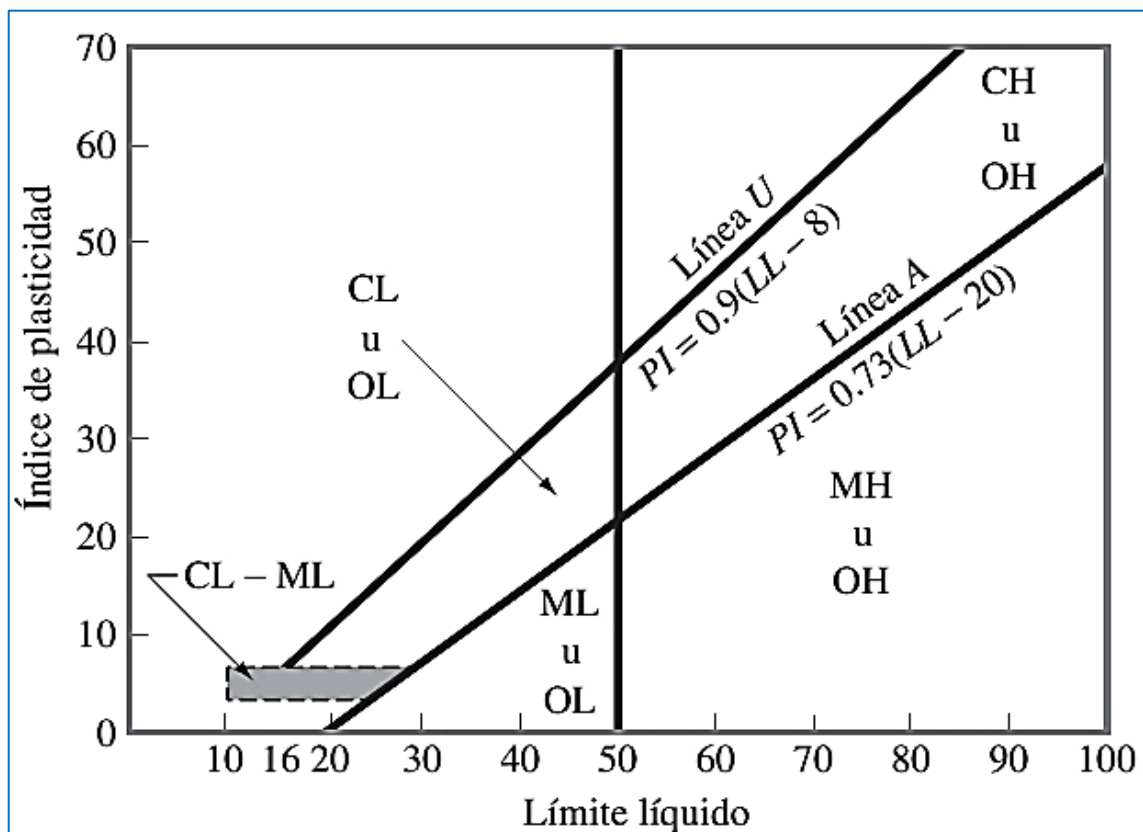


Figura 3. Gráfica de plasticidad

Fuente: (M. Das, 2015)



Según (M. Das, 2015), los símbolos de los grupos de los suelos de grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM y GP-GC. De la misma manera, los símbolos de grupos de los suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML y Pt.

Los nombres de los grupos de los distintos suelos clasificados bajo el Sistema de Clasificación Unificado se pueden determinar usando las **Figuras 3, 4, 5 y 6**. Al usar estas figuras, hay que recordar que en un suelo dado:

- Fracción fina = % que pasa el tamiz N° 200.
- Fracción gruesa = % retenido en el tamiz N° 200
- Fracción grava = % retenido en el tamiz N° 4
- Fracción arena = (% retenido en el tamiz N° 200), (% retenido en el tamiz N° 4).

La siguiente **Figura 4** es el diagrama de flujo para los nombres de los grupos de grava y arena del suelo.

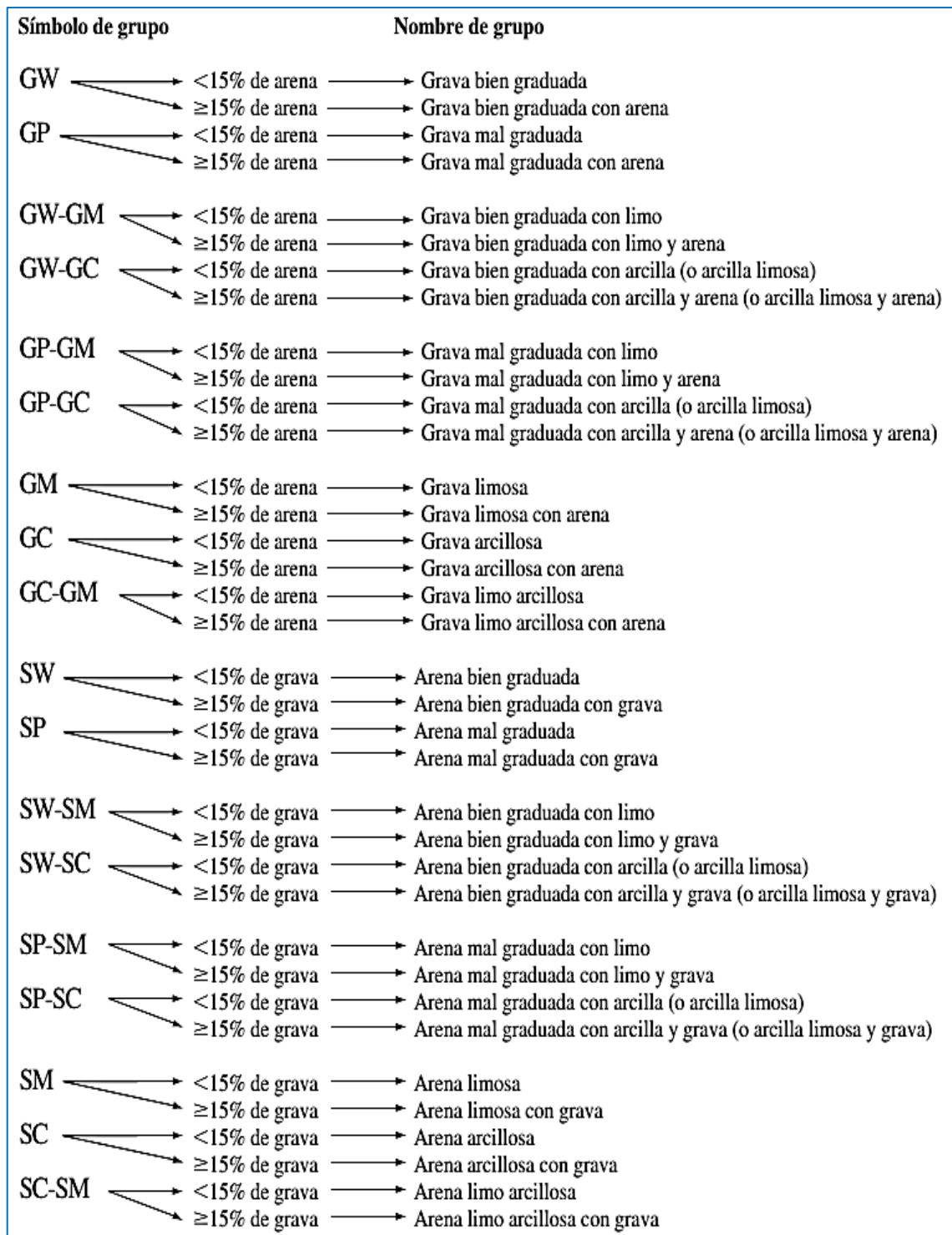


Figura 4. Diagrama de flujo para los nombres de los grupos de grava y arena del suelo

Fuente: (M. Das, 2015)

La siguiente figura es de diagrama de flujo de nombres de los grupos para limo inorgánico y suelos arcillosos.

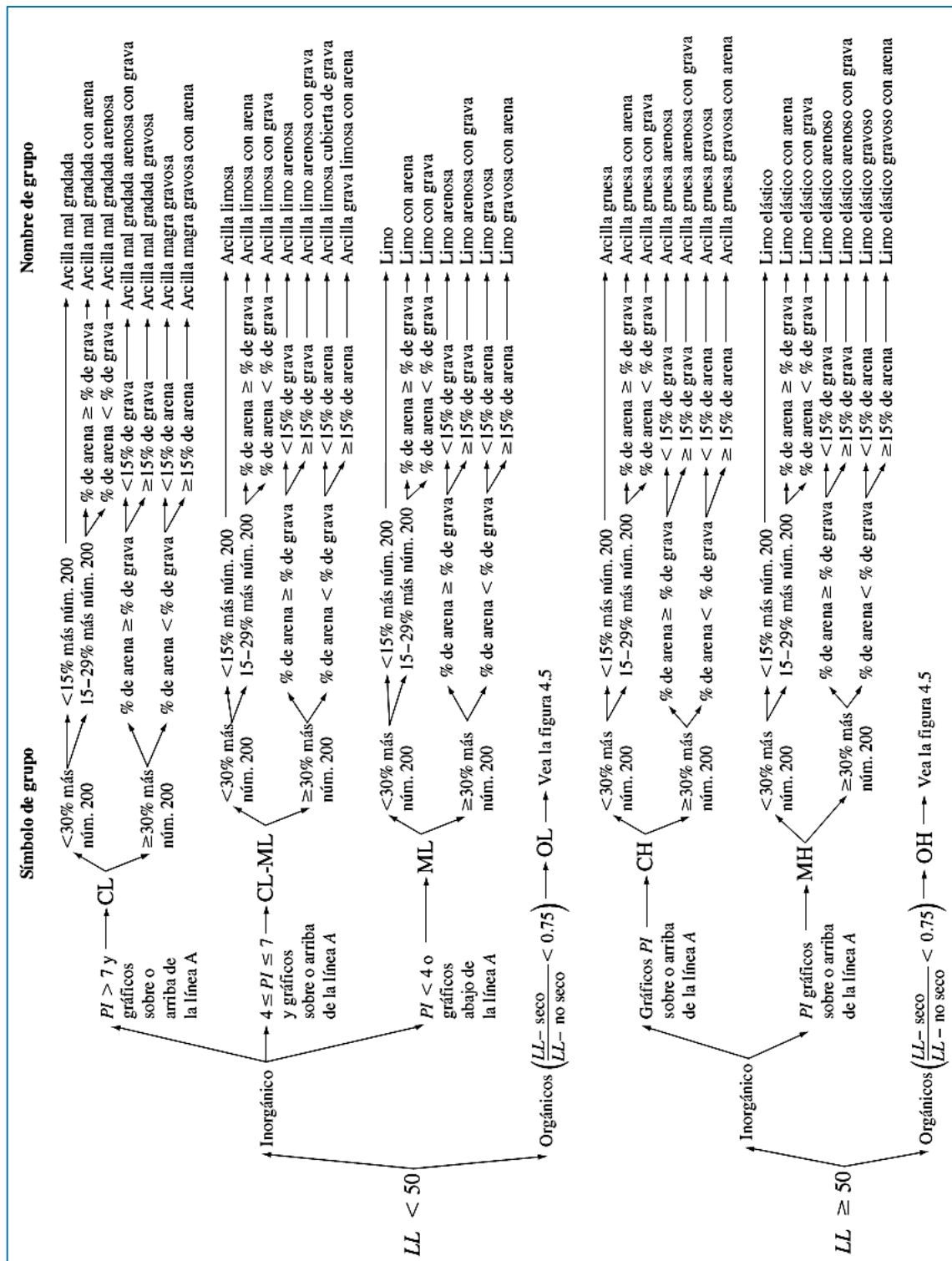


Figura 5. Diagrama de flujo de nombres de los grupos para limo inorgánico y suelos arcillosos

Fuente: (M. Das, 2015)

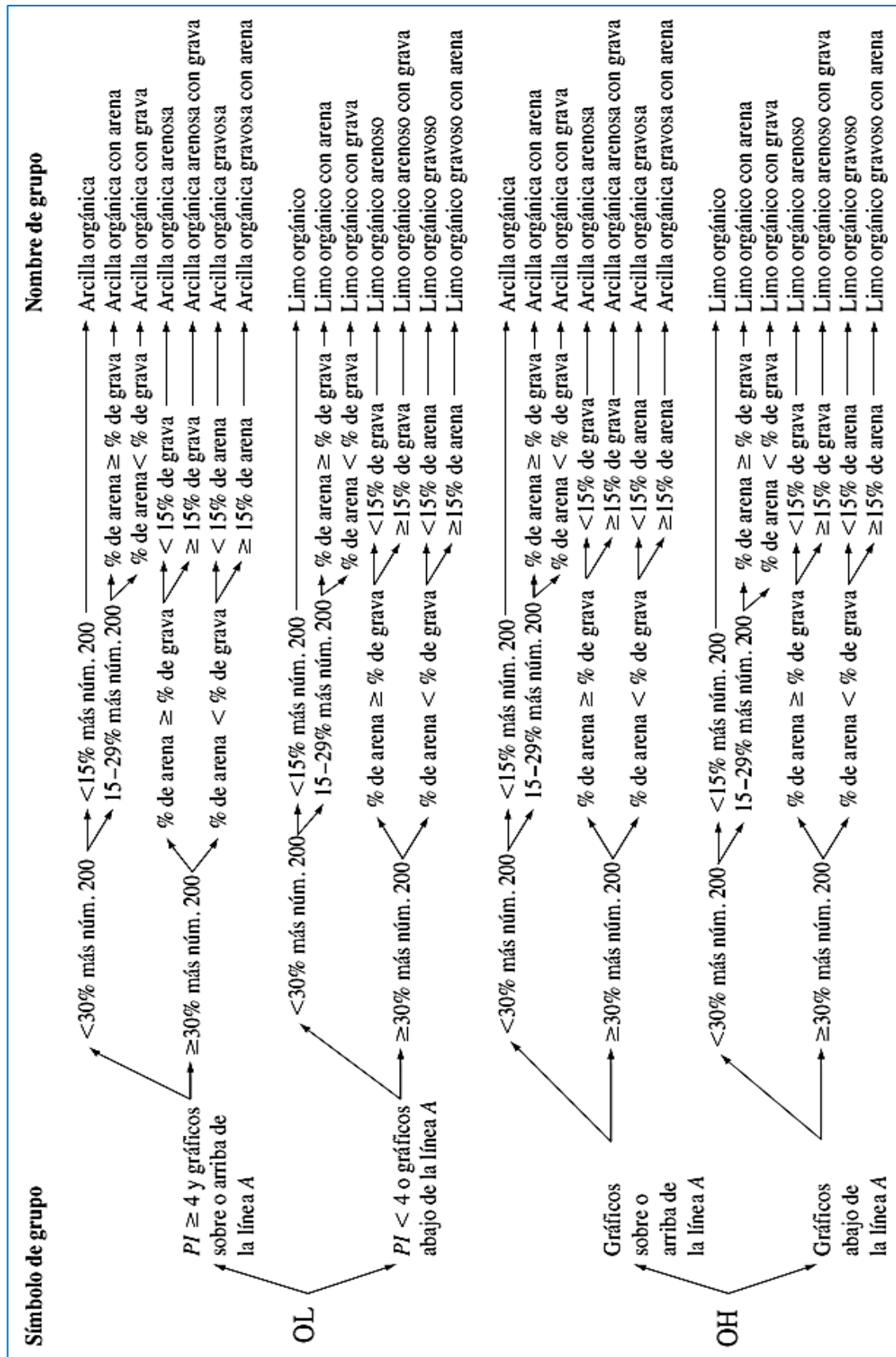


Figura 6. Diagrama de flujo de nombres de los grupos para limoso orgánico y suelos arcillosos

Fuente: (M. Das, 2015)

2.2.2. Suelos granulares

Los suelos granulares usualmente, son producidos por erosión física y a menudo, tienen la misma composición geológica que la roca madre, siendo su propiedad más significativa la distribución granulométrica.

Los materiales granulares asumen un papel importante en las calles ya que son responsables de enviar cada uno de los montones o tensiones creadas por la capa superficial de la calle a la superficie de la calle, y eso implica que está expuesta a desfiguraciones súper duraderas y de larga duración. En consecuencia, es imprescindible reconocer y examinar las cualidades mecánicas del material granular. A continuación, se exponen las bases de información importantes y una progresión de los modelos de previsión y una progresión de modelos prescientes para la comprensión del proyecto de exploración.

La **Tabla 3** nos muestra la diferencia de suelos granulares y finos.

Tabla 3. Diferencias dentro de los suelos de grano fino

Factor	Limos	Arcillas
Origen	Erosión física (igual composición que la roca madre)	Erosión química (distinta composición que la roca madre)
Forma	Sólido tridimensional	Placas planas
Resistencia en estado seco	Baja a media	Alta o muy alta
Permeabilidad	Alta	Baja
Plasticidad	No presentan	En estado húmedo solamente
Dispersión	Menor tiempo	Mayor tiempo

Fuente: (INACAP, 2014)

2.2.3. Capacidad portante del suelo

2.2.3.1. Definición de la capacidad portante

En realidad, la capacidad portante es el límite de rodamiento es la tensión de contacto típica más extrema entre el establecimiento y la tierra con el objetivo de que no se produzca una decepción por cizallamiento de la tierra o un asentamiento diferencial innecesario. En conclusión, la capacidad portante es la resistencia que tiene un suelo para soportar las cargas que serán transmitidas ya sea por una cimentación y/o por los neumáticos de los vehículos, con el fin de resistir el esfuerzo cortante y asentamientos.

La capacidad portante de una subrasante se precisa como la carga que este es capaz de aguantar sin que se ocasionen asientos enormes. El indicador para medir es el índice CBR (Ramos Hinojosa, 2014). Por otro lado, se tiene que la subrasante debe tener la capacidad de soportar a los cientos transmitidos por la forma del pavimento. La capacidad portante es una característica del tipo de suelo, la calidad de compactación y su contenido de humedad material (Quispe Condori, 2016).

Según (M. Das, 2015), la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales se analizó. Según las ecuaciones de Terzaghi:

Para cimentaciones superficiales cuadradas:

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

Para cimentaciones superficiales circulares:

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.3\gamma BN_\gamma$$

La ecuación general de la capacidad de carga:

$$q_u = c'N_c F_{cs} F_{cd} + qN_q F_{qs} F_{qd} + \frac{1}{2} \gamma BN_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d}$$

La capacidad de soporte de carga ultima también se puede expresar:

$$q_u = c'N_c * + qN_q * + \gamma BN_\gamma *$$

Donde, N_c^* , N_q^* y N_γ^* son factores de la capacidad de carga incluyen factores de profundidad.

$$q_u = q_p = c'N_c^* + qN_q^* + \gamma DN_\gamma^*$$

La capacidad de punta de los pilotes:

$$Q_p = A_p q_p = A_p (c'N_c^* + q'N_q^*)$$

Donde:

A_p = área de la punta del pilote

C' = cohesión del suelo que soporta la punta del pilote

q_p = resistencia unitaria de punta

q' = esfuerzo vertical efectivo al nivel de la punta del pilote

N_c^* , N_q^* = factores de capacidad de carga

Carga permisible (Q_{perm})

$$Q_{perm} = \frac{Q_u}{FS}$$

Donde:

Q_{perm} = capacidad de soporte de carga permisible para cada pilote

FS = factor de seguridad

2.2.3.2. Mejoramiento de la capacidad portante del terreno normal y/o natural

La solidez de la geomalla permite que las cargas aplicadas se distribuyan en una región más amplia, disminuyendo los esfuerzos cortantes y verticales en el suelo normal. Fundamentalmente, el plano de la estructura asfáltica se traslada de un material no especializado (blando) a materiales con mejor comportamiento estructural como la base/subbase (MTC, 2013).

2.2.4. Elemento estructural de un pavimento



2.2.4.1. Pavimento

Es la estructura de las vías terrestres, hecha por una o más capas de materiales de concreto y/o asfalto, situados sobre el terreno apto, que tiene como función el permitir la circulación de vehículos.

El término pavimento indica a la disposición de capas de recubrimiento uniforme que en realidad están planificadas con materiales adecuados y debidamente compactados, que reciben directamente los montones creados por el tráfico de vehículos y los envían a las capas inferiores de forma, relativa consiguiendo una superficie de apoyo uniforme.

Según el tipo de superficie de la calle, que puede ser de hormigón impulsado por el agua, componentes sustanciales pre-creados que deben trabajar con precisión y eficacia. Las circunstancias esenciales para una actividad satisfactoria son las siguientes: anchura, línea plana y vertical, protección suficiente para ayudar a los montones de los vehículos a mantenerse alejados de las decepciones y roturas, además de tener el contacto y la adherencia entre los neumáticos del vehículo y la capa exterior de la calle en cada una de las circunstancias climáticas. Además, debe resistir las cargas de los distintos tipos de tráfico que circularán por ella, a los impactos del clima y del agua, así como tener una variedad y una superficie adecuadas (Luque Mojica, 2013).

Los elementos estructurales de un pavimento, se presentan de la siguiente forma:

- **Sub rasante**

Esta capa es la más extendida, está formada por el suelo normal o por material de relleno; en caso de que el cálculo requiera un corte, la capa debe ser compactada; y en caso de terraplén, podemos utilizar el material procedente del corte o material de mejor calidad, pero con una compactación satisfactoria (Bonilla Ureña, y otros, 2017).

- **Sub base**



Se trata de una capa de materiales pedregosos, de buen grado, basada en la subrasante. Esta capa, similar a la anterior, debe ajustarse a los requisitos previos de compactación y calidad; la que subyace a la base, de vez en cuando, relativa al modelo en asfaltos adaptables. Regularmente, la subbase se construye para cumplir con espesores menores de la capa base. A causa de los asfaltos sustanciales, a menudo resulta atractivo poner una capa de subbase cuando los detalles del asfalto son realmente agotadores (Bonilla Ureña, y otros, 2017). Por otro también tenemos que, las losas de mortero deben ser vertidos y/o vaciados sobre un material de subbase, ejecutado con un material y espesor caracterizado en el proyecto, que no debe presentar desarrollo ni ser bombeable, garantizando una ayuda uniforme de las losas de forma consistente (Duarte, 2012).

- **Base**

Constituye la capa intermedia entre la capa portante y la subbase. Se utiliza en general en los asfaltos adaptables y está hecha de materiales pétreos con una gran granulometría. Esta capa disminuye los espesores de la carpeta y los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores. Asimismo, reduce el agua atrapada en el interior de la masa asfáltica (Bonilla Ureña, y otros, 2017).

Donde tenemos las características estructurales, y propiedades típicas de pavimentos, se aprecian en la **Figura 7**:

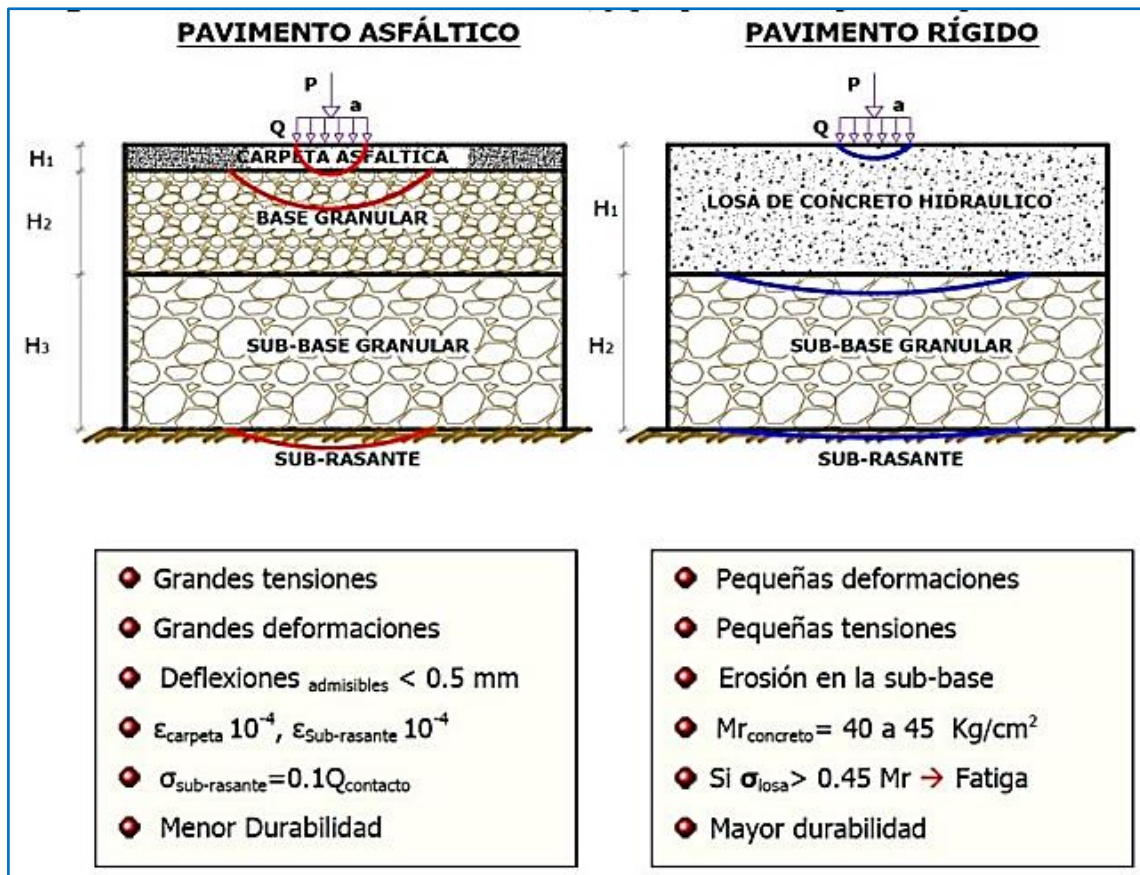


Figura 7. Características estructurales, y propiedades típicas de pavimentos.

Fuente: (Alcalá Briceño & Morales Puerta, 2017)

2.2.4.2. Tipos de pavimentos

Los tipos de pavimentos que generalmente se construyen en nuestro país como carreteras, vías urbanas y caminos, son los siguientes:

- **Pavimento rígido**

Son aquellos que se componen fundamentalmente de una pieza sustancial impulsada por presión, sostenida sobre la subrasante o sobre una capa de material elegido, que se conoce como la subbase del asfalto sin doblar. Debido a la gran solidez del hormigón a presión, así como a su alto coeficiente de flexibilidad, la dispersión de tensiones se produce en una región excepcionalmente amplia. Además, dado que el hormigón es apto para oponerse a cargas parcialmente trazables, la exposición de un

asfalto sin flexión es adecuadamente aceptable, en cualquier caso, cuando hay regiones sin potencia en la subrasante. El límite primario de un asfalto inflexible depende de la resistencia de los trozos y, en consecuencia, la ayuda de las capas ocultas tiene poco efecto en el plan del espesor del pavimento, se muestran en la **Figura 8**.

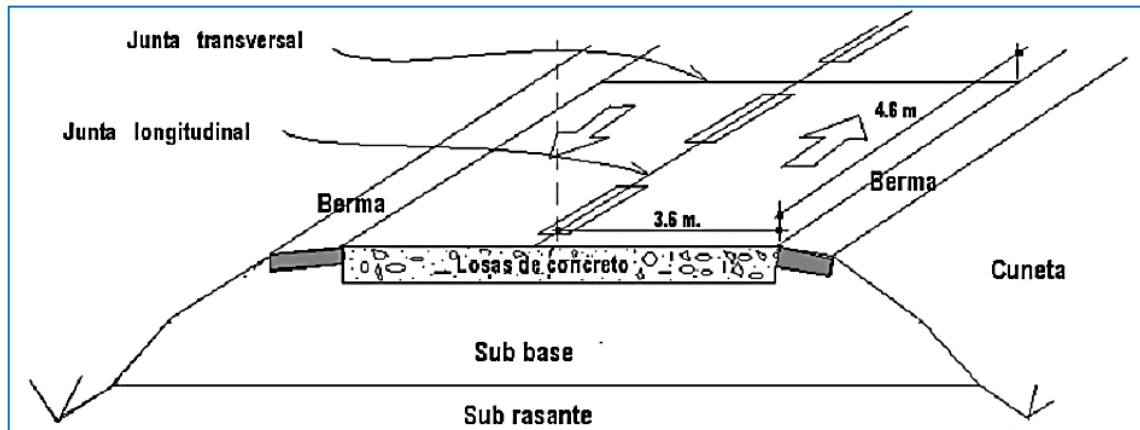


Figura 8. Estructura típica de un pavimento rígido

Fuente: (Monsalve *et al*, 2012)

- **Pavimento flexible**

Por regla general, constan de una ligera capa de combinación de negro sobre una capa de base y una capa de subbase, que normalmente son de material granular. Estas capas se asientan sobre una capa de suelo compactado, denominada subrasante.

Este tipo de asfalto se compone de una capa bituminosa comúnmente sostenida sobre dos capas no flexionadas, la base y la subbase. Sea como fuere, cualquiera de estas capas puede prescindir de ellas en función de las necesidades específicas de cada obra, las características del pavimento flexible se muestran en la **Figura 9**.

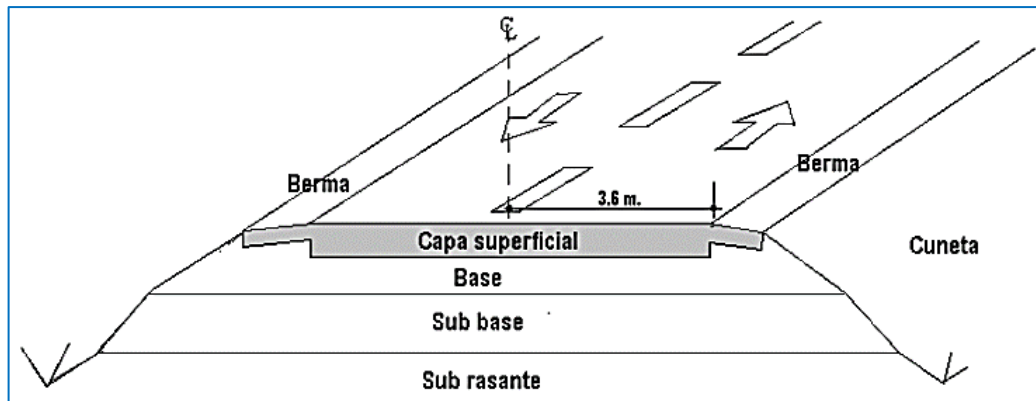


Figura 9. Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible)

Fuente: (Monsalve Escobar, Giraldo Vasquez, & Maya Gaviria, 2012)

- **Pavimento articulado**

Los asfaltos enunciados se componen de una capa de rodadura formada por bloques sustanciales preensamblados, llamados adoquines, de espesor uniforme, que pueden colocarse sobre una fina capa de arena, que a su vez descansa sobre una capa de base granular, o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la naturaleza de la subrasante y de la extensión y recurrencia de los montones que fluyen sobre el asfalto (Mora Cano & Arguelles Saenz, 2015), se muestran en la **Figura 10**.

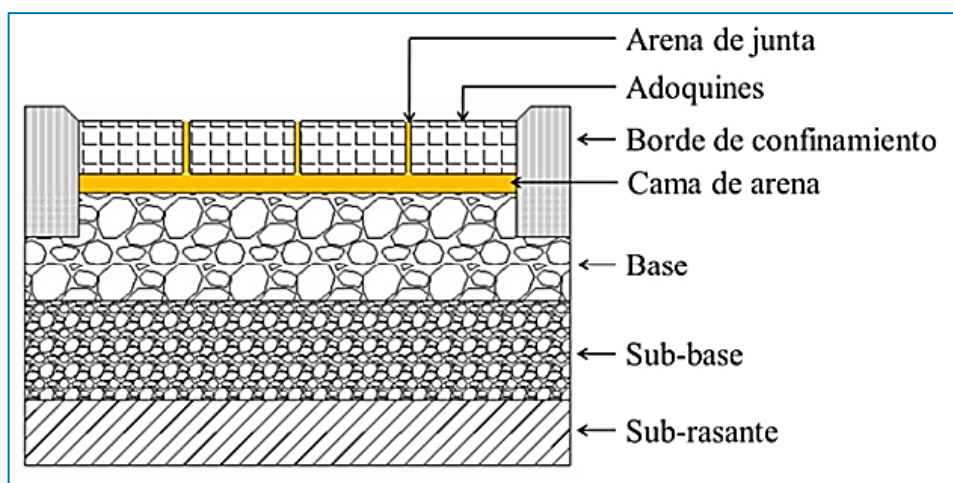


Figura 10. Elementos estructurales de un pavimento de adoquines

Fuente: (Bahamondes, 2013)

2.2.5. Vías urbanas



Las vías metropolitanas son las que conectan eficazmente las distintas zonas de la ciudad, articulándola de forma homogénea con las calles públicas y locales de unión, y están planificadas para canalizar las progresiones del vehículo metropolitano, por otro lado, según (MTC, Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, 2006) las carreteras metropolitanas son corredores o vías que conforman una comunidad de población, que no forman parte del Sistema Nacional de Carreteras y que se gestionan por mandato del gobierno del barrio.

2.2.5.1. Clasificación de las Vías Urbanas

Según, (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2004), el sistema de clasificación diseñado es adaptable a todo tipo de vías públicas urbanas, ya sean calles, jirones, avenidas, alamedas, plazas, malecones, paseos, destinados al tráfico de vehículos, personas y/o mercaderías; habiéndose considerado los siguientes criterios:

- Actividad de la organización de la vía.
- Tipo de tráfico.
- Uso del suelo cercano (admisión de parcelas urbanizadas y avance de fundaciones empresariales).
- Separación (teniendo en cuenta la red de calles en su conjunto).
- Nivel de administración y ejecución funcional.
- Atributos reales.
- Similitud con el sistema de clasificaciones existentes.

La clasificación asumida considera cuatro clases de vías: vías expresas, vías arteriales, vías colectoras y vías locales. Existe además una clase extra denominada "calles y/o vías especiales", que incorpora aquellas calles que, por sus particularidades, no pueden ser absorbidas por las clases principales. La caracterización de una calle, al



estar vinculada a su utilidad y a la función que suele desempeñar en la organización de las calles metropolitanas, sugiere por sí misma el establecimiento de límites importantes para el diseño como son:

- Velocidad de diseño.
- Cualidades fundamentales de la corriente que las recorrerá.
- Control de accesos y relaciones con las diferentes calles.
- Número de vías.
- Administración a la propiedad colindante.
- Similitud con el transporte público.
- Facilidades de paradero, apilamiento y vertido de mercancías.

