



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando
TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila –
Puente Piedra, Lima 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Br. Molina Cárdenas, José Luis (ORCID: 0000-0002-2369-1209)

ASESOR:

Mg. Benites Zúñiga, José Luis (ORCID: 0000-0003-4459-494X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA:

A Dios, a mi madre Norma y a mi hermana Flor por su gran apoyo y cariño; a mi hermano Joel quien sobre todo es un gran apoyo en mi formación como profesional y a todas las personas con las que compartí durante la etapa de aprendizaje y laboral.

AGRADECIMIENTO:

Agradezco a Dios, por haberme dado fortaleza y no rendirme para alcanzar mis objetivos, a mi madre Norma quien confió en mí, a mi hermana Flor; a mi hermano Joel quien me incentivó día a día para mejorar continuamente los conocimientos en la ingeniería Geotécnica en mi formación como profesional.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Sede Lima Norte.

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, **MOLINA CARDENAS, José Luis** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

“Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando Terrasil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019”, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

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

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

Lima 10 de diciembre de 2019

Apellidos y Nombres del Autor MOLINA CARDENAS, José Luis	
DNI: 78021403	Firma 
ORCID: 0000-0002-2369-1209	



ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO.....	39
2.1. Tipo y diseño de investigación	40
2.2. Operacionalización de variables	41
2.3. Población, muestra y muestreo.....	44
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	46
2.5. Procedimiento.....	47
2.6. Método de análisis de datos.....	48
2.7. Aspectos éticos	48
III. RESULTADOS	49
3.1. Información de la zona de estudio	50
3.2. Ubicación de la zona de estudio	51
3.3. Trabajos previos	53
3.4. Interpretación de ensayos	69
3.5. Contrastación de hipótesis	72
IV. DISCUSIÓN	76
V. CONCLUSIONES	80
VI. RECOMENDACIONES.....	83
REFERENCIAS	85
ANEXOS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pavimento flexible	19
Figura 2. Material de afirmado de la cantera la Campana.....	19
Figura 3. Impermeabilización de suelo con TerraSil.....	23
Figura 4. Curva de proctor de un suelo arcilloso de alta plasticidad.....	23
Figura 5. Combinación suelo – TerraSil por vía húmeda.....	25
Figura 6. Ensayo de granulometría de suelos por tamizado	28
Figura 7. Ensayo de límite líquido de suelos.....	28
Figura 8. Ensayo de límite plástico de suelos	29
Figura 9. Ensayo de equivalente de arena	31
Figura 10. Molde de 4” para ensayo proctor modificado	33
Figura 11. Molde de 6” para ensayo proctor modificado	33
Figura 12. Molde para C.B.R y ensayo de expansión	34
Figura 13. Ubicación de la cantera	44
Figura 14. Cantera la Campana	44
Figura 15. Material de afirmado cantera la Campana en obra	45
Figura 16. Material chancado de la cantera la Campana.....	45
Figura 17. Ubicación de la región Lima	50
Figura 18. Ubicación de la provincia Lima	50
Figura 19. Ubicación de la asociación los Jardines de Shangrila.....	50
Figura 20. Pavimentación en Jardines de Shangrila.....	51
Figura 21. Levantamiento del material de la cantera la Campana	51
Figura 22. Zonas proyectadas para la pavimentación	52
Figura 23. Uso de la cantera la Campana en obras.....	52
Figura 24. Uso del afirmado de la cantera la Campana en obras	52
Figura 25. Procedimiento suelo – cemento afirmado de la cantera la Campana.....	53
Figura 26. Laboratorio Coordinación de Estudios Especiales.....	53
Figura 27. Curva granulométrica del afirmado de la cantera la Campana	54
Figura 28. Curva de compactación de la cantera la Campana.....	58
Figura 29. Curvas de presión vs penetración C.B.R.....	59
Figura 30. Curvas de densidad seca vs C.B.R%	59
Figura 31. Barras comparativas de límite líquido vs dosajes de TerraSil	61
Figura 32. Barras comparativas de límite plástico vs dosajes de TerraSil	61

Figura 33. Barras comparativas de índice de plasticidad vs dosajes de TerraSil	62
Figura 34. Barras comparativas de equivalente arena vs dosajes de TerraSil.....	63
Figura 35. Barras comparativas de C.B.R vs dosajes de TerraSil (100%MDS)	65
Figura 36. Barras comparativas C.B.R vs dosajes de TerraSil (95%MDS)	65
Figura 37. Fluidez de la consistencia del suelo (Humedad vs N golpes)	67
Figura 38. Presión vs penetración (+1.50 Lt/m ³).....	68
Figura 39. Densidad seca vs C.B.R% (+1.50 Lt/m ³)	68
Figura 40. Barras comparativas de límite líquido vs dosajes de TerraSil (+1.50Lt/m ³)	69
Figura 41. Barras comparativas de índice de plasticidad vs dosajes de TerraSil (+1.50 Lt/m ³)	69
Figura 42. Barras comparativas de equivalente de arena vs dosajes de TerraSil (+1.50 Lt/m ³)	70
Figura 43. Barras comparativas de C.B.R vs dosajes de TerraSil (+1.50 Lt/m ³) (95%MDS)	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor relativo de soporte C.B.R en Base Granular.....	16
Tabla 2. Valor relativo de soporte C.B.R en Subbase Granular	17
Tabla 3. Tipos de aditivos para optimización de suelos	20
Tabla 4. Clasificación S.U.C.S	26
Tabla 5. Clasificación AASHTO	27
Tabla 6. Ensayo de abrasión los Ángeles	31
Tabla 7. Requisitos de gradación granulométrica para una base granular	35
Tabla 8. Requisitos de calidad del material para una base granular	35
Tabla 9. Requisitos para estabilizar suelos con productos químicos.....	36
Tabla 10. Operacionalización de variables	43
Tabla 11. Validez del instrumento.....	46
Tabla 12. Rangos de validez.....	47
Tabla 13. Rangos de confiabilidad	47
Tabla 14. Resultados de límites de consistencia del afirmado	55
Tabla 15. Gravedad específica y absorción de agregado fino	55
Tabla 16. Sales solubles totales	56
Tabla 17. Resultados del valor de equivalente de arena	56
Tabla 18. Peso específico y absorción de agregado grueso.....	57
Tabla 19. Resultados del ensayo de abrasión	57
Tabla 20. Resumen de resultados de laboratorio	60
Tabla 21. Comparación de límites de consistencia.....	61
Tabla 22. Comparación de equivalente de arena	63
Tabla 23. Comparación de C.B.R a 0.1” de penetración	64
Tabla 24. Cálculo de límite líquido (+1.50 Lt/m ³).....	67
Tabla 25. Cálculo de equivalente de arena (+1.50 Lt/m ³)	67

RESUMEN

La presente investigación se titula Optimización del afirmado de la cantera la Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019. En la zona norte de la capital de Lima, existen diversos bancos de materiales conocidos como canteras las cuales son provenientes de la explotación o cortes de cerros que por muchos años están expuestos a la intemperie. Esto genera que el material extraído de aquellos lugares no presente una total conformidad en sus propiedades físicas, químicas y mecánica para que su uso esté permitido en la construcción de pavimentos. Razón por la cual, en esta zona norte de Lima la construcción de pistas y veredas son ejecutadas con mayor frecuencia por el incremento de la población y lugares donde habitan. Por otro lado, existen diversas formas de mejorar estos afirmados extraídos de los cerros, por lo que, el objetivo de esta investigación es incorporar el aditivo químico TerraSil con la finalidad de optimizar el afirmado proveniente de la cantera la Campana, ubicada en Carabayllo. Y así también determinar ¿Cómo influye la incorporación de TerraSil en la optimización del afirmado de la cantera la Campana?; la aplicación de este contexto se realizó en la obra de construcción de pistas y veredas en la asociación los Jardines de Shangrila, en el distrito de Puente Piedra; porque en su tiempo de ejecución presentó la falta de un buen material para la colocación del pavimento.

Como respuesta a la incógnita se desarrolló la investigación, siguiendo las pautas de un método científico, con un enfoque cuantitativo con etapas de recolección de datos y trabajos secuenciales. De tipo aplicada porque se desarrolló en base a conceptos teóricos que realizaron en la zona de estudio, con un diseño experimental debido a la manipulación deliberada de una variable, la población fué la cantera la Campana y la muestra seleccionada por conveniencia fue el material que produce la cantera.

Los resultados correspondientes a la optimización del afirmado de la cantera la Campana incorporando TerraSil, mostraron verdaderamente mejoras en cada parámetro que exige el desarrollo de los ensayos de laboratorio. Siendo el dosaje óptimo de 1.50 Lt/m³ de TerraSil para que el afirmado de la cantera tenga un buen desempeño como un material óptimo para la construcción de pavimentos.

Palabras clave: Optimización del afirmado, cantera la Campana, TerraSil, pavimento.

ABSTRACT

The present investigation is entitled Optimization of the La Campana quarry statement incorporating TerraSil for the purpose of paving in the Jardines de Shangrila - Puente Piedra, Lima 2019. In the northern part of the capital of Lima, there are several material banks known as quarries. which are from the exploitation or cuts of hills that for many years are exposed to the weather. This causes that the material extracted from those places does not present a total conformity in its physical, chemical and mechanical properties so that its use is allowed in the construction of pavements. Reason why, in this northern area of Lima the construction of tracks and paths are executed more frequently by the increase of the population and places where they live. On the other hand, there are several ways to improve these statements extracted from the hills, so the objective of this research is to incorporate the chemical additive TerraSil in order to optimize the statement from the La Campana quarry, located in Carabayllo. And thus also determine how does the incorporation of TerraSil influence the optimization of the campaign's quarry statement?; the application of this context was carried out in the construction of tracks and paths in the association Jardines de Shangrila, in the district of Puente Piedra; because in its execution time it presented the lack of a good material for the placement of the pavement. In response to the unknown, the research was carried out, following the guidelines of a scientific method, with a quantitative approach with stages of data collection and sequential work. Of applied type because it was developed based on theoretical concepts that they carried out in the study area, with an experimental design due to the deliberate manipulation of a variable, the population was the Campana quarry and the sample selected for convenience was the material that produces the quarry.

The results corresponding to the optimization of the Campana quarry statement incorporating TerraSil, showed truly improvements in each parameter that requires the development of laboratory tests. Being the optimal dosage of 1.50 Lt / m³ of TerraSil so that the quarry affirmation has an optimal performance as an optimal material for the construction of pavements.

Keywords: Affirmation optimization, La Campana quarry, TerraSil, pavement.

I. INTRODUCCIÓN

En el transcurso de los últimos años, las obras viales en zonas urbanas del cono norte de la capital Lima han ido aumentando, en esta ocasión con la finalidad de mejorar la calidad del transporte de esta parte de la población que reside en la Asociación Jardines de Shangrila en Puente Piedra. Es en este contexto, donde la pavimentación de sus calles requiere un material de afirmado óptimo y que cumpla los requisitos como material de cantera granular para pavimentos según la NTE CE.010 Pavimentos Urbanos; para el desarrollo de esta obra se tuvo como fuente de material de préstamo a la Cantera “La campana” ubicada en el distrito de Carabayllo.

Debido a que esta cantera presentó un material de afirmado con una clasificación S.U.C.S, con características físicas y mecánicas no muy uniformes, ni durables se tuvieron registros de ensayos como el CBR, equivalente de arena, constantes físicas e índice de plasticidad, con valores no óptimos para su uso en una pavimentación. Para evitar gastos económicos producidos por fallas en el pavimento a futuro, por el uso de este material de afirmado de baja calidad. Propongo una optimización incorporando el aditivo químico TerraSil, con expectativas de mejorar la calidad del afirmado con un dosaje de combinación óptimo.

En el siguiente caso, sobre un proyecto de obras viales en Nuevo Coahuila, México. Se realizó la estabilización e impermeabilización de la vía rural existente con una longitud de 15 kilómetros. Además, se hizo unos 20 cm de riego de sellado con impermeabilización en la superficie de rodadura, incorporando TerraSil. Ejecutado por el Gobierno de Campeche, para la mejora del nivel de servicio de las vías brindando un mejor confort para el transporte de la población e intercomunicación a otras zonas cercanas a la vía, por lo que TerraSil resultó ser eficiente para la mejora del comportamiento mecánico de suelos inestables (Optimasoil, 2014).

En el Perú se aplican diversos tipos de mejoramientos o estabilizaciones para la estructura de los pavimentos, usualmente en zonas críticas como en la región de la Selva y Sierra. Desde estabilizaciones con cemento, cal, emulsiones asfálticas, sales; con cloruro de sodio, calcio y magnesio; y productos químicos. Es sumamente necesario, proporcionar una solución efectiva y práctica para poder ejecutar las obras de pavimentación y, que estas cumplan con su debido tiempo de vida útil. Ya que, en la capital de Lima el aumento del flujo vehicular es un factor que crece a gran magnitud con el tiempo, por lo que, las

vías principales y secundarias en un distrito de la capital del Perú deben estar en las óptimas condiciones técnicas y de capacidad para prevalecer en el tiempo.

Por otra parte, en un estudio a Nivel de Perfil del diseño estructural de pavimentos para el proyecto nombrado “MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DV. CHAGLLA – POZUZO – OXAPAMPA Y EMP. PE – 18B -RÍO CODO – CODO DEL POZUZO – EMP. PE – 5N (PUERTO INCA) POR NIVELES DE SERVICIO” declarado como perfil viable por la Gerencia de Mantenimiento de PROVIAS NACIONAL, nombró algunas alternativas técnicas en el Tramo 06 Codo del Pozuzo – Emp. PE – 5N, debido a que existen inconvenientes por presencia de suelos finos y suelos granulares con finos con Índices de Plasticidad no óptimos. Requiriendo y planteando una estabilización con un aditivo químico PROES para los niveles de subrasante, y las especificaciones técnicas del aditivo para emplearlo en bases tratadas del pavimento. (Provias Nacional, 2014).

En esta presente investigación se establece el objetivo de optimizar la cantera la Campana incorporando TerraSil, con la finalidad de poder usar este material de afirmado como recurso de calidad en la pavimentación, de la zona urbana Asociación Los Jardines de Shangrila en el distrito de Puente Piedra, solucionando las necesidades básicas como vías de transporte en la población.

Angulo y Rojas (2016), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil titulada “*Ensayo de fiabilidad con aditivo PROES para la estabilización del suelo en el AA. HH El Milagro, 2016*”, sustentada en la Universidad Científica del Perú. El cual tuvo como objetivo general determinar cómo influyen los ensayos de fiabilidad adicionando el aditivo PROES en el proceso de estabilización de suelos en la carretera que cruza el AA. HH el Milagro, 2016. Su diseño de investigación fué de tipo pre - experimentos con un grado de control mínimo. Tuvo como población a las carreteras del tercer orden en el departamento de Loreto, y como muestra representativa a la carretera con dirección al km 21 del carril izquierdo en el AA.HH El Milagro de la carretera Iquitos – Nauta y finalmente concluyó lo siguiente: a) Con la hipótesis planteada de esta investigación, se logró determinar que satisfactoriamente en los ensayos de fiabilidad adicionando el aditivo PROES, si influyen abruptamente en los procesos de estabilización de suelos en la carretera de cruce en el AA. HH “El Milagro” en el departamento de Loreto; b) Mediante los resultados, se obtuvo la confiabilidad de qué se pueden realizar estas

combinaciones en la zona, donde se emplean los materiales existentes en grandes volúmenes de: A-3(0) en 85% y A-7-5(9) en 15% de un (23.6 a 83) % logrando triplicar el valor del CBR natural a uso óptimo con aditivos donde alcanzó un CBR de 352%.

Salas (2017), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil titulada ***“Estabilización de suelos con adición de cemento y aditivo Terrasil para el mejoramiento de la base del km11+000 al km 9+000 de la carretera Puno – Tiquillaca – Mañazo”***, sustentada en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, la cual tuvo como objetivo general realizar una estabilización del material de cantera del km 11+300 con cemento y aditivo Terrasil para un mejoramiento de capa base del km 11+000 al km 9+000 en la carretera Puno – Tiquillaca – Mañazo. Su diseño de investigación fué de tipo experimental y del tipo aplicada. Tuvo como muestra en su investigación los materiales extraídos de la Cantera Lumpoorcco y concluyó lo siguiente: a) El material de la cantera “Lumpoorcco” situada en la vía Puno – Tiquillaca – Mañazo en los km 9+000 al km 11+000, tienen una composición en la cual predominan las arenas bien graduadas con grava su clasificación SUCS (SW) y AASHTO (A-3), con un índice de plasticidad (IP) promedio de 10.26%, una Máxima Densidad Seca (MDS) promedio de 1.65 gr/cm³, con un valor de CBR al 100% promedio de 39.58% lo cual hace referencia que es un suelo de regular en sus características mecánicas, y para su mejoramiento es posible emplearse el cemento y el aditivo Terrasil logrando alcanzar resultados de acuerdo a lo sugerido por el MTC. Los resultados con adición de cemento con el 4% han dado resultados esperados, como en el índice de plasticidad de 6.19%, densidad seca en 2.09% y CBR al 100% en 64.87%, y con la adición de TerraSil con 10 gr. Por kilo de suelo en el índice de plasticidad de 6.74%, densidad seca de 1.99 gr/cm³ y CBR al 100% de 61.37%; interpretando los resultados digo que los suelos de la cantera “Lumpoorcco” son posibles estabilizarlos con adición de Cemento y el aditivo Terrasil alcanzando mejoras como lo sugiere el MTC.

Palomino (2016), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil titulada: ***“Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100”*** sustentada en la Universidad Privada del Norte, cuyo objetivo general fué determinar el valor de CBR en un suelo arcilloso a través de la incorporación de 2, 4 y 6 % del aditivo estabilizador Maxxseal 100. El tipo de investigación fue experimental, en la cual su muestra representativa fue extraída de la cantera “El Cerrillo – Cajamarca” y finalmente concluyó lo siguientes resultados: a) El valor CBR del suelo limo arcilloso

resultó con 5.10%; b) Con la incorporación de 2% de Maxxseal 100 resultó un valor CBR de 7%; incorporando el 4% de Maxxseal 100 resultó un valor CBR de 9.60%, incorporando 6% de Maxxseal 100 resultó un valor de CBR de 11%; c) Para los valores de CBR con incorporación de Maxxseal 100 a 0.2” de penetración resultaron 7.30%, 10.10% y 11.70% respecto a la adición de 2, 4 y 6% de Maxxseal 100.

Cuadros (2017), en su tesis para optar el título de Ingeniera Civil titulada ***“Mejoramiento de las propiedades físico -mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio”***, sustentada en la universidad Peruana de los Andes. Cuyo objetivo general fué determinar el grado de influencia en una estabilización química por medio de la incorporación de variados porcentajes de óxido de calcio en la subrasante en una vía afirmada de la Región Junín. El tipo de investigación fue experimental, la cual tuvo como muestra un tipo no probabilístico de muestras de suelos con excavación de tipo calicatas a cielo abierto, representado como población a la red departamental vial de Junín. Finalmente concluyó los siguientes puntos: a) El proceso de la estabilización química por medio de la incorporación de Óxido de calcio influyó satisfactoriamente en las propiedades físico y mecánicas del suelo, con un resultado óptimo de dosaje de 3 % respecto al peso del suelo, generando que se reduzca notablemente el valor del índice de plasticidad del suelo natural de 19.08% a 4.17%, luego de la incorporación del aditivo químico; b) El valor CBR aumentó significativamente de 4.85% en el suelo natural a 15.64%, luego de la incorporación del químico; b) Esta estabilización química demostró un ventaja en la economía de métodos de estabilización por características físicas, por medio de combinación de suelos con una reducción en costos de 44.41%.