La **Tabla 4** presenta resumidamente las clases primordiales y los parámetros de diseño anteriormente citados:

Tabla 4. Parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas

ATRIBUTO S Y RESTRICCI ONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Diseño	Entre 80 y 100 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
Características del flujo	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es ininterrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
Control de Accesos y Relación con otras vías	Control total de los accesos. Los cruces peatonales y vehiculares se realizan a desnivel o con intercambios especialmente diseñados. Se conectan solo con otras vías expresas o vías arteriales en puntos distantes y mediante enlaces. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el Área Central de la ciudad, a través de vías auxiliares	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizados. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Eventual uso de pasos a desnivel y/o intercambios. Las intersecciones a nivel con otras vías arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y considerarán carriles adicionales para volteo.	Incluyen intersecciones semaforizadas en cruces con vías arteriales y solo señalizadas en los cruces con otras vías colectoras o vías locales. Reciben soluciones especiales para los cruces donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.
Número de carriles	Bidireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
Servicio a propiedades adyacentes	Vías auxiliares laterales	Deberán contar preferentemente con vías de servicio laterales.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio generado.
Servicio de Transporte público	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en " Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado debe desarrollarse por buses, referentemente en "Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se da generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido

Fuente: (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2004)



2.2.6. Polietileno tereftalato (PET)

2.2.6.1. Definición

Es un polímero no sostenible, procedente del petróleo y manipulado con antimonio para obtener PET (Tereftalato de Polietileno) en pequeñas partículas. El PET es un material difícil de degradar, requiere alrededor de 700 años para degradarse debido a que los microorganismos no tienen instrumentos para ir tras él, no es hasta ese momento que las conexiones sintéticas entre las moléculas del plástico comienzan a desintegrarse. En el Perú, según la asociación Manos Productivas - Villa El Salvador, se generan alrededor de 140.000 kilogramos de jarras de plástico como residuo cada día, esta suma corresponde a múltiples millones de envases que se desechan ampliamente (Ramos Hinojosa, 2014).

El tereftalato de polietileno, más conocido por su abreviatura (PET), es un polímero plástico que ocupa un lugar en el conjunto de materiales manufacturados conocidos como poliésteres. Se compone principalmente de un 64% de petróleo, un 23% de fluidos subsidiarios del gas de petróleo y un 13% de aire. Una parte de las motivaciones detrás de por qué este material es más ejecutado en la producción de bultos de plástico son: Es el material de envasado más reutilizado del planeta. Es un material termoplástico, ya que sus propiedades le permiten ajustarse a todas las formas y tamaños de envases, cambiándolo por varios ciclos (Arbeláez Varón & Góngora Plazas, 2019).

El Tereftalato de Polietileno es un polímero plástico directo. Es increíblemente extremo, seguro contra el desgaste, correspondientemente estable, seguro sintético y tiene grandes propiedades dieléctricas. Proporciona una alta protección contra la descomposición de la influencia y la rigidez. El PET es un plástico excelente que se distingue por la principal, o la abreviatura PET, englobada por tres pernos en la parte inferior de los soportes producidos con este material, como indica el marco de prueba

reconocible de la SPI (Sociedad de Industrias del Plástico). Es resistente al calor y absorbe poca cantidad de agua. Su punto de fusión es alto (Muñoz Pérez, 2012), el símbolo que representa PET se puede apreciar en la siguiente **Figura 11**:



Figura 11. Las botellas plásticas de bebidas y algunos envases de productos alimenticios son de PET (no las tapas).

Fuente: (Muñoz Pérez, 2012)

2.2.6.2. Propiedades y características

El PET en general se caracteriza por su gran inmaculabilidad, alta resistencia y durabilidad. Como indica su dirección, tiene propiedades de rectitud y obstrucción sintética. Hay varios grados de PET, que se separan por su peso subatómico y su cristalinidad. Los de menor peso subatómico se denominan grado fibra, los de peso atómico medio se denominan grado película y los de mayor peso atómico se denominan grado diseño. Este polímero no se extiende y no es impactado por ácidos o gases barométricos, es impermeable al calor y retiene poca agua, áreas serias de fuerza para estructuras hebras adaptables, así como películas. Tiene un alto punto de licuación, que funciona con el prensado, y es impermeable a ir tras las polillas, microbios y organismos (Ojeda, 2011).

Las propiedades físicas del PET y su capacidad para cumplir con diferentes determinaciones especializadas han sido las motivaciones por las que el material ha



logrado una mejora significativa en el desarrollo de un gran número de compartimentos, particularmente en la creación de botellas de refresco y agua (Muñoz Pérez, 2012).

El PET presenta las siguientes propiedades, según (Muñoz Pérez, 2012):

- Conducta aceptable frente a cargas super duraderas.
- Alta protección contra el desgaste y la corrosión.
- Gran coeficiente de deslizamiento.
- Grandes propiedades de calentamiento.
- Completamente reciclable.
- Peso ligero.
- Alta resistencia y firmeza.
- Gran obstrucción al arrastre.
- Alta dureza de la superficie.
- Alta seguridad de las capas.
- Conducta adecuada como separador eléctrico.

2.2.6.3. Situación actual de reciclaje en nuestro país

La utilización de envases de plástico, botellas, sorbetes, tecnopor, entre otros, afecta realmente a la contaminación del océano peruano. Estos artículos requieren cientos de años para desaparecer y/o para su descomposición, influyen en la fauna marina y en el bienestar general. El Perú debe contar con lineamientos para disminuir la utilización de plásticos de un solo uso.

Hoy en día, los frascos dispensables se entregan en varias presentaciones, aunque pueden ordenarse en 7 agrupaciones según los materiales de los que están hechas. Para distinguir este orden, en la parte inferior de cada botella descartable debe ser visible un número para ciertas letras. Estas letras y números indican qué tipo de recipiente de

plástico es y qué tipo de medidas de precaución deben tomarse al utilizar ese tipo específico de botella. Existen 7 tipos de envases según las partes que los componen y según su finalidad (Ramos Hinojosa, 2014), los 7 tipos de plásticos se pueden apreciar en la **Figura 12**.

Símbolo	Tipo de Plástico	Propiedades	Usos Comunes
 PET	PET PolietilenoTereftalato (Polyethylene Terephthalate)	Contacto alimentario, resistencia física, propiedades térmicas, propiedades barreras, ligereza y resistencia química.	Bebidas, refrescos y agua, envases para alimentos (aderezos, mermeladas, jaleas, cremas, farmacéuticos, etc.)
 HDPE	HDPE Polietileno de alta densidad (High Density Polyethylene)	Poco flexible, resistente a químicos, opaco, fácil de pigmentar, fabricar y manejar. Se suaviza a los 75°C	Algunas bolsas para supermercado, bolsas para congelar, envases para leche, helados, jugos, shampoo, químicos y detergentes, cubetas, tapas, etc.
 PVC	PVC Policloruro de vinilo (Plasticised Polyvinyl Chloride PCV-P)	Es duro, resistente, puede ser claro, puede ser utilizado con solventes, se suaviza a los 80°C. Flexible, claro, elástico, puede ser utilizado con solventes.	Envases para plomería, tuberías, "blister packs", envases en general, mangueras, suelas para zapatos, cables, correas para reloj.
 LDPE	LDPE Polietileno de baja densidad (Low density Polyethylene)	Suave, flexible, translucido, se suaviza a los 70°C, se raya fácilmente.	Película para empaque, bolsas para basura, envases para laboratorio.
 PP	PP Polipropileno (Polypropylene)	Difícil pero aún flexible, se suaviza a los 140°C, translucido, soporta solventes, versátil.	Bolsas para frituras, popotes, equipo para jardinería, cajas para alimentos, cintas para empaçar, envases para uso veterinario y farmacéutico.
 PS	PS Poliestireno (Polystyrene)	Claro, rígido, opaco, se rompe con facilidad, se suaviza a los 95°C. Afectado por grasas y solventes.	Cajas para discos compactos, cubiertos de plástico, imitaciones de cristal, juguetes, envases cosméticos.
 PS-E	PS-E Poliestireno Expandido (Expanded Polystyrene)	Esponjoso, ligero, absorbe energía, mantiene temperaturas	Tazas para bebida calientes, charolas de comida para llevar, envases de hielo seco, empaques para proteger mercancía frágil
 OTHER	OTHER Otros (SAN, ABS, PC, Nylon)	Incluye de muchas otras resinas y materiales. Sus propiedades dependen de la combinación de los plásticos.	Auto partes, hieleras, electrónicos, piezas para empaques.

Figura 12. Instrucciones paso a paso para separar entre varios tipos de plásticos reutilizados PET

Fuente: (Ojeda, 2011)

El PET se utiliza en la producción de materiales geosintéticos, para lo cual se licúa, se tamiza y se expulsa para adquirir filamentos de poliéster lisos con gran rigidez y bajo límite de retención de agua, que se utilizan para fabricar geotextiles no tejidos y



geomallas de soporte. Además, el PET reutilizado en forma de filamentos se emplea como material de mejora para el hormigón, el pavimento y otros materiales (Botero Jaramillo, Muñoz, Ossa, & Romo, 2014).

La industria de artículos de plástico en Perú es responsable de cambiar en resultados eventuales los artículos de plástico fabricados por el negocio petroquímico en diferentes naciones a la luz de la resina, que es un subordinado del petróleo. De esta manera, dependiendo del nivel de manipulación de la goma, se adquieren diversos tipos de plásticos. Así, a partir de la manipulación de cada una de las últimas opciones, se adquieren los últimos artículos de plástico. Hay que tener en cuenta que cada tipo de plástico tiene propósitos explícitos, es decir, se utiliza la entrega de artículos de plástico que comparten propiedades compuestas comparables (Córdova, 2004).

En conjunto, se utilizan unos 30 kilos de plástico por habitante cada año. Esto equivale a casi 3 mil millones de envases de plástico cada año, apenas unos 6 mil sacos de manera constante. En Lima Metropolitana y Callao se producen 886 toneladas de residuos plásticos al día, lo que supone el 46% de dichos residuos a nivel público. En el Perú, un plástico biodegradable es aquel que se degrada a CO₂, CH₄, agua y biomasa por la actividad de los microorganismos, contiene al menos la mitad de sólidos imprevisibles, tiene agrupaciones restringidas de sintéticos riesgosos y su corrupción requiere de una inversión sensata: 90% de degradación en medio año a la vista del O₂ y 2 meses sin siquiera un rastro de O₂ (MacArthur Foundation, 2016).

2.2.6.4. Transformación del PET reciclado en nuestro país

En el Perú se entregan 1,4 millones de toneladas de plástico al año, de las cuales el 58% (806 mil toneladas) se convierte en basura en menos de un año, y sólo el 15% (124 mil toneladas) se reutiliza, según el estudio elaborado por la Asociación Civil Recíclame y el grupo GEA. Entre vertederos y basureros, este es el objetivo de gran parte



del plástico utilizado en el país; no obstante, los esfuerzos de las empresas privadas y de la administración pública por reutilizar estos residuos y darles una vida posterior son cada vez mayores (Salas Oblitas, 2020).

En cualquier caso, hay que investigar las cifras de los residuos. La nueva distribución "Acelerando el cambio hacia una economía redonda en Plástico en Lima Metropolitana y Callao", preparada por la Asociación Civil Recíclame y el grupo GEA, descubre que en el Perú se entregan 1,4 millones de toneladas de plástico constantemente. De este agregado, dice Roxana Díaz, experta en temas de Economía Circular de Recíclame, el 58% (806 mil toneladas) se convierte en desperdicio en menos de un año, y solo el 15% (124 mil toneladas) se reutiliza. Eso es lo que determina, por cuenta de los titulares de PET, 267 mil toneladas son creadas cada año, de las cuales el 72% (191 mil toneladas) se convierte en desperdicio en menos de un año, y el 22% (42 mil toneladas) de esos residuos son utilizados para reutilización (Salas Oblitas, 2020).

El PET es el plástico más reutilizado del planeta. El marco de reutilización del PET está profundamente adaptado, desde el recogido y la división hasta la manipulación adicional y el uso final. El PET se puede reutilizar en diferentes ocasiones, aunque para el uso alimentario sólo se permite la reutilización de primer nivel, pasado este nivel se utiliza para una amplia variedad de resultados finales, por ejemplo, fibra, fibra de relleno de material, pestañas, y jarras y compartimentos para usos no alimentarios como limpiadores y artículos de seguro de rendimiento. Nuestras jarras de PET se producen utilizando goma de PET virgen, y no se obtienen de la reutilización de PET de primer nivel, garantizando posteriormente su sanidad y propiedades límite innatas para fluidos delicados a la oxidación o variedades de alimentos (Ecoologic.com, 2022), por lo que se aprecia en la **Figura 13** el ciclo de reciclaje de PET.

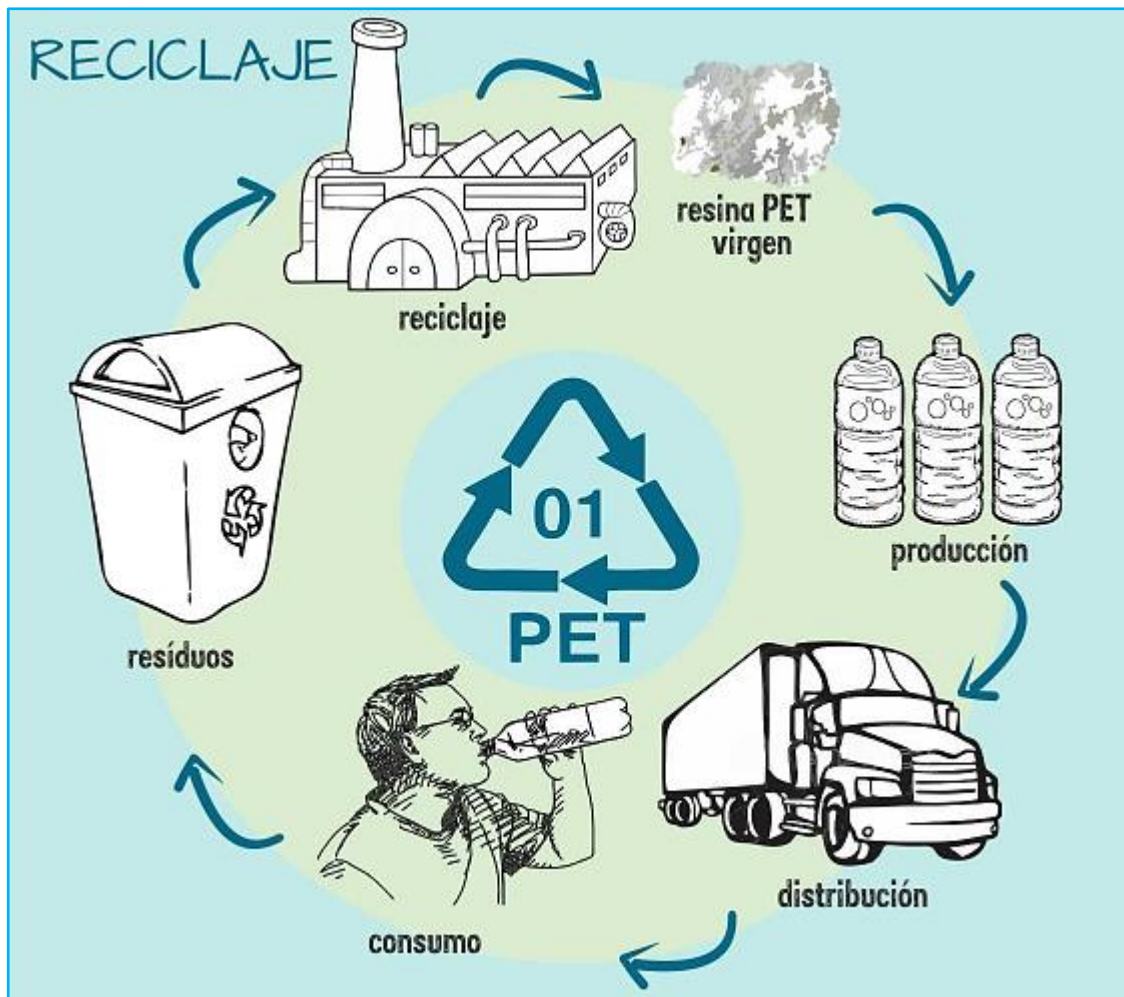


Figura 13. Ciclo de reciclaje del PET

Fuente: (Ecoologic.com, 2022)

La revisión, que considera la progresión de la reutilización del plástico y el PET tanto en lo formal como en lo no formal, estableció a través de estudios de recicladores en Lima y Callao que el grado de familiaridad en los lugares de depósito es enorme. Tanto que el 80% es casual y sólo el 20% formal. De esta última opción, el 80% se dirige al mercado de los plásticos, mientras que sólo el 20% de la tasa casual se relaciona con el negocio de los plásticos. Para Marcos Alegre, líder del Grupo GEA, el objetivo es incrementar la reutilización del plástico con un enfoque de economía circular en Lima y Callao, a través de una coalición confidencial facilitada con el área pública (Salas Oblitas, 2020).



Asimismo, Roxana Díaz, destaca la importancia de contar con un órgano administrativo de reutilización que dirija y controle el coste de los intereses del mercado de residuos. Además, demuestra que, para desarrollar aún más las tasas de reutilización, es importante considerar la exigencia de la profesionalización y tecnificación de la reutilización. Así como la realización de marcos de focos de depósitos con enormes almacenes en los hábitats marginales y medios, el plan de cursos interminables más competentes, la unión de recicladores, la edad de responsabilidad impartida respecto a la enunciación a los diferentes animadores, entre otros. Hay que tener en cuenta que en el país se crean diariamente más de 21.000 toneladas de residuos fuertes, lo que es comparable a tres estadios públicos cargados de basura. De estos residuos, el 76% corresponde a residuos naturales e inorgánicos, que podrían ser aprovechados y recuperados (Salas Oblitas, 2020).

2.2.7. Marco legal

Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables (LEY N° 30884)

La razón de la ley es establecer la estructura administrativa sobre los plásticos de un solo uso, otros plásticos no reutilizables y los compartimentos de poliestireno extendido (tecnopor) prescindibles para la alimentación y los refrescos de uso humano en la región pública. La motivación de la ley es contribuir al reconocimiento del derecho de todos y cada uno de los individuos a participar en un clima razonable y satisfactorio para la mejora de su vida, disminuyendo el efecto nocivo de los plásticos de un solo uso, los plásticos marinos, los residuos de las vías fluviales y los lagos y otros venenos comparables en el bienestar humano y el clima (MINAM, 2019).

La motivación de esta disposición normalizadora es el control de la Ley N° 30884, Ley que ordena los soportes o paquetes de plástico de un solo uso. Los fabricantes de



botellas de tereftalato de polietileno (PET) para bebidas de uso humano, limpieza individual y otros artículos comparables deben incorporar material de PET reutilizado por el cliente (PETPCR) en la cadena de creación en algún punto del quince por ciento (15%) de su estructura, de acuerdo con los principios de saneamiento (MINAM, 2019).

Manual de Carreteras – Diseño Geométrico DG 2018

El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico”, forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio, por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local (DG, 2018).

Norma Técnica CE. 010

Se trata de la Norma Técnica de la Edificación - Habilitaciones Urbanas - Componentes Estructurales - CE.010: pavimentos. La motivación de esta Norma es establecer los requisitos básicos para el proyecto, desarrollo, recuperación, conservación, rotura y sustitución de los asfaltos metropolitanos, de acuerdo con las perspectivas de la Mecánica del Suelo y la Ingeniería de Pavimentos, para garantizar la solidez, la sana utilización de los activos y la gran ejecución de las aceras, caminos y estacionamientos de los asfaltos metropolitanos a lo largo de su vida útil (CE. 010, 2010).

Asimismo, según, (CE. 010, 2010) se utilizará la última versión de la Norma correspondiente, y las demás normas se muestran en la **Tabla 5**:

Tabla 5. Técnicas de Investigación en el Campo, aplicables al Estudio de Mecánica de Suelos para Diseño Estructural de Pavimentos, son los indicadores

NORMA	DENOMINACIÓN
MTC E101-2000	Pozos, calicatas, trincheras y zanjas.
NTP 339.143:1999	SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad y el peso unitario del suelo in-situ mediante el método del cono de arena.
NTP 339.144:1999	SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad in-situ de suelo y suelo-agregado por medio de métodos nucleares (Profundidad superficial).
NTP 339.250:2002	SUELOS. Método de ensayo para la determinación en campo del contenido de humedad, por el método de presión del gas carburo de calcio. 1a. ed.
NTP 339.150:2001	SUELOS. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual manual.
NTP 339.161:2001	SUELOS. Práctica para la investigación y muestreo de suelos por perforaciones con barrena.
NTP 339.169:2002	SUELOS. Muestreo geotécnico de suelos con tubos de pared delgada
NTP 339.172:2002	SUELOS. Método de prueba normalizada para el contenido de humedad de suelo y roca in-situ por métodos nucleares (poca profundidad).
NTP 339.175:2002	SUELOS. Método de ensayo normalizado in-situ para CBR (California Bearing Ratio-Relación del Valor Soporta) de suelos.
ASTM D 6951	Método estándar de ensayo para el uso del penetrómetro dinámico de Cono en aplicaciones superficiales de pavimentos.

Fuente: (CE. 010, 2010).

Definiciones de Mecánica de Suelos, procedimientos de laboratorio

Las pruebas introducidas en este manual observan atentamente los sistemas de prueba recomendados por la Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales (ASTM)



y la Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transporte (AASHTO). Se hacen algunas excepciones, como la utilización de agua refinada o de equipos excepcionalmente específicos (difíciles de conseguir en las instalaciones de investigación de los estudios) y en la desviación en cuanto al componente de tiempo, que en algunas técnicas de prueba estándar puede ser un elemento fundamental. Cuando se produce una desviación de cualquier tipo, se indica adecuadamente para que el cliente sepa que la estrategia no es estándar (Bowles, 1981).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra localizada en las vías urbanas de la ciudad de Puno, Jr. Asamblea, Jr. Mundial, Jr. Emilio Valdizan y Jr. Los Romanos, este estudio se realizó durante los meses de Setiembre - Octubre del 2020. El territorio provincial presenta una distribución topográfica heterogénea con elevaciones que van desde 3812 m.s.n.m. hasta los 4500 m.s.n.m., con microclimas favorables para la producción agropecuaria especialmente en el área localizada en la Zona Circunlacustre. Ubicado en el mismo capital de Puno la población general es quechua – aymara hablante, esto se encuentra ubicado geográficamente y se muestra en la **Figura 14**:

- **Ubicación Geográfica:**

Región : Puno.
Provincia : Puno.
Distrito : Puno.
Localidad : Alto Llavine – Alto Puno.



Figura 14. Mapa territorial de ubicación geográfica del área de estudio

Fuente: (Pacheco, 2020)

3.2. TIPO DE ESTUDIO

El tipo de investigación, por tratarse del manejo de material empleando polietileno tereftalato (PET) en proyectos de infraestructura vial, se enmarca dentro de una investigación de tipo experimental, bajo un nivel descriptivo. Según (Suca Suca, 2014), define la investigación experimental, “la investigación es lo que está sucediendo incitado por el científico a presentar factores de revisión específicos controlados por él, para controlar el incremento o disminución de estos factores y su impacto en las formas de comportamiento advertidas”, por otro lado (Borja Suárez, 2012), que la “investigación establecerá la relación causa - resulta de un fenómeno físico o general”.

La configuración de la investigación descriptiva o exploración esclarecedora es una estrategia lógica que incluye el enfoque y la revelación de la manera de comportarse de un sujeto sin que se trate de él en ninguna capacidad.

3.3. POBLACION Y TAMAÑO DE MUESTRA

Población: Suelo de las vías urbanas de la ciudad de Puno, Jr. Asamblea, Jr. Mundial, Jr. Emilio Valdizan y Jr. Los Romanos, y cantera de Salcedo de la Región Puno.

Tamaño de Muestra: Suelo de las vías urbanas de la ciudad de Puno, se tomó 05 (C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5) calicatas en 04 vías urbanas Jr. Asamblea, Jr. Mundial, Jr. Emilio Valdizan y Jr. Los Romanos.

Coordenadas U.T.M. del desarrollo de la investigación, se muestra en la **Tabla 6:**

Tabla 6. Cuadro de construcción con coordenadas UTM, referidas a las calicatas de muestreo.

CALICATAS PARA MUESTREO	ZONAS DE MUESTREO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
C-1	Jr. Asamblea	15°49'9.83"S	70° 1'31.33"O	3891 m.s.n.m.
C-2	Jr. Asamblea/Jr. Mundial	15°48'56.89"S	70° 1'34.56"O	3951 m.s.n.m.
C-3	Jr. Mundial/Jr. E. Valdizan	15°49'2.29"S	70° 1'43.03"O	3962 m.s.n.m.
C-4	Jr. E. Valdizan/Jr. Los Romanos	15°48'48.72"S	70° 1'41.81"O	4009 m.s.n.m.
C-5	Jr. Los Romanos	15°48'52.64"S	70° 1'46.04"O	4015 m.s.n.m.

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

La ubicación geográfica de las calicatas de muestreo de la investigación se muestra en la **Figura 15:**



Figura 15. Ubicación geográfica de los puntos de las calicatas de muestreo

Fuente: (Google Earth, 2022)

Por otro lado, también se extrajo muestras de la cantera “Salcedo” que se encuentra ubicado en el centro poblado de Salcedo, Distrito de Puno, Provincia de Puno, Región Puno, a una altitud de 3943 msnm.

Coordenadas U.T.M. del desarrollo de la investigación, cantera de Salcedo – Puno, se muestra en la **Tabla 7**:

Tabla 7. Cuadro de construcción con coordenada UTM, referidas a la cantera de muestreo.

CANTERA DE MUESTREO	ZONA DE MUESTREO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
CANT. 1	Salcedo - Puno	15°53'13.08"S	69° 59'36.40"O	3943 m.s.n.m.

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Ubicación geográfica del punto de muestreo de la cantera Salcedo - Puno, se muestra en la **Figura 16**:



Figura 16. Ubicación del punto de muestreo de la cantera de Salcedo - Puno.

Fuente: (Google Earth, 2022)

Durante el estudio realizado, cada calicata de punto de muestreo presentó una muestra de suelo y lo mismo para la cantera de Salcedo, el cual se puede apreciar en la siguiente **Tabla 8** y las respectivas calicatas para tomar muestras de suelo C-1 **Figura 17**, C-2 **Figura 18**, C-3 **Figura 19**, C-4 **Figura 20** y Cant. 1 **Figura 21**:

Tabla 8. Calicatas y Cantera de muestreo de suelo, en el año 2020.

Nº de Calicatas/ Cantera	Zonas de Muestreo	Repeticiones	Total
C1	Jr. Asamblea	1	1
C2	Jr. Asamblea/Jr. Mundial	1	1
C3	Jr. Mundial/Jr. E. Valdizan	1	1
C4	Jr. E. Valdizan/Jr. Los Romanos	1	1
C5	Jr. Los Romanos	1	1
CANT. 1	Salcedo – Puno	1	1
	TOTAL	6	6

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)



Figura 17. Toma de muestra de suelo natural de la calicata C-1

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)



Figura 18. Toma de muestra de suelo natural de la calicata C-2

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)



Figura 19. Toma de muestra de suelo natural de la calicata C-3

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)



Figura 20. Toma de muestra de suelo natural de la calicata C-4

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)



Figura 21. Toma de muestra de suelo natural de la calicata C-5

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)



Figura 22. Secado de la muestra de suelo de la cantera de Salcedo en pleno sol de día

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)



3.4. MATERIALES

3.4.1. Material

Los materiales que se han empleado en este estudio de investigación son: el suelo de las vías en estudio para su Estudio de Mecánica de suelos, Muestra de la Cantera para su estudio de Mecánica de Suelos y material de PET para el experimento.

3.4.1.1. Polietileno Tereftalato de PET

En nuestra Región existen empresas dedicadas al rubro de reciclaje de productos plásticos, por lo que en nuestra ciudad de Puno también existen recicladoras de PET en el Centro Poblado de Jayllihuaya, donde adquirimos el producto PET para nuestro experimento.

3.4.1.2. Cantera de Salcedo Puno

Se encuentra ubicada en nuestra Región de Puno, en el Centro Poblado de Salcedo, exactamente en la zona de la Rinconada, a espaldas del Hogar de menores Virgen de la Candelaria.

Para acceder a la cantera se tiene que recorrer toda la Av. El Estudiante que tiene una distancia aproximada de 2 km. hasta llegar al Instituto Superior José Antonio Encinas, se toma el desvío sobre el lado izquierdo de la avenida, dicho desvío en una trocha de aproximadamente 750 m., hasta llegar finalmente a espaldas del Hogar de Menores Virgen de la Candelaria.

Se encuentra ubicada en el Departamento de Puno, Provincia de Puno, en el centro poblado de Salcedo, en el lugar llamado Rinconada Salcedo, detrás del hogar infantil Virgen de la Candelaria o también detrás del Instituto Pedagógico José Antonio Encinas.



Para llegar a la cantera, se debe ir desde el inicio de la Avenida el Estudiante, que son alrededor de 2.5 km. hasta llegar al Instituto Superior José Antonio Encinas, tomar el desvío en la mitad izquierda de la carretera, este desvío es de alrededor de 750 m., hasta que por fin aparece en la parte posterior del Hogar de Menores.

3.4.1.3. Calicatas de las vías urbanas de la ciudad de Puno

En la ciudad de Puno esta calle es una de las principales calles metropolitanas por lo que más adelante nos servirá tal vez como entrada o potencialmente salida para las conexiones con las diferentes ciudades urbanas y otras poblaciones vecinales, para ello se decide realizar el estudio de este importante vía urbana en esta Ciudad de Puno en esta calle, así mismo, según el Reglamento Nacional de Jerarquía Vial, caracterizando el Sistema Vial Nacional y su interconexión con la región metropolitana; teniendo Vías: Expresa, Arterial, Preferencial y Circunvalación; exhibiendo un ciclo directo de mejoramiento de las calles metropolitanas con la unión acelerada a la organización vial pública y mundial, lo que fundamentalmente desarrollará aún más los niveles de seguridad de las calles en el distrito de Puno.

3.5. METODOLOGÍA

La técnica seguida para el presente estudio es introducida por objetivos específicos, los cuales son alusivos a las propiedades subyacentes del suelo en estudio y al impacto de la expansión del Polietileno de Tereftalato PET en los límites de oposición de los suelos granulares en nuestra Región de Puno.

3.5.1. Determinar el impacto de la expansión del Tereftalato de Polietileno en los límites de resistencia de los suelos granulares.

Por tratarse del manejo de material empleando polietileno tereftalato (PET) en proyectos de infraestructura vial, se enmarca dentro de una investigación de tipo *experimental*, bajo un nivel descriptivo, asimismo, el diseño empleado para la elaboración de este proyecto de tesis se considera del tipo *experimental y explicativa*.

La observación directa, que permitió la representación de lo que ocurre durante el ciclo de forma progresiva, agrupándolo y registrando la información según lo indicado por el plan previsto y según el tema en estudio. Esta última opción es utilizada durante la forma más común de adquirir el ensayo de agente del suelo granular, permitiendo el registro de sus propias cualidades en su estado regular; así como durante los ensayos completados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional del Altiplano y una instalación más de investigación confidencial en la ciudad de Juliaca.

Los materiales potencialmente utilizados fueron tierra y Polietileno de Tereftalato. El PET en la combinación del suelo granular se utilizó en extensiones de 0%, 2%, 4%, 6%, 8% y 10% del suelo granular seco de la muestra. Las pruebas realizadas para este diseño fueron: Proctor modificado y CBR.

Las variables mecánicas del suelo se introducen en marcadores como la densidad seca máxima (gr/cm^3) y el número CBR. Para lo cual existe una hoja de percepción para la información en cada prueba.

El trabajo de campo in-situ se desarrolló, en las vías urbanas de la ciudad de Puno, Jr. Asamblea, Jr. Mundial, Jr. Emilio Valdizan y Jr. Los Romanos y la Cantera de Salcedo Puno para los suelos granulares.

Secado de las muestras de las calicatas como de la cantera fueron secados a aire libre y en pleno sol de día, se puede apreciar en la **Figura 22**.



3.5.2. Ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos

Los materiales ya cuando están listos para proceder con los ensayos se inicia con el experimento, la etapa posterior fue enviarlos al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano y los demás ensayos en la ciudad de Juliaca, para completar las pruebas de laboratorio individuales.

Se siguieron los métodos indicados en los lineamientos del "Manual de Ensayos de Materiales" del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC). Adicionalmente, la norma ASTM D de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales y la Norma Técnica Peruana NTP, los ensayos que se realizaron son los siguientes:

3.5.3. Caracterización geotécnica del suelo

Los ensayos que se desarrollaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos, fueron los siguientes:

- Relaciones humedad-densidad (Ensayos de compactación – Proctor modificado), AASHTO T99-70 (estándar) y T180-70 (modificado), (ASTM D698-70 y D1557-70).
- Relación de Soporte de California (CBR), (AASHTO T193-63 y ASTM D-1883-73).
- Análisis granulométrico - método mecánico AASHTO T87-70 (Preparación de la Muestra); AASHTO T88-70 (Procedimiento de prueba). (ASTM D421-58 y D422-63), NTP 400.012.
- Límites líquido y plástico de un suelo, (AASHTO T89-68 y T90-70), ASTM 423-66 (Límite líquido) y D424-59 (Límite Plástico).



- Recolección de muestras de suelo en el terreno, determinación del contenido de humedad (AASHTO T86-70 y ASTM D420-69).
- Clasificación de suelos, el Sistema de Clasificación de suelos de la AASHTO M-145, ASTM D-3282 y Sistema de Clasificación Unificada de Suelos SUCS ASTM D-2487.

3.5.3.1. Relaciones humedad-densidad (Proctor Modificado)

El objetivo de este ensayo es familiarizarse con los ensayos de compactación en laboratorio y la obtención de la relación densidad-humedad para un esfuerzo de compactación dado sobre un suelo particular, el ensayo estándar consiste en tomar 3 kg de suelo, pasarlos a través del tamiz No. 4, añadir agua, y compactarlos en un molde 944 cm³ en tres capas con 25 golpes por capa de un martillo de compactación de 24.5 N con caída de 0.305 m en el suelo. Esto libera una energía nominal de compactación (en kilojoules o kJ) al suelo.

La prueba es determinar el contenido de humedad para el cual el suelo alcanza su máxima densidad seca, por otro lado, se tiene que desarrollar un método de ensayo para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco compactado con una energía de compactación determinada.

Según el orden de las partículas se emplea uno de los métodos que se detallan en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Métodos de compactación - Proctor modificado

	MÉTODO "A"	MÉTODO "B"	MÉTODO "C"
Molde	4" de diámetro (101,6mm)	4" de diámetro (101,6mm)	6" (152,4mm) de diámetro.
Material	Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4	Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8"	Se emplea el que pasa por el tamiz 3/4"
Capas	5	5	5
Golpes por capa	25	25	56
Uso	Cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4.	Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8"	Cuando más del 20% del peso del material se retiene en el tamiz 3/8" y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4"
Otros usos	Si el método no es especificado; los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B o C.	Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.	El molde de 6 pulgadas de diámetro no será usado con los métodos A o B.

Fuente: (Ramos Hinojosa, 2014)

En cuanto se determinó el contenido de humedad de cada muestra de suelo luego se halla la densidad seca para cada punto de muestreo con la siguiente expresión:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + \omega}$$

Dónde:

γ_d = densidad seca

γ_m = densidad húmeda

w = contenido de humedad

Ensayo del suelo natural que han sido extraídas de las calicatas de vías urbanas de la ciudad de Puno, y también se tiene el ensayo del suelo granular proveniente de la

cantera de Salcedo Puno sin adicionar PET, los cuales se desarrollaron con el mismo procedimiento ambos ensayos en el mismo molde y distribuidas en 5 capas, el cual se aprecia en la **Figura 23**.



Figura 23. Compactación de suelo granular de la cantera Salcedo distribuida en 5 capas

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Ensayo de Proctor Modificado del suelo granular adicionando PET en porcentajes de 2%, 4%, 6%, 8% y 10%, el cual es la parte del experimento, de la misma forma se muestra en la **Figura 24** de los porcentajes de 2% y 10%, ya que del resto del porcentaje también el procedimiento es el mismo con la variación del porcentaje del PET, donde en la **Figura 25** se muestra la compactación en 5 capas.



Figura 24. Ensayo de Proctor Modificado con dosificación de PET al 2% y 10%, en el suelo granular de la Cantera de Salcedo

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)



Figura 25. Suelo granular de la cantera salcedo para su compactado de 5 capas

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

3.5.3.2. Relación de Soporte de California (CBR)

El objetivo de esta prueba es familiarizar al evaluador con una técnica para evaluar la naturaleza global de los suelos de subrasante, sub-base y base de asfalto.

Describe la técnica de ensayo para el aseguramiento de un archivo de resistencia del suelo llamado estimación de la proporción de rodamiento, que es bien conocido como



CBR (California Bearing Ratio). La prueba se realiza normalmente en suelos preparados en el laboratorio bajo estados específicos de humedad y grosor; sin embargo, también se puede actuar de forma muy parecida tomados de las muestras de suelos inalteradas (MTC, 2016).

La muestra se preparará y las muestras para la compactación se prepararán según la metodología dada en los métodos de prueba NTP 339.141 o NTP 339.142 para la compactación de una forma de 152,4 mm (6") además de lo siguiente:

En el caso de que todo el material pase el tamiz de 19mm (3/4"), se utilizará todo el grado para establecer las muestras a compactar sin alteraciones. Suponiendo que haya material retenido en el tamiz de 19 mm (3/4"), este material se sacará y se sustituirá por una medida equivalente de material que pase el tamiz de 3/4 de pulgada (19 mm) y que se mantenga en el tamiz N° 4 adquirido aislando trozos de muestra que no se hayan utilizado en ningún caso para la prueba (MTC, 2016).

El número CBR (o simplemente, CBR) se obtiene como la proporción de la carga unitaria (en libras por pulgada cuadrada) que se espera para lograr una profundidad específica de entrada del golpe de infiltración (con un área de 19,4 cm²) en la prueba de suelo compactado en un contenido de humedad y espesor dados a la carga unitaria estándar que se espera para obtener una profundidad similar de infiltración en una muestra estándar de material aplastado (Bowles, 1981). En la estructura de la condición esto es:

$$CBR = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} \times 100\%$$

Los valores de carga unitaria que deben utilizarse en la ecuación, son los siguientes que se muestran en la **Tabla 10 y 11**:

Tabla 10. Valores de penetración y carga unitaria patrón

PENETRACIÓN		CARGA UNITARIA PATRÓN	
mm	pulg	MPa	psi
2.5	0.10	6.9	1,000
5.0	0.20	10.3	1,500
7.5	0.30	13.0	1,900
10.0	0.40	16.0	2,300
12.7	0.50	18.0	2,600

Fuente: (Bowles, 1981)

Tabla 11. Las penetraciones que se consideran en el ensayo

Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.050
1.90	0.075
2.54	0.100
3.17	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.62	0.300
10.16	0.400
12.70	0.500

Fuente: (MTC, 2016)

Los ensayos de CBR en suelo granular de la cantera sin adición de PET. El procedimiento del ensayo es muy similar al del ensayo Proctor Modificado con la diferencia de que se utiliza adicionalmente otros materiales como papel filtro, disco espaciador, vástagos, trípodes y pesas. Se conforma tres moldes de 6" con distintas

número de golpes de compactación que son de 12, 25 y 56 golpes, los ensayos de CBR se pueden apreciar en la siguiente **Figura 26 y 27**:



Figura 26. CBR a 12, 25 y 56 golpes enrazados de la muestra de suelo de cantera Salcedo

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)



Figura 27. Sumergido de moldes con su muestra de suelo en agua para control de su deformación

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Ensayo de CBR del suelo granular adicionando PET en porcentajes de 2%, 4%, 6%, 8% y 10%, el cual es la parte del experimento, la cual se muestra en la **Figura 28 y 29** de los porcentajes de 2% y 10%, ya que del resto del porcentaje también se desarrolla por el mismo procedimiento con la variación del porcentaje del PET.



Figura 28. Ensayo de CBR con adición de PET al 2% y 10%, en el suelo granular de la Cantera de Salcedo

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)



Figura 29. Sumergido de muestra de suelo con adición de PET para su control de deformación

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)



3.5.3.3. Análisis granulométrico

El objetivo es decidir mediante una progresión de coladores de abertura cuadrada la circulación de partículas totales gruesas y finas en una muestra seco de peso conocido.

Se aplica para decidir el grado de los materiales propuestos para su uso como totales o los que se utilizan como totales. Los resultados se utilizarán para decidir la consistencia de la difusión del tamaño de la molécula con las necesidades solicitadas en el particular especializado del trabajo y para dar información importante para el control de producción de agregados. La garantía de que el material pasa el tamiz de 75 μm (N° 200) no se adquiere con esta prueba. La técnica de prueba que se utilizará será: "Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (N° 200) por lavado" (MTC E 202), (MTC, 2016).

Se muestra el tamizaje de las calicatas del terreno de fundación de las vías urbanas de la ciudad de Puno, para las 5 calicatas el procedimiento es el mismo, por lo que en la **Figura 24** solo se muestra un ensayo, este ensayo de granulometría se desarrolló en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, pero sin embargo el ensayo de granulometría de suelos granulares de la Cantera de Salcedo se desarrolló en el laboratorio de Geotecnia, Pavimentos y Construcción de la ciudad de Juliaca.



Figura 30. Cuarteo y tamizado de la muestra de suelo de fundación de la vía urbana de la ciudad de Puno

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

3.5.3.4. Límites de consistencia

En la medida de lo posible o también llamados límites de consistencia dependen de la idea de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden ser rastreados en varios estados, contingentes a su temperamento y a la cantidad de agua que contienen a este ensayo también se le conoce como límites de Aterberg o límites de Consistencia.

- **Límite Líquido**

En la medida de lo posible, el contenido de humedad se expresa como un índice, para el cual la muestra del suelo se encuentra en el límite entre los estados líquido y plástico.

El contenido de humedad, expresado como un índice, para el que la muestra del suelo se encuentra en el límite entre los estados líquido y plástico. Se asigna

aleatoriamente como el contenido de humedad en el que la sección de aislamiento de dos partes de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su base en una distancia de 13 mm (1/2 pulgada) cuando el vaso se deja caer 25 veces desde un nivel de 1 cm a un ritmo de dos golpes cada segundo (MTC, 2016).

El ensayo de límite líquido de las calicatas se desarrolló en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano Puno como se puede ver en la **Figura 31**, pero sin embargo de la cantera de Salcedo se realizó el ensayo de límite líquido en el laboratorio de Geotecnia, Pavimentos y Construcción de la ciudad de Juliaca.



Figura 31. Determinación del límite líquido en el laboratorio de Mecánica de Suelos

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Se determina el límite líquido para cada muestra de suelo para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

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

$N = N^{\circ}$ de golpes requeridos para cerrar la ranura para el W

$W^n =$ Contenido de humedad del suelo

$k =$ Factor dado en la **Tabla 12**.

Tabla 12. Factor para el cálculo de límite líquido

N (Número de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

Fuente: (MTC, 2016)

Tabla 13. Tabla de estimados de precisión límite líquido

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Líquido	0.8	2.4
Precisión Multilaboratorio		
Límite Líquido	3.5	9.9

Fuente: (MTC, 2016)

- **Límite plástico**

El objetivo es determinar en el laboratorio el límite plástico de una muestra de suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo.

Si se quiere hallar únicamente L.P., se toman unos 20 g de muestra de suelo que pasa por el tamiz de 426 mm (Nº 40), listos para ser probados en la medida de lo posible para el ensayo de límite líquido. Se mezcla con agua refinada hasta que se pueda formar efectivamente un círculo con la masa de muestra de suelo. Se toma una parte de 1,5 g a 2,0 g de esta masa como prueba para el ensayo (MTC, 2016).

El ensayo de límite plástico de las calicatas se desarrolló en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano Puno como se puede ver en la **Figura 32**, pero sin embargo de la cantera de Salcedo se realizó el ensayo de límite plástico en el laboratorio de Geotecnia, Pavimentos y Construcción de la ciudad de Juliaca.



Figura 32. Determinación del límite plástico en el laboratorio de Mecánica de Suelos

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

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

Calcule la normalidad de dos contenidos de humedad. Rehacer la prueba asumiendo que el contraste entre los dos contenidos de humedad es más prominente que el alcance adecuado para los dos resultados registrados en la **Tabla 14** para la precisión de un especialista.

Tabla 14. Tabla de estimados de precisión límite plástico

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Plástico	0.9	2.6
Precisión Multilaboratorio		
Límite Plástico	3.7	10.6

Fuente: (MTC, 2016)

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

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

- **Cálculos de Índice de Plasticidad**

Ecuaciones para el cálculo del índice de plasticidad, es la diferencia entre su límite líquido y límite plástico:

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

L. L. = Límite Líquido

P. L. = Límite Plástico

L. L. y L. P., son números enteros

3.5.3.5. Contenido de humedad

La humedad o el contenido de humedad de una muestra de suelo es la proporción, indicada como porcentaje, de la pesadez del agua en una masa dada de muestra de suelo con respecto a la pesadez de las partículas sólidas. Este modo de funcionamiento decide el peso del agua eliminada por el secado de la muestra de suelo húmedo hasta un peso consistente en un asador controlado a 110 ± 5 °C. La pesadez de la muestra de suelo que queda del secado en el asador se utiliza como el peso de las partículas fuertes. La reducción de peso debida al secado se considera como el peso del agua.

Las pruebas se protegerán y trasladarán de acuerdo con la norma ASTM D 4220-89 (Prácticas para la conservación y el transporte de muestras de suelo), grupos de suelo B, C o D. Las pruebas que se vayan a guardar antes de las pruebas se mantendrán en soportes a prueba de agua/aire, no corrosivos, a una temperatura entre 3 y 30 °C aproximadamente y en un espacio que evite el contacto directo con la luz del día. Las muestras de suelos cambiados se guardarán en soportes que impidan o limiten la acumulación de humedad en el interior del compartimento y/o contenedor. La comprobación del contenido de humedad debe hacerse rápidamente después del muestreo de suelo, especialmente si se utilizan compartimentos destructivos (por ejemplo, tubos de acero de paredes estrechas, tarros de pintura, etc.) o paquetes de plástico (MTC, 2016).

El ensayo de contenido de humedad de las calicatas se desarrolló en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano Puno como se puede ver en la **Figura 33**, pero sin embargo de la cantera de Salcedo se realizó el ensayo de contenido de humedad en el laboratorio de Geotecnia, Pavimentos y Construcción de la ciudad de Juliaca.



Figura 33. Muestra de suelo y ensayo de contenido de humedad

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Según (MTC, 2016), la determinación del contenido de humedad es un ensayo rutinario de laboratorio para establecer la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco; La fórmula manejada para calcular este porcentaje es la siguiente:

$$W = \frac{\text{peso de agua}}{\text{Peso de suelo al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{W_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s}$$

W = es el contenido de humedad, (%)

W_{cws} = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos

M_{cs} = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos

M_c = es el peso del contenedor, en gramos

M_w = es el peso del agua, en gramos

M_s = es el peso de las partículas sólidas, en gramos



3.5.3.6. Clasificación de suelos, el Sistema de Clasificación de suelos de la AASHTO y Sistema de Clasificación Unificada de Suelos SUCS

Un sistema de clasificación de suelos es un conjunto de suelos con cualidades comparables. El objetivo es medir sin esfuerzo las propiedades de un suelo por correlación con otros de tipo similar, cuyas cualidades se conocen. Hay un número tan grande de propiedades y mezclas en los suelos y por lo tanto muchos intereses de diseño, que las caracterizaciones están situadas en el campo de ingeniería, por lo tanto, sólo los pedidos utilizados y serán necesarios en obras viales.

- **Sistema AASHTO**

El marco describe una metodología para caracterizar los suelos en agrupaciones, establecido en las determinaciones de laboratorio de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación en cada agrupación se realiza a través de un "índice de grupo". Se contabiliza en números enteros y asumiendo que lo negativo se contabiliza como equivalente a 0. El grupo de clasificación, se utiliza para decidir la naturaleza general de los suelos de los bancos, el material de la subrasante, las subbases y las bases. El valor de índice de grupo debe estar continuamente entre paréntesis después del símbolo de grupo, por ejemplo, A-2-6 (3); A-7-5 (17), etc. Cuando la muestra de suelo es NP o cuando el corte está aún no puede determinarse, el archivo de recolección debe ser considerado (0). En el caso de que un suelo es altamente orgánico (turba) se tiende a delegar A-8 sólo con una comprobación visual, sin tener en cuenta la tasa por debajo de 0,08 mm, límite líquido e índice de plasticidad (MTC, 2016).



- **Sistema Unificado de Clasificación**

Según (MTC, 2016), el marco creado por el Dr. Arturo Casagrande utiliza la superficie para dar términos aclaratorios, como: “GW”, grava bien graduada; “GC”, grava arcillosa; “GP”, Grava mal graduada, etc.

Las partes del suelo están dispuestas: rocas, roca, arena y finos (residuos o tierra). En la medida de lo posible, entre las diferentes partes y puntos de vista inconfundibles, la simbología, los retratos y las medidas de disposición de las instalaciones de investigación se dan en la **Tabla 2**: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, que se incorpora.

3.5.4. Métodos estadísticos

La estrategia medible comprende una sucesión de métodos para el tratamiento de la información subjetiva y cuantitativa de la investigación. La motivación de esta información los ejecutivos es comprobar, en un trozo del mundo real, uno o varios resultados verticales encontrados a partir de la especulación global del estudio. Las estrategias factuales permiten poner a prueba las especulaciones o establecer conexiones causales en una originalidad determinada.

3.5.4.1. Análisis de varianza

El análisis de cambio (ANOVA) es un fuerte dispositivo de medición, excepcionalmente valioso tanto en la industria, para el control de los procesos, como en el laboratorio científico, para el control de las técnicas lógicas. Las instancias de utilización son diferentes, y pueden reunirse, según el objetivo que persiguen, en dos fundamentales: el ejemplo de varias secciones de información y la evaluación de las partes de variedad de un ciclo.

Esta prueba se utiliza para decidir si los ejemplos provienen de poblaciones con medias equivalentes, cuando hay varias poblaciones en estudio. El examen de cambio (ANOVA) permite la correlación sincrónica, en igualdad de condiciones, evitando la necesidad de realizar la prueba en reuniones de dos. La correlación de la prueba implica depende de las fluctuaciones del ejemplo.

Hipótesis necesarias para el análisis de varianzas:

- Las poblaciones tienen una transmisión típica.
- Las poblaciones tienen fluctuaciones equivalentes.
- Las pruebas son autónomas.

Procedimiento: es la fuente de datos cuya variación facilita las observaciones.

Sean:

k: Numero de tratamientos

n: Número total de observaciones en todos los tratamientos combinados.

n_j: Número total de observaciones en cada tratamiento j=1,2, 3, ...k.

x_{i, j}: Es la i-esima observación del,

\bar{x}_j : Media muestral del tratamiento j (incluye las observaciones de cada tratamiento).

\bar{x} : Media muestral general (incluye todas las observaciones de todos los tratamientos).

Variación total: Es la variación total combinada de las observaciones de todos los tratamientos con respecto a la media general.

Media muestral general: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} x_{i,j}$

Variación total: $SCT = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (X_{i,j} - \bar{x})^2$ (total de la suma cuadratica).

Variación de tratamientos: es la variación atribuida a los efectos de los métodos.

Media muestral de tratamiento j: $\bar{x}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} x_{i,j}$

Variación de tratamientos: $SCT_r = \sum_{j=1}^k (\bar{X}_{i,j} - \bar{\bar{X}})^2$ (método de la suma cuadrática).

Variación aleatoria o error: es la variación dentro de cada método debido a errores en el experimento.

Variación aleatoria o error: $SCE = SCT - SCT_r$ (error de la suma cuadrática).

La ecuación $SCE=SCT+SCE$ separa la variación total en dos componentes: el primero corresponde a la variación atribuida a los tratamientos y el segundo es la variación atribuida a la aleatoriedad o errores del experimento.

La condición $SCE=SCT+SCE$ aísla la variedad completa en dos partes: la primera se compara con la variedad atribuida a los tratamientos y la segunda es la variedad acreditada al azar o a los errores de la investigación.

SCT_r tienen $k-1$ grados de libertad (varianza ponderada con k tratamientos).

SCE tiene $n-k$ grados de libertad (existen n datos y k tratamientos).

SCT tiene $n-k$ grados de libertad (suma de grados de libertad de SCE y SCT_r).

Si cada uno se divide por el número de grados de libertad se obtienen los cuadrados medios.

Todos los resultados se ordenan en un cuadro denominado **tabla de análisis de varianza**, el cual se puede apreciar en la siguiente **Tabla 15**:

Tabla 15. Tabla ANOVA (análisis de varianzas)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F_0
Tratamiento	$k-1$	SCT_r	$SCT_r/(k-1)$	$(SCT_r/(k-1)) / (SCE/(n-k))$
Error	$n-k$	SCE	$SCE/(n-k)$	
Total	$n-$	SCT		

Fuente: (Rodrigues Ojeda, 2007)



El último cociente es el valor de una variable que tiene distribución F, este estadístico se usa para la prueba de hipótesis.

3.5.4.2. Prueba de hipótesis

1. *Hipótesis nula* $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ (las medias poblacionales son iguales).
2. *Hipótesis alterna* $H_a: \neg H_0$ (al menos dos medias son iguales).
3. Definir el nivel de significancia de la prueba α .
4. Elegir el estadístico de prueba: Distribución F con $v_1 = k - 1, v_2 = n - k$.
5. Definir la región de rechazo de H_0 .
6. Calcular F_o
7. Decidir

3.5.4.3. Prueba de Tukey

Esta prueba fue presentada en 1949 por John.W. Tukey. Tukey, que permite reconocer si los resultados adquiridos son fundamentalmente únicos. Se espera que esta técnica piense en el método singular a partir de un examen de la diferencia de algunos ejemplos expuestos a varios medicamentos.

La prueba de Tukey se aplica al descartar la especulación de la equidad de las medias en la prueba ANOVA. Es importante para un grupo de pruebas llamadas *post-hoc*.

3.5.4.4. Hipótesis nula estadístico de prueba y rechazo

Al tener k poblaciones, una teoría inválida y su opción se establecen para buscar coincidencias hasta que cada una de ellas se diferencie.



$$H_0: \mu_i = \mu_j \text{ vs. } H_a: \mu_i \neq \mu_j \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, k (i \neq j)$$

Mientras se utiliza una prueba *post-hoc*, la comprobación de estas especulaciones se basa en una medida de prueba **para contrastes genuinamente tremendos**, llamada *DVSc*, que se basa en una medida de prueba ANOVA:

Articulación para el cálculo de la medida de la prueba *DVSc* en poblaciones de transmisión ordinaria.

$$DVSc = q_{\alpha, k, n-k} \sqrt{\frac{CM_d}{n^*}}$$

Donde:

q_{α,k,n-k} es un dato que se halla en las tablas de Tukey donde *k* son el número de muestras /poblaciones y *(n-k)* los grados de libertad que encontramos dentro de las muestras en la prueba ANOVA.

Por su parte *CM_d* es la varianza dentro de las muestras (cuadrados medios) *n** es el valor mínimo entre los dos tamaños de muestra comparadas (*n* = mínimo {n_i, n_j}*).

Si el valor del *DVSc* es mayor a la diferencia absoluta de las medias de las dos muestras comparadas, la hipótesis nula se rechaza. Es decir:

$$H_0: \mu_i = \mu_j \text{ se rechaza si } |\bar{X}_i - \bar{X}_j| > DVSc$$



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO NATURAL DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO EN ESTUDIO Y DE LA CANTERA DE SALCEDO

4.1.1. Características del suelo de las calicatas en estudio

4.1.1.1. Calicata C-1

El suelo se extrajo de las vías urbanas de la ciudad de Puno, Jr. Asamblea, Jr. Mundial, Jr. Emilio Valdizan y Jr. Los Romanos desde el barrio Unión Alto Llavini hasta el barrio Alto Puno, el método de excavación de calicata fue con una retro excavadora de una profundidad de 1.50m.

Se desarrolló para la calicata (C-1), el análisis granulométrico utilizando procedimientos mecánicos, realizando un tamizado para las partículas mayores a Malla N° 200. En la siguiente **Tabla 16** se muestran las características de la calicata N° 01 y en la siguiente **Figura 34** su curva granulométrica y la gráfica de su límite líquido en la **Figura 35**.

Tabla 16. Características Granulométricas de la calicata C-1 del suelo natural

Clasificación del suelo	
Grava	13.44 %
Arena	38.05 %
Fino	48.51 %
W natural	11.20 %
L.L.	23.28 %
L.P.	14.48 %
I.P.	8.79 %
SUCS	SC
AASHTO	A-4(3)

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

De la **Tabla 16** se tiene que 13.44% es grava, 38.05% es arena y 48.51% de la muestra es limo y arcilla; por lo cual es un suelo de grano fino [A-4(3)] según su clasificación AASHTO, sin embargo, por su porcentaje de arena (38.05%), el suelo se clasifica como SC según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), tal como se muestra en la **Figura 34**, donde consigna la curva granulométrica.

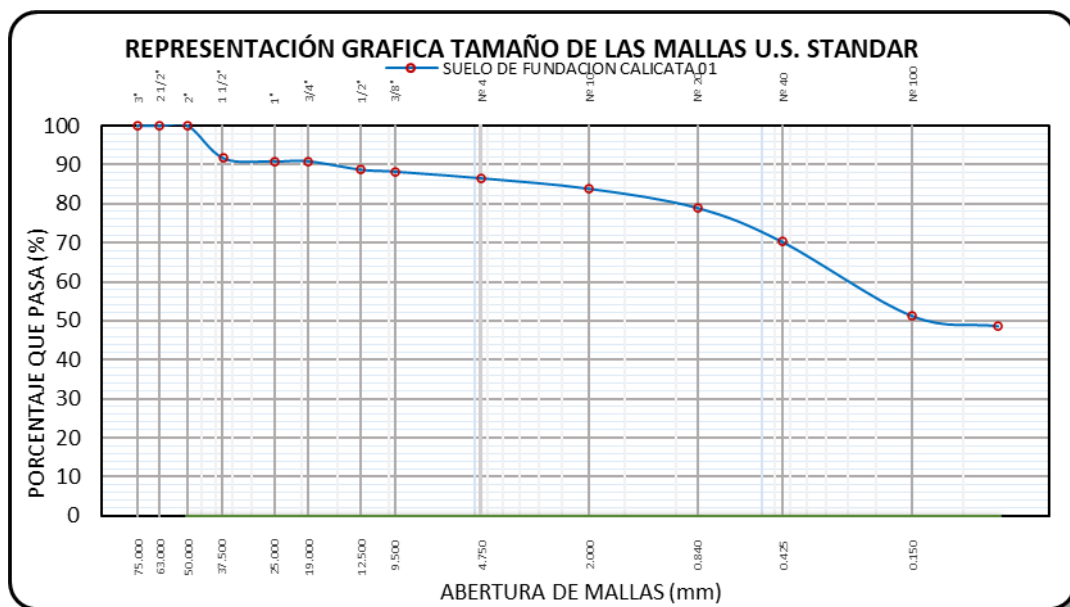


Figura 34. Curva Granulométrica de suelo en estudio de la calicata C-1

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

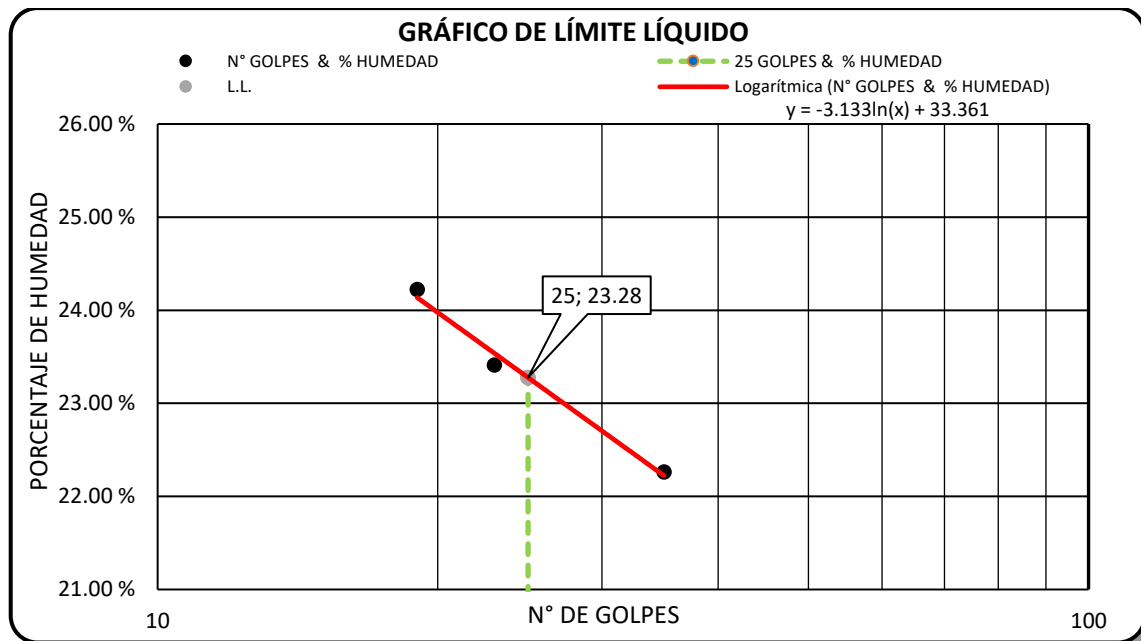


Figura 35. Gráfica de limite líquido de suelo en estudio de la calicata C-1

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C-1, donde se obtiene del ensayo de Proctor Modificado la Máxima Densidad Seca el cual es de 1.990 gr/cm³, y un contenido de humedad optima 14.30 %, lo cual se puede apreciar en la siguiente **Tabla 17**:

Tabla 17. Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C-1

Propiedades físico mecánicas del suelo	
Máxima densidad seca	1.990 g/cm ³
Contenido humedad optima	14.30 %

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

A continuación, se muestra en la **Figura 36** la curva de compactación Proctor del suelo en estudio en su estado natural.

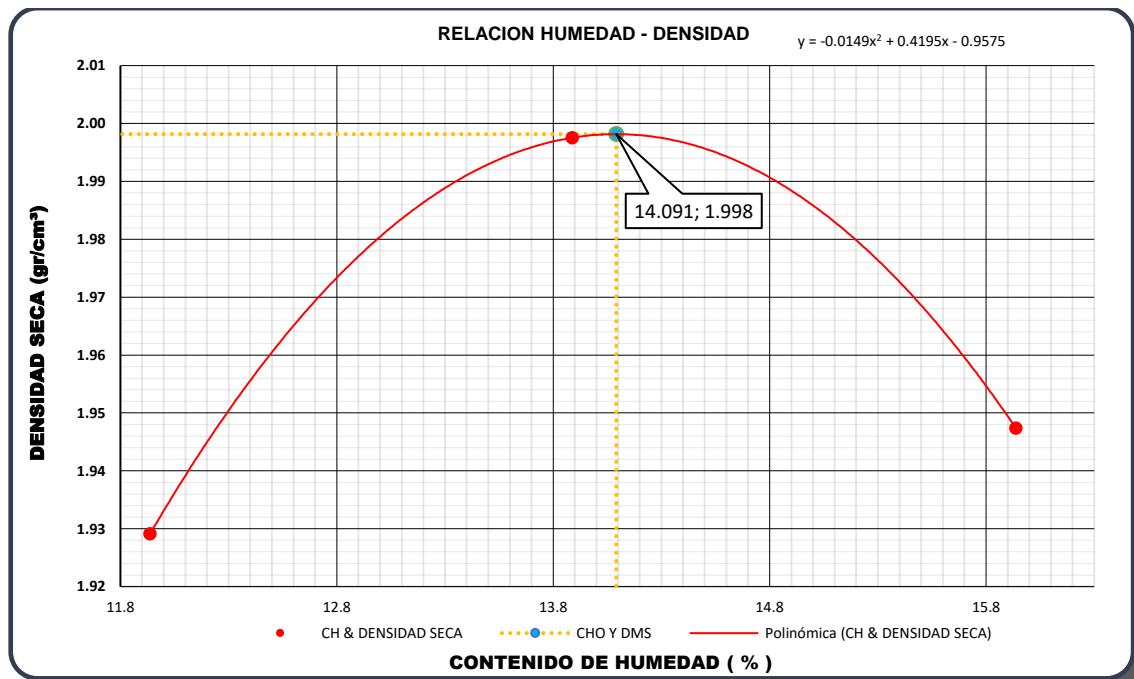


Figura 36. Gráfica de Curva de compactación de suelo en estudio en su estado natural de la calicata C-1

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.1.2. Calicata C-2

Se desarrolló para la calicata (C-2), el análisis granulométrico utilizando procedimientos mecánicos, realizando un tamizado para las partículas mayores a Malla N° 200. En la siguiente **Tabla 18** se muestran las características de la calicata N° 02 y en la siguiente **Figura 37** su curva granulométrica y la gráfica del límite líquido en la **Figura 38**.

Tabla 18. Características Granulométricas de la calicata C-2 del suelo natural

Clasificación del suelo	
Grava	35.21 %
Arena	40.91 %
Fino	23.88 %
W natural	9.60 %
L.L.	26.20 %
L.P.	18.06 %
I.P.	8.15 %
SUCS	SC
AASHTO	A-2-4(0)

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

De la **Tabla 18** se tiene que 35.21% es grava, 40.91% es arena y 23.88% de la muestra es limo y arcilla; por lo cual es un suelo granular [A-2-4(0)] es lo que señala su clasificación AASHTO, pero sin embargo que por su porcentaje de arena (40.91%), el suelo se clasifica como SC según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), tal como se muestra en la **Figura 37**, donde consta la curva granulométrica.

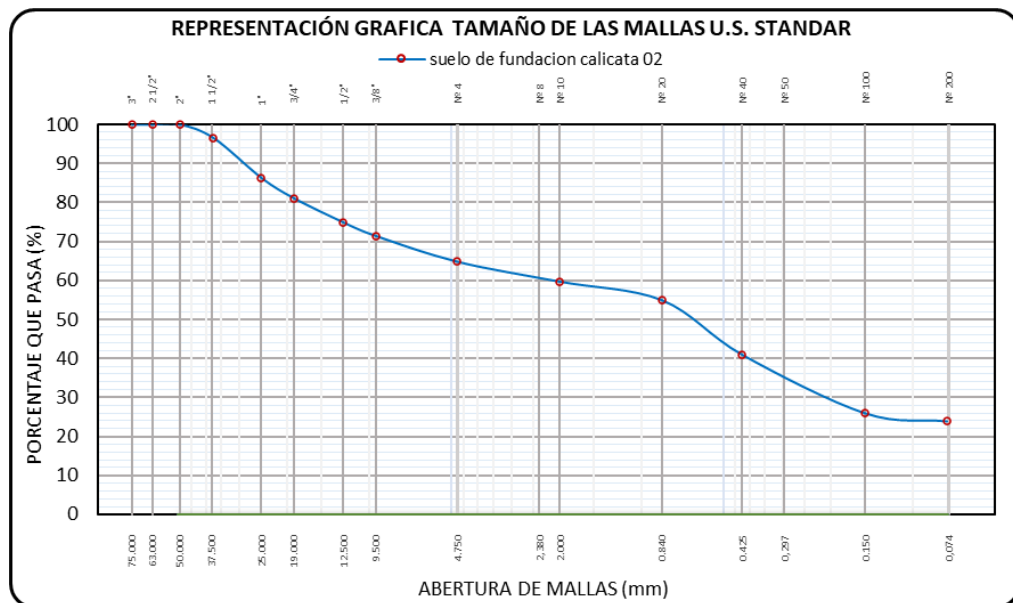


Figura 37. Curva Granulométrica de suelo en estudio de la calicata C-2

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

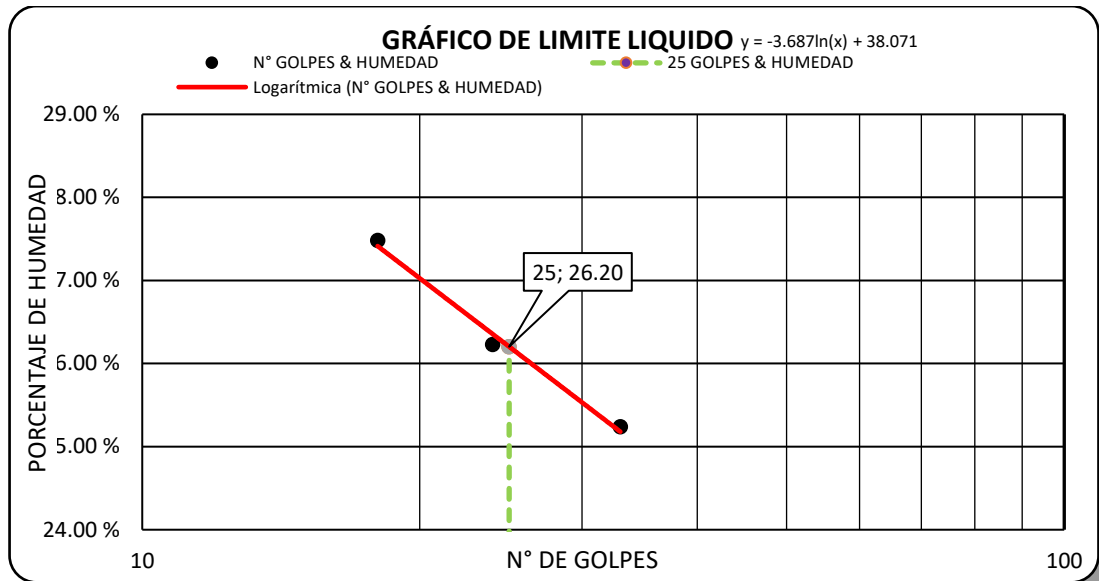


Figura 38. Gráfica de limite líquido de suelo en estudio de la calicata C2

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C2, donde se obtiene del ensayo de Proctor Modificado la Máxima Densidad Seca el cual es de 2.110 gr/cm³, y un contenido de humedad optima 7.60 %, lo cual se puede apreciar en la siguiente **Tabla 19**:

Tabla 19. Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C2

Propiedades físico mecánicas del suelo	
Máxima densidad seca	2.110 g/cm ³
Contenido humedad optima	7.60 %

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

A continuación, se muestra en la **Figura 39** la curva de compactación Proctor del suelo en estudio en su estado natural.