Cristóbal (2015), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil titulada ***“Estabilización iónica de suelos con Terrasil en los contratos de mantenimiento y conservación vial”***, sustentada en la Universidad Nacional de Ingeniería. Cuyo objetivo general fue presentar un producto innovador que incluyera tecnología nueva para la aplicación en mejoramientos de superficies de caminos sin pavimentación, logrando con esto una mayor serviciabilidad del camino, otorgando una mejoría para los usuarios. El tipo de investigación fue de diseño experimental, la cual tuvo como muestra a varios suelos peruanos y al aditivo estabilizador Terrasil. Finalmente concluyó lo siguiente: a) La estabilización química con Terrasil es el adicional a la estabilización mecánica materiales

granulares, y cuenta con fines diferentes según los requerimientos al desempeño en capas de base, sub base o terreno de fundación; b) Los estabilizadores químicos tradicionales en el Perú se encuentran normados, como solución inicial ante estabilizaciones de suelos. Sin embargo, esta demostró no ser técnicamente adecuado ni económica debido a que su uso en caminos de bajo tránsito no sería conveniente.

Álvarez (2015), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil titulada ***“Estabilización química de suelos en proyectos de infraestructura vial en Antioquia”***, sustentada en la Escuela de Ingeniería de Antioquia. Cuyo objetivo general fue analizar y medir los beneficios en estabilizaciones de suelos para la preparación de la estructura del pavimento. El diseño de investigación fue experimental, la cual tuvo como muestra a varios suelos de la subrasante en el departamento de Antioquia. Finalmente concluyó lo siguiente: a) La estabilización por método químico ofrece beneficios técnicos tanto para el aumento de resistencia a compresión como para la eliminación progresiva del índice de plasticidad en suelos; b) La Normatividad de Colombia establece una serie de parámetros, las cuales están referidas para ciertos tipos de estabilizadores de suelos; c) La estabilización química en suelos provoca un impacto en el ambiente significativo en las emisiones de gases hacia la atmósfera; d) Este trabajo de investigación se realizó y basó en los índices de capacidad portante y espesores de capas para el diseño en pavimentos. Con recomendación en la evaluación de desempeño y costos de este sistema de estabilización, en busca de ser sostenible en el tiempo.

Rodríguez (2016), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil titulada ***“Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil), de la vía ecológica del cantón Quevedo, Provincia de los Ríos”***, sustentada en la Universidad Técnica de Ambato. La cual tuvo como objetivo general fue analizar la subrasante por medio de la inclusión del aditivo Terrasil, como material alternativo para el mejoramiento de la misma. El tipo de investigación fue exploratorio y de tipo experimental, la cual tuvo nueve muestras de suelo cada quinientos metros lineales a lo largo de la vía. Finalmente concluyó lo siguiente: a) La estabilización de la subrasante con el aditivo Terrasil es ventajosa ya que impermeabiliza el suelo y mejora su resistencia como en arcillas, limos y arenas; b) Realizado los ensayos de campo y de laboratorio, y después de haber transcurrido 7 días de curado, el suelo se vuelve hidrófobo también llamado suelo impermeable; c) Con la

colocación del aditivo Terrasil en la subrasante se elimina la compra del material pétreo y el transporte del mismo; d) El porcentaje de óptimo contenido de humedad y absorción del suelo disminuye en un 27.86% luego de 7 días de curado, señalando que depende de las condiciones climáticas del lugar donde se emplee este proceso de estabilización.

Quilambaqui (2017), en su tesis para optar el grado de Magíster en Vialidad y Transportes titulada ***“Evaluación del diseño vial urbano utilizando resinas orgánicas para aumentar la capacidad soportante de la estructura de la vía”***, sustentada en la Universidad de Cuenca. Cuyo objetivo general fue diseñar la estructura vial del centro urbano del cantón SigSig y determinar la solución de estructura vial y tipo de pavimento más económica, utilizando la estabilización con resinas orgánicas y estabilizadas en el material proveniente de canteras del sector Bigsol, Cuchil y del río Santa Bárbara. El diseño de investigación fue de tipo experimental, la cual tuvo como muestra a las canteras mencionadas. Finalmente concluyeron lo siguiente: a) Se determinó diferentes espesores realizando con materiales provenientes de la zona de Bigsol y Cuchil de las minas Chiquita Loma y Amorgeo respectivamente al realizar las diferentes mezclas de los materiales se pudo observar que los valores del CBR aumentan al añadir cemento, dicho incremento va desde el 14% al 82,5% de la mina de Chiquita Loma y 8,50% hasta el 55% en la mina de Amorgeo adicionando hasta el 3% de peso de cemento.; b) La estructura que resulta más económica es la de material de la mina de Chiquita Loma mezclada con material de río en proporción de 1:2 y estabilizando con 3% de cemento, la misma que tiene menor estructura que colocando base del sector del Descanso ya que los espesores de las capas de mejoramiento y carpeta asfáltica aumentan por lo que hacen aún más costosa la obra que utilizando material de sitio estabilizadas con cemento.

Clemente y Ramírez (2019), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil titulada ***“Análisis comparativo de la estabilización del afirmado del material de la cantera “La Negrita” utilizando cemento, TerraSil, Zycobond”***, sustentada en la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Tuvo como objetivo general realizar un análisis comparativo del mejoramiento de las propiedades mecánicas del material de cantera la Negrita ubicada en el Cantón Salinas, utilizando cemento vial MH, TerraSil y Zycobond. El diseño de investigación fue de tipo experimental, la cual tuvo como muestra a las muestras de suelo de la cantera la Negrita. Finalmente concluyó que: a) El análisis del ensayo C.B.R se realizó al 95% de la máxima densidad seca, con la finalidad de que este material de

cantera tenga uso en terraplenes, subbases, bases y subrasantes en pavimentos según la norma del Ministerio de transportes y obras públicas MTOP de Ecuador. b) El procedimiento del ensayo CBR se realizó con la dosificación de 1.50 Kg/m³, con lo cual el valor del CBR de la cantera la Negrita se incrementó de 74.83% al 95% de la máxima densidad seca hasta 85.40% en igual análisis respecto del grado de compactación. c) Las características de la cantera la Negrita en estado natural presentó un índice de plasticidad de 7.32%, con la adición de TerraSil se redujo a una consistencia no plástica, por lo tanto, se demostró la mejora de la cantera en sus propiedades físicas y mecánicas según la norma MTOP de Ecuador.

Hidalgo (2016), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil titulada *“Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento, aplicado a suelos arcillosos de Sub-rasante”*, sustentada en la Universidad Técnica de Ambato. Cuyo objetivo general fué definir los procesos de estabilización de suelos adicionando enzimas orgánicas y también con suelo-cemento, aplicándolo a suelos arcillosos a nivel de la Sub-rasante. El diseño de investigación fue experimental y de tipo aplicada, la cual tuvo como población a los suelos arcillosos en la ciudad de Puyo, de la Provincia de Pastaza y seccionando una muestra representada por el material de suelo arcilloso de calicatas a suelos de la ciudad de Puyo y Cantón Pastaza. Finalmente concluyó lo siguiente: a) La descripción y clasificación del suelo obtenido en la ciudad del Puyo, fué una arcilla de alta plasticidad CH en las 2 muestras; b) La adición del cemento a las muestras de suelo, modificaron su óptimo contenido de humedad por la absorción individual del cemento, por lo que en el ensayo Proctor Modificado aumentó de acuerdo al porcentaje de cemento en la combinación de suelo-cemento; c) La adición del agente enzimático, se ve eficiente en el resultado obtenido para la muestra #1 con un valor de CBR de 9.2% en respecto al valor de CBR natural de 3,81%; denotando el incremento de la capacidad portante en arcillas de alta plasticidad.

Couceiro (2016), in her thesis to obtain her environmental engineer degree titled *“Chemical stabilization of soils using carbon nanotubes”*, sustained in the University of Coimbra. Her objective was studying the chemical stabilization of the soft soil of Baixo Mondego, with the addition of Portland cement enriched with carbon nanotubes, and its influence on the mechanical properties of the final composite material. Its investigation design was experimental type, its poblacion was all soils of Mondego. Finally she

concluded that: a) The addition of these dispersions to the soil, along with Portland cement, showed that in general the MWCNTs have a positive effect on the compressive strength when compared to the samples containing surfactant only; however, when compared to the reference test the enhancement on this mechanical property reveals to be either inefficient or not very satisfactory; b) Regarding the MWCNTs dispersions in aqueous media, it was concluded that a concentration of 0.1% of surfactant is more effective for dispersing 0.001% of MWCNTs than a concentration of 1%, for all the surfactants tested. The ultrasound time and pH revealed to be important variables in the optimization of the MWCNTs dispersions.

El objetivo general de esta investigación fue estudiar la estabilización química de un suelo blando en Baixo Mondego, con la incorporación de cemento Portland mezclado con nanotubos de carbono, con la finalidad de analizar su influencia en las propiedades mecánicas del material combinado final. Finalmente, concluyó que con la adición de estas mezclas en el suelo, con el cemento Portland, no influye más que los MWCNT los cuales tienen un efecto positivo en la resistencia a la compresión en comparación con las muestras naturales.