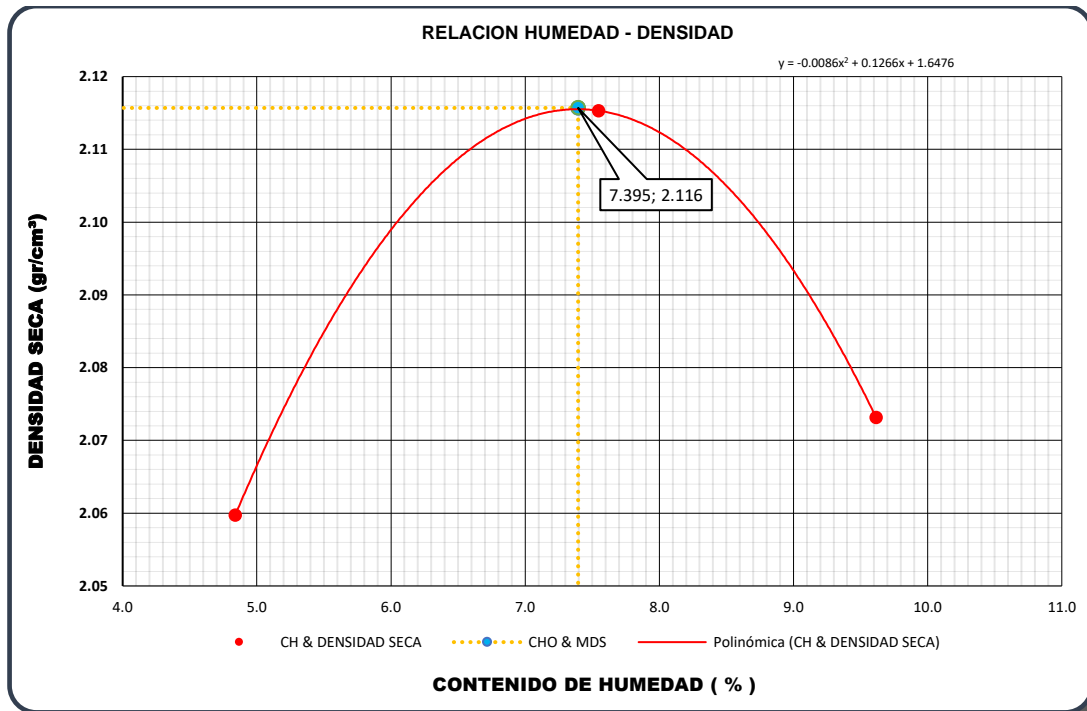


Figura 39. Gráfica de Curva de compactación de suelo en estudio en su estado natural de la calicata C-2

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.1.3. Calicata C-3

Asimismo, también se desarrolló para la calicata (C-3), el análisis granulométrico utilizando procedimientos mecánicos, realizando un tamizado para las partículas mayores a Malla N° 200. En la siguiente **Tabla 20** se muestran las características de la calicata N° 03 y en la siguiente **Figura 40** su curva granulométrica y la gráfica de límite líquido en la **Figura 41**.

Tabla 20. Características Granulométricas de la calicata C-3 del suelo natural

Clasificación del suelo	
Grava	18.86 %
Arena	27.43 %
Fino	53.71 %
W natural	10.20 %
L.L.	25.23 %
L.P.	15.77 %
I.P.	9.46 %
SUCS	CL
AASHTO	A-4(4)

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

De la **Tabla 20** se tiene que 18.86% es grava, 27.43% es arena y 53.71% de la muestra es limo y arcilla; por lo cual es un suelo fino [A-4(4)] es lo que señala su clasificación AASHTO, pero sin embargo que por su porcentaje de arena (27.43%), el suelo se clasifica como CL según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), tal como se muestra en la **Figura 40**, donde consta la curva granulométrica.

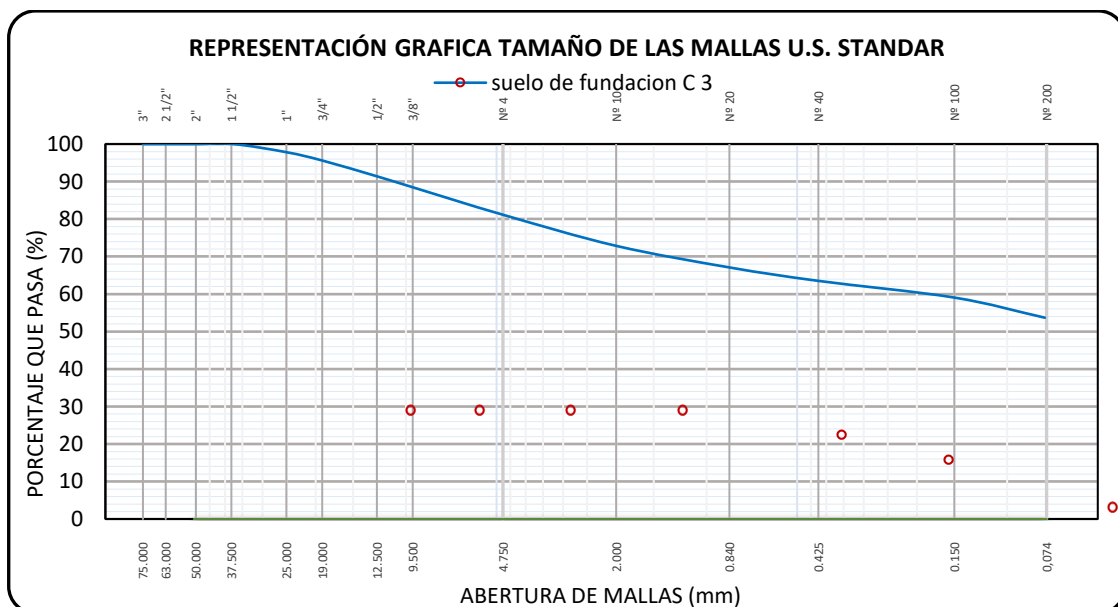


Figura 40. Curva Granulométrica de suelo en estudio de la calicata C-3

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

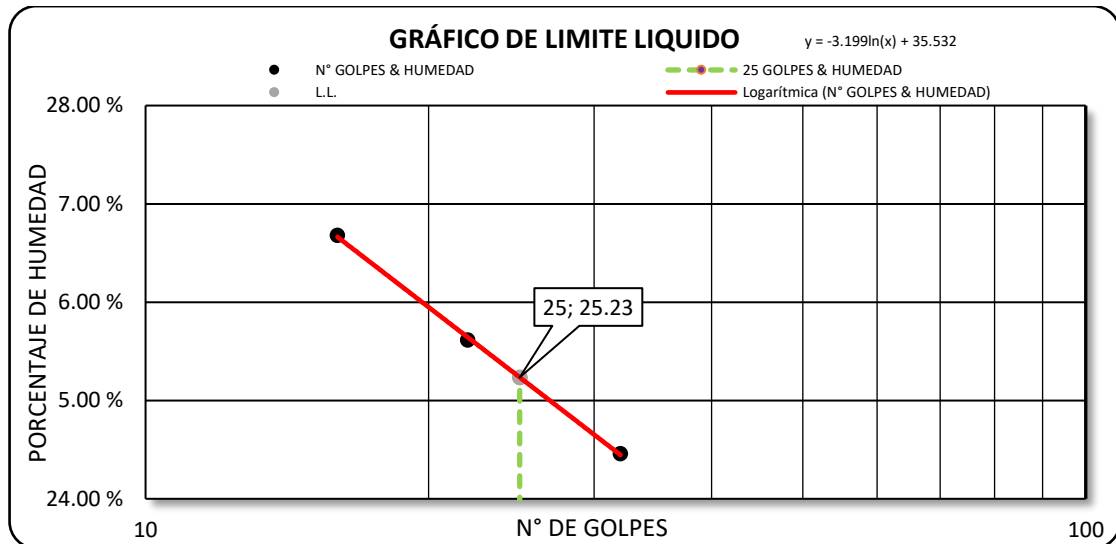


Figura 41. Gráfica de limite líquido de suelo en estudio de la calicata C3

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C-3, donde se obtiene del ensayo de Proctor Modificado la Máxima Densidad Seca el cual es de 2.000 gr/cm³, y un contenido de humedad optima 9.80 %, lo cual se puede apreciar en la siguiente **Tabla 21**:

Tabla 21. Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C3

Propiedades físico mecánicas del suelo	
Máxima densidad seca	2.000 g/cm ³
Contenido humedad optima	9.80 %

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

A continuación, se muestra en la **Figura 42** la curva de compactación Proctor del suelo en estudio en su estado natural.

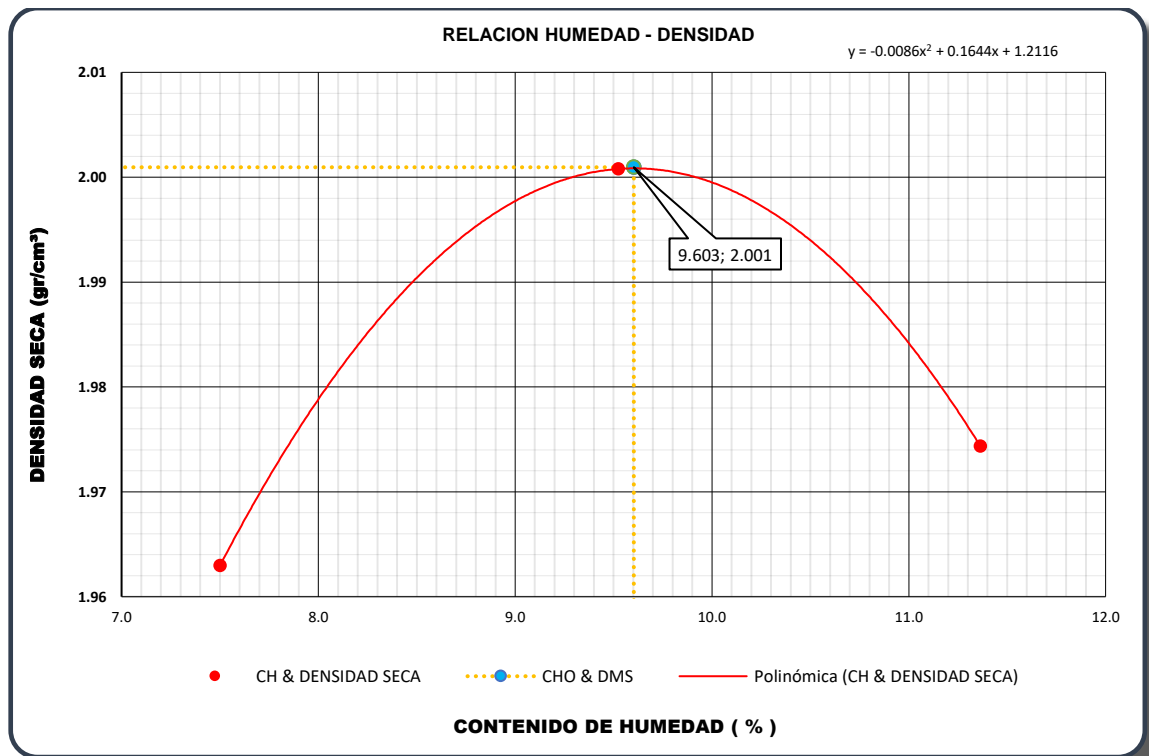


Figura 42. Gráfica de Curva de compactación de suelo en estudio en su estado natural de la calicata C-3

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.1.4. Calicata C-4

Se sigue el desarrollo del ensayo para las siguientes calicatas también, en este caso para la calicata (C-4), el análisis granulométrico utilizando procedimientos mecánicos, realizando un tamizado para las partículas mayores a Malla N° 200. En la siguiente **Tabla 22** se muestran las características de la calicata N° 04 y en la siguiente **Figura 43** su curva granulométrica y la gráfica de límite líquido en la **Figura 44**.

Tabla 22. Características Granulométricas de la calicata C-4 del suelo natural

Clasificación del suelo	
Grava	19.22 %
Arena	24.10 %
Fino	56.68 %
W natural	8.60 %
L.L.	17.89 %
L.P.	15.57 %
I.P.	2.32 %
SUCS	ML
AASHTO	A-4(4)

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

De la **Tabla 22** se tiene que 19.22% es grava, 24.10% es arena y 56.68% de la muestra es limo y arcilla; por lo cual es un suelo grano fino [A-4(4)] es lo que señala su clasificación AASHTO, pero sin embargo que por su porcentaje de arena (56.68%), el suelo se clasifica como ML según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), tal como se muestra en la **Figura 43**, donde consta la curva granulométrica.

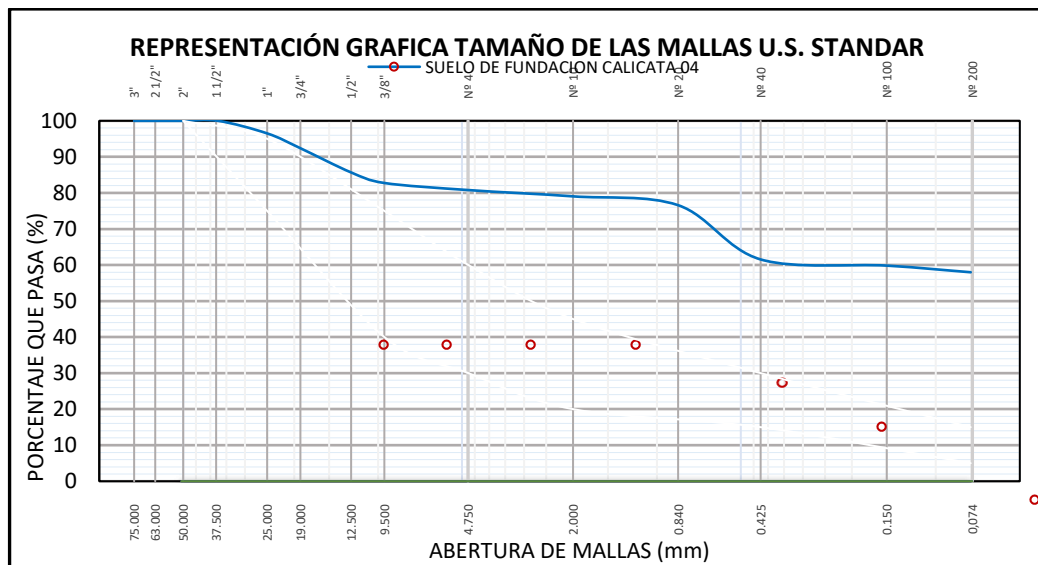


Figura 43. Curva Granulométrica de suelo en estudio de la calicata C4

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

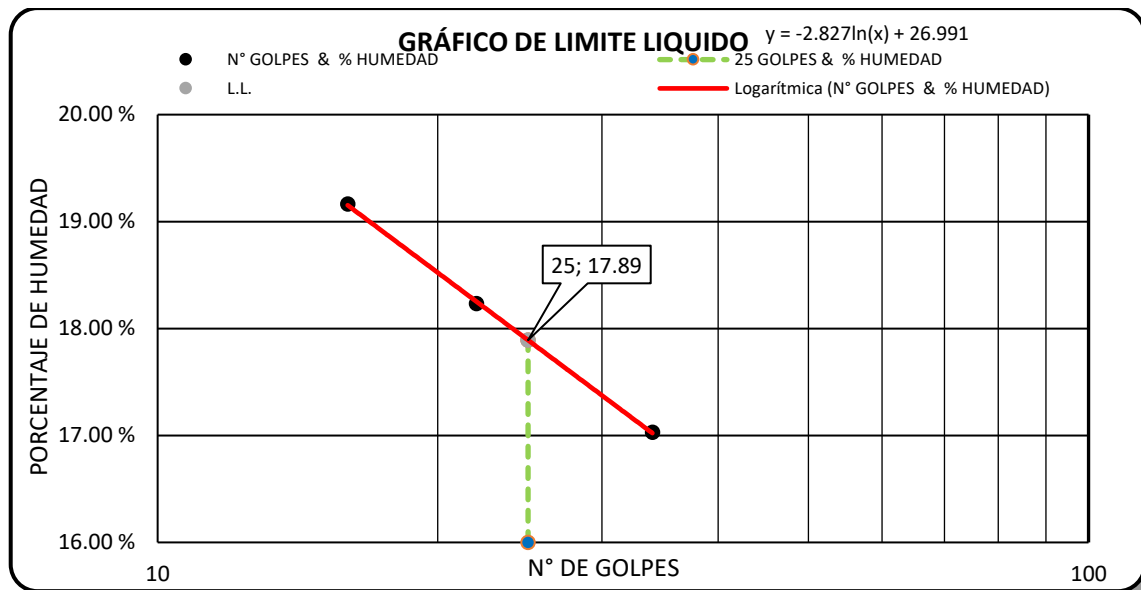


Figura 44. Gráfica de limite líquido de suelo en estudio de la calicata C4

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C4, donde se tiene del ensayo de Proctor Modificado la Máxima Densidad Seca el cual es de 2.090 gr/cm³, y un contenido de humedad optima 12.50 %, lo cual se puede apreciar en la siguiente **Tabla 23**:

Tabla 23. Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C-4

Propiedades físico mecánicas del suelo	
Máxima densidad seca	2.090 g/cm ³
Contenido humedad optima	12.50 %

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

A continuación, se muestra en la **Figura 45** la curva de compactación Proctor del suelo en estudio en su estado natural.

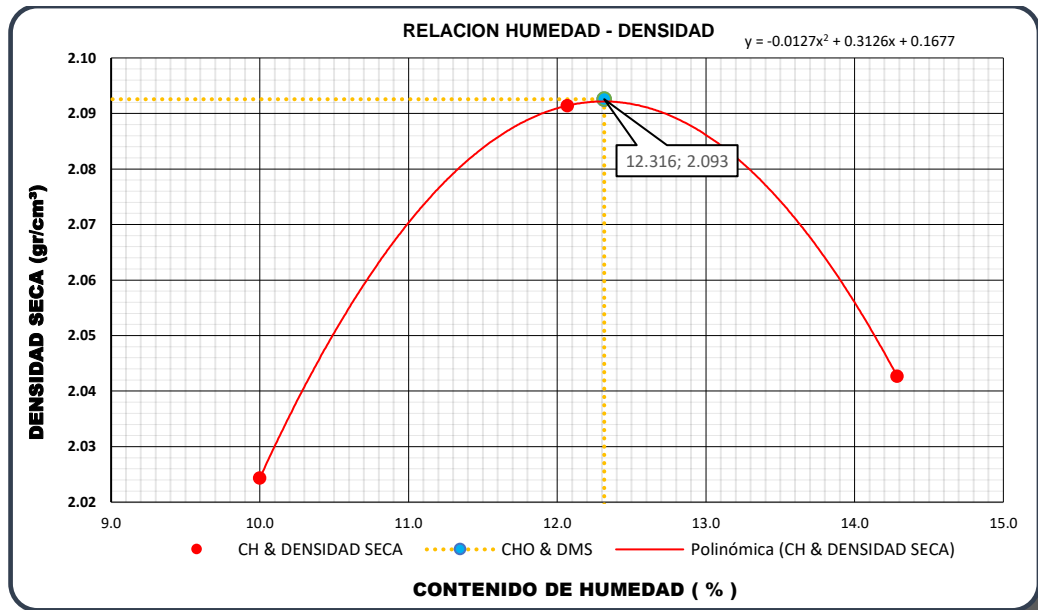


Figura 45. Gráfica de Curva de compactación de suelo en estudio en su estado natural de la calicata C4

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.1.5. Calicata C-5

Finalmente se desarrolla para la calicata (C-5), el análisis granulométrico utilizando procedimientos mecánicos, realizando un tamizado para las partículas mayores a Malla N° 200. En la siguiente **Tabla 24** se muestran las características de la calicata N° 05 y en la siguiente **Figura 46** su curva granulométrica y la gráfica de límite líquido en la **Figura 47**.

Tabla 24. Características Granulométricas de la calicata C-5 del suelo natural

Clasificación del suelo	
Grava	34.04 %
Arena	30.49 %
Fino	35.47 %
W natural	13.10 %
L.L.	27.61 %
L.P.	16.75 %
I.P.	10.86 %
SUCS	SC
AASHTO	A-6(0)

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

De la **Tabla 24** se tiene que 34.04% es grava, 30.49% es arena y 35.47% de la muestra es limo y arcilla; por lo cual es un suelo fino limo arcilloso [A-6(0)] es lo que señala su clasificación AASHTO, pero sin embargo que por su porcentaje de arena (30.49%), el suelo se clasifica como SC según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), tal como se muestra en la **Figura 46**, donde consta la curva granulométrica.

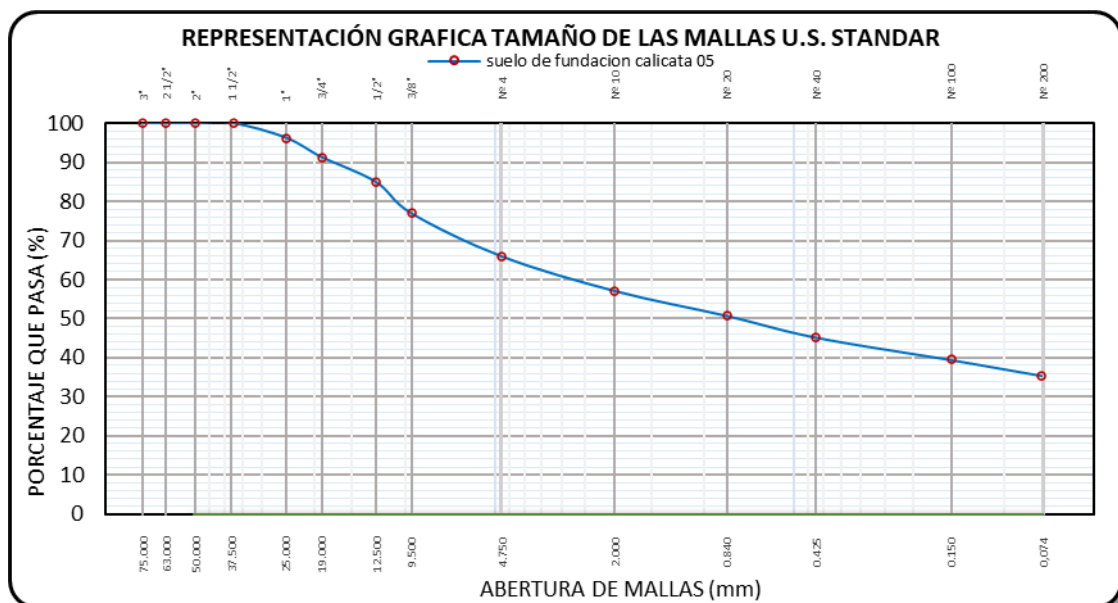


Figura 46. Curva Granulométrica de suelo en estudio de la calicata C-5

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

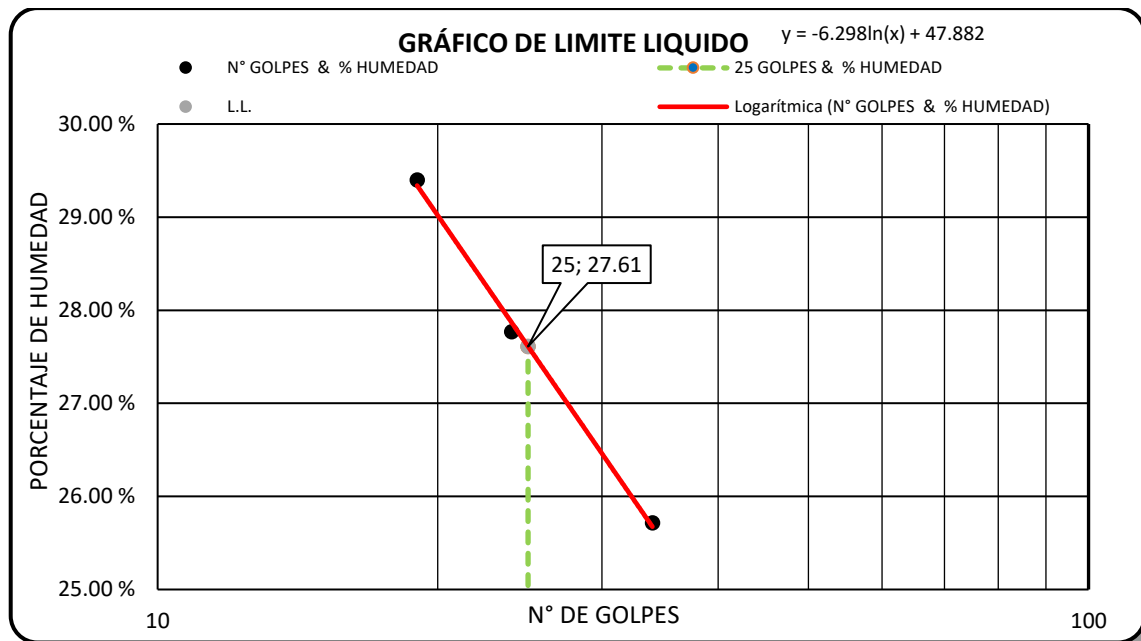


Figura 47. Gráfica de limite líquido de suelo en estudio de la calicata C-5

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C-5, donde se obtiene del ensayo de Proctor Modificado la Máxima Densidad Seca el cual es de 2.010 gr/cm³, y un contenido de humedad optima 9.00 %, lo cual se puede apreciar en la siguiente **Tabla 25**:

Tabla 25. Características Físico Mecánicas del suelo en estudio de la calicata C5

Propiedades físico mecánicas del suelo	
Máxima densidad seca	2.010 g/cm ³
Contenido humedad optima	9.00 %

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

A continuación, se muestra en la **Figura 48** la curva de compactación Proctor del suelo en estudio en su estado natural.

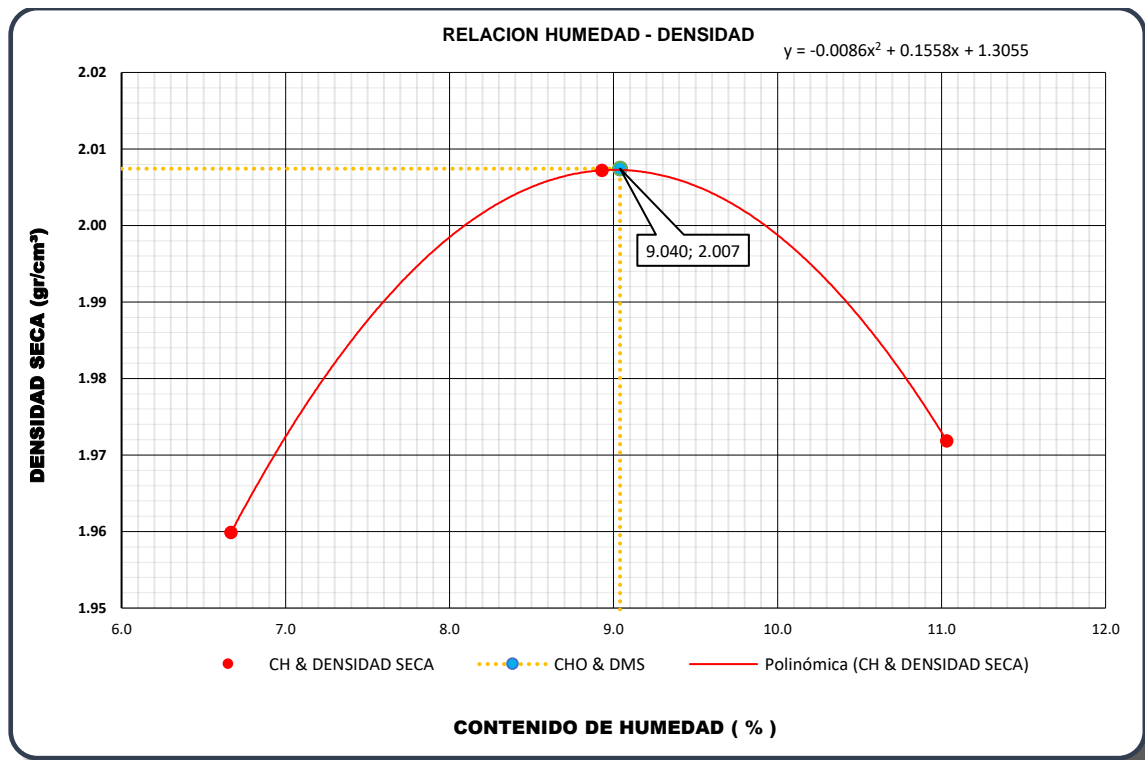


Figura 48. Gráfica de Curva de compactación de suelo en estudio en su estado natural de la calicata C-5

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.2. Cuadro de resumen de los valores obtenidos de las calicatas y de la cantera Salcedo

Mediante el ensayo de granulometría se pudo clasificar a las muestras de los suelos de las vías urbanas en estudio como suelos arenosos o finos, los cuales no son recomendables para una sub-base granular, a excepción de la muestra de la cantera de Salcedo que es un suelo gravoso. El resumen de las calicatas y de la cantera se muestra en la siguiente **Tabla 26**:

Tabla 26. Cuadro de resumen de resultados de las muestras

CALICATA	CLASIFICACIÓN		LÍMITES DE CONSISTENCIA			PROCTOR MODIFICADO	
	SUCS	AASHTO	L.L.	L.P.	I.P.	Max. Densidad Seca	Cont. Humedad Óptima
C1	SC	A-4(3)	23.28%	14.43%	8.79%	1.990 gr/cm ³	14.30%
C2	SC	A-2-4(0)	26.20%	18.06%	8.15%	2.110 gr/cm ³	7.60%
C3	CL	A-4(4)	25.23%	15.17%	9.46%	2.000 gr/cm ³	9.80%
C4	ML	A-4(4)	17.89%	15.57%	2.32%	2.090 gr/cm ³	12.50%
C5	SC	A-6(0)	27.61%	16.75%	10.86%	2.010 gr/cm ³	9.00%
Muestra Cantera	GP- GC	A-1-a(0)	30.10%	26.15%	3.94%	2.160 gr/cm ³	8.40%

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

En la **Figura 49**, se muestra el tipo de suelo natural para cada calicata y según su clasificación AASHTO y SUCS.

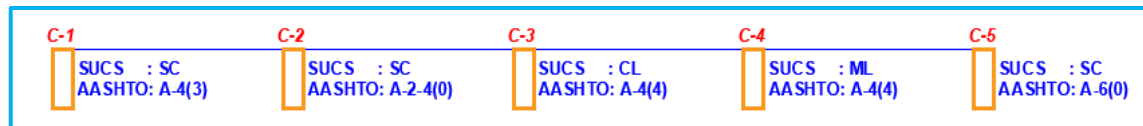


Figura 49. El tipo de suelo para cada calicata según su clasificación

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.3. Análisis del suelo granular de la cantera de Salcedo – Puno (muestra patrón)

Una vez obtenida los resultados de las calicatas y viendo que se tiene la necesidad de mejorar el suelo, presentamos los siguientes cuadros que muestran los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de la muestra de cantera *Salcedo – Puno*.

4.1.2.1. Clasificación del suelo granular de la cantera de Salcedo (muestra patrón)

A continuación, se muestra las características de la granulometría del suelo granular sin adición de PET con (0% de PET), se muestra en la siguiente **Tabla 27**.

Tabla 27. Características Granulométricas de la cantera de Salcedo

Clasificación del suelo	
Grava	52.20 %
Arena	36.13 %
Fino	11.67 %
W natural	7.20 %
L.L.	30.10 %
L.P.	26.15 %
I.P.	3.94 %
SUCS	GP-GC
AASHTO	A-1-a(0)

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

De la **Tabla 27** se tiene que 52.20% es grava, 36.13% es arena y 11.67% de la muestra es limo y arcilla; por lo cual es un suelo grava mal graduada con arcilla y arena [A-1-a(0)] es lo que señala su clasificación AASHTO, pero sin embargo que por su porcentaje de arena (36.13%), el suelo se clasifica como GP-GC según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), tal como se muestra en la **Figura 50**, donde consta la curva granulométrica.

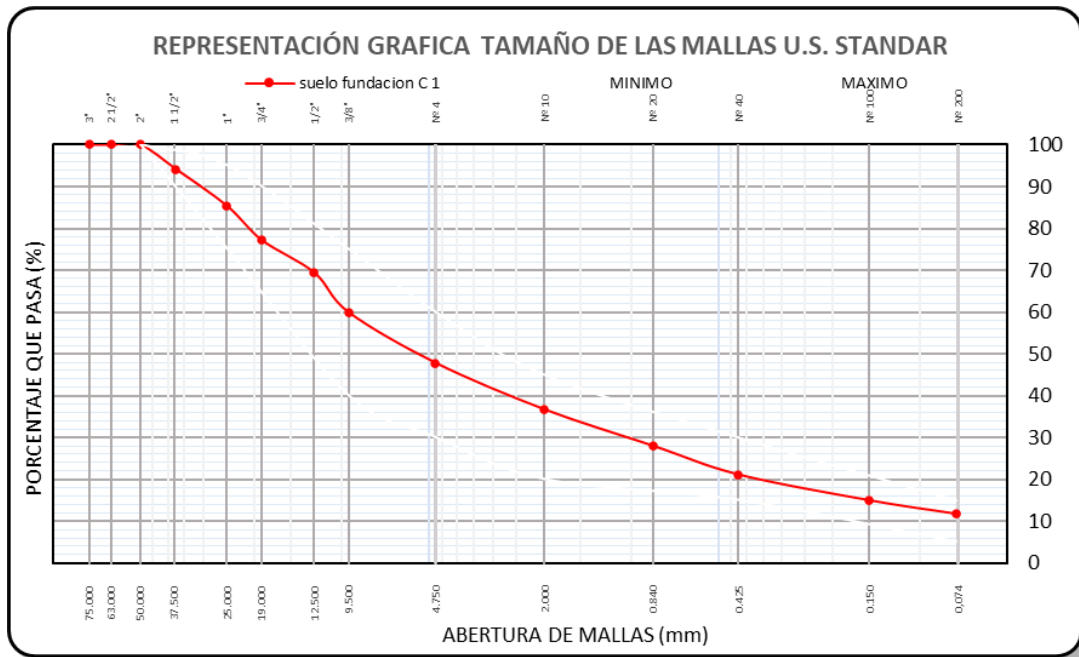


Figura 50. Curva Granulométrica de suelo natural en estudio de la cantera de Salcedo

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Asimismo, tenemos la gráfica del límite líquido que se muestra en la siguiente **Figura 51**:

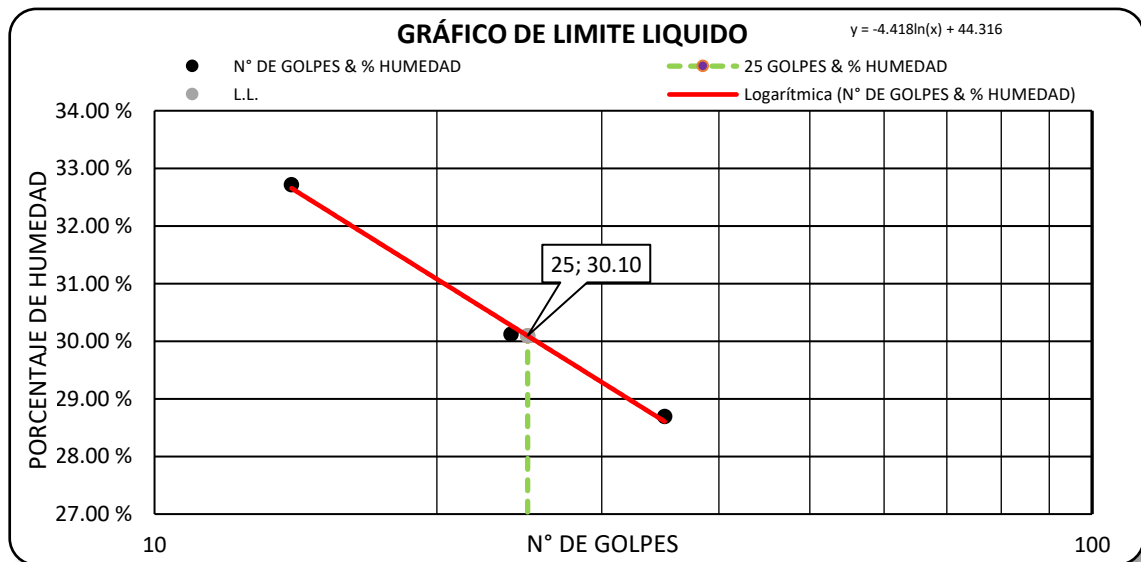


Figura 51. Representación gráfica del límite líquido de la cantera de Salcedo sin adición de PET.

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.4. Análisis de las propiedades mecánicas

4.1.3.1. Proctor modificado

En la **Figura 52** nos muestra que el Proctor modificado tiene una máxima densidad seca de 2.160 g/cm³ y un contenido humedad óptima de 8.40%.

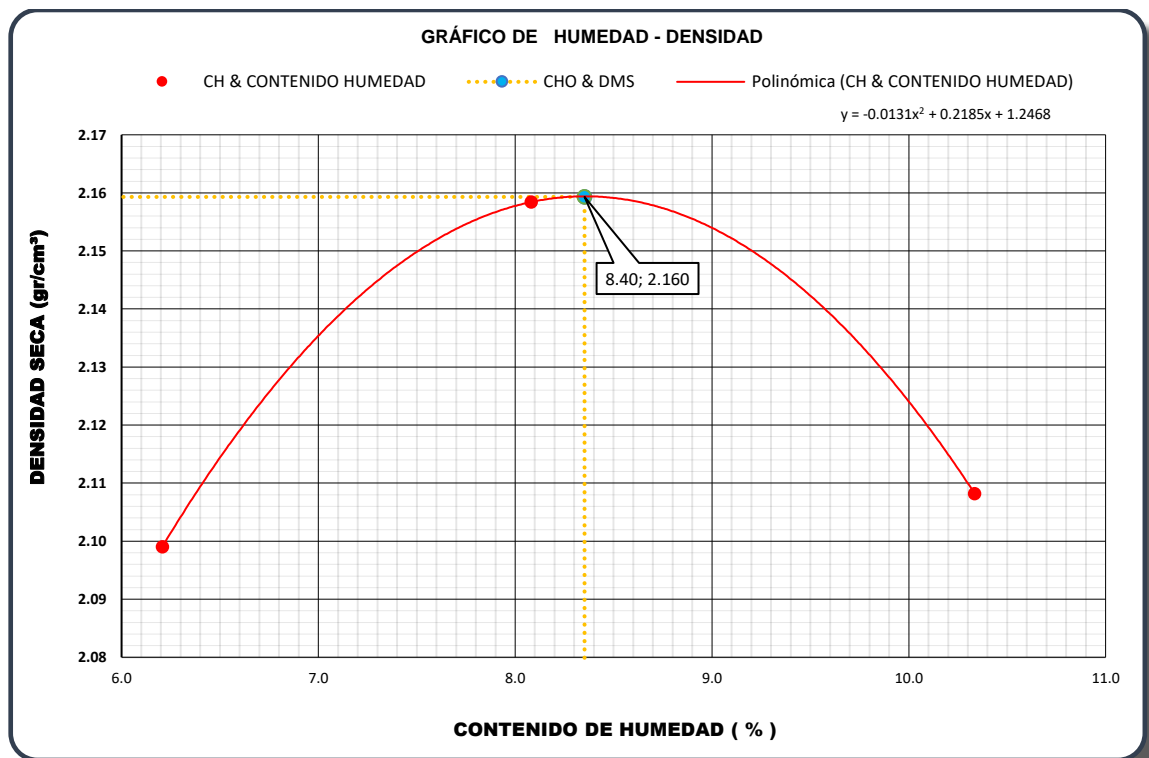


Figura 52. Representación gráfica de la curva de compactación de suelo granular de la cantera de Salcedo sin adición de PET

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.3.2. California Bearing Ratio (CBR)

Tal como se muestra en la **Figura 53**, tenemos para 56, 25 y 12 golpes respectivamente, sin adicionar el material de Polietileno Tereftalato (PET), asimismo se tiene la gráfica de la densidad seca y CBR el cual se muestra en la **Figura 54**.

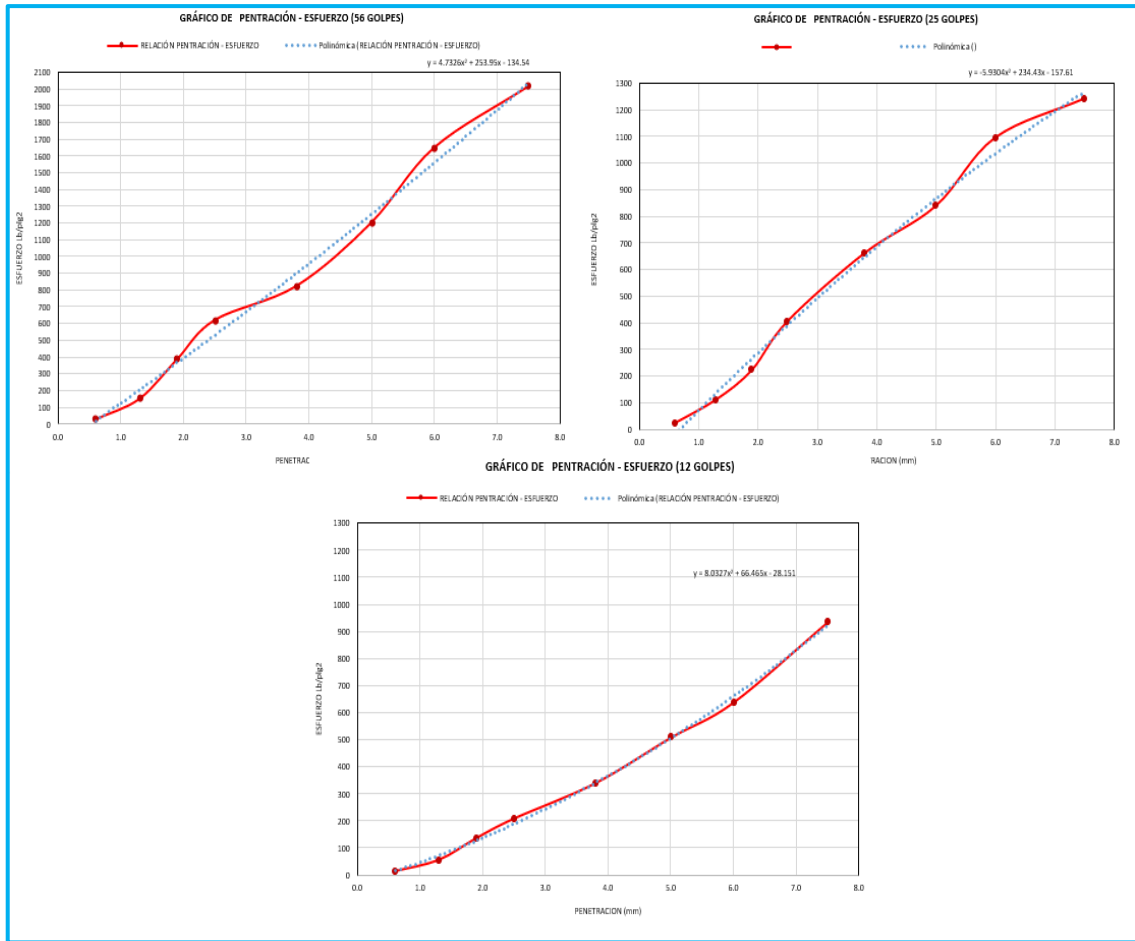


Figura 53. Representación de las curvas CBR de suelo granular en estudio a 56, 25 y 12 golpes sin adición de PET

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

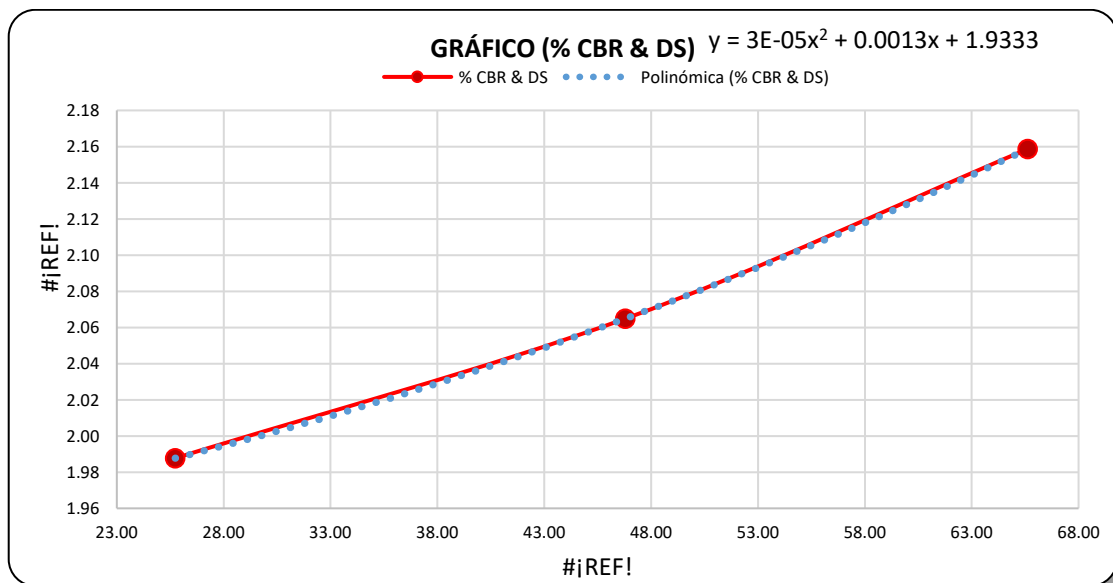


Figura 54. Representación gráfica de CBR y densidad seca

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Tabla 28. CBR de suelo granular de la cantera Salcedo en su estado inicial

ENSAYO	DENSIDAD SECA MÁXIMA ($\delta_{dm\acute{a}x}$) (g/cm ³)	CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD (CHO) (%)	ENERGÍA DE COMPACTACIÓN (golpes)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	CBR (%)	RESULTADO CBR
			56	2.16	65.62	CBR al 100%=62.4%
Ensayo	2.160	8.40	25	2.07	46.79	
			12	1.98	25.73	CBR al 95%=37.0%

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

De la **Tabla 28** se observa que el CBR del suelo en estudio, en su estado natural al 100% es de 62.4%, lo cual significa que según la normativa peruana es apto para Sub base (CBR mínimo 40%) y Base (CBR mínimo 80%) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) (EG, 2013).

4.1.5. Análisis del suelo granular de la cantera Salcedo con adición de PET al 2%

Se ha realizado los ensayos de Proctor y CBR con el material granular y una adición de 2% de PET, tal como se muestra en la **Figura 55**, además del ensayo de CBR (**Figura 56**). Observamos que al adicionar 2% de PET, el contenido humedad óptima baja de 8.40% a 8.30% disminuyendo en un 0.10% respecto a la muestra patrón, en cuanto a la máxima densidad seca baja de 2.160 g/cm³ a 2.120 g/cm³, bajando en un 0.040 g/cm³.

En cuanto al CBR sube de 62.4% (100% de la máxima densidad seca) a 72.6% (del 100% de la máxima densidad seca), aumentando así un 10.2%, lo que indica que su índice de resistencia mejora.

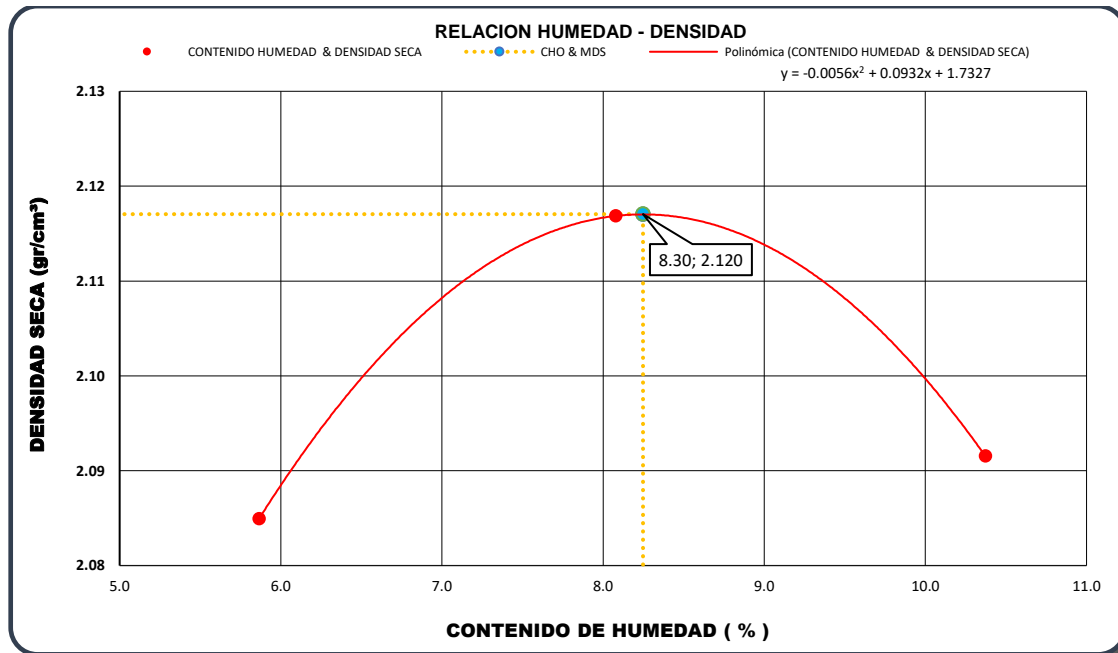


Figura 55. Representación gráfica de la curva de compactación de suelo granular de cantera Salcedo adicionando 2% de PET

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

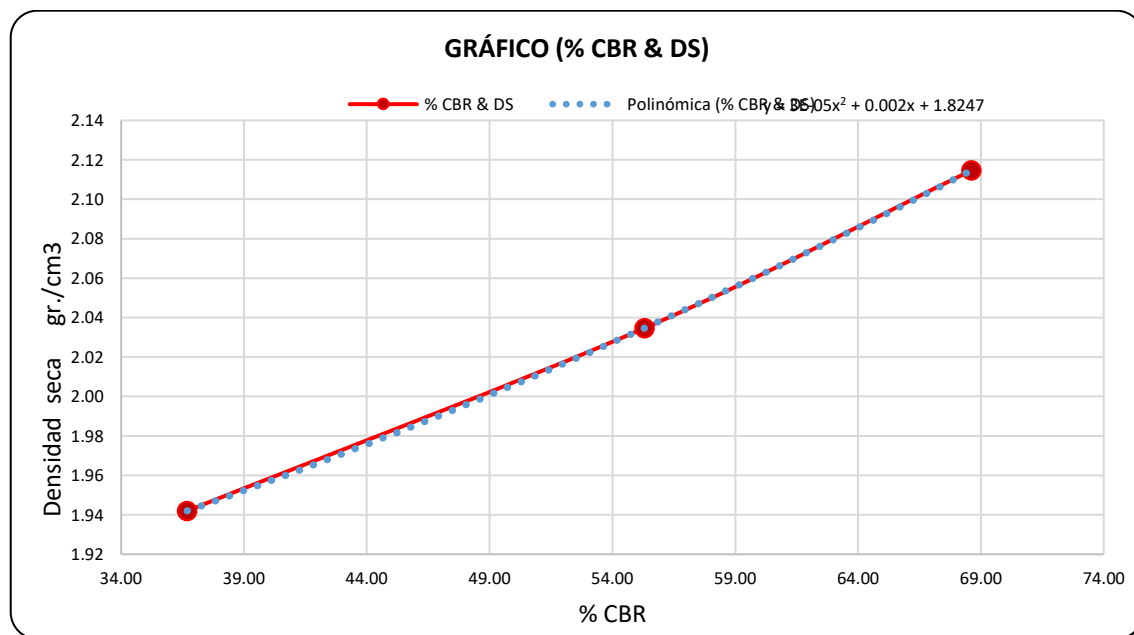


Figura 56. Representación gráfica de CBR del suelo granular de la cantera de Salcedo adicionando 2% de PET

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.6. Análisis del suelo granular de la cantera Salcedo con adición de PET al 4%

Se ha realizado los ensayos de Proctor y CBR con el material granular y una adición de 4% de PET, tal como se muestra en la **Figura 57**, además del ensayo de CBR (**Figura 58**). Observamos que al adicionar 4% de PET, el contenido humedad óptima no varía respecto a la muestra patrón, en cuanto a la máxima densidad seca baja de 2.160 g/cm³ a 2.015 g/cm³, bajando en un 0.145 g/cm³.

En cuanto al CBR sube de 62.4% (100% de la máxima densidad seca) a 75.10% (del 100% de la máxima densidad seca), aumentando así un **12.7%**, lo que *indica que su índice de resistencia mejora*.

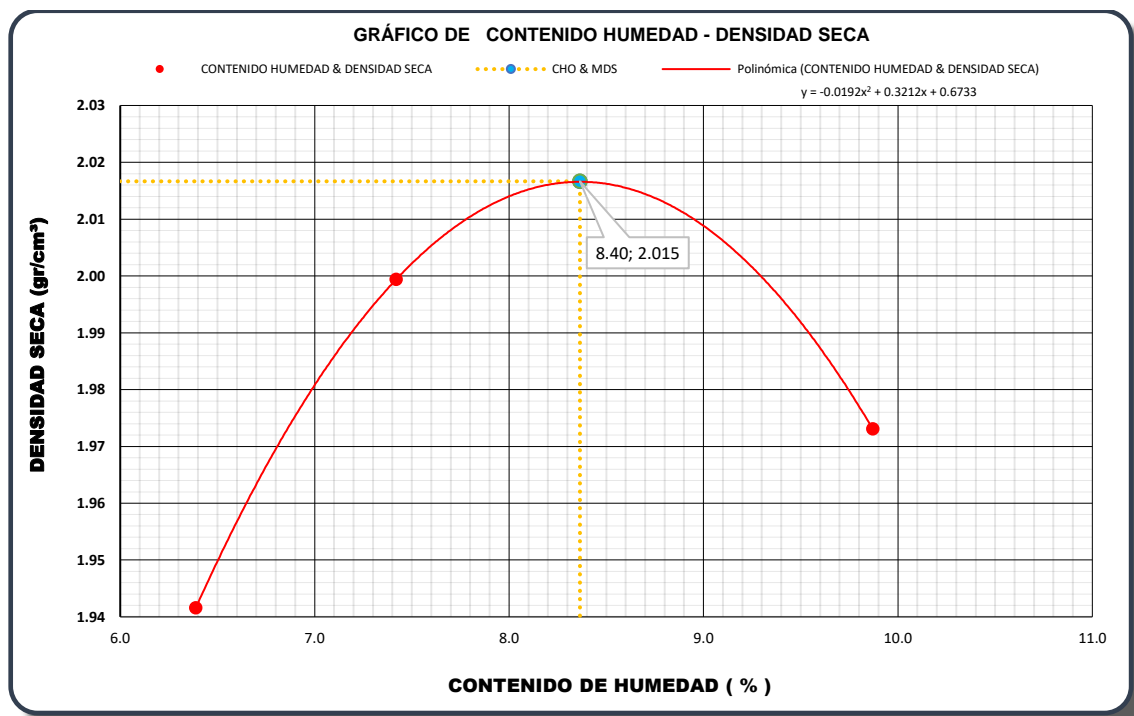


Figura 57. Representación gráfica de la curva de compactación de suelo granular de cantera Salcedo adicionando 4% de PET

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

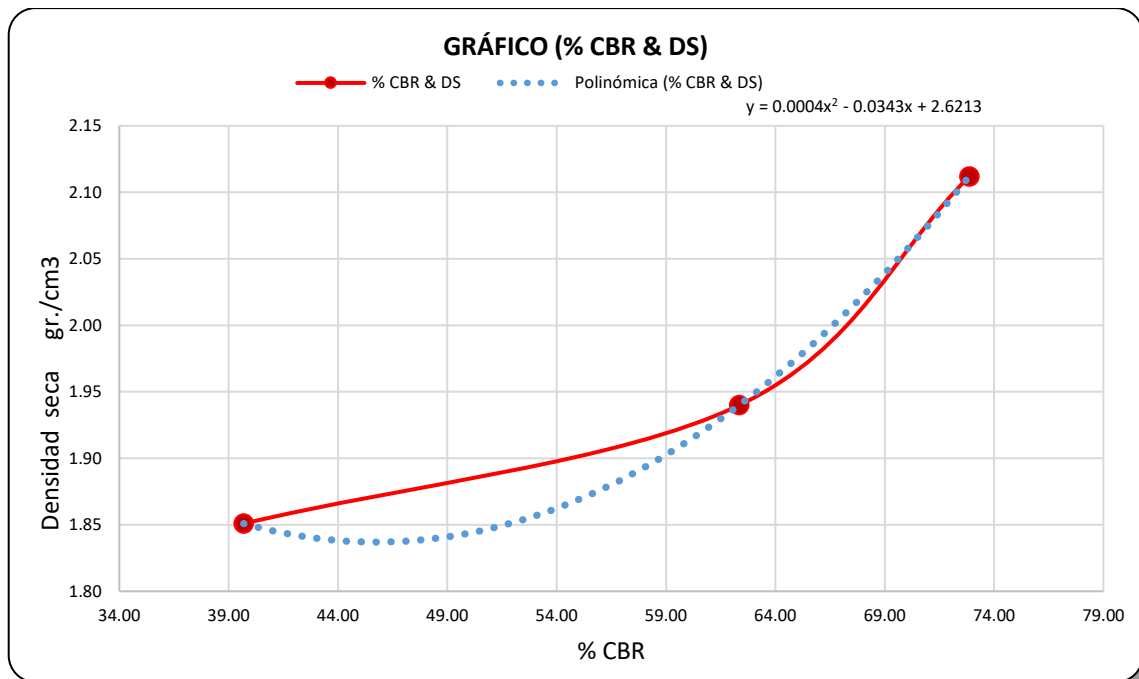


Figura 58. Representación gráfica de CBR del suelo granular de la cantera de Salcedo adicionando 4% de PET

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.7. Análisis del suelo granular de la cantera Salcedo con adición de PET al 6%

Se ha realizado los ensayos de Proctor y CBR con el material granular y una adición de 6% de PET, tal como se muestra en la **Figura 59**, además del ensayo de CBR (**Figura 60**). Observamos que al adicionar 6% de PET, el contenido humedad óptima baja de 8.40% a 7.50% disminuyendo en un 0.90% respecto a la muestra patrón, en cuanto a la máxima densidad seca baja de 2.160 g/cm³ a 1.930 g/cm³, baja en un 0.23 g/cm³.

En cuanto al CBR sube de 62.4% (100% de la máxima densidad seca) a 71.2% (del 100% de la máxima densidad seca), aumentando así un 8.8%, lo que indica que su índice de resistencia mejora.

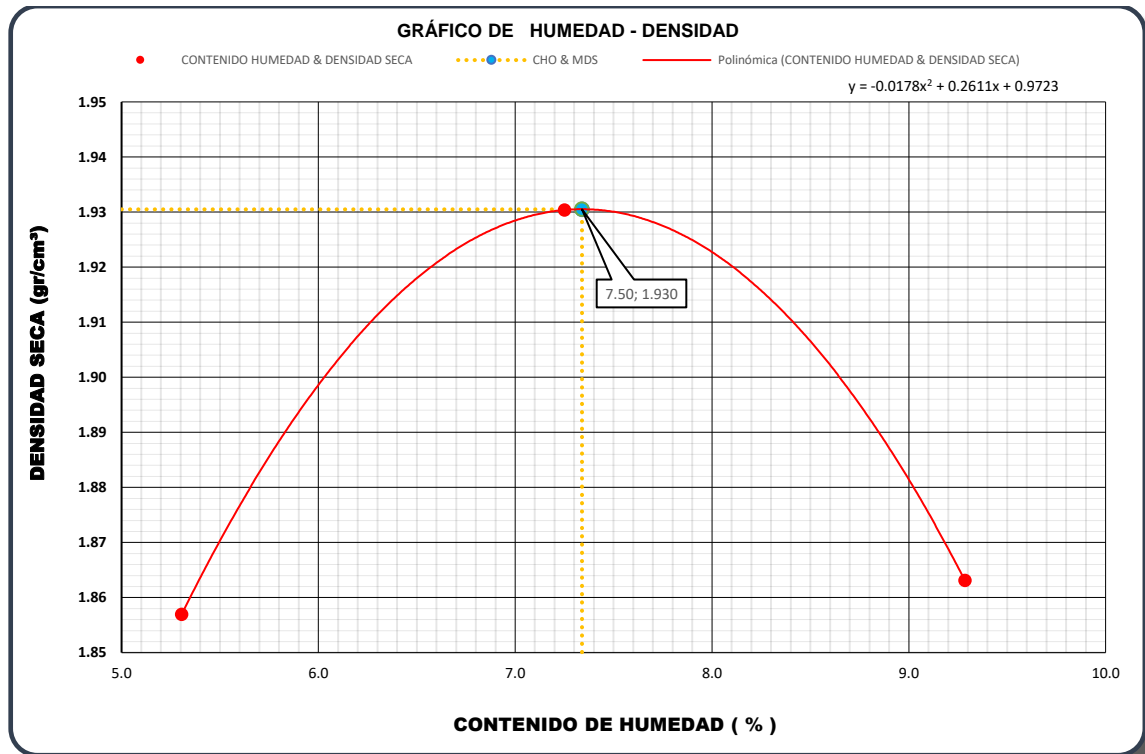


Figura 59. Representación gráfica de la curva de compactación de suelo granular de cantera Salcedo adicionando 6% de PET

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

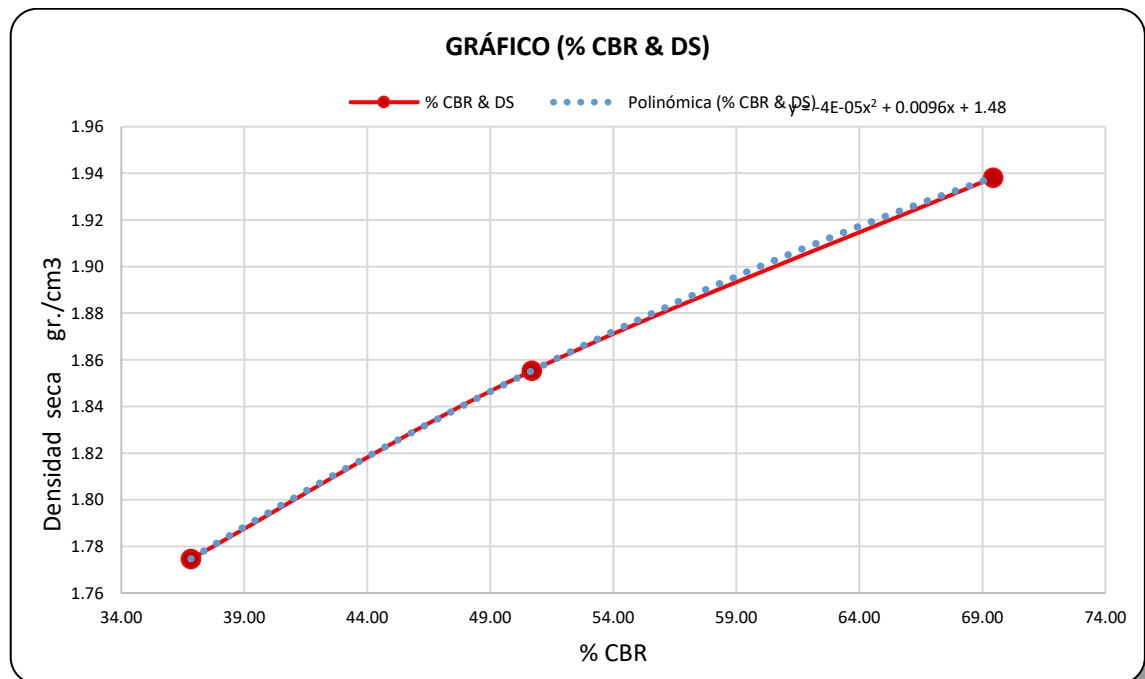


Figura 60. Representación gráfica de CBR del suelo granular de la cantera de Salcedo adicionando 6% de PET

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.8. Análisis del suelo granular de la cantera Salcedo con adición de PET al 8%

Se ha realizado los ensayos de Proctor y CBR con el material granular y una adición de 8% de PET, tal como se muestra en la **Figura 61**, además del ensayo de CBR (**Figura 62**). Observamos que al adicionar 8% de PET, el contenido humedad óptima baja de 8.40% a 6.90% disminuyendo en un 1.50% respecto a la muestra patrón, en cuanto a la máxima densidad seca baja de 2.160 g/cm³ a 1.850 g/cm³, baja en un 0.31%.

En cuanto al CBR sube de 62.4% (100% de la máxima densidad seca) a 62.5% (del 100% de la máxima densidad seca), aumentando así un 0.10%, lo que indica que su índice de resistencia ya no mejora, por lo que el porcentaje de CBR al 100% solo aumenta en un 0.10%.

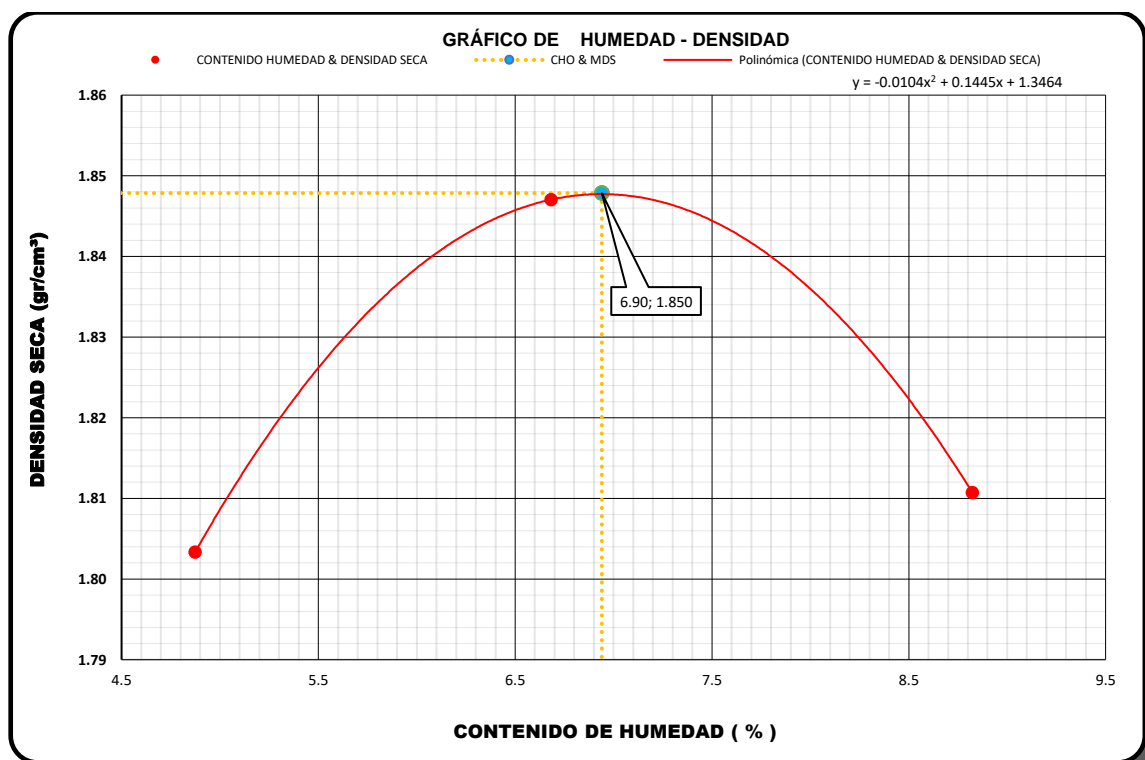


Figura 61. Representación gráfica de la curva de compactación de suelo granular de cantera Salcedo adicionando 8% de PET

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

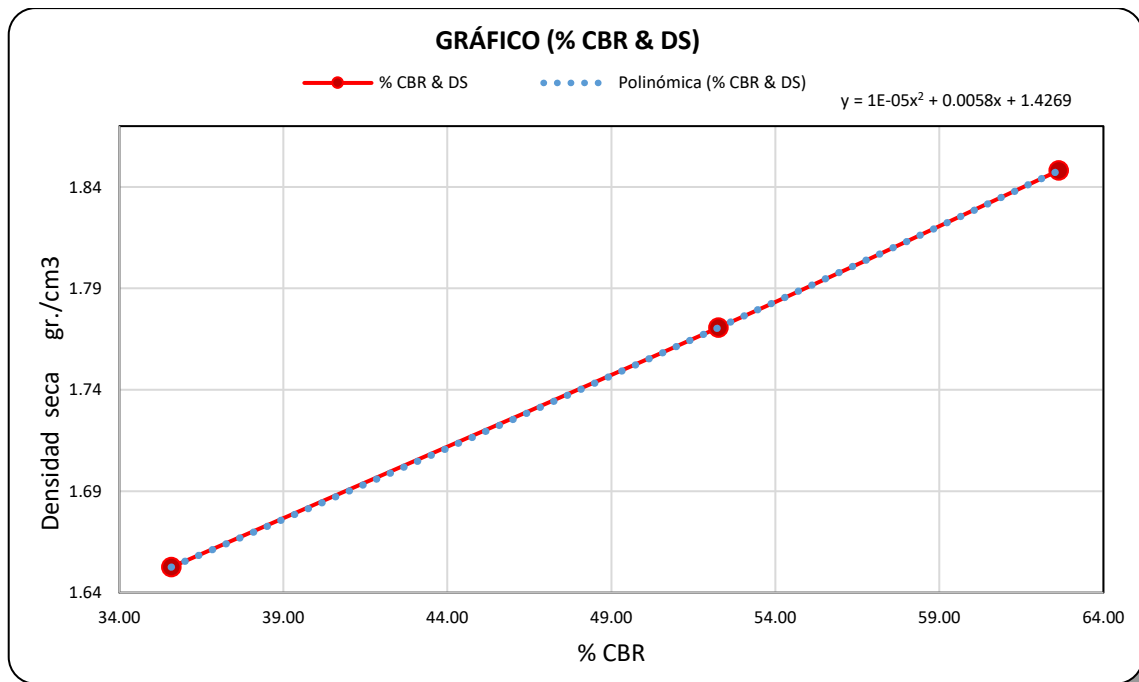


Figura 62. Representación gráfica de CBR del suelo granular de la cantera de Salcedo adicionando 8% de PET

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.9. Análisis del suelo granular de la cantera Salcedo con adición de PET al 10%

Se ha realizado los ensayos de Proctor y CBR con el material granular y una adición de 10% de PET, tal como se muestra en la **Figura 63**, además del ensayo de CBR (**Figura 64**). Observamos que al adicionar 10% de PET, el contenido humedad óptima baja de 8.40% a 7.00% disminuyendo en un 1.40% respecto a la muestra patrón, en cuanto a la máxima densidad seca baja de 2.160 g/cm³ a 1.790 g/cm³, el cual baja en un 0.37 g/cm³.