Swain (2015), in his thesis to obtain his Master of Technology in civil engineering degree titled *“Stabilization of Soils using Geopolymer and Biopolymer”*, sustained in the National Institute of Technology Rourkela. His objective of the current research work is to determine the suitability of geopolymer and biopolymer as soil stabilizing agent for expansive soil and dispersive soil. Its investigation design was experimental type, its population was all soils of Gujarat. Finally she concluded that: a) The maximum optimum moisture content was for bentonite added with geopolymer with fly ash (20%) and alkali solution (10%) and MDD was maximum for bentonite added with fly ash (40%) and alkali solution (15%); b) The UCS value of the geopolymer stabilized bentonite found to vary with percentage of fly ash and alkali solution, and maximum UCS value was obtained with 40% fly ash and 10% alkali solution; c) Based on durability test, the resistance to loss in strength (RLS) was maximum for bentonite with 40% fly ash and 10% alkali solution and it got reduced with addition of 15% solution; d) The present study showed that biopolymer and geopolymer can be effectively used as stabilizing agents for expansive and dispersive soil. It was also observed that geopolymer is more effective than biopolymer in terms of stabilization.

El objetivo general de esta investigación fue determinar el análisis del mejoramiento con la adición del geopolímero y el biopolímero en un suelo expansivo y el suelo de características sueltas. Finalmente, concluyó que el contenido de humedad óptimo máximo era para bentonita agregada con geopolímero con cenizas volantes en 20% y solución alcalina en 10% y MDD era máxima para bentonita agregada con cenizas volantes en 40% y solución alcalina en 15%; además el valor de UCS de la bentonita estabilizada con geopolímero varió según el porcentaje de ceniza volante y solución alcalina, y se obtuvo el valor de UCS máximo con 40% de ceniza volante y 10% de solución alcalina.

Söderlund (2018), in his thesis to obtain his Master of Science in civil engineering degree titled *“Stabilization of Soft Clay with Lime and PetritT”*, sustained in the Lulea° University of Technology. His objective of this thesis was learn more about stabilization of soft clays and get deeper understanding of how the binders lime and PetritT works in this application. But also, how different parameters effect the strength increase. Its investigation design was experimental type, its poblation was all soils of Lulea°. Finally, she concluded that: a) It can be concluded that the method used in this Master thesis project was giving good and accurate results that further contributes to following conclusions of investigated problems; b) The first tested binder lime, have turned out to be very effective to increase the strength of the stabilized soft Stockholm clay, this both when 7 and 4 % binder was added and in long term. In addition to that was highest strength achieved at a soil water content of 29 % but the larges strength increase in compare to the strength of the natural soil was for 53 %. The alternative binder PetritT have also show result that pointing out that it was effective for stabilization of this soft clay. Both 7 and 4 % was effective in short term were it give large strength increase directly after preparation but in long term just an addition of 7 % binder was giving a significant strength development during curing; c) Since PetritT even for a lower binder content have significant effect on this soft clay immediately after addition, it can be concluded that PetritT advantageously can be used as alternative binder to improve the soil characteristics in short term. An idea for further investigations would be to test relatively small amount of PetritT together with lime that give higher pH, which contribute to strength increase in long term due to the pozzolanic reactions.

El objetivo general de esta investigación fué analizar la estabilización de las arcillas blandas para obtener resultados más profundos de cómo funcionan los ligantes de cal y PetritT en esta incorporación. Pero también, cómo diferentes indicadores afectan la resistencia del suelo ante cargas. Finalmente, concluyó que se puede concluir que el método utilizado en este proyecto de tesis de maestría estaba dando resultados buenos y precisos que contribuyen aún más a seguir las conclusiones de los problemas investigados; además la primera mezcla con cal resultó ser muy efectiva para incrementar la resistencia del suelo arcilloso de Estocolmo, tanto cuando se agregó el aglomerante al 7 como al 4% y a largo plazo. Además, la mayor resistencia se logró con un contenido de agua en el suelo del 29%, pero el mayor aumento de la resistencia en comparación con la resistencia del suelo natural fue del 53%.

Adhikari (2017), in his thesis to obtain his Master of Engineering degree titled *“Mechanical Properties of Soil-RAP-Geopolymer for the Stabilization of Road Base/Subbase”*, sustained in the University of Louisiana at Lafayette. His objective of this thesis was study to investigate the use of environmental friendly fly ash based geopolymer binders, and RAP to develop Soil-RAP-Geopolymer mixtures, as a replacement of traditional soil-cement road base and subbase material. Its investigation design was experimental type, its poblation was all soils of The State of Louisiana. Finally, she concluded that: a) This research study was conducted to determine the physical and mechanical and durability characteristics of Soil-RAP-Geopolymer mixtures. The study showed that the method of soil stabilization using geopolymer technique could be an effective method of road base and subbase stabilization.; b) The strength and stiffness of the optimum mixtures were increased significantly compared to soil and conventional soil-cement mixtures. The durability test on the soil-cement and Soil-RAP-Geopolymer confirmed, that the geopolymer could be used in the field as a base and subbase material to replace cement as a stabilizing agent; c) Soil-RAP-Geopolymer at which maximum compressive strength achieved was at 25% FA and 25% RAP (i.e. maximum replacement with soil as used in this study), however, the optimum sodium silicate content varied with the type of soil. The optimum sodium silicate content for Soil 1 was 40% and for Soil 2 was 0%.

El objetivo general de esta investigación fue realizar un estudio para investigar el uso de aglutinantes de geopolímeros a base de cenizas volantes no contaminantes, y RAP para

desarrollar mezclas de geopolímero Soil-RAP, como un reemplazo del material de base y subbase de carreteras de suelo-cemento tradicional. Finalmente, concluyó que en este estudio de investigación se realizaron ensayos para determinar las características físicas, mecánicas y de durabilidad de las mezclas de suelo-RAP-geopolímero. El estudio demostró que el método de estabilización del suelo mediante la técnica de geopolímero podría ser un método eficaz de estabilización de bases y subbases de carreteras; además la máxima resistencia del suelo tratado fue alcanzada con el 25% de fly ash y con Geopolímero de RAP en un 25%.

Patel, Mishra y Pancholi (2015), en su artículo científico titulada ***“Scientifically Surveying the Usage of Terrasil Chemical for Soil Stabilization”***, de la International Journal of Research in Advent Technology. Cuyo objetivo general fue realizar un estudio respecto al cambio de propiedades en los diversos suelos locales no tratados, y verificar el efecto reducido de expansión del suelo tratado con 0.041% de Terrasil para el desarrollo de caminos y reducción de espesores del pavimento, representando ventajas para los diseñadores de pavimentos. Su diseño de investigación fue de tipo experimental, en la cual tuvo como población a los suelos de Kheda y una muestra representada por los suelos arcillosos de alta plasticidad CH de clasificación S.U.C.S de la ciudad de Nadiad. Finalmente se concluyó lo siguiente : a) Las constantes físicas de los suelos disminuyeron con una adición de 0,041% de Terrasil en el suelo; b) Los valores de CBR con inmersión aumentaron, por lo que el suelo es tratado con Terrasil al 0,041% y además genera valores de máxima densidad seca mejorados reduciendo los vacíos del suelo compactado; c) Se observó que la permeabilidad disminuye al tratar el suelo con Terrasil en 0.041%, debido a que el material de suelo tiende a sobrepasar su densidad natural, cambiando la textura de su superficie repeliendo la absorción de agua.

Thomas, Tripathi, Yadu y Roy (2016), en su artículo científico titulada ***“Soil Stabilisation Using Terrasil”***, de la National Institute of Technology Raipur. Cuyo objetivo general fue evaluar el comportamiento de la muestra de suelo estabilizada con un estabilizador no tradicional, Terrasil. Utilizando variadas dosis de Terrasil evaluando su efecto en los ensayos de gravedad específica, el pH, las características de compactación, el índice de plasticidad y la resistencia a la compresión no concentrada (UCS), incluyendo su análisis según el período de curado. Su diseño de investigación fue de tipo experimental. La cual tuvo como población a los suelos de Durg y como muestra representativa tuvo a las

muestras de suelos para ensayos de la ciudad de Arasnara. Finalmente se concluyó lo siguiente: a) El valor de límite de líquido se reduce y el límite de plástico aumentó, lo que causa una reducción en el índice de plasticidad debido a la adición de Terrasil. Al ser reducido el índice de plasticidad genera potencialmente la disminución de hinchamiento del suelo; b) La gravedad específica del suelo aumentó con la adición de Terrasil, que indica la estabilización del suelo; c) El suelo tratado adicionado con Terrasil aumentó el valor de Unconfined Compressive Strength por el período de curado. Se consideró el dosaje óptimo de Terrasil en un 0.5% debido a los resultados del ensayo de compactación y UCS.

Rathod (2017), en su artículo científico titulada *“Efficient Way to Improve Subgrade Property of Pavement by Chemical Stabilization”*, de la International Journal of Engineering Research and Application. Cuyo objetivo general fué contribuir al proceso de aplicación de técnicas de estabilización química y convencional, con Terrasil y arena de río para dos tipos de suelos, conocidos como suelo rojo y suelo de algodón negro. Determinando las características naturales y posteriormente evaluando con los ensayos de límites de consistencia, compactación modificada, gravedad específica y relación de soporte de California en el suelo tratado. Su diseño de investigación fue de tipo experimental. La cual tuvo como población a los suelos cercanos del Instituto de Tecnología Flora y de la meseta del Decán en la India, y como muestra representativa a las muestras de suelo de algodón negro y suelos rojo para ensayos, respectivamente de los lugares mencionados como población. Finalmente se concluyó lo siguiente: a) La estabilización química tuvo un valor de CBR más alto que los suelos estabilizados convencionalmente por otros métodos; b) Con la adición de Terrasil el índice de plasticidad es reducido notablemente y genera que la máxima densidad seca aumente; c) El suelo estabilizado químicamente es un método más económico que las estabilizaciones convencionales. Esta estabilización química requirió menor espesor de subrasante que la estabilización convencional.