En cuanto al CBR baja de 62.4% (100% de la máxima densidad seca) a 59.0% (del 100% de la máxima densidad seca), disminuyendo así un 3.4%, lo que indica que su índice de resistencia no mejora en absoluto.

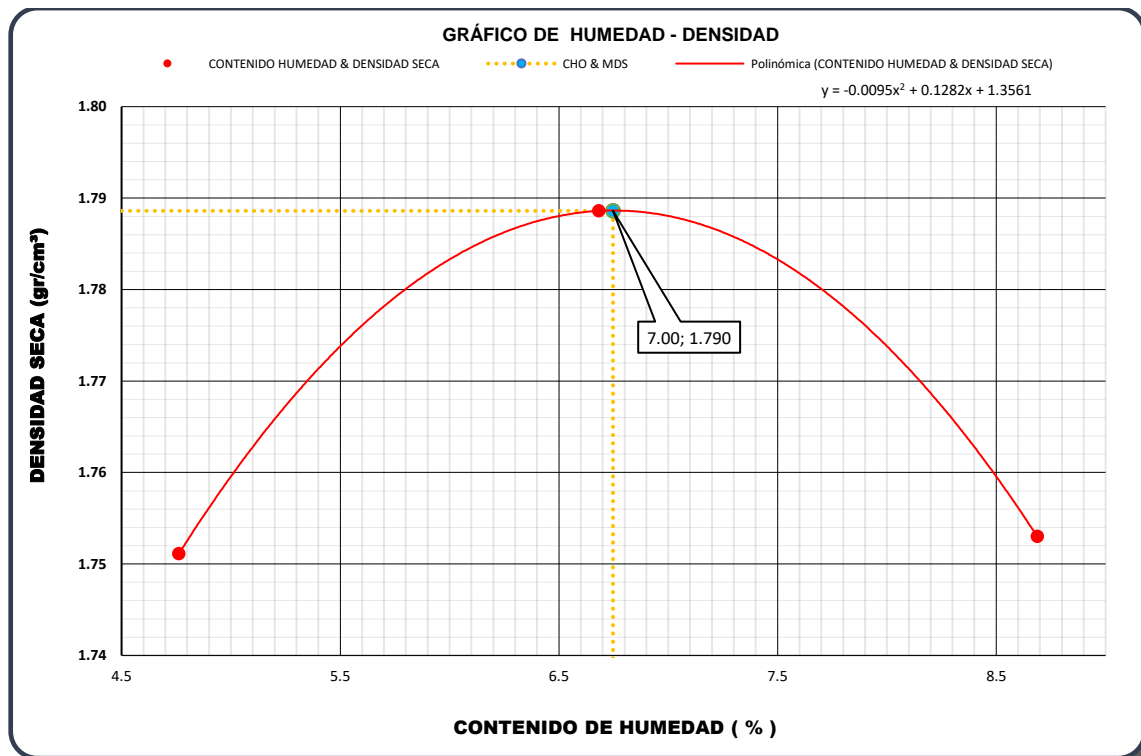


Figura 63. Representación gráfica de la curva de compactación de suelo granular de cantera Salcedo adicionando 10% de PET

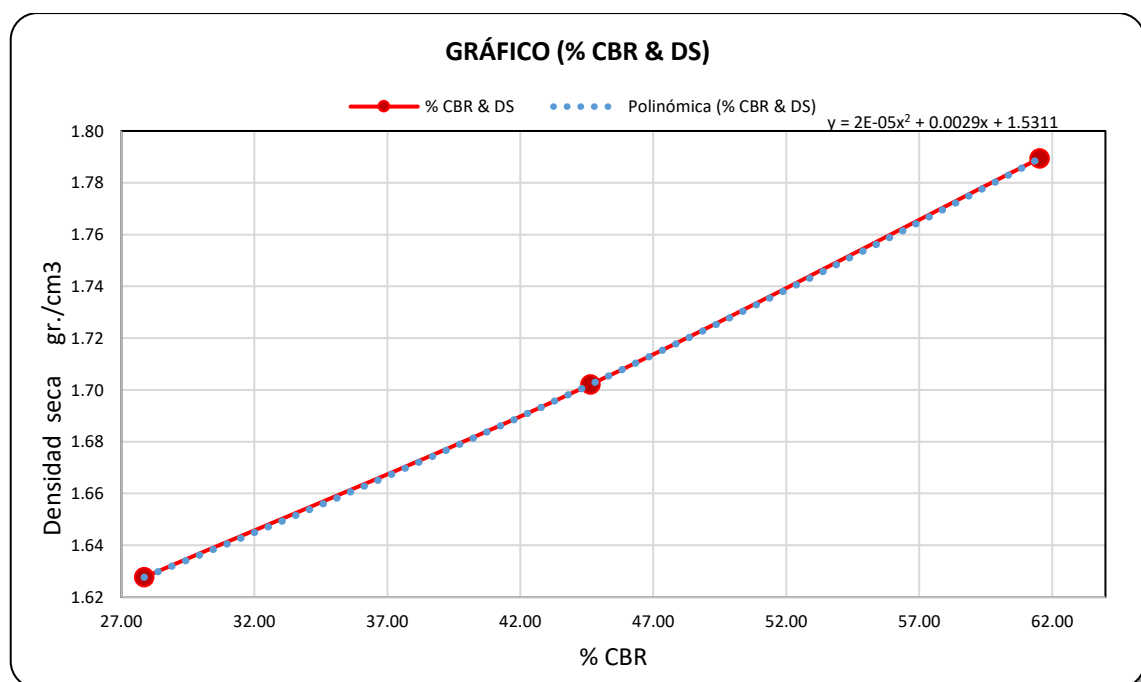


Figura 64. Representación gráfica de CBR del suelo granular de la cantera de Salcedo adicionando 10% de PET

Tabla 29. Tabla de resumen adicionando 2%, 4%, 6%, 8% y 10% de PET

ENSAYO	DENSIDAD SECA MÁXIMA ($\delta_{dm\acute{a}x}$) (g/cm ³)	CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD (CHO) (%)	ENERGÍA DE COMPACTACIÓN (golpes)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	CBR (%)	RESULTADO CBR
Ensayo a 2% de PET	2.120	8.30	56	2.12	68.61	CBR al 100%=72.6% CBR al 95%=50.0%
			25	2.03	55.30	
			12	1.94	36.69	
Ensayo a 4% de PET	2.015	8.40	56	2.02	69.83	CBR al 100%=75.1% CBR al 95%=54.0%
			25	1.94	60.42	
			12	1.86	41.48	
Ensayo a 6% de PET	1.930	7.50	56	1.93	69.44	CBR al 100%=71.2% CBR al 95%=49.0%
			25	1.85	50.69	
			12	1.77	36.83	
Ensayo a 8% de PET	1.850	6.90	56	1.85	62.64	CBR al 100%=62.5% CBR al 95%=53.0%
			25	1.77	52.26	
			12	1.65	35.58	
Ensayo a 10% de PET	1.790	7.00	56	1.79	61.52	CBR al 100%=59.0% CBR al 95%=42.0%
			25	1.70	44.63	
			12	1.63	27.86	

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.10. Análisis de contenido humedad óptimo

La **Tabla 30** presenta los resultados del contenido humedad óptima de la muestra patrón y las adiciones de PET de 2% a 10%, tal como se muestra en la **Tabla 30**, en las adiciones del 2% al 4% el CHO no varía, sin embargo, al adicionar PET mas del 6% el CHO disminuye, esto debido a que el PET al ser un plástico no retiene agua, ocupa espacio de solidos por tanto el contenido de agua tiene que ser menor ya que esto solo actúa como lubricante de las partículas.

Tabla 30. Representación en la tabla porcentaje de PET vs CHO

CONTENIDO HUMEDAD ÓPTIMA	
PET	CHO
(MUESTRA PATRÓN) 0%	8.40
2%	8.30
4%	8.40
6%	7.50
8%	6.90
10%	7.00

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.11. Análisis de máxima densidad seca

La **Tabla 31** presenta los resultados de la máxima densidad seca de la muestra patrón y las adiciones de PET de 2% a 10%, tal como se muestra en la **Tabla 31**, en las adiciones del 2% al 10% de PET la máxima densidad seca tiende a disminuir uniformemente, esto debido a que el PET al ser un plástico no requiere agua en cantidades menores.

Tabla 31. Representación en la tabla porcentaje de PET vs máxima densidad seca

MÁXIMA DENSIDAD SECA	
PET	γ_{dmax}
(MUESTRA PATRÓN) 0%	2.160 g/cm ³
2%	2.120 g/cm ³
4%	2.015 g/cm ³
6%	1.930 g/cm ³
8%	1.850 g/cm ³

10%

1.790 g/cm³

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.12. Análisis de CBR al 100%

La **Tabla 32** presenta los resultados del CBR al 100% de la muestra patrón y las adiciones de PET de 2% a 10%, tal como se muestra en la **Tabla 32**, en las adiciones del 2% al 10% el CBR al inicio sube y luego tiende a bajar, sin embargo, al adicionar PET más del 4% el CBR aumenta en un 12.7%, esto indica que su índice de resistencia mejora con respecto a la muestra patrón, asimismo se muestra su representación gráfica en la **Figura 65**.

Tabla 32. Representación en la tabla porcentaje de PET vs CBR al 100%

CBR AL 100%	
PET	RESULTADO CBR
(MUESTRA PATRÓN) 0%	62.4%
2%	72.6%
4%	75.1%
6%	71.2%
8%	62.5%
10%	59.0%

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

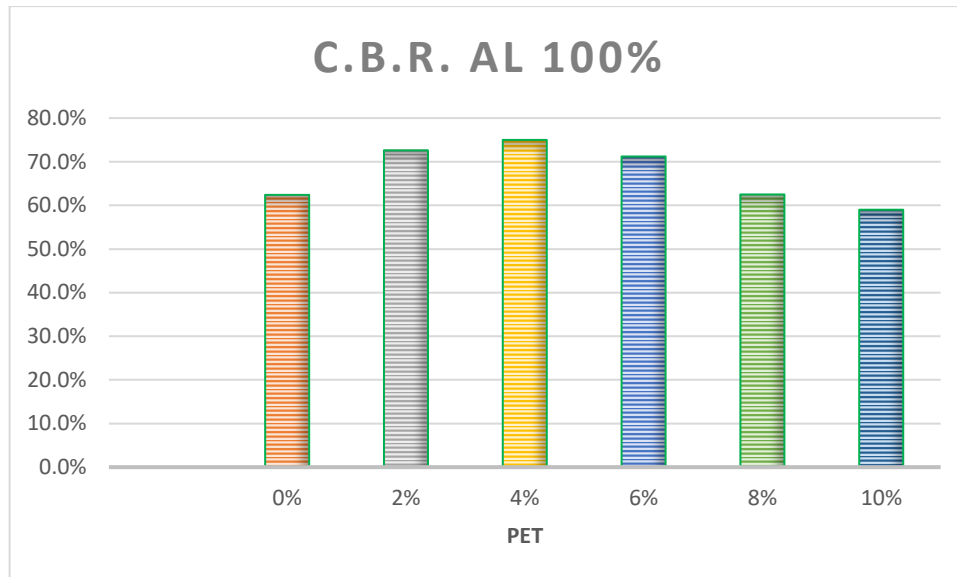


Figura 65. Representación gráfica del porcentaje de PET vs CBR

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.13. Análisis de CBR al 95%

La **Tabla 33** presenta los resultados del CBR al 95% de la muestra patrón y las adiciones de PET de 2% a 10%, tal como se muestra en la **Tabla 33**, en las adiciones del 2% y 10% el CBR es superior al de la muestra patrón, sin embargo, que al adicionar un 4% de PET el CBR aumenta en un 17%, esto indica que su índice de resistencia mejora con respecto a la muestra patrón.

Tabla 33. Representación en la tabla porcentaje de PET vs CBR al 95%

CBR AL 95%	
PET	RESULTADO CBR
(MUESTRA PATRÓN) 0%	37.0%
2%	50.0%
4%	54.0%
6%	49.0%
8%	53.0%
10%	42.0%

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

De la **Tabla 32** se observa que el CBR al 100% con adición de PET en sus diferentes proporciones propuestas. Se obtiene que el CBR máximo es aquel que se le agrega el 4% de PET de su peso seco, por lo que se puede apreciar también en la **Figura 65**.

4.1.14. Resultados de correlaciones y prueba de hipótesis

Correlación de la CBR al 100% y el porcentaje de PET adicionado al suelo en estudio, se muestra en la siguiente **Figura 66**.

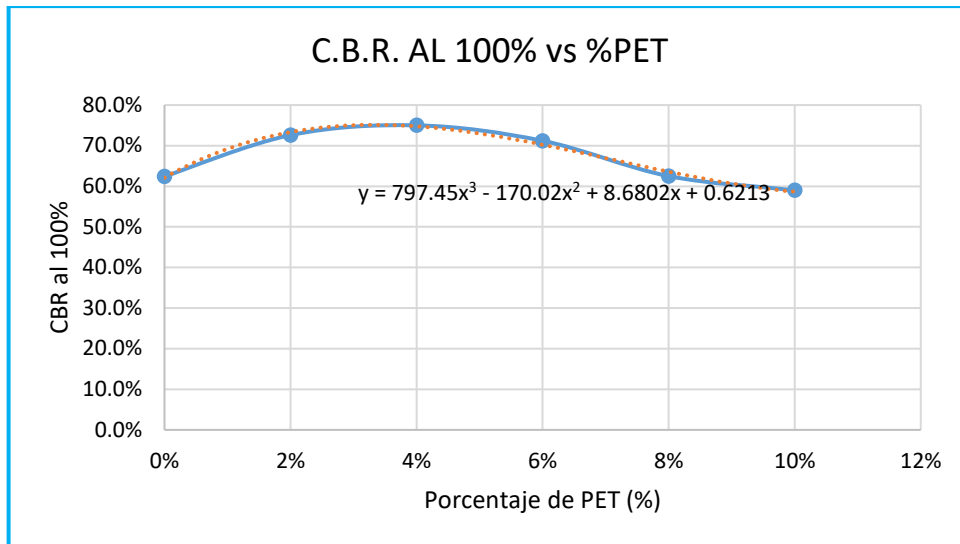


Figura 66. Gráfico de dispersión del CBR vs PET

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Análisis Estadístico de Normalidad del % de PET versus resultados CBR 100%

De la **Tabla 32** extraemos los CBR y porcentaje de PET, formamos otra **Tabla 34**.

Tabla 34. CBR vs % PET

PET	C.B.R. AL 100%	C.B.R. AL 95% M.D.S.
0%	62.40%	37.00%
2%	72.60%	50.00%
4%	75.10%	54.00%
6%	71.20%	49.00%
8%	62.50%	53.00%
10%	59.00%	42.00%
Media aritmética		
5%	67%	48%

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Planteamos las hipótesis

¿Todos los resultados en promedio del CBR añadiendo diferentes porcentajes de PET para mejorar la capacidad portante de los suelos son iguales?

Hipótesis nula (h_0): Los resultados en promedio del CBR añadiendo diferentes porcentajes de PET para mejorar la capacidad portante de los suelos son iguales, con 95% de confiabilidad.

Hipótesis alterna (h_a): En al menos un grupo los resultados en promedio del CBR añadiendo diferentes porcentajes de PET para mejorar la capacidad portante de los suelos son distintos, con 95% de confiabilidad.

Análisis de varianza de un factor se muestra en la siguiente **Tabla 35**.

Tabla 35. Resumen de análisis de varianza de un factor

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	6	0.3	0.05	0.0014
Columna 2	6	4.027	0.671166667	0.004366567
Columna 3	6	2.85	0.475	0.00443

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Por otro lado, también se presenta el análisis de varianza en la siguiente **Tabla 36**.

Tabla 36. Análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Proba bilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1.2099087	2	0.604954389	177.98	3.5530	3.6823203
Dentro de los grupos	78	15	0.003398856	76723	1E-11	44
Total	0.0509828	17				
	33					
	1.2608916					
	11					

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Valor de la prueba F = 177.9876723

El P valor = 3.55301E-11

Nivel de significancia (α) = 0.05

Como 0.05 es mayor 3.55301E-11 se descarta la hipótesis nula, la cual nos dice que: Los resultados en promedio del CBR añadiendo diferentes porcentajes de PET para mejorar la capacidad portante de los suelos son iguales.

Prueba de Tukey

HSD: Diferencia honestamente significativa

Mse: Cuadrado del error medio

Asimismo, también se presenta la prueba de Tukey en la **Tabla 37**:

Tabla 37. Prueba de Tukey

HSD =	0.08639674	= 8.64%
Multiplicador =	3.63	*de tabla
Mse =	0.003398856	
n =	6	
Media aritmética		
5%	67%	48%

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Tenemos que restar las medias entre sí y compararles con el valor de HSD obtenido, se puede apreciar en la siguiente **Tabla 39**.

Tabla 38. Comparación de resultados

	A	B	C
A		-62%	-43%
B			19%
C			

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Todos los valores absolutos de las diferencias de las medias son mayores a HSD = 8.64%, de la tabla se interpreta que hay diferencias significativas en los tres grupos, por lo tanto, aceptamos la hipótesis alterna (h_a)



Esto quiere decir que: En al menos un grupo los resultados en promedio del CBR añadiendo diferentes porcentajes de PET para mejorar la capacidad portante de los suelos son distintos, con 95% de confiabilidad.



V. CONCLUSIONES

- En el estudio análisis de suelo, se obtuvo un contenido humedad óptima de 8.40% en suelo granular de la muestra patrón, donde también logra mejorar su índice de resistencia es también con un contenido humedad óptima de 8.40%, con adición de PET al 4%.
- La máxima densidad seca para el suelo granular de la muestra patrón es de 2.160 g/cm³ y los porcentajes con adición de PET disminuye, asimismo es este caso con adición de PET al 4%, donde mejora el suelo granular su máxima densidad seca es de 2.015 g/cm³.
- La capacidad portante en términos de CBR, la muestra patrón del suelo granular mejora en un 12.7% CBR al 100%, por otro lado, también ocurre lo mismo la muestra patrón mejora en un 17.0% CBR al 95%, ambos con una adición de PET a 4%.



VI. RECOMENDACIONES

- La recomendación que se hace a las entes públicas y privadas que sean comprometidas del medio ambiente e implementar centros de reciclaje adecuados, para así poder usar el Polietileno Tereftalato PET en obras civiles.
- El Polietileno Tereftalato PET que se utilice en los ensayos debe estar limpio y sin contaminantes, que tengan una uniformidad tanto en su geometría como su tamaño, además debe ser la primera vez que lo reciclen.
- Se recomienda hacer más investigaciones similares con énfasis en el costo que demandaría la incorporación de material de Polietileno Tereftalato PET por kilómetro de vía.
- Se recomienda realizar investigaciones similares, incorporando material de Polietileno Tereftalato (PET) con formas geométricas distintas.



VII. REFERENCIAS

- Achiacchio, I. (2015). *El Suelo*. Tacuarembó - Uruguay: INIA - Tacuarembó.
- Alcalá Briceño, R., & Morales Puerta, J. M. (2017). *Efectos de la Modulación de Losas en las Fallas Transversales en Pavimentos Rígidos, Caso de Estudio: Vías Principales de Manga*. Cartagena - Colombia: Universidad de Cartagena.
- Arbeláez Varón, J. S., & Góngora Plazas, D. F. (2019). *Refuerzo de Estructuras Terreas Utilizando Tereftalato de polietileno (PET)*. Ibagué - Colombia: Universidad de Ibagué.
- Arteaga Villamarin, J. F. (2018). *Análisis del Comportamiento de la Base – Cemento Para Pavimentos con Adición de Residuos PET Reciclado*. Bogotá - Colombia: UCC.
- Bahamondes, R. (2013). *Análisis de Métodos de Diseño de Pavimentos de Adoquines de Hormigón*. Chile: Universidad de Concepción.
- Bonilla Ureña, V. M., Quintana Rodríguez, J. A., Carrión Viramontes, F. J., Martínez Trujano, L. Á., Hernández Figueroa, J. A., Gasca Zamora, H. M., . . . Montes Zea, M. (2017). *Análisis del Comportamiento Estructural de un Pavimento de Concreto Estructuralmente Reforzado Continuo (PCERC)*. Sanfandila - México: UAQ.
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo - Perú: UIB.
- Botero Jaramillo, E., Muñoz, L., Ossa, A., & Romo, M. (2014). *Comportamiento Mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus Aplicaciones Geotécnicas*. Medellín - Colombia: Universidad de Antioquia.
- Bowles, J. E. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*. Bogotá - Colombia: McGRAW-HILL.



- Carvajal Yate, A. M., & Garzon Novoa, R. E. (2019). *Evaluación de la Resistencia de un Suelo Areno Arcilloso con Refuerzos de Fibras PET*. Girardot, Cundinamarca - Colombia: UPC.
- CE. 010. (2010). *Pavimentos Urbanos*. Lima - Perú: Ministerio de Vivienda.
- Celi Yanchapanta, K. A. (2021). *Estabilización de Suelos Granulares de Subrasante con Finos de Tereftalato de Polietileno (PET), Polipropileno (PP) y Polietileno (PE)*. Ambato - Ecuador: UTA.
- Córdova, D. (2004). *La Industria de Plásticos en el Perú*. Lima - Perú: BWS.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. México: Limusa.
- Cuipal Chávez, B. K. (2018). *Estabilización de la Subrasante de Suelo Arcilloso con Uso de Polímero Sintético en la Carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas, 2018*. Lima – Perú: UCV.
- DG. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico*. Lima - Perú: MTC.
- Duarte, M. (2012). *Manual de Pavimentos Rígidos*. Brasil: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.
- Ecoologic.com. (2022). *Reciclaje del PET*. Barcelona - España: Ecoologic.
- EG. (2013). *Manual de Carreteras*. Lima - Peru: MTC.
- Elaboración Propia. (2022). *Tesis de Investigación*. Puno - Perú: UNAP.
- Flores León, P. I. (2019). *Evaluación de la Adición de Fibras PET Provenientes del Reciclaje de Botellas a la Subrasante del Suelo, en el Área de Estacionamiento de la Clínica USAT, 2018-2019*. Chiclayo - Perú: UCSTM.
- Gil Carbonell, E. R., & Nuñez Quintana, I. K. (2018). *Influencia de la Adición de Fibras de PET Reciclado Sobre la Resistencia, Cohesión y Ángulo de Fricción Interna de Suelos Arcillosos Aplicado a la Estabilidad de Taludes*. Trujillo – Peru: UNT.
- Google Earth. (2022). *Google Earth Pro*. Puno - Perú: Google.



- INACAP, J. (2014). *Introducción a la Mecánica de Suelos*. Chile: INACAP.
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2004). *Manual de Diseño de Vías Urbanas*.
Lima - Perú: VCHI S.A.
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Fundamentos de la Mecánica de Suelos*
(Vol. 1). México: LIMUSA.
- Luque Mojica, H. Z. (2013). *Diseño de Pavimento Rígido Calle 10 de Septiembre*. La Paz
- Bolivia: UMSA.
- M. Das, B. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México: OVA.
- MacArthur Foundation, E. (2016). *The New Economy Plastic*. Lima - Perú: MacArthur.
- MINAM, D. (2019). *Normas Legales*. Lima - Perú: Perú.
- Monsalve Escobar, L. M., Giraldo Vasquez, L. C., & Maya Gaviria, J. (2012). *Diseño de
Pavimento Flexible y Rígido*. Armenia - Asia: Universidad del Quindío.
- Mora Cano, A. D., & Arguelles Saenz, C. A. (2015). *Diseño de Pavimento rígido Para
la Urbanización Caballero y Gongora, Municipio de Honda - Tolima*. Bogotá -
Colombia: Universidad católica de Colombia.
- MTC. (2006). *Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial*. Lima - Perú: El
Peruano.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima -
Perú: MTC.
- MTC. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima - Perú: MTC.
- Muñoz Pérez, L. (2012). *Estudio del Uso del Polietileno Tereftalato (PET) como Material
de Restitución en Suelos de Baja Capacidad de Carga*. México: UNAM.
- Nesterenko Cortes, D. (2018). *Desempeño de Suelos Estabilizados con Polímeros en
Perú*. Lima - Perú: PIRHUA.
- Ojeda, M. (2011). *Tecnología de los Plásticos*. Buenos Aires - Argentina: Lanús BAA.



- Pacheco, K. (2020). *Diagnostico Socioeconómico Laboral Puno*. Puno - Perú: DIRTRA.
- Pari Pari, E. R. (2013). *Influencia de la Inclusión de Desecho de Policloruro de Vinilo (PVC) Sobre la Capacidad de Soporte de un Material Granular Tipo Subbase en la Ciudad de Juliaca*. Puno - Perú: UNAP.
- Quispe Condori, B. M. (2016). *Utilización de Bolsas de Polietileno Para el mejoramiento de suelo a Nivel de la Subrasante en el jr. Arequipa, Progresiva km 0+000-km 0+100, Distrito de Orcotuna, Concepción*. Huancayo - Perú: UNCP.
- Quispe Serrano, E., & Sañac Vilca, M. (2019). *Influencia de la Incorporación de Plástico Reciclado Triturado – PET en el Mejoramiento del Suelo a Nivel de Sub Rasante en la Prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018*. Abancay-Apurímac: UTEA.
- Quispe Supo, F. (2014). *Estabilización de Suelos no Aptos con Desechos de Policloruro de Vinilo para su Uso en la Conformación de la Capa Base y Sub Base de Pavimentos*. Puno - Perú: UNAP.
- Quispe Tito, C. (2016). *Evaluación Geológica - Geotécnica para el Proceso Constructivo de la Avenida Jallihuaya - Puno*. Puno - Perú: UNAP.
- Ramírez Triviño, V., & Hincapié Olano, J. C. (2018). *Evaluación CBR de Sub-Base Granular Mezclada con Tereftalato de Polietileno (Pet); para Uso en Vías Terciarias*. Pereira - Colombia: Universidad Libre.
- Ramos Hinojosa, G. P. (2014). *Mejoramiento de Subrasantes de Baja Capacidad Portante Mediante el Uso de Polímeros Reciclados en Carreteras, Paucará Huancavelica 2014*. Huancayo - Perú: UNCP.
- Rodriguez Ojeda, L. (2007). *Probabilidad y Estadística Basica para Ingenieros*. Guayaquil, Ecuador: EPSOL.



- Salas Oblitas, L. (2020). *Asociación Civil Reciclame y el Grupo GEA*. Lima - Perú: diariolagestión.
- Sherwell Betancourt, G. F. (2014). *Estudio del Uso de Polietileno Tereftalato (PET) como Material de Refuerzo de Estructuras Térreas Conformadas por Suelo Fino*. México: UNAM.
- Sinche Lavado, J. J., & Zevallos Quevedo, J. M. (2019). *Influencia de las Escamas de Tereftalato de Polietileno (Flake PET) en el comportamiento Mecánico de los Suelos Arena-Limosos del Distrito de la Molina*. Lima - Perú: USMP.
- Suca Suca, N. L. (2014). *Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica en la Ingeniería Civil*. Puno - Perú: Sagitario Impresores.
- Vargas Quispe, N. P. (2017). *Efecto de la Adición de Fibra de Polímeros Reciclados en el Valor del CBR de Suelos Granulares en Pavimentos*. Huancayo - Perú: UC.
- Zenteno Enriquez, S. J. (2018). *Efecto de la Estabilización de Suelos Finos con Tereftalato de Polietileno como Material de Refuerzo en la Estructura de Pavimentos Flexibles del Distrito de Puno*. Puno - Perú: UNAP.



ANEXOS

ANEXO A: TABLA PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla Comparaciones múltiples del Test de Tukey (valores q)

error	α	numero de grupos													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	.05	17.97	36.98	32.82	37.08	40.41	43.12	43.40	47.36	49.07	50.6	52.0	53.2	54.3	55.4
	.01	90.03	135.0	164.3	189.6	202.2	215.8	227.2	237.0	245.6	253	260	266	272	277
2	.05	6.083	8.331	8.798	10.880	11.732	12.436	13.026	13.539	13.989	14.392	14.746	15.071	15.370	15.646
	.01	14.04	19.02	22.29	24.720	26.63	28.20	29.53	30.68	31.69	32.59	33.44	34.11	34.82	35.39
3	.05	4.501	5.910	6.825	7.502	8.037	8.478	8.853	9.177	9.462	9.714	9.941	10.149	10.340	10.516
	.01	8.261	10.62	12.17	13.33	14.24	15.00	15.64	16.20	16.69	17.13	17.51	17.86	18.19	18.51
4	.05	3.927	5.040	5.757	6.287	6.707	7.053	7.347	7.602	7.826	8.026	8.208	8.371	8.522	8.662
	.01	6.512	8.120	9.173	9.958	10.584	11.097	11.542	11.928	12.268	12.579	12.837	13.082	13.314	13.527
5	.05	3.633	4.602	5.218	5.673	6.033	6.330	6.582	6.802	6.995	7.167	7.322	7.464	7.594	7.715
	.01	5.702	6.976	7.804	8.421	8.913	9.321	9.669	9.972	10.242	10.487	10.694	10.892	11.074	11.242
6	.05	3.461	4.339	4.896	5.305	5.628	5.895	6.122	6.319	6.493	6.648	6.788	6.913	7.033	7.142
	.01	5.243	6.331	7.033	7.556	7.973	8.318	8.613	8.869	9.097	9.307	9.481	9.650	9.805	9.948
7	.05	3.344	4.165	4.681	5.060	5.389	5.666	5.855	5.998	6.158	6.301	6.431	6.549	6.657	6.757
	.01	4.949	5.919	6.543	7.005	7.373	7.679	7.939	8.166	8.368	8.552	8.707	8.856	8.994	9.121
8	.05	3.261	4.041	4.529	4.886	5.167	5.399	5.597	5.767	5.918	6.053	6.175	6.286	6.388	6.482
	.01	4.746	5.635	6.204	6.625	6.960	7.237	7.474	7.681	7.863	8.030	8.172	8.308	8.432	8.548
9	.05	3.199	3.949	4.415	4.756	5.024	5.244	5.432	5.593	5.739	5.866	5.983	6.088	6.183	6.273
	.01	4.596	5.428	5.957	6.348	6.658	6.915	7.134	7.325	7.493	7.648	7.781	7.906	8.021	8.129
10	.05	3.151	3.877	4.327	4.654	4.912	5.124	5.305	5.461	5.599	5.721	5.833	5.934	6.027	6.114
	.01	4.482	5.270	5.789	6.136	6.428	6.669	6.875	7.053	7.213	7.357	7.482	7.599	7.708	7.809
11	.05	3.113	3.820	4.256	4.574	4.823	5.028	5.202	5.353	5.487	5.605	5.713	5.811	5.901	5.984
	.01	4.392	5.146	5.621	5.970	6.247	6.476	6.672	6.842	6.992	7.129	7.247	7.359	7.461	7.557
12	.05	3.082	3.773	4.199	4.508	4.751	4.950	5.119	5.265	5.395	5.510	5.614	5.710	5.797	5.877
	.01	4.320	5.046	5.502	5.856	6.101	6.321	6.507	6.670	6.814	6.944	7.067	7.184	7.292	7.394
13	.05	3.055	3.735	4.151	4.453	4.690	4.885	5.049	5.192	5.318	5.431	5.532	5.625	5.710	5.789
	.01	4.260	4.964	5.404	5.727	5.981	6.192	6.372	6.528	6.667	6.791	6.901	7.004	7.098	7.183
14	.05	3.033	3.702	4.111	4.407	4.639	4.829	4.990	5.131	5.254	5.363	5.463	5.553	5.637	5.713
	.01	4.210	4.895	5.322	5.634	5.881	6.085	6.258	6.409	6.543	6.664	6.770	6.869	6.960	7.044
15	.05	3.014	3.674	4.076	4.367	4.595	4.782	4.940	5.077	5.198	5.306	5.403	5.492	5.574	5.649
	.01	4.168	4.836	5.252	5.556	5.796	5.994	6.162	6.309	6.439	6.555	6.658	6.754	6.843	6.925
16	.05	2.998	3.649	4.046	4.333	4.557	4.741	4.897	5.031	5.150	5.256	5.351	5.439	5.519	5.593
	.01	4.131	4.786	5.192	5.489	5.722	5.915	6.079	6.222	6.348	6.462	6.563	6.655	6.742	6.821
17	.05	2.984	3.628	4.020	4.303	4.524	4.705	4.858	4.991	5.108	5.212	5.306	5.392	5.471	5.544
	.01	4.099	4.742	5.140	5.430	5.659	5.847	6.007	6.147	6.270	6.381	6.480	6.570	6.654	6.732
18	.05	2.971	3.609	3.997	4.277	4.495	4.673	4.824	4.956	5.071	5.173	5.266	5.351	5.428	5.500
	.01	4.071	4.703	5.094	5.379	5.603	5.788	5.944	6.081	6.201	6.310	6.406	6.494	6.577	6.653
19	.05	2.960	3.591	3.977	4.253	4.469	4.645	4.794	4.924	5.038	5.139	5.230	5.314	5.391	5.462
	.01	4.046	4.670	5.054	5.334	5.554	5.735	5.889	6.022	6.141	6.247	6.341	6.428	6.508	6.583
20	.05	2.950	3.576	3.958	4.232	4.445	4.620	4.768	4.896	5.008	5.108	5.199	5.281	5.357	5.427
	.01	4.024	4.639	5.018	5.294	5.510	5.688	5.839	5.970	6.087	6.190	6.284	6.368	6.447	6.521
24	.05	2.919	3.532	3.901	4.166	4.373	4.541	4.684	4.807	4.915	5.011	5.099	5.178	5.251	5.318
	.01	3.956	4.546	4.907	5.168	5.374	5.542	5.685	5.809	5.919	6.017	6.105	6.186	6.259	6.328
30	.05	2.888	3.486	3.845	4.102	4.302	4.464	4.602	4.720	4.824	4.917	5.000	5.077	5.146	5.211
	.01	3.889	4.453	4.799	5.048	5.242	5.401	5.536	5.653	5.756	5.848	5.931	6.007	6.077	6.141
40	.05	2.858	3.442	3.791	4.039	4.232	4.389	4.521	4.633	4.733	4.824	4.904	4.978	5.043	5.105
	.01	3.825	4.367	4.696	4.931	5.114	5.265	5.392	5.502	5.599	5.685	5.763	5.835	5.900	5.960
60	.05	2.829	3.399	3.737	3.977	4.163	4.314	4.441	4.550	4.646	4.731	4.808	4.878	4.942	5.001
	.01	3.762	4.282	4.595	4.818	4.991	5.133	5.253	5.356	5.447	5.527	5.600	5.667	5.728	5.783
80	.05	2.814	3.377	3.711	3.947	4.129	4.277	4.401	4.509	4.603	4.686	4.761	4.829	4.892	4.949
	.01	3.732	4.241	4.545	4.763	4.932	5.069	5.183	5.283	5.371	5.450	5.521	5.585	5.644	5.699
100	.05	2.806	3.364	3.695	3.929	4.109	4.255	4.378	4.484	4.577	4.659	4.733	4.800	4.862	4.918
	.01	3.714	4.216	4.516	4.730	4.896	5.031	5.143	5.241	5.328	5.404	5.474	5.536	5.594	5.647
120	.05	2.800	3.356	3.684	3.917	4.096	4.241	4.363	4.467	4.559	4.641	4.714	4.781	4.842	4.898
	.01	3.702	4.200	4.497	4.709	4.872	5.005	5.118	5.214	5.299	5.374	5.442	5.504	5.561	5.613
160	.05	2.771	3.313	3.632	3.857	4.029	4.169	4.285	4.386	4.473	4.551	4.621	4.684	4.742	4.795
	.01	3.658	4.116	4.399	4.599	4.753	4.879	4.984	5.074	5.153	5.223	5.287	5.344	5.397	5.448
200	.05	2.772	3.314	3.633	3.858	4.030	4.170	4.286	4.387	4.474	4.552	4.622	4.685	4.743	4.796
	.01	3.643	4.120	4.403	4.603	4.757	4.882	4.987	5.078	5.157	5.227	5.291	5.348	5.401	5.449



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

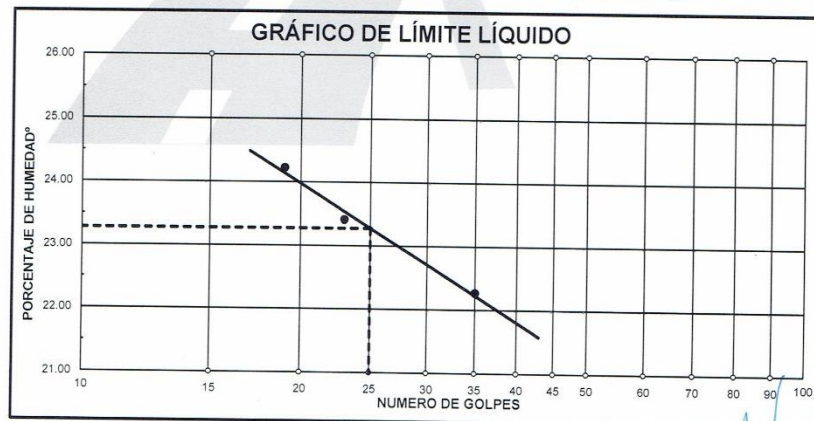
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETIL TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS RC
PROGRESIVA : CALICATA 01 **TECN. RESP.:** PERSONAL LABORAT.
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION **ING. RESP. :** ALFREDO ALARCON A.
PROFUND. : 0.00 - 1.50 m (M-1) **FECHA** : 08/10/20

LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	No. DE GOLFES	W _L	W _p	W _p	W _L
01. No. DE GOLFES	35	23	19		
02. TARRO No.	111	110	12	108	112
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	38.80	55.92	46.99	19.40 19.39
04. SUELO SECO * TARRO	g	35.67	48.59	41.30	19.06 19.01
05. PESO DEL AGUA	g	3.13	7.33	5.69	0.34 0.38
06. PESO DEL TARRO	g	21.61	17.28	17.81	16.83 16.24
07. PESO DEL SUELO SECO	g	14.06	31.31	23.49	2.23 2.77
08. HUMEDAD	%	22.26	23.41	24.22	15.25 13.72
L.L.=	23.28 %	L.P.=	14.48 %	I.P.=	8.79 %



GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Bases, Asfaltos y Construcción

ALFREDO ALARCON ATANUACHI
INGENIERO CIVIL



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.

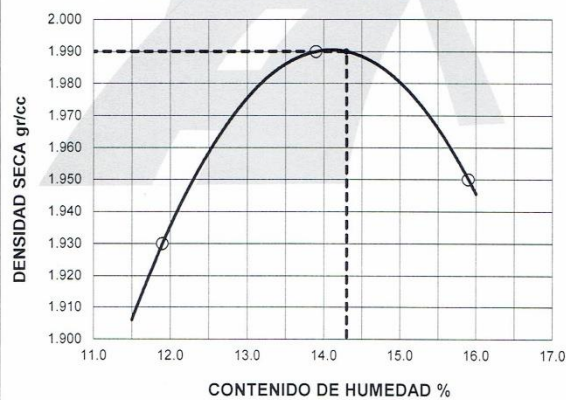


OBRA : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POL TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LC
CANTERA : CALICATA 01 **TECN.RESP.** : PERSONAL LAB.
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION **ING. RESP.** : ALFREDO ALARCON ATAHUACH
UBICACIÓN : 0.00 - 1.50 m (M-1) **FECHA** : 8/10/20

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10,925	11,160	11,125		
PESO MOLDE	6,535	6,535	6,535		
PESO SUELO COMPACTADO	4,390	4,625	4,590		
VOLUMEN DEL MOLDE	2,033	2,033	2,033		
DENSIDAD HUMEDA	2.16	2.27	2.26		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	241.00	319.00	267.70		
SUELO SECO + RECIPIENTE	215.30	280.10	230.90		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	25.70	38.90	36.80		
PESO DE SUELO SECO	215.30	280.10	230.90		
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.90	13.90	15.90		
DENSIDAD SECA	1.93	1.99	1.95		

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



Max. densidad seca
1.990 gr/cm³

Conten. humedad óptima
14.30 %

GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Urbanización y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP 81732

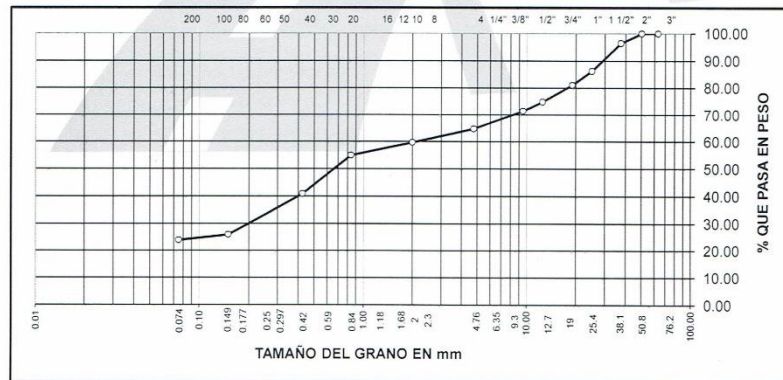


PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILENO TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMANOS.
 PROGRESIVA : CALICATA 02 TECN. RESPONS. : PERSONAL LABORAT.
 MUESTRA : SUELO DE FUNDACION ING. RESPONS. : ALFREDO ALARCON A.
 PROFUND. : 0.00 - 1.50 m (M-1) FECHA : 12/10/2020

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 6875.2 Grs
2 1/2"	63.000				100.00		Peso fracción : Grs
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava : 35.21 %
1 1/2"	37.500	242.00	3.52	3.52	96.48		Arena : 40.91 %
1"	25.000	703.60	10.23	13.75	86.25		Fino : 23.88 %
3/4"	19.000	355.10	5.16	18.91	81.09		W natural : 9.60 %
1/2"	12.500	426.40	6.20	25.11	74.89		
3/8"	9.500	236.90	3.45	28.56	71.44		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	456.90	6.65	35.21	64.79		L.L. : 26.20 %
No.10	2.000	349.20	5.08	40.29	59.71		L.P. : 18.06 %
No.20	0.840	327.70	4.77	45.06	54.94		I.P. : 8.15 %
No.40	0.425	963.40	14.01	59.07	40.93		
No.100	0.150	1,031.20	15.00	74.07	25.93		CLASIFICACION
No.200	0.075	140.80	2.05	76.12	23.88		SUCS : SC
<No.200		1,642.00	23.88	100.00			AASHTO : A-2-4(0)

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Cimentaciones y Construcción
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. N° 15,615



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

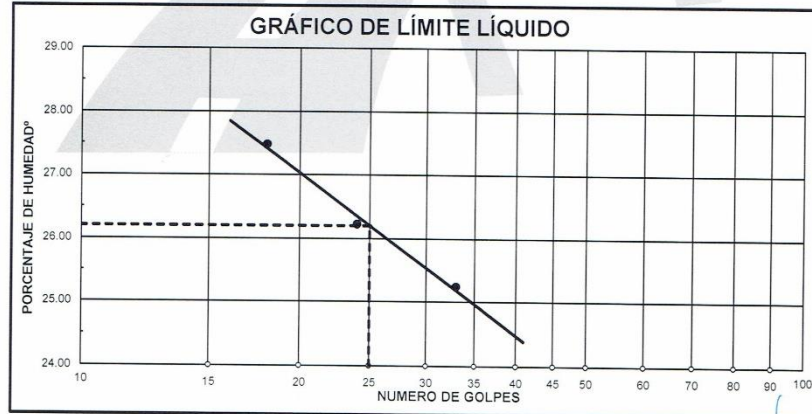
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILENO TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMANOS.
 PROGRESIVA : CALICATA 02 TECN. RESP.: PERSONAL LABORAT.
 MUESTRA : SUELO DE FUNDACION ING. RESP. : ALFREDO ALARCON A.
 PROFUND. : 0.00 - 1.50 m (M-1) FECHA : 12/10/20

LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	No. DE GOLFES	24	18	28	233
01. No. DE GOLFES	33	24	18		
02. TARRO No.	17	115	18	28	233
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	53.91	48.75	48.10	22.52	22.72
04. SUELO SECO * TARRO g	46.78	42.08	41.23	22.04	22.24
05. PESO DEL AGUA g	7.13	6.67	6.87	0.48	0.48
06. PESO DEL TARRO g	18.53	16.65	16.23	19.45	19.51
07. PESO DEL SUELO SECO g	28.25	25.43	25.00	2.59	2.73
08. HUMEDAD %	25.24	26.23	27.48	18.53	17.58
L.L.= 26.20 % L.P.= 18.06 % I.P.= 8.15 %					



GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Asfalto, Calles y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

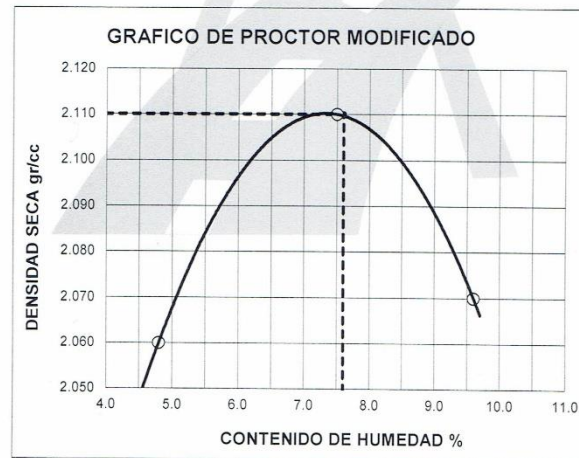
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



OBRA : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POL TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LC
CANTERA : CALICATA 02 **TECN.RESP.** : PERSONAL LAB.
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION **ING. RESP.** : ALFREDO ALARCON ATAHUACH
UBICACION : 0.00 - 1.50 m (M-1) **FECHA** : 12/10/20

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.925	11.160	11.155		
PESO MOLDE	6.535	6.535	6.535		
PESO SUELO COMPACTADO	4.390	4.625	4.620		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.033	2.033	2.033		
DENSIDAD HUMEDA	2.16	2.27	2.27		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	325.00	285.00	285.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	310.00	265.00	260.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	15.00	20.00	25.00		
PESO DE SUELO SECO	310.00	265.00	260.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.80	7.50	9.60		
DENSIDAD SECA	2.06	2.11	2.07		



Max. densidad seca
2.110 gr/cm³

Conten. humedad óptima
7.60 %

GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos y Calles de Consultoría y Construcción
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP: 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILENO TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMANOS.
 PROGRESIVA : **CALICATA 03** TECN. RESPONS. : PERSONAL LABORAT.
 MUESTRA : SUELO DE FUNDACION ING. RESPONS. : ALFREDO ALARCON A.
 PROFUND. : 0.00 - 1.50 m (M-1) FECHA : 14/10/2020

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 8139 Grs
2 1/2"	63.000				100.00		Peso fracción : Grs
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava : 18.86 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena : 27.43 %
1"	25.000	176.62	2.17	2.17	97.83		Fino : 53.71 %
3/4"	19.000	180.68	2.22	4.39	95.61		W natural : 10.20 %
1/2"	12.500	342.24	4.20	8.59	91.41		
3/8"	9.500	237.81	2.92	11.51	88.49		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	598.37	7.35	18.86	81.14		L.L. : 25.23 %
No.10	2.000	673.63	8.28	27.14	72.86		L.P. : 15.77 %
No.20	0.840	468.26	5.75	32.89	67.11		I.P. : 9.46 %
No.40	0.425	291.54	3.58	36.47	63.53		
No.100	0.150	362.94	4.46	40.93	59.07		CLASIFICACION
No.200	0.075	436.24	5.36	46.29	53.71		SUCS : CL
<No.200		4 370.67	53.70	99.99			AASHTO : A-4(4)

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

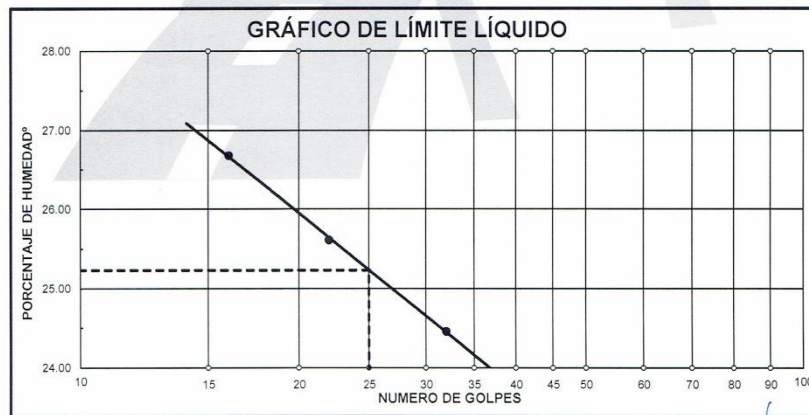
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL REICLADO DE POLIETILENO TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMANOS.
PROGRESIVA : CALICATA 03 **TECN. RESP.:** PERSONAL LABORAT.
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION **ING. RESP. :** ALFREDO ALARCON A.
PROFUND. : 0.00 - 1.50 m (M-1) **FECHA** : 14/10/20

LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	No.	g	%	g	%	%
01. No.DE GOLPES		32	22	16		
02. TARRO No.		121	120	9	9	8
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	49.61	43.13	55.17	17.19	17.42
04. SUELO SECO * TARRO	g	43.61	37.51	48.22	16.61	16.84
05. PESO DEL AGUA	g	6.00	5.62	6.95	0.58	0.58
06. PESO DEL TARRO	g	19.08	15.57	22.17	13.02	13.07
07. PESO DEL SUELO SECO	g	24.53	21.94	26.05	3.59	3.77
08. HUMEDAD	%	24.46	25.62	26.68	16.16	15.38
L.L.=	25.23 %	L.P.=	15.77 %	I.P.=	9.46 %	



GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

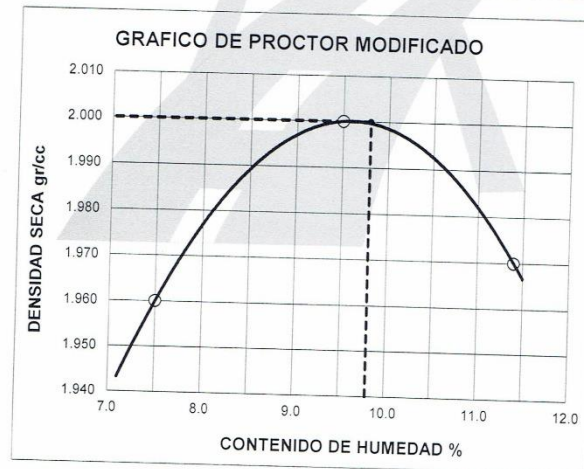
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



OBRA : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POL TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LC
CANTERA : CALICATA 03
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
UBICACION : 0.00 - 1.50 m (M-1)
TECN.RESP. : PERSONAL LAB.
ING. RESP. : ALFREDO ALARCON ATAHUACH
FECHA : 14/10/20

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10,825	10,990	11,005		
PESO MOLDE	6,535	6,535	6,535		
PESO SUELO COMPACTADO	4,290	4,455	4,470		
VOLUMEN DEL MOLDE	2,033	2,033	2,033		
DENSIDAD HUMEDA	2,11	2,19	2,20		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	301.00	230.00	245.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	280.00	210.00	220.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	21.00	20.00	25.00		
PESO DE SUELO SECO	280.00	210.00	220.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	7.50	9.50	11.40		
DENSIDAD SECA	1.96	2.00	1.97		



Max. densidad seca
2.000 gr/cm³

Conten. humedad óptima
9.80 %

ALFREDO ALARCON ATAHUACH
GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Asfalto y Construcción
ALFREDO ALARCON ATAHUACH
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIR. 81724



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILENO TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMANOS.
 PROGRESIVA : CALICATA 04 TECN. RESPON. : PERSONAL LABORAT.
 MUESTRA : SUELO DE FUNDACION ING. RESPON. : ALFREDO ALARCON A.
 PROFUND. : 0.00 - 1.50 m (M-1) FECHA : 16/10/2020

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 7633 Grs
2 1/2"	63.000				100.00		Peso fracción : Grs
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava : 19.22 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena : 24.10 %
1"	25.000	266.08	3.49	3.49	96.51		Fino : 56.68 %
3/4"	19.000	314.34	4.12	7.61	92.39		W natural : 8.60 %
1/2"	12.500	512.15	6.71	14.32	85.68		
3/8"	9.500	223.27	2.93	17.25	82.75		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	150.10	1.97	19.22	80.78		L.L. : 17.89 %
No.10	2.000	133.05	1.74	20.96	79.04		L.P. : 15.57 %
No.20	0.840	187.17	2.45	23.41	76.59		I.P. : 2.32 %
No.40	0.425	1,148.93	15.05	38.46	61.54		
No.100	0.150	130.74	1.71	40.17	59.83		CLASIFICACION
No.200	0.075	240.60	3.15	43.32	56.68		SUCS : ML
<No.200		4.326.57	56.68	100.00			AASHTO : A-4(4)

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



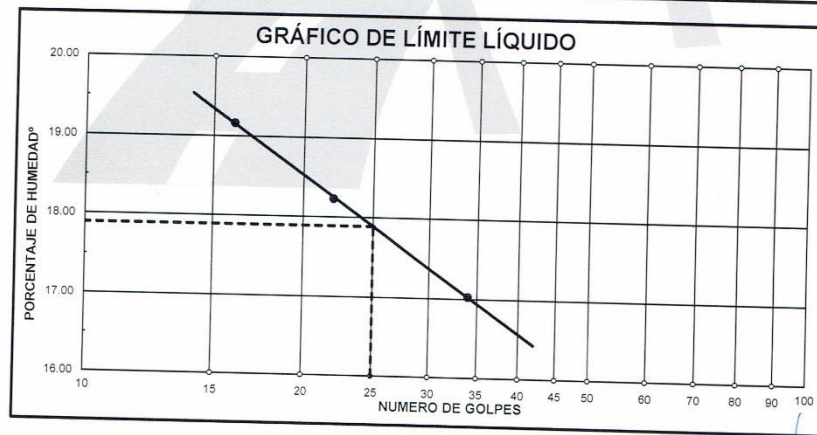
GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Rcg: CIP 81732



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILENO
TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO. CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMANOS.
PROGRESIVA : CALICATA 04 TECN. RESP.: PERSONAL LABORAT.
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION ING. RESP. : ALFREDO ALARCON A.
PROFUND. : 0.00 - 1.50 m (M-1) FECHA : 16/10/20

LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	No.	g	%	g	%
01. No. DE GOLPES	34	22	16		
02. TARRO No.	121	120	9	43	29
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	51.24	51.98	46.31	26.89	31.17
04. SUELO SECO * TARRO g	46.56	47.01	41.63	25.93	29.55
05. PESO DEL AGUA g	4.68	4.97	4.68	0.96	1.62
06. PESO DEL TARRO g	19.08	19.75	17.21	19.54	19.50
07. PESO DEL SUELO SECO g	27.48	27.26	24.42	6.39	10.05
08. HUMEDAD %	17.03	18.23	19.16	15.02	16.12
L.L.=	17.89 %	L.P.=	15.57 %	I.P.=	2.32 %



GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Muestreo, Calificación y Construcción
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

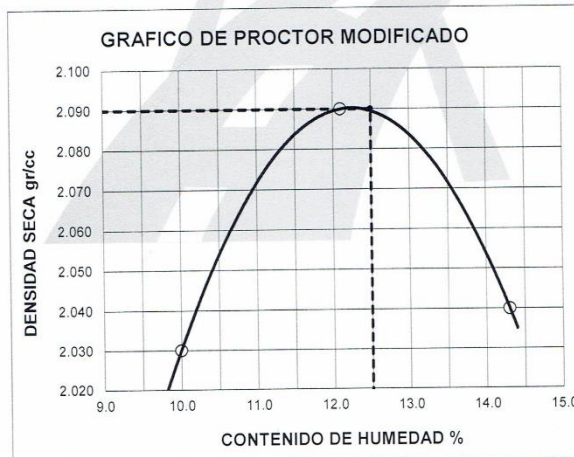
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



OBRA : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLYTEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LC
CANTERA : CALICATA 04 **TECN.RESP.** : PERSONAL LAB.
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION **ING. RESP.** : ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
UBICACIÓN : 0.00 - 1.50 m (M-1) **FECHA** : 16/10/20

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	11,062	11,300	11,281		
PESO MOLDE	6,535	6,535	6,535		
PESO SUELO COMPACTADO	4,527	4,765	4,746		
VOLUMEN DEL MOLDE	2,033	2,033	2,033		
DENSIDAD HUMEDA	2.23	2.34	2.33		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	231.00	325.00	352.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	210.00	290.00	308.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	21.00	35.00	44.00		
PESO DE SUELO SECO	210.00	290.00	308.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	10.00	12.10	14.30		
DENSIDAD SECA	2.03	2.09	2.04		



Max. densidad seca
2.090 gr/cm³

Conten. humedad óptima
12.50 %

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Acabados, Consultoría y Construcción
 ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.

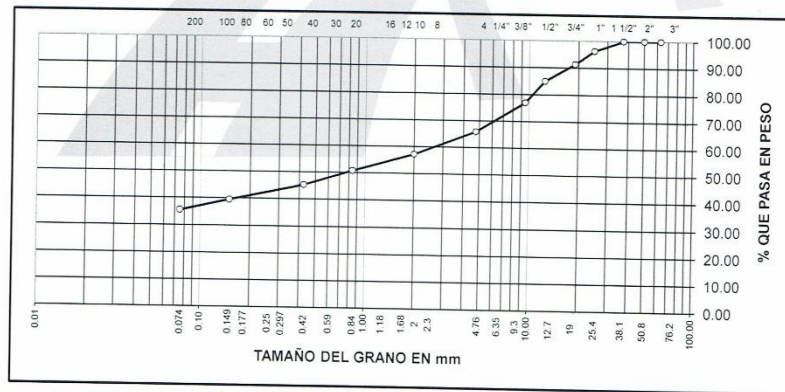


PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILENO TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMANOS.
PROGRESIVA : CALICATA 05
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
PROFUND. : 0.00 - 1.50 m (M-1)
TECN. RESPONS. : PERSONAL LABORAT.
ING. RESPONS. : ALFREDO ALARCON A.
FECHA : 18/10/2020

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 1945 Grs
2 1/2"	63.000				100.00		Peso fracción : Grs
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava : 34.04 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena : 30.49 %
1"	25.000	72.00	3.70	3.70	96.30		Fino : 35.47 %
3/4"	19.000	96.00	4.94	8.64	91.36		W natural : 13.10 %
1/2"	12.500	124.00	6.38	15.02	84.98		
3/8"	9.500	156.00	8.02	23.04	76.96		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	214.00	11.00	34.04	65.96		L.L. : 27.61 %
No.10	2.000	171.00	8.79	42.83	57.17		L.P. : 16.75 %
No.20	0.840	125.00	6.43	49.26	50.74		I.P. : 10.86 %
No.40	0.425	107.00	5.50	54.76	45.24		
No.100	0.150	112.00	5.76	60.52	39.48		CLASIFICACION
No.200	0.075	78.00	4.01	64.53	35.47		SUCS : SC
<No.200		690.00	35.48	100.01			AASHTO : A-6(0)

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Estructuras, Hidráulica y Construcción
 ALFREDO ALARCON ATAHUACHA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

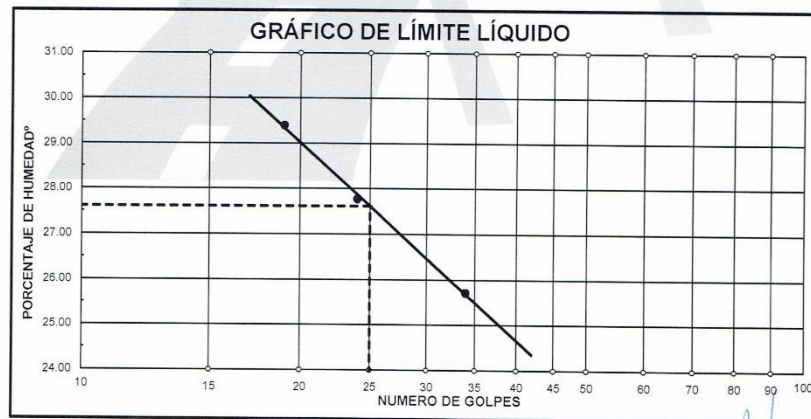
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL REICLADO DE POLIETIL TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS RC
 PROGRESIVA : CALICATA 05 TECN. RESP.: PERSONAL LABORAT.
 MUESTRA : SUELO DE FUNDACION ING. RESP. : ALFREDO ALARCON A.
 PROFUND. : 0.00 - 1.50 m (M-1) FECHA : 18/10/20

LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	No.	g	g	g	g	g
01. No. DE GOLPES		34	24	19		
02. TARRO No.		122	123	13	124	104
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	47.58	44.61	50.99	24.40	15.21
04. SUELO SECO * TARRO	g	41.28	39.27	43.17	23.71	14.50
05. PESO DEL AGUA	g	6.30	5.34	7.82	0.69	0.71
06. PESO DEL TARRO	g	16.78	20.04	16.57	19.55	10.30
07. PESO DEL SUELO SECO	g	24.50	19.23	26.60	4.16	4.20
08. HUMEDAD	%	25.71	27.77	29.40	16.59	16.90
L.L.=	27.61 %	L.P.=	16.75 %	I.P.=	10.86 %	



GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Cimentación y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP: 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

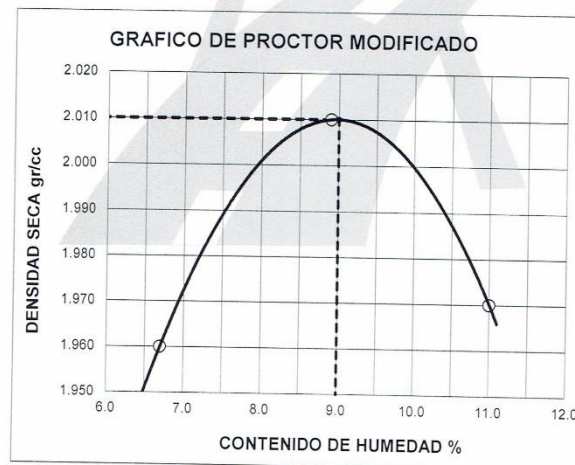
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



OBRA : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POL TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LC
CANTERA : CALICATA 05 **TECN.RESP.** : PERSONAL LAB
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION **ING. RESP.** : ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
UBICACIÓN : 0.00 - 1.50 m (M-1) **FECHA** : 18/10/20

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.785	10.980	10.986		
PESO MOLDE	6.535	6.535	6.535		
PESO SUELO COMPACTADO	4.250	4.445	4.451		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.033	2.033	2.033		
DENSIDAD HUMEDA	2.09	2.19	2.19		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	240.00	305.00	312.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	225.00	280.00	281.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	15.00	25.00	31.00		
PESO DE SUELO SECO	225.00	280.00	281.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	6.70	8.90	11.00		
DENSIDAD SECA	1.96	2.01	1.97		



Max. densidad seca
2.010 gr/cm³

Conten. humedad óptima
9.00 %

GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Obras de Infraestructura y Construcción
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP: 81732

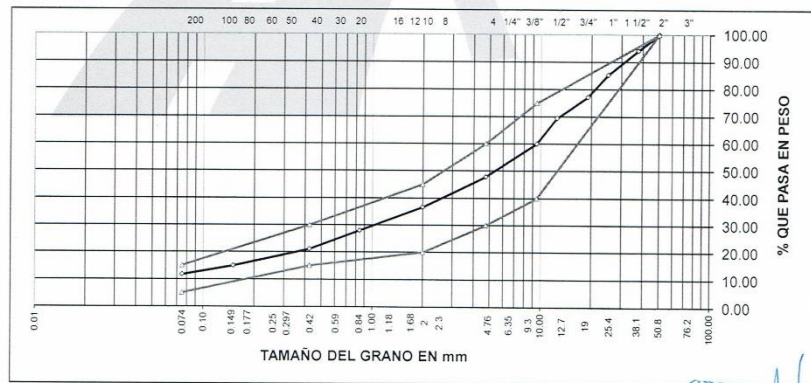


OBRA : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILENO
TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMANOS
CANTERA : CON 0% POLIETILENO
MUESTRA : SUB BASE
UBICACIÓN : PUNO
TECN. RESPONS. : E.P.M.
ING. RESPONS. : A.A.A.
FECHA : 01/04/2021

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422)**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					B	Peso inicial : 5941 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : 1265 Grs
2"	50.000				100.00	100 - 100	Grava : 52.20 %
1 1/2"	37.500	351.00	5.90	5.90	94.10		Arena : 36.13 %
1"	25.000	524.00	8.80	14.70	85.30	75 - 95	Fino : 11.67 %
3/4"	19.000	482.00	8.10	22.80	77.20		W natural : 7.20 %
1/2"	12.500	463.00	7.80	30.60	69.40		
3/8"	9.500	562.00	9.50	40.10	59.90	40 - 75	LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	716.00	12.10	52.20	47.80	30 - 60	L.L. : 30.10 %
No.10	2.000	294.00	11.11	63.31	36.69	20 - 45	L.P. : 26.15 %
No.20	0.840	231.00	8.73	72.04	27.96		I.P. : 3.94 %
No.40	0.425	182.00	6.88	78.92	21.08	15 - 30	
No.100	0.150	163.00	6.16	85.08	14.92		CLASIFICACION
No.200	0.075	86.00	3.25	88.33	11.67	5 - 15	SUCS : GP - GC
<No.200		309.00	11.68	100.0			AASHTO : A-1-a (0)

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



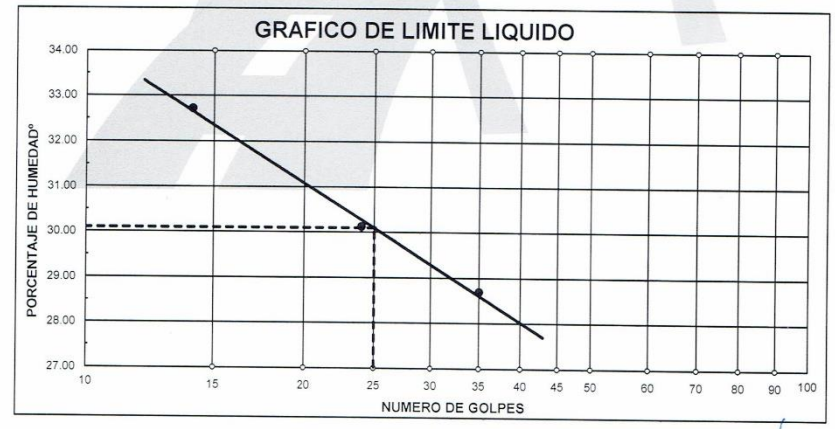
GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Asesoría Consultiva y Construcción
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. (CIP) 81738



OBRA : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO D TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - ,
 CANTERA : CON 0% POLIETILENO TECN. RESP.: E.P.M.
 MUESTRA : SUB BASE ING. RESP. : A.A.A.
 UBICACION : PUNO FECHA : 01/04/21

**LIMITES DE CONSISTENCIA
(ASTM D-424)**

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	No.	g	%	22T	23T
01. No. DE GOLPES	35	24	14		
02. TARRO No.	3	14	15	22T	23T
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	36.56	34.86	38.13	34.18	35.07
04. SUELO SECO * TARRO g	31.94	30.45	32.64	31.15	31.82
05. PESO DEL AGUA g	4.62	4.41	5.49	3.03	3.25
06. PESO DEL TARRO g	15.84	15.81	15.86	19.51	19.45
07. PESO DEL SUELO SECO g	16.10	14.64	16.78	11.64	12.37
08. HUMEDAD %	28.70	30.12	32.72	26.03	26.27
L.L.= 30.10 % L.P.= 26.15 I.P.= 3.94					



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Obras de Consultoría y Construcción
 ALFREDO ALANCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL



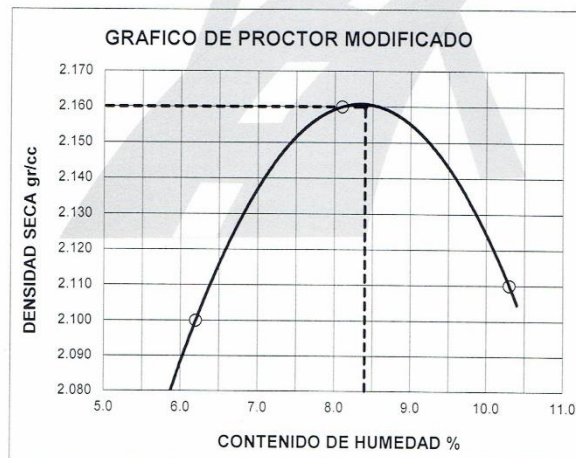
GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.