Olanian y Ajileye (2018), en su artículo científico titulada *“Strength characteristics of lateritic soil stabilized with Terrasil and Zycobond nano chemicals”*, de la International Journal of Civil Engineering. Cuyo objetivo general fué determinar las propiedades geotécnicas del suelo laterítico, estabilizar diferentes Muestras del suelo laterítico con 5, 10, 15 y 20% de nanos productos químicos (Terrasil y Zycobond), para

determinar California Bearing Ratio (CBR), para determinar el tipo y la concentración de nanos productos químicos que producen la máxima resistencia. Evaluando los ensayos de límites de consistencia, compactación modificada y relación de soporte de California en el suelo tratado. Su diseño de investigación fue de tipo experimental. La cual tuvo como muestra representativa a las muestras de suelo llamadas A con ubicación latitud: 8°08' N longitud: 40°15' E y la muestra B con ubicación en latitud: 08°25' N, longitud: 4°0.3' E. Finalmente se concluyó lo siguiente: a) Las propiedades geotécnicas del suelo laterítico demostraron que el porcentaje pasante por el tamiz N° 200 para la muestra A y B son 76.6% y 66.5% de manera respectiva. Los LL, IP, MDS y OCH para las muestras estabilizadas de Terrasil A y B son (36 -52)%, (8-32)%, (1.73 -2.34) gr / cm³, (7.20-10.8)% y (36 -58))%, (15-34)%, (1.8 - 2.63) gr / cm³, (10.5 - 14.0)%; b) El valor de CBR (con inmersión y sin inmersión) para las muestras estabilizadas de Terrasil varía entre (5-6)%, (13-17)% y (4-6)%,(20-25)%. El valor de Unconfined Compressive Strength para las muestras estabilizadas de Terrasil varía entre (43-105) KN / m² y (64-125) KN / m², los resultados demostraron que el 15% de Terrasil proporciona la máxima resistencia para el valor relativo de CBR.

Athulya y Satheesh (2017), en su artículo científico titulada ***“Stabilization of Subgrade Soil using Additives - A Case Study”***, de la International Journal of Engineering Research and Technology. Cuyo objetivo general fué realizar un estudio y analizar las propiedades de resistencia de suelos blandos, por medio de un suelo con Terrasil con dosajes de 0.4%, 0.8%, 1.2% y 1.6% y el suelo con cemento por separado. A través de la realización de los ensayos de límite de consistencia, CBR, el ensayo de compresión triaxial y un ensayo de permeabilidad, y luego comparar la función de este aditivo para estabilizar suelos blandos. Su diseño de investigación fue de tipo experimental. La cual tuvo como población a los suelos de la región Era – Valady y tuvo como muestra los suelos en Kuttanad. Finalmente se concluyó lo siguiente: a) El comportamiento mecánico y físico del suelo varía en gran medida con la adición del estabilizador. El incremento de dosaje de Terrasil dió como resultado una disminución en los límites de consistencia del suelo tratado; b) Se observó que el valor de CBR aumentó el incremento de dosaje reduciendo de igual forma su OCH; c) La impermeabilización del suelo tuvo un efecto significativo al adicionar Terrasil.

Pavimento

Un pavimento tiene como parte de su infraestructura materiales distribuidos y compactados por capas, que se apoyan en un terreno estable técnicamente llamado terreno de fundación o sub rasante. Este material debe contar con buenas condiciones físico y mecánicas para poder resistir grandes esfuerzos producidos por el tránsito vehicular (Montejo, 2002, p.1).

El pavimento tiene una composición de capas colocadas sobre la subrasante de un terreno natural, con la finalidad de poder soportar y generar la distribución de los esfuerzos provocados por vehículos que transitan en el camino. Por lo general estas estructuras se componen por una sub base, una base y una superficie de rodadura. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015, p.13).

El pavimento, tiene por características sus propiedades, espesores y acomodamiento de los variados materiales que son parte de un conjunto de capas colocadas y apoyadas sobre la subrasante, con el propósito de recepcionar directamente las sobrecargas generadas por el tránsito y distribuyéndolas con uniformidad a los estratos o capas inferiores (Tapia, 2004, p.8).

Estructura del pavimento

Capa de rodadura

La capa de rodadura de un pavimento es la superficie de tipo bituminoso o de cemento portland, las cuales tienen la función directa de sostener el tránsito de vehículos. Estas superficies son conocidas como conjunto denominadas pavimentos flexibles y rígidos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015, p.13).

La capa de rodadura o conocida comúnmente como rasante en pavimentos pueden ser de una mezcla de concreto asfáltico o concreto hidráulico, estas capas requieren una secuencia de ensayos a sus materiales componentes como sus agregados, emulsiones asfálticas y cementos para su elaboración. Esta carpeta por ser compuesto de materiales con requisitos de calidad tiene una función de desempeño adecuado para el soporte de tránsito de vehículos (Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos-MTC, 2014, p. 18).

Las capas de rodadura se construyen utilizando el concreto hidráulico o las mezclas asfálticas en caliente o en frío, las cuales son nombradas concretos asfálticos. En algunos casos estas son elaboradas con un agente optimizador para sus características (Tapia, 2004, p.10).

Base

La base es la inferior a la capa de rodadura, que tiene la función de sostener, transmitir y distribuir y uniformemente las cargas provocadas por el tránsito. Estableciendo que este, material será de textura granular y drenante con un valor relativo de soporte (CBR) mayor a 80% (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015, p.13).

Esta capa de material conocido también como material de préstamo debe cumplir con requisitos específicos de calidad como un suelo granular limpio con partículas finas menor a un 15% de su composición global, siendo sometido a ensayos de evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas, donde debe tener una relación de capacidad de soporte CBR mayor o igual a 80 %; de lo contrario será tratada (Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos-MTC, 2014, p. 18).

Según Huang indica que “The base course is the layer of material immediately beneath the surface or binder course. It can be composed of crushed stone, crushed slag, or other untreated or stabilized materials...” (2004, p.10).

Por lo tanto, la base es la capa de material granular compuesta por piedra triturada, por escoria triturada o materiales estabilizados ya sea de forma física, mecánica o química. Y que deba cumplir con un valor de CBR especificado. (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Valor relativo de soporte C.B.R en base granular

Para Carreteras de Segunda Clase, Tercera Clase, Bajo Volumen de Tránsito; o para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	Mínimo 80 %
Para Carreteras de Segunda Clase, Tercera Clase, Bajo Volumen de Tránsito; o para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	Mínimo 100 %

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos-MTC (2014)

Subbase

Esta capa de material debe cumplir con un espesor conservador según los requisitos de calidad para su aprobación en la construcción de pavimentos, debido a que este soporta la capa base y carpeta de rodadura. Este material usualmente es de tipo granular y con partículas finas menor a 15 % de su composición global. Además, este material debe contar con un valor de CBR mayor o igual a 40 % (Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos-MTC, 2014, p. 18).

La subbase es una capa de material, que cuenta con un diseño para que pueda soportar la base y a la superficie de rodadura. Por otra parte, estos materiales son empleados como capa de drenaje y para el control en la capilaridad de suelos usada en el diseño de pavimentos, teniendo un valor relativo de CBR mayor o igual a 40%, ya sea por métodos de optimización mecánica, química o con emulsión (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015, p.14).

Según Huang, indica que “The subbase course is the layer of material beneath the base course. The reason that two different granular materials are used is for economy. Instead of using the more expensive base course material for the entire layer...” (2004, p.10).

Por lo tanto, la razón de usar materiales diferentes en la capa base y subbase es de cuestión económica para no realizar la colocación del mismo material en dos capas. Además, en la capa base el material es de características granulares y drenantes siendo colocada la capa subbase entre las capas base y subrasante. Y el cual debe tener un valor mínimo de CBR especificado. (Ver Tabla 2).

Tabla 2. *Valor relativo de soporte C.B.R en subbase granular*

CBR en Subbase Granular	Mínimo 40%
-------------------------	------------

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos-MTC (2014)

Subrasante

Esta capa natural del suelo es determinante para el diseño de los espesores de las capas estructurales que debe tener el pavimento, sea de tipo flexible o rígido. Para evaluar su

propiedad de resistencia a este suelo natural se aplica el valor relativo de capacidad de soporte CBR (Montejo, 2002, p.9).

Esta parte de la estructura del pavimento es el nivel referencial del terreno natural nombrado técnicamente como terreno de fundación. Este material natural debe presentar una característica de resistencia CBR mayor o igual a 6%. Si fuese menor no se considera como terreno estable por lo que se emplearían métodos de estabilización de suelos. (Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos-MTC, 2014, p. 40).

Durante la explanación de una plataforma de un pavimento al subrasante tiende a ser escarificada unos 15 centímetros si es que esta es mala, para luego mejorarla.

Pavimento flexible

Un pavimento de tipo flexible está conformado por un conjunto de capas siendo las dos principales de un material granular y en la superficie acabado con una capa de rodadura compuesta por materiales bituminosos, agregados y excepcionalmente un porcentaje de aditivo (Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos-MTC, 2014, p. 22). (Ver Figura 1).

Esta clase de pavimento está conformado por una superficie de recubrimiento bituminoso colocado sobre las capas compactadas llamadas base y subbase. Esta estructuración depende normalmente del tipo de adecuación que requiera la obra vial (Montejo, 2002, p.2).