OBRA : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POL TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LC
CANTERA : CON 0% POLIETILENO **TECN.RESP.** : E.P.M.
MUESTRA : SUB BASE **ING. RESP.** : A.A.A.
UBICACIÓN : PUNO **FECHA** : 01/04/2021

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	11,171	11,386	11,372		
PESO MOLDE	6,540	6,540	6,540		
PESO SUELO COMPACTADO	4,631	4,846	4,832		
VOLUMEN DEL MOLDE	2,077.3	2,077.3	2,077.3		
DENSIDAD HUMEDA	2.23	2.33	2.33		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	462.00	642.00	726.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	435.00	594.00	658.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	27.00	48.00	68.00		
PESO DE SUELO SECO	435.00	594.00	658.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	6.20	8.10	10.30		
DENSIDAD SECA	2.10	2.16	2.11		



Max. densidad seca
2.160 gr/cm³

 Conten. humedad óptima
8.40 %

GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Cimentaciones y Construcción
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



OBRA : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILENO TEREFALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMANOS
CANTERA : CON 0% POLIETILENO TECN. RESP. E.P.M.
MUESTRA : SUB BASE ING. RESP. A.A.A.
UBICACION : PUNO FECHA 01/04/2021

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

	1	2	3
Molde N°	5	5	5
Capa N°	56	25	12
Golpes por capa N°			
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR
	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG
Peso molde + suelo húmedo gr.	12935	12798	12832
Peso del molde gr.	7757	7845	8084
Peso del suelo húmedo gr.	5178	4953	4768
Volumen del molde cc.	2213.8	2213.8	2213.8
Densidad Humeda gr/cc	2.34	2.24	2.15
Humedad %	8.40	8.40	8.40
Densidad seca gr/cc	2.16	2.07	1.98
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo gr.	784	851	1022
Tarro suelo seco gr.	723	785	943
Agua gr.	61	66	79
Peso del Tarro gr.	0	0	0
Peso del suelo seco gr.	723	785	943
Humedad %	8.4	8.4	8.4
Promedio de la humedad %			

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	Kg	Lb	Lb/plg ²	Kg	Lb	Lb/plg ²	Kg	Lb	Lb/plg ²
0.30	0.600	0.25	37	81.4	27	30	66	22	18	39.6	13
1.00	1.300	0.50	204	448.8	150	151	332.2	111	75	165	55
1.30	1.900	0.75	526	1157.2	386	302	664.4	221	186	409.2	136
2.00	2.500	0.100	845	1859	620	552	1214.4	405	283	622.6	208
3.00	3.800	0.150	1121	2466.2	822	901	1982.2	661	462	1016.4	339
4.00	5.000	0.200	1638	3603.6	1201	1142	2512.4	837	691	1520.2	507
5.00	6.000	0.250	2247	4943.4	1648	1492	3282.4	1094	869	1911.8	637
6.00	7.500	0.300	2745	6039	2013	1692	3722.4	1241	1274	2802.8	934
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Fundaciones, Riego, Pavimentación y Construcción
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIR 81732

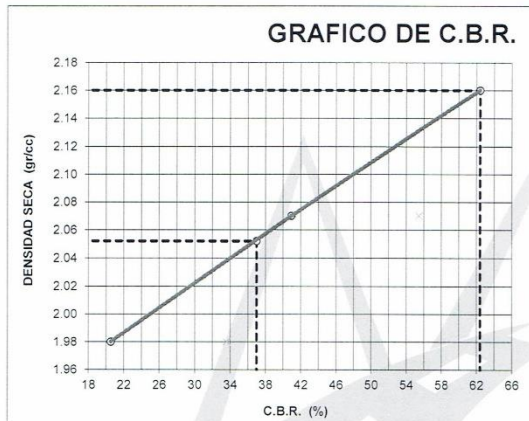


GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE P TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR.
PROGRESIVA : CON 0% POLIETILENO TECN.RESP. : : E.P.M.
MUESTRA : SUB BASE ING. RESP. : : A.A.A.
PROFUND. : PUNO FECHA : 01/04/2021

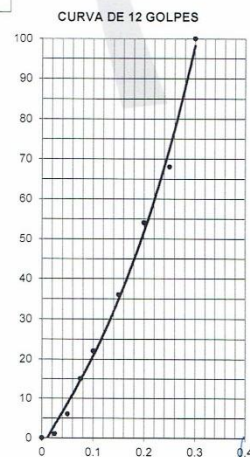
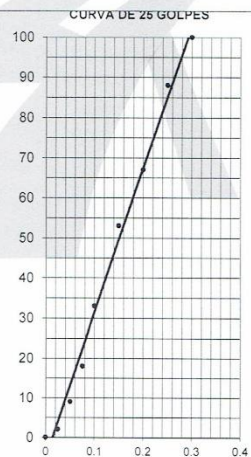
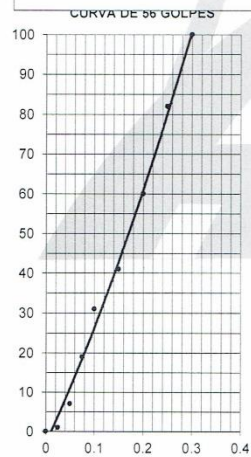


PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 62.4%
C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 37.0%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentación, Asfalto y Construcción y Consultoría
ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP: 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILENO TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMANOS
PROGRESIVA : CON 2% POLIETILENO
MUESTRA : SUB BASE
PROFUND. : PUNO
TECN.RESP. : PERSONAL TECNICO
ING. RESP. : ALFREDO ALARCON A.
FECHA : 04/04/2021

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

	4		5		6	
Molde N°	5		5		5	
Capa N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	SIN SUMERGIR		SUMERG.		SIN SUMERGIR	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR		SUMERG.		SIN SUMERGIR	
Peso molde + suelo húmedo	gr.	11997		11798		11582
Peso del molde	gr.	7158		7142		7138
Peso del suelo húmedo	gr.	4839		4656		4444
Volumen del molde	cc.	2114		2114		2114
Densidad Húmeda	gr./cc.	2.29		2.2		2.1
Humedad	%	8.20		8.30		8.20
Densidad seca	gr./cc.	2.120		2.03		1.94
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	670		690		750
Tarro suelo seco	gr.	619		637		693
Agua	gr.	51		53		57
Peso del Tarro	gr.	0		0		0
Peso del suelo seco	gr.	619		637		693
Humedad	%	8.2		8.3		8.2
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²
0.30	0.600	0.25	46	504	168	38	427	142	27	320	107
1.00	1.300	0.50	114	1161	387	75	784	261	46	504	168
1.30	1.900	0.075	168	1683	561	118	1200	400	98	1007	336
2.00	2.500	0.100	218	2166	722	156	1567	522	122	1238	413
3.00	3.800	0.150	278	2746	915	236	2340	780	136	1374	458
4.00	5.000	0.200	332	3268	1089	281	2775	925	172	1722	574
5.00	6.000	0.250	395	3877	1292	352	3461	1154	234	2321	774
6.00	7.500	0.300	495	4843	1614	412	4041	1347	372	3654	1218
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

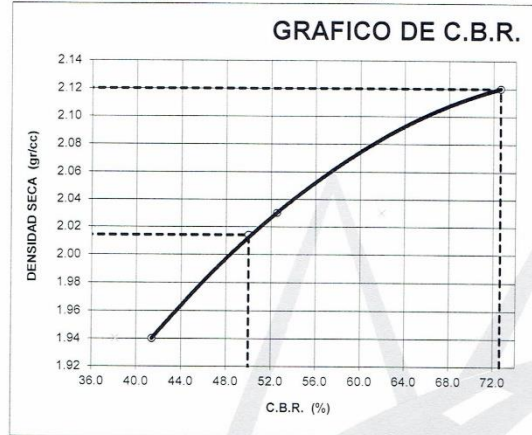
GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Edificaciones, Geotecnia, Topografía y Construcción
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIR 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.

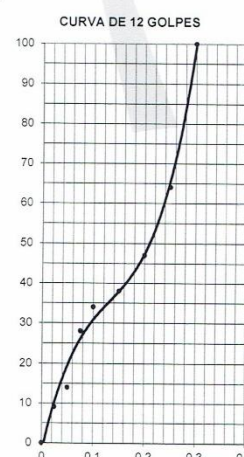
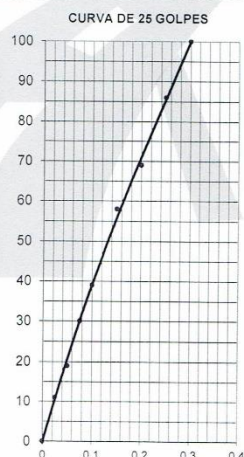
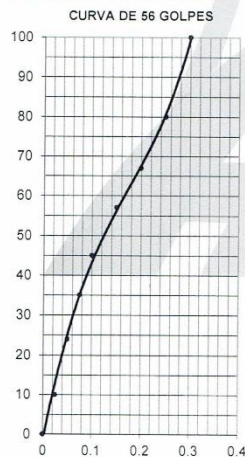
PROYEC : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILENO TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMA
 PROGRESI : **CON 2% POLIETILENO** TECN. RESPON. : PERSONAL LABORAT.
 MUESTR : SUB BASE ING. RESPON. : ALFREDO ALARCON A.
 PROFUN : PUNO FECHA : 04/04/2021



PARAMETROS DE C.B.R.
 C.B.R.01" AL 100% = **72.6%**
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = **50.0%**

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Mecánica de Suelos y Geotecnia
ALFREDO ALARCON A.
 INGENIERO CIVIL
 R.N.I. C.P. 81232



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

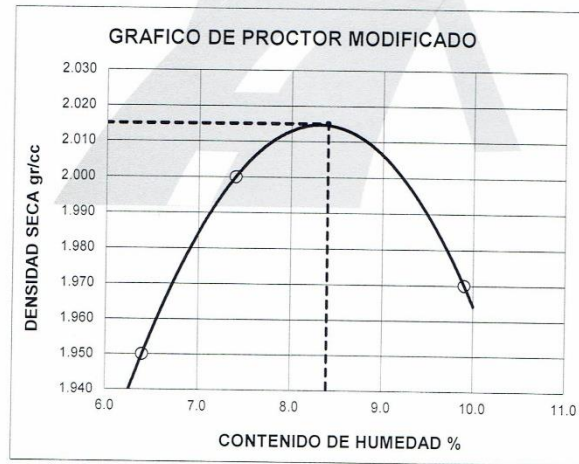
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICL TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAME
 PROGRESIVA : **CON 4% POLIETILENO** TECN.RESP. : PERSONAL TECNICO
 MUESTRA : **SUB BASE** ING. RESP. : ALFREDO ALARCON A.
 PROFUND. : PUNO FECHA : 10/04/2021

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10,954	11,129	11,172		
PESO MOLDE	6,548	6,548	6,548		
PESO SUELO COMPACTADO	4,406	4,581	4,624		
VOLUMEN DEL MOLDE	2,133	2,133	2,133		
DENSIDAD HUMEDA	2,07	2,15	2,17		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	383.00	362.00	423.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	360.00	337.00	385.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	23.00	25.00	38.00		
PESO DE SUELO SECO	360.00	337.00	385.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	6.40	7.40	9.90		
DENSIDAD SECA	1.95	2.00	1.97		



Max. densidad seca
2.015 gr/cm³

Conten. humedad óptima
8.40 %

GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Estructuras y Construcción
 ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIR. 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE P TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR.
PROGRESIVA : CON 4% POLIETILENO
MUESTRA : SUB BASE
PROFUND. : PUNO
TECN.RESP. : PERSONAL TECNICO
ING. RESP. : ALFREDO ALARCON A.
FECHA : 10/04/2021

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)
(ASTM D-1883)

	4	5	6
Molde N°	4	5	6
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo gr.	11796	11586	11378
Peso del molde gr.	7158	7142	7138
Peso del suelo húmedo gr.	4638	4444	4240
Volumen del molde cc.	2114	2114	2114
Densidad Humeda gr./cc	2.19	2.1	2.01
Humedad %	8.40	8.40	8.30
Densidad seca gr./cc	2.020	1.94	1.86
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo gr.	722	791	781
Tarro suelo seco gr.	666	730	721
Agua gr.	56	61	60
Peso del Tarro gr.	0	0	0
Peso del suelo seco gr.	666	730	721
Humedad %	8.4	8.4	8.3
Promedio de la humedad %			

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	51	552	184	42	465	155	28	330	110
1.00	1.300	0.50	128	1296	432	95	978	326	62	659	220
1.30	1.900	0.075	185	1847	616	152	1528	509	124	1258	419
2.00	2.500	0.100	226	2243	748	175	1751	584	134	1354	451
3.00	3.800	0.150	291	2872	957	236	2340	780	168	1683	561
4.00	5.000	0.200	324	3190	1063	324	3190	1063	189	1888	629
5.00	6.000	0.250	351	3451	1150	356	3500	1167	272	2888	896
6.00	7.500	0.300	512	5007	1669	412	4041	1347	386	3790	1263
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Obras de Infraestructura y Construcción
ALFREDO ALARCON ATAHUACH
INGENIERO CIVIL
RUB. CIP 01732

GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

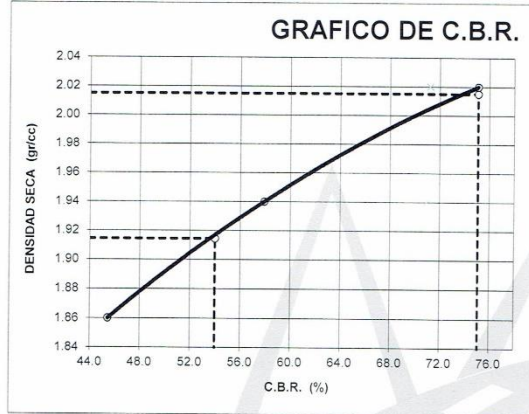
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.

PROYEC : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECIC TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAM

PROGRESI : CON 4% POLIETILENO TECN. RESPONS. : PERSONAL LABORAT.

MUESTR : SUB BASE ING. RESPONS. : ALFREDO ALARCON A.

PROFUN : PUNO FECHA : 10/04/2021



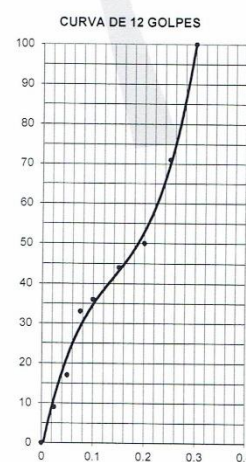
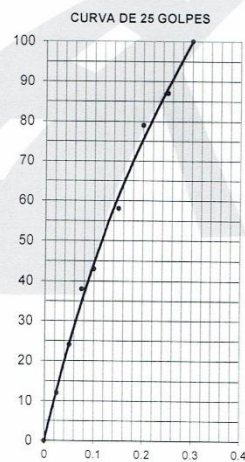
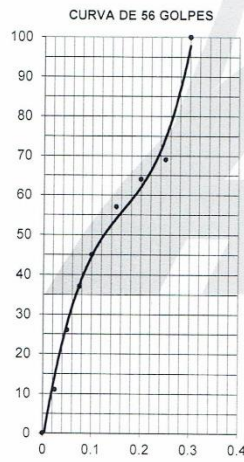
PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 75.1%

C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 54.0%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
 Ingeniería de Fundaciones, Análisis de Pavimentos y Construcción
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 61732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

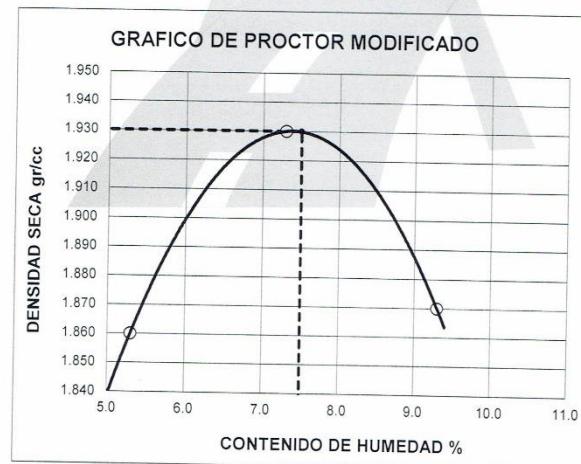
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICL TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMA
 PROGRESIVA : **CON 6% POLIETILENO** TECN.RESP. : PERSONAL LABORATORIO
 MUESTRA : **SUB BASE** ING. RESP. : ALFREDO ALARCON A.
 PROFUND. : PUNO FECHA : 14/04/2021

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10,719	10,964	10,891		
PESO MOLDE	6,548	6,548	6,548		
PESO SUELO COMPACTADO	4,171	4,416	4,343		
VOLUMEN DEL MOLDE	2,133	2,133	2,133		
DENSIDAD HUMEDA	1,96	2,07	2,04		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	655.00	429.00	612.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	622.00	400.00	560.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	33.00	29.00	52.00		
PESO DE SUELO SECO	622.00	400.00	560.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	5.30	7.30	9.30		
DENSIDAD SECA	1.86	1.93	1.87		

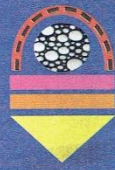


Max. densidad seca
1.930 gr/cm³

Conten. humedad óptima
7.50 %

GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Estructuras, Construcción y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. N.º 21732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICL TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMA
PROGRESIVA : CON 6% POLIETILENO TECN.RESP. PERSONAL LABORATORIO
MUESTRA : SUB BASE ING. RESP. ALFREDO ALARCON A.
PROFUND. : PUNO FECHA 14/04/2021

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	4	5	6
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	gr. 11556	11352	11165
Peso del molde	gr. 7158	7142	7138
Peso del suelo húmedo	gr. 4398	4210	4027
Volumen del molde	cc. 2114	2114	2114
Densidad Humeda	gr./cc. 2.08	1.99	1.9
Humedad	% 7.60	7.60	7.60
Densidad seca	gr./cc. 1.930	1.85	1.77
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr. 725	734	726
Tarro suelo seco	gr. 674	682	675
Agua	gr. 51	52	51
Peso del Tarro	gr. 0	0	0
Peso del suelo seco	gr. 674	682	675
Humedad	% 7.6	7.6	7.6
Promedio de la humedad	%		

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²
0.30	0.600	0.25	61	649	216	45	494	165	36	407	136
1.00	1.300	0.50	114	1161	387	83	862	287	56	601	200
1.30	1.900	0.075	152	1528	509	127	1287	429	98	1007	336
2.00	2.500	0.100	213	2118	706	151	1519	506	124	1258	419
3.00	3.800	0.150	278	2746	915	198	1973	658	156	1567	522
4.00	5.000	0.200	351	3451	1150	262	2591	864	182	1818	606
5.00	6.000	0.250	388	3790	1263	314	3094	1031	234	2321	774
6.00	7.500	0.300	445	4360	1453	354	3480	1160	321	3161	1054
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Cimentaciones y Construcción
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
REG. SIP: 61732

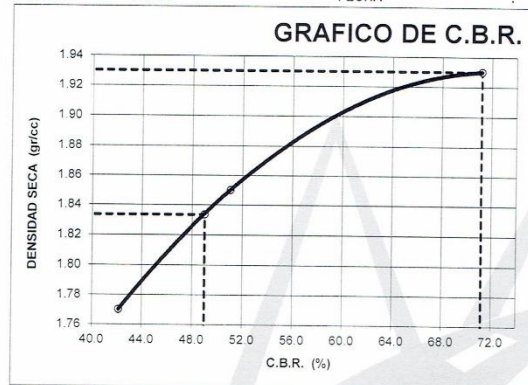


GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYEC : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECIC TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAM
PROGRESI : CON 6% POLIETILENO TECN. RESPON. : PERSONAL LABORAT.
MUESTR. : SUB BASE ING. RESPON. : ALFREDO ALARCON A.
PROFUNI : PUNO FECHA : 14/04/2021

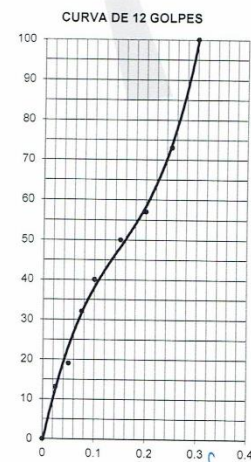
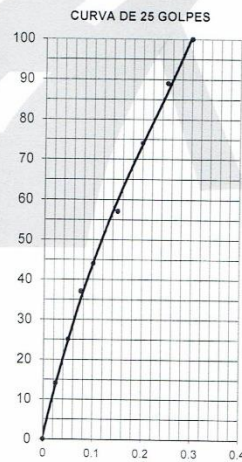
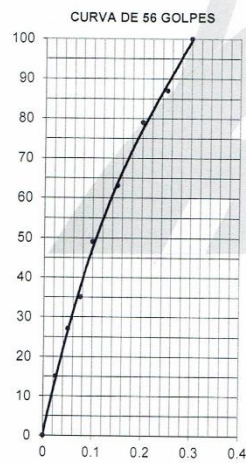


PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R. 01" AL 100% = 71.2%
C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 49.0%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Cimentación y Construcción

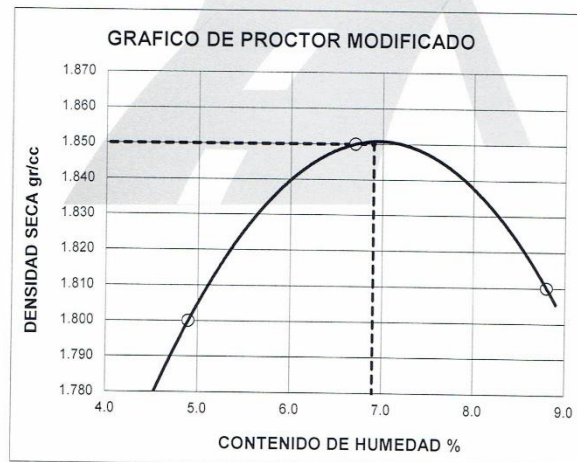
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 81732



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICL TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBA
 PROGRESIVA : **CON 8% PET** TECN.RESP. : PERSONAL TECNICO
 MUESTRA : **SUB BASE** ING. RESP. : ALFREDO ALARCON A.
 PROFUND. : PUNO FECHA : 20/10/2021

**PROCTOR MODIFICADO
(ASTM D-1557)**

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10,582	10,751	10,751		
PESO MOLDE	6,548	6,548	6,548		
PESO SUELO COMPACTADO	4,034	4,203	4,203		
VOLUMEN DEL MOLDE	2,133	2,133	2,133		
DENSIDAD HUMEDA	1,89	1,97	1,97		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	581.00	463.00	592.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	554.00	434.00	544.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	27.00	29.00	48.00		
PESO DE SUELO SECO	554.00	434.00	544.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.90	6.70	8.80		
DENSIDAD SECA	1.80	1.85	1.81		



Max. densidad seca
1.850 gr/cm3
 Conten. humedad óptima
6.90 %

GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Edificación, Construcción y Mantenimiento
 ALFREDO ALARCON ALTAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 01732



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILENO TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMANOS
 PROGRESIVA : CON 8% PET
 MUESTRA : SUB BASE TECN. RESP. PERSONAL TECNICO
 PROFUND. : PUNO ING. RESP. ALFREDO ALARCON A.
 FECHA 20/10/2021

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)
(ASTM D-1883)

	4		5		6	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo gr.	11336		11145		10874	
Peso del molde gr.	7158		7142		7138	
Peso del suelo húmedo gr.	4178		4003		3736	
Volumen del molde cc.	2114		2114		2114	
Densidad Húmeda gr./cc.	1.98		1.89		1.77	
Humedad %	7.00		7.00		7.00	
Densidad seca gr./cc.	1.850		1.77		1.65	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo gr.	717		714		813	
Tarro suelo seco gr.	670		667		760	
Agua gr.	47		47		53	
Peso del Tarro gr.	0		0		0	
Peso del suelo seco gr.	670		667		760	
Humedad %	7.0		7.0		7.0	
Promedio de la humedad %						

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²
0.30	0.600	0.25	54	581	194	45	494	165	34	388	129
1.00	1.300	0.50	98	1007	336	58	620	207	47	514	171
1.30	1.900	0.075	156	1567	522	112	1142	381	89	920	307
2.00	2.500	0.100	189	1886	629	163	1635	545	115	1171	390
3.00	3.800	0.150	256	2533	844	189	1886	629	145	1461	487
4.00	5.000	0.200	314	3094	1031	275	2717	906	156	1586	529
5.00	6.000	0.250	375	3683	1228	321	3161	1054	189	1886	629
6.00	7.500	0.300	435	4263	1421	389	3819	1273	215	2137	712
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Perforación, Pavimentos y Construcción.
ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. C.R. 81732

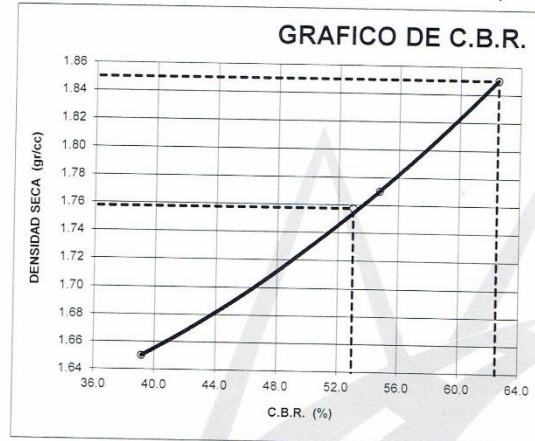


GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYEC : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILENO TEREFALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMANOS
 PROGRESI : **CON 8% PET** TECN. RESPON. : PERSONAL LABORAT.
 MUESTR : SUB BASE ING. RESPON. : ALFREDO ALARCON A.
 PROFUN : PUNO FECHA : 20/10/2021



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 62.5%
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 53.0%

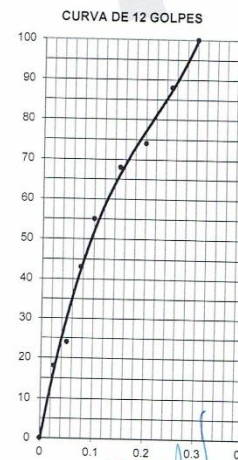
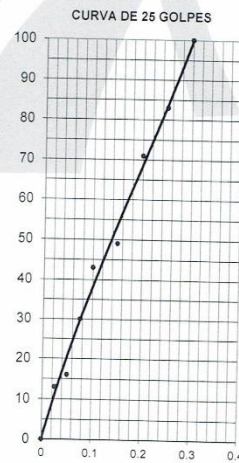
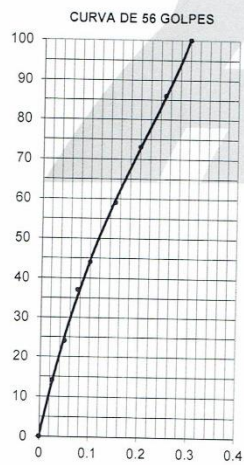
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

C.B.R. 0.1"= 62.5%

C.B.R. 0.1"= 54.7%

C.B.R. 0.1"= 39.2%



GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO DE



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

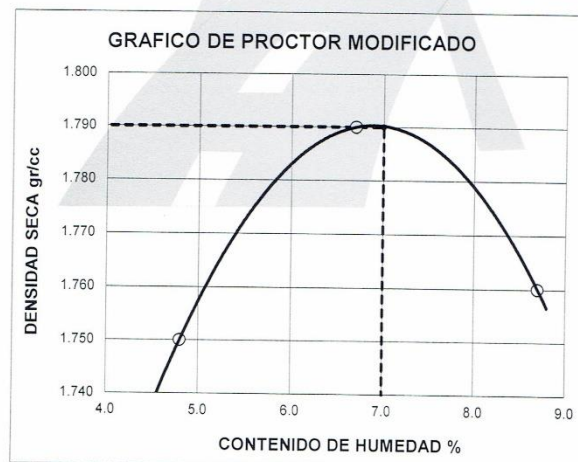
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICL TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAME
 PROGRESIVA : **CON 10% POLIETILENO** TECN.RESP. : PERSONAL TECNICO
 MUESTRA : **SUB BASE** ING. RESP. : ALFREDO ALARCON A.
 PROFUND. : PUNO FECHA : 24/04/2021

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10,461	10,618	10,612		
PESO MOLDE	6,548	6,548	6,548		
PESO SUELO COMPACTADO	3,913	4,070	4,064		
VOLUMEN DEL MOLDE	2,133	2,133	2,133		
DENSIDAD HUMEDA	1,83	1,91	1,91		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	572.00	463.00	563.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	546.00	434.00	518.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	26.00	29.00	45.00		
PESO DE SUELO SECO	546.00	434.00	518.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.80	6.70	8.70		
DENSIDAD SECA	1.75	1.79	1.76		



Max. densidad seca
1.790 gr/cm³

Conten. humedad óptima
7.00 %

GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Asfalto, Geotecnia y Construcción
 ALFREDO ALARCON AYANUACH
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 81732



PROYECTO : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILEN TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMAN
 PROGRESIVA : CON 10% POLIETILENO TECN.RESP. PERSONAL TECNICO
 MUESTRA : SUB BASE ING. RESP. ALFREDO ALARCON A.
 PROFUND. : PUNO FECHA 24/04/2021

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)
(ASTM D-1883)

Molde N°	4		5		6	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo gr.	11196		10983		10811	
Peso del molde gr.	7158		7142		7138	
Peso del suelo humedo gr.	4038		3841		3673	
Volumen del molde cc.	2114		2114		2114	
Densidad Humeda gr./cc	1.91		1.82		1.74	
Humedad %	7.00		7.00		7.00	
Densidad seca gr./cc	1.790		1.70		1.63	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo humedo gr.	706		718		751	
Tarro suelo seco gr.	660		671		702	
Agua gr.	46		47		49	
Peso del Tarro gr.	0		0		0	
Peso del suelo seco gr.	660		671		702	
Humedad %	7.0		7.0		7.0	
Promedio de la humedad %						

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
0.30	0.600	0.25	37	417	139	25	301	100	18	233	78
1.00	1.300	0.50	72	755	252	41	456	152	29	340	113
1.30	1.900	0.075	128	1296	432	93	958	319	63	668	223
2.00	2.500	0.100	176	1780	587	126	1277	426	73	765	255
3.00	3.800	0.150	232	2301	767	156	1567	522	104	1065	355
4.00	5.000	0.200	342	3364	1121	257	2543	848	154	1548	516
5.00	6.000	0.250	402	3944	1315	303	2988	996	193	1925	642
6.00	7.500	0.300	489	4785	1595	341	3355	1118	216	2147	716
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Estructuras, Geotecnia y Construcción
ALFREDO ALARCON ATAHUACHA
INGENIERO CIVIL
Reg. Lic. 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

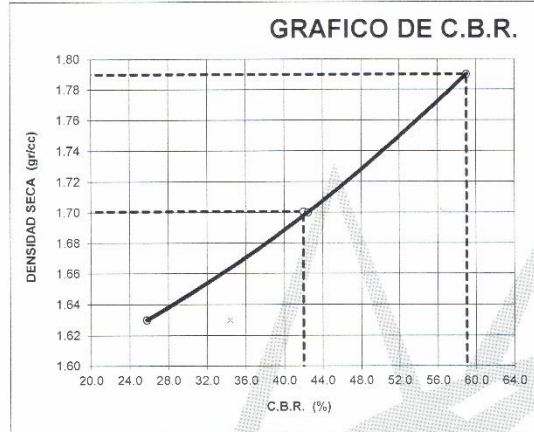
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.

PROYEC : ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB BASE GRANULAR CON MATERIAL RECICLADO DE POLIETILEN(TEREFTALATO APLICADAS EN LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE PUNO, CASO JR. ASAMBLEA - JR. LOS ROMA)

PROGRESI : **CON 10% POLIETILENC** TECN. RESPON. : PERSONAL LABORAT.

MUESTR. : SUB BASE ING. RESPON. : ALFREDO ALARCON A.

PROFUNI : PUNO FECHA : 24/04/2021



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = **59.0%**

C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = **42.0%**

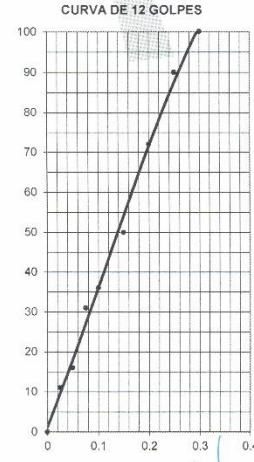
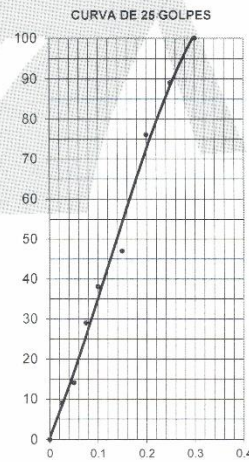
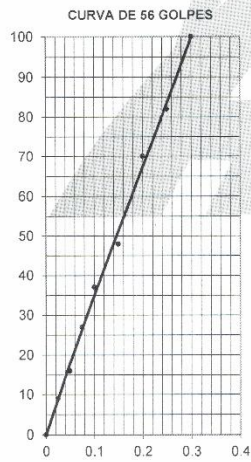
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

C.B.R. 0.1"= 59.0%

C.B.R. 0.1"= 42.5%

C.B.R. 0.1"=25.8%



GEOTECNIA PUNO SRL.
Ingeniería de Supervisión y Consultoría

ALFREDO ALARCON ATAHUACMA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP 81732