Según Huang menciona que “Flexible pavements are constructed of bituminous and granular materials. The first asphalt roadway in the United States was constructed in 1870 at Newark, New Jersey...” (2004, p.1)

Por lo tanto, la estructura de un pavimento flexible está compuesta por materiales bituminosos y granulares. Recordando además que la primera carretera asfaltada en los Estados Unidos de América fue construida en el año 1870 en New Jersey, desde entonces los métodos de diseños de pavimentos han ido mejorando desde métodos empíricos y metodologías de diseño.

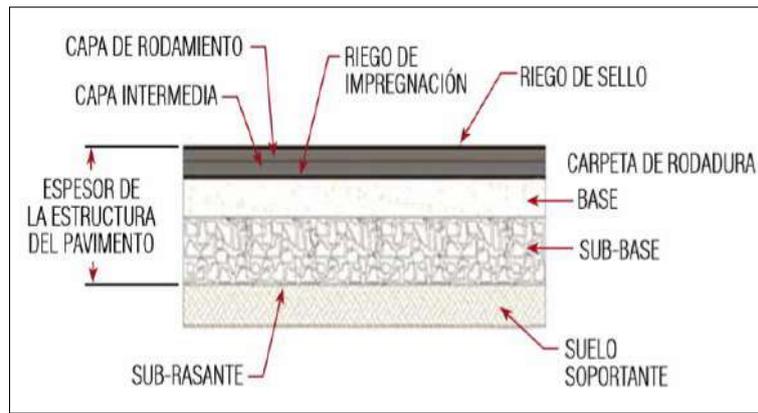


Figura 1. Pavimento flexible

Material de afirmado

El material de afirmado es hecho de composición granular por naturaleza o mecánicamente alterada, con una gradación de partículas establecidas por especificaciones técnicas en la construcción de pavimentos. Con la finalidad de que estas soporten cargas producto del tránsito vehicular. Su composición en su fracción fina debe contener un porcentaje más fino que cumpla la función de aglutinar a todas las partículas y mantenga una superficie firme en los pavimentos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015, p.13). (Ver Figura 2).



Figura 2. Material de afirmado cantera la Campana

Optimización de suelos con químicos

Un aditivo químico en la optimización de suelos es una tecnología con un campo amplio de investigación, su procedimiento consiste en la combinación homogénea del químico estudiado con el suelo en estudio. Una optimización química se realiza en algunos casos,

para una sub base, base o material de afirmado (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015, p.17).

En una optimización química se manipula la manejabilidad del suelo, generando que el material sea más trabajable para usar como material de pavimentación. Además, se usa para disminuir la plasticidad y la expansión en suelos cohesivos. Si las arcillas son disgregantes, se utiliza para contraer las partículas (Das, 2001, p.266).

Una optimización se define como la dotación de resistencia a corto y largo plazo durante el tiempo que el material aporte en una estructura de pavimento. Para todos los mecanismos de combinación de suelos con aditivos químicos, obligatoriamente se realiza su verificación de compactación in situ y en laboratorio. Los aditivos químicos normados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para su uso se muestran a continuación. (Ver Tabla 3).

Tabla 3. *Tipos de aditivos para optimización de suelos*

Absorbentes de agua	Cloruro de calcio Cloruro de sodio Cloruro de magnesio
Derivados del petróleo	Emulsión asfáltica Líquidos asfálticos Emulsiones de asfalto modificado
No derivados del petróleo	Grasa de animales Lignosulfatos Melaza-azúcar de beterraga Emulsiones de aceite de tallos Aceites vegetales
Electroquímicos	Enzimas Productos iónicos Aceite sulfonatos
Polímeros sintéticos	Acetato polivinílico Vinil acrílico
Aditivos de arcilla	Bentonita Montmorillonita
Cementantes	Cemento Cal Cenizas

Fuente: Dirección de Estudios Especiales (2015)

Aditivo químico TerraSil

Descripción

El aditivo químico TerraSil en solución, hace uso de un organosilano iónico, con la capacidad de reducir la humedad, reducir la expansión y eliminar la capacidad de

absorción de los suelos. Generando una mejoría en cualquier tipo de suelo, condicionando al material que se comporte en cualquier situación en condiciones secas. (Optimasoil, 2014).

Su composición posee grupos de silanol, que reaccionan con los silicatos presentes en el suelo provocando que su superficie adquiera propiedades hidrófobas de manera progresiva. Por lo que, dependiente de las características del suelo este puede adquirir la capacidad de repeler la humedad y ser impermeable. (Brem Enviromental Solutions, 2015, p.2).

TerraSil es una composición total de organosilanos, que tiene la ventaja de reaccionar eficientemente con suelos desde un nivel molecular. Este aditivo químico produce una serie de cubiertas con paso de aire, facilitando la evaporación de la humedad produciendo que se elimine de forma constante el índice de plasticidad de los suelos.

Características físicas

Este aditivo impermeabilizante de suelos es de forma líquida con un color rojizo pálido. Siendo un producto no inflamable con una densidad promedio de 1.02 gr/cm³ a 1.06 gr/cm³. Sin embargo, algunas variaciones que presente este aditivo en sus características físicas no generan mal desempeño en proceso de estabilización. (Brem Enviromental Solutions, 2015, p.2).

Dosificación

Las dosificaciones recomendadas por Brem Environmental Solutions S.A.C van desde 0.2 Kg/m³ hasta 2 Kg/m³. Sin embargo, la solución definitiva se determina por medio de ensayos de laboratorio para el material en específico a mejorar sus propiedades. De tal forma que se evalúe significativamente el coste beneficio del proceso. (Brem Enviromental Solutions, 2015, p.1).

La dosificación de TerraSil a través de ensayos de laboratorio, se diseñan por medio de resultados del material en estado natural. De tal forma, que se adicione el aditivo en un óptimo contenido de humedad definido para una determinada máxima densidad seca del ensayo proctor modificado. Posteriormente a ese dosaje se evalúan otras características

físicas y mecánicas, en ensayos como límites de consistencia, permeabilidad y compresión simple no confinada de suelos, dependiendo el tipo de evaluación requerida.

Evaluación de la condición de TerraSil para su aplicación

En el proceso de preparación de la solución se debe comprobar que las fuentes de agua para la preparación y compactación de vías a estabilizar cumplan con un valor menor de 1000 ppm de sólidos disueltos totales. La combinación no adecuada de TerraSil provoca que la solución se altere y cambia su aspecto a un color blanquecino, de tal forma que su aplicación en estas condiciones no genera ningún tipo de mejora. (Brem Environmental Solutions, 2015, p.3).

Posibles aplicaciones de TerraSil

Su aplicación efectiva se reconoce en suelos con características de consistencia plástica, y que presenten cierta gradación con partículas finas significantes. Para posteriormente a la estabilización sean un nuevo material de todo uso en bases, subbases, caminos sin pavimentar, terraplenes y otras áreas en la construcción. (Brem Environmental Solutions, 2015, p.3).

Comportamiento de Suelo – TerraSil

Impermeabilizante de suelos

Provoca que al combinarse se reduzcan los vacíos en los suelos compactados, generando que el ascenso capilar se elimine. Preservando de esta forma la rigidez para soportar cargas durante la vida útil del suelo en vías de tránsito vehicular (Brem Environmental Solutions, 2015, p.1). (Ver Figura 3).

TerraSil logra mantener los valores de CBR similares, tanto en condiciones sin inmersión y con inmersión por 96 horas. Aumentando su resistencia ante deformación para los suelos de composición fina como limos, arenas y arcillas (Brem Environmental Solutions, 2015, p.2).

Según Zydex Industries indica que “Terrasil chemically converts water absorbing silanol groups to water resistant alkyl siloxane surfaces at ambient temperature” (2018, p.1).

Por lo que, TerraSil logra reaccionar químicamente en el suelo provocando que los grupos de silanol que tienen la capacidad de absorber agua se conviertan en superficies resistentes al agua en su exposición a la intemperie.

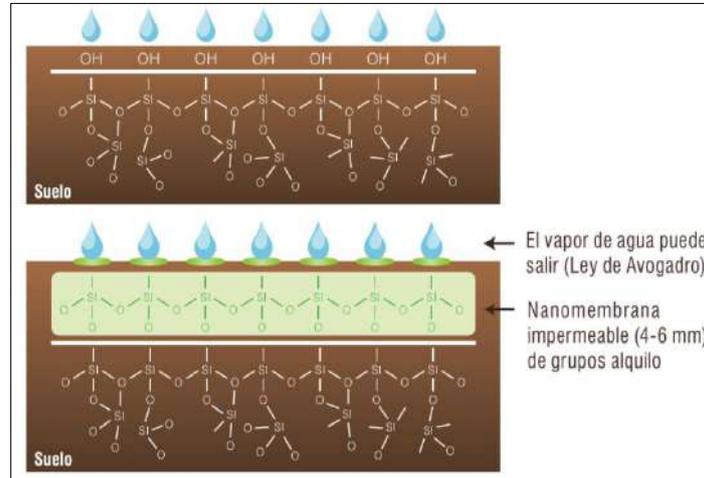


Figura 3. Impermeabilización de suelo con TerraSil

Compactación

La combinación de Suelo – TerraSil, produce que la compactación del suelo sea más efectiva a menos cantidad de pasadas, cumpliendo con las especificaciones técnicas para el trabajo en campo. Además, mejora la trabajabilidad del suelo con óptimo contenido de humedad altos, como los suelos arcillosos y limosos que en compactación son complicados de realizar (Brem Environmental Solutions, 2015, p.1). (Ver Figura 4).

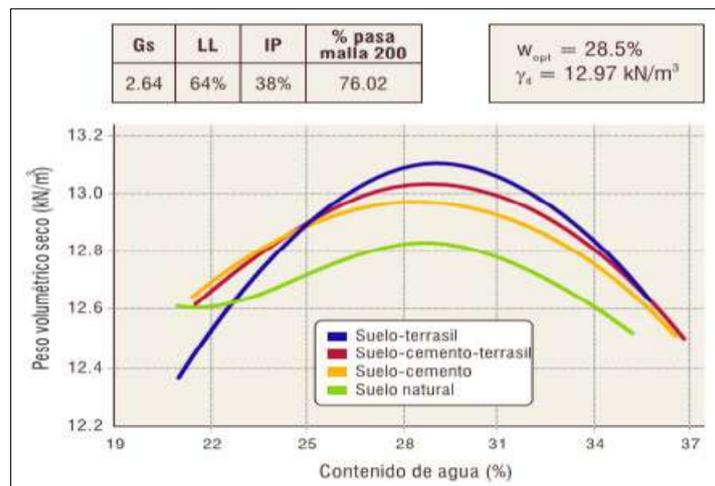


Figura 4. Curva de proctor de un suelo arcilloso de alta plasticidad

Eliminación de expansión de suelos

Con el aditivo químico el suelo, pierde su debilidad ante deformaciones y presión interna de suelos en bloques. Es muy requerido para el uso de suelos propios que no cumplan con los requisitos técnicos como material estable según las normas, reduciendo el costo de uso y extracción de materiales de otros puntos de exploración (Brem Enviromental Solutions, 2015, p.1).

Los beneficios de la combinación en Suelo – TerraSil, produce que las propiedades de resistencia como el CBR del suelo, se mantenga en condiciones secas, sin la inmersión por 96 horas en agua. Cuando se aplican dosificaciones de TerraSil en suelo muy finos, estos aumentan su resistencia a la deformación o corte y controlando su erosión en la construcción de taludes y bermas.

Según Zydex Industries indica que “Terrasil is a water-soluble UV and heat stable reactive spun modifier to reduce swelling. Spray of Terrasil solution watrerproofs compacted soil surface up to 10 mm depth” (2018, p.1).

Por lo que, se define que TerraSil es un aditivo químico modificador por vía húmeda que reduce el hinchamiento en suelos con composición de finos. La solución de TerraSil más agua logra que la superficie del suelo se compacte y se vuelva impermeable.

Métodos de mejoramiento de vías con TerraSil

Estilo Sándwich

Con la aplicación de TerraSil en periodos de regado, y dejando secar par posteriormente regar nuevamente; se logra un grado de compactación por encima del 95 % con el óptimo contenido de humedad. Simplificando el proceso en el primer riego con una impermeabilización de 90 % mínimo, y con el segundo regado se aseguran las micro fisuras en la superficie del suelo llegando a un 100 % de compactación (Brem Enviromental Solutions, 2015, p.4).

Mejoramiento de tipo estabilizado

Al tener una dosificación adecuada de TerraSil en combinación con el agua para la compactación, se puede estabilizar el suelo por vía húmeda en combinación del suelo para

normalmente seguir el procedimiento de compactación y sellado (Brem Environmental Solutions, 2015, p.4). (Ver Figura 5).



Figura 5. Combinación suelo – TerraSil por vía húmeda

Clasificación de suelos con propósito de Ingeniería (S.U.C.S)

Este sistema de clasificación fué planteado por Arthur Casagrande en el año 1942 con fines de ser empleado en la construcción de aeropuertos por un grupo de ingenieros militares. Este sistema no ha tenido variación alguna hasta la actualidad, sigue siendo empleado por la ingeniería moderna y clasifica los suelos en dos grupos por sus tamaños de partículas (Das, 2001, p.82).

Para suelos de partículas gruesas como gravas y con menos del 50 % pasante por el tamiz N° 200. Las nomenclaturas de suelos comienzan con la inicial G indicando que predomina la grava en la muestra o S indicando que es una arena con grava en global de la muestra.

Los suelos de partículas finas con un 50% a más del suelo pasante el tamiz N° 200. Llevan la nomenclatura M indicando un Limo, C indicando una arcilla u O para Limos y arcillas orgánicos. Los símbolos que indican la correcta gradación de las partículas del suelo son W como bien gradado, P como pobremente gradado. Y los indicadores de plasticidad están indicadas como L de baja plasticidad y H de alta plasticidad (Montejo, 2002, p.49). (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Clasificación S.U.C.S

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO				
<p>SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO EN LA MALLA Nº200 (Ø)</p> <p>SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA Nº200 (Ø)</p> <p>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</p>	<p>ARENAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GROSERA PASA LA MALLA Nº4 (USESE LA CURVA GRANULOMÉTRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)</p> <p>GRAVAS MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GROSERA ES RETENIDA EN LA MALLA Nº4 (USESE LA CURVA GRANULOMÉTRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO)</p> <p>ARENAS CON FINOS ARENAS LIMPAS (POCO O NADA DE (CANT. APRECIABLE) PARTICULAS FINAS) DE PART. FINAS)</p> <p>GRAVAS CON FINOS GRAVAS LIMPAS (POCO O NADA DE (CANT. APRECIABLE) PARTICULAS FINAS) DE PART. FINAS)</p>	<p>GW</p>	<p>DETERMINENSE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRA. - HIDROMÉTRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA Nº200) LOS SUELOS GROSOS SE CLASIFICAN COMO SIEMPRE MENOS DE 5% : G, M, SP, SW, SC MÁS DE 12% : GM, GC, SM, SC</p>	
		GP		<p>COEF DE UNIFORMIDAD (C_u) COEF. DE CURVATURA (C_c) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, MAYOR DE 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$, ENTRE 1 y 3</p>
		GM		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW
		GC		LÍMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LÍNEA "A" O I_p MENOR QUE 6
		SW		LÍMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LÍNEA "A" CON I_p MAYOR QUE 6
		SP		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, MAYOR DE 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$, ENTRE 1 y 3
		SM		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA SW
		SC		LÍMITES DE PLASTICIDAD ABAJO DE LA LÍNEA "A" O I_p MENOR QUE 6
				LÍMITES DE PLASTICIDAD ARRIBA DE LA LÍNEA "A" CON I_p MAYOR QUE 6
		<p>EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS G. GRAVA M. LIMO O. SUELOS ORGÁNICOS W. BIEN GRADUADOS L. BAJA COMPRESIBILIDAD S. ARENA C. ARCILLA P. TURBA P. MAL GRADUADA H. ALTA COMPRESIBILIDAD</p>		
		<p>COMPARANDO SUELOS A IGUAL LÍMITE LÍQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL ÍNDICE PLÁSTICO</p> <p>ÍNDICE PLÁSTICO</p> <p>LÍMITE LÍQUIDO</p> <p>CARTA DE PLASTICIDAD PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE PARTICULAS FINAS EN EL LABORATORIO</p>		

Fuente: Monte Fonseca (2016)

Clasificación de suelos para el uso en vías de transporte (AASHTO)

El sistema American of State Highway and Transportation Officials AASHTO fue planteado en 1945 por el Departamento de Caminos Públicos de USA, con una metodología de clasificar los suelos en siete grupos básicos que van desde A-1 hasta A-7 por nomenclaturas equivalentes al sistema S.U.C.S. (Cuipal, 2018, p.24).

Este sistema de clasificación de suelos sigue un procedimiento por agrupación, según los ensayos de laboratorio para una clasificación como el ensayo de granulometría, límites de consistencia y el índice de plasticidad. La determinación de cada grupo se identifica por el valor del índice de grupo. (Manual de Ensayos de Materiales – MTC, 2016, p.1159). (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Clasificación AASHTO

General classification	Granular materials (35% or less passing US No. 200 sieve)			Silt-clay materials (More than 35% passing US No. 200 sieve)							
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Group classification	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Sieve analysis											
Percent passing											
US No. 10 (2 mm)	50 max										
US No. 40 (420 μ)	30 max	50 max	51 max								
US No. 200 (75 μ)	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Characteristics of fraction passing US No. 40 (420 μ)											
Liquid limit											
Plasticity index											
	6 max		Non-plastic	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min
Group index	0		0	0		4 max		8 max	12 max	16 max	20 max
Usual types of significant constituent materials	Stone fragments gravel and sand		Fine Sand	Silty or clayey gravel and sand				Silty soils		Clayey soils	
General rating as subgrade	Excellent to good							Fair to poor			

Note: A-8 is identified by visual classification, and is not shown in the Table.
Classification procedure: Proceeding from left to right in the chart, the correct group will be found by the process of elimination. The first group from the left consistent with the test data is the correct classification. A-7 group is subdivided into A-7-5 or A-7-6 depending on the plastic limit. For $w_p < 30$, the classification is A-7-6; for $w_p \geq 30$, it is A-7-5.

Fuente: AASHTO Soil Classification

Análisis granulométrico de suelos

Un análisis de este tipo es la determinación de los parámetros de tamaños de partículas existentes en el suelo, indicando en porcentaje el peso seco total de una muestra. Generalmente usando un análisis por cribado y otro hidrométrico, según sea el diámetro de partículas a analizar (Das, 2001, p.7).

Según el ASTM International D 422, indica que “This test method covers the quantitative determination of the distribution of particle sizes in soils. The distribution of particle sizes larger than 75 μm (retained on the No. 200 sieve) is determined by sieving...” (2002, p.1)

Por lo tanto, este método de ensayo es necesario para cuantificar la gradación de las partículas de un suelo mayores al tamiz N° 200, aplicando el procedimiento de tamizado. Las partículas de tamaño menor al Tamiz N°200 se determinarán por medio de lavado o con un proceso de sedimentación haciendo uso del hidrómetro.

El análisis granulométrico de suelos se puede realizar con las muestras seca entera o si no con una parte de ella luego de hacer la separación del material más fino por lavado. Si las

partículas de suelos pudiesen rompersela tacto y el material fino se disgrega a la presión mínima, entonces se puede realizar el análisis con tamices sin lavado de la fracción fina (Manual de Ensayos de Materiales – MTC, 2016, p.45). (Ver Figura 6).



Figura 6. Ensayo de granulometría de suelos por tamizado

Límite líquido

El límite líquido es la determinación del contenido de humedad con su expresión en porcentaje, para una cierta cantidad de N golpes, el límite líquido se ubica entre los estados líquido y plástico. Este método de ensayo es primordial en los sistemas de clasificación de suelos para identificar la consistencia de la fracción fina de los suelos (Manual de Ensayos de Materiales – MTC, 2016, p.67). (Ver Figura 7).

Esta constante física se precisa que en los suelos con plasticidad tienen una resistencia de magnitud débil ante esfuerzos, siendo definidos en la determinación del límite del líquido, y según con Atterberg es de 25 g / cm^2 . Siendo este valor la cohesión en el límite de un valor neto de cero (Crespo, 2004, p.70).



Figura 7. Ensayo de límite líquido de suelos

Límite plástico

El límite plástico se expresa como el contenido de humedad en porcentaje respecto al peso seco de la muestra ensayada. Se denota que los suelos de alta cohesión tienden a pasar de un estado semisólido a un estado plástico al perder su humedad (Crespo, 2004, p.76).

Para el procedimiento del ensayo para determinar el límite plástico, la muestra de suelo se forma en rollitos de 3.2 mm de diámetro aproximado, produciendo su desintegración. Por lo que el límite plástico se define como el valor mínimo de etapa plástico de un suelo (Das, 2001, p.29). (Ver Figura 8).



Figura 8. Ensayo de límite plástico de suelos

Índice de plasticidad

El índice de plasticidad se expresa como la diferencia de humedades de los resultados del límite líquido y el límite plástico de un suelo. Este índice determina y agrupa los suelos de alto contenido plástico en el sistema SUCS Y AASHTO, donde es en el sistema AASHTO que determina los índices de grupo de los suelos (Das, 2001, p.29).

Según el ASTM International D 4318, indica que “The liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils are also used extensively, either individually or together, with other soil properties to correlate with engineering behavior such as compressibility, hydraulic conductivity (permeability), compactibility, shrink-swell, and shear strength” (2002, p.2).

Por lo tanto, los límites de consistencia e índice de plasticidad de los suelos son empleados de forma amplia para correlacionar algunas otras propiedades de los suelos. Relacionando

principalmente el comportamiento de suelos en la ingeniería con sus propiedades de resistencia, permeabilidad, compactación, contracción y expansión.

Fracción fina de un afirmado

Gravedad específica y absorción de agregado fino

Este método de ensayo tiene como finalidad calcular el volumen que ocupa el agregado fino en una mezcla de varios agregados como el concreto portland, concreto asfáltico y en suelos compactados. Su procedimiento de saturación por 24 horas tiene como objetivo determinar su porcentaje de absorción para calcular su cambio de masa en una combinación de agregados debido al agua absorbida en los poros causadas por las partículas del agregado fino.

Contenido de sales solubles

El objetivo de este ensayo es someter a lavados continuos al agregado, con agua destilada a una temperatura de ebullición, para la extracción de las sales en formas de residuos. En los lavados del agregado se toma una porción pequeña y se procede a la cristalización de sales como residuo según la norma MTC E 219.

La cantidad de sales solubles de un suelo son determinados por medio de la toma de una filtración preparada de una relación de suelo – agua destilada en mezcla. Siendo esta dosificación la más representativa para determinar la presencia de sales solubles en partes por millón (Norma Técnica Peruana 339.152, 2002, p.2)

Equivalente de arena

Este ensayo determina un valor empírico a la relación de los finos y arenas de tamaños de partículas menores a 4.75 mm. Este ensayo lleva el nombre de equivalente de arena porque proporciona el concepto de la composición de calidad en los suelos (Manual de laboratorio de ensayos para pavimentos, 2001, p.33).

El objetivo de este ensayo normado por el MTC E 114, es determinar la relación de los finos en suspensión con las arenas en una muestra de suelo con tamaños menores a 4.75 mm. El procedimiento operatorio del ensayo consiste en la colocación de unos 100 gramos aproximados de material pasante por el Tamiz número 4, en probetas graduadas; con el insumo solución stock se hará la agitación para luego de un reposo de

sedimentación de 20 minutos. Se podrán registrar lecturas de arena sedimentadas y finos en suspensión. (Ver Figura 9).



Figura 9. Ensayo de equivalente de arena

Fracción gruesa de un afirmado

Peso específico y absorción de agregado grueso

El objetivo de este ensayo es determinar el peso específico del agregado grueso en 3 condiciones diferentes. Mediante un proceso inicial de saturación por 24 horas, para poder determinar la absorción causada por la porosidad en el agregado grueso.

Abrasión los Ángeles

La finalidad de realizar este ensayo es conocer el desgaste producido por una fuerza abrasiva en la máquina de Los Ángeles, la cual se ensaya a una velocidad de 30 a 33 revoluciones por minuto. La fracción gruesa del suelo es sometida a 500 revoluciones, para una vez culminado se tamice la muestra por un tamiz número 12; el material pasante será el porcentaje de desgaste total en el ensayo. Para el cual la fracción gruesa deberá cumplir con las gradaciones requeridas. (Ver Tabla 6).

Tabla 6. Ensayo de Abrasión los Ángeles

Gradacion	Numeros de Esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 25

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales – MTC (2016)

Resistencia del afirmado

Proctor modificado

En la compactación de suelos se requiere un índice o porcentaje de humedad, el cual provoca que en el comportamiento del suelo este sea rígido y gane el mayor peso para una buena eliminación de vacíos durante la compactación. Y a la vez las partículas puedan acomodarse de forma graduada y ser un suelo más rígido de forma mecánica por medio de una serie de golpes con una energía modificada, que simula las maquinarias de compactación como el rodillo liso o rodillo pata de cabra para suelos cohesivos.

La densidad del suelo se obtiene mediante el proceso de compactación o asentamiento en el cual, los vacíos en el volumen del suelo son eliminados y en el otro caso los vacíos naturales en el volumen del suelo van a convertirse en parte del peso del suelo. Al colocar este material, aplicando los dos procesos de ensayos en un molde de volumen conocido se obtiene una densidad o peso unitario suelta y compactada (Crespo, 2004, p.41).

Según el ASTM International D 1157, indica que “Laboratory compaction tests provide the basis for determining the percent compaction and molding water content needed to achieve the required engineering properties, and for controlling construction to assure that the required compaction and water contents are achieved...” (2002, p.3).

Por lo tanto, este ensayo es necesario para determinar el grado de compactación de un suelo. Esto se logra con un óptimo contenido de humedad para obtener el máximo valor de densidad seca y satisfacer los requerimientos en ingeniería para la construcción. Verificando este grado de compactación por medio de un ensayo de Densidad de campo; en el caso de vías de transporte con esta máxima densidad y óptimo contenido de humedad se determinan los valores de capacidad de soporte CBR en los suelos.

Este ensayo de compactación abarca los procedimientos usados en laboratorio, para obtener la relación del Óptimo Contenido de Humedad y la Máxima Densidad Seca de los suelos compactados en moldes de 4 ó 6 pulg de diámetro, dependiendo del Método sea A, B o C según la gradación del material con un pisón de 44,5 N en caída libre de 8 pulg, generando una Energía de Compactación de 56000 pie-lbf/pie³ (Manual de Ensayos de Materiales – MTC, 2016, p.105). (Ver Figuras 10 y 11).

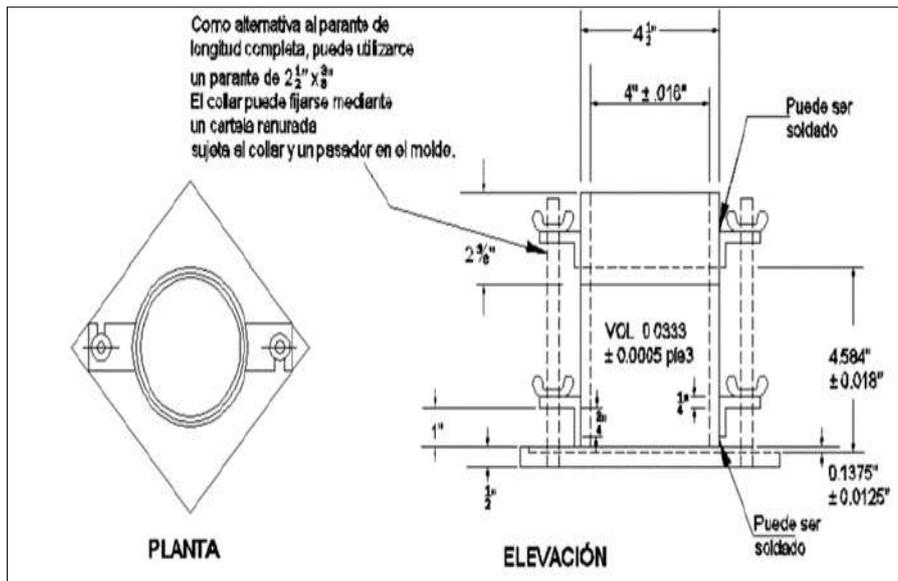


Figura 10. Molde de 4" para ensayo proctor modificado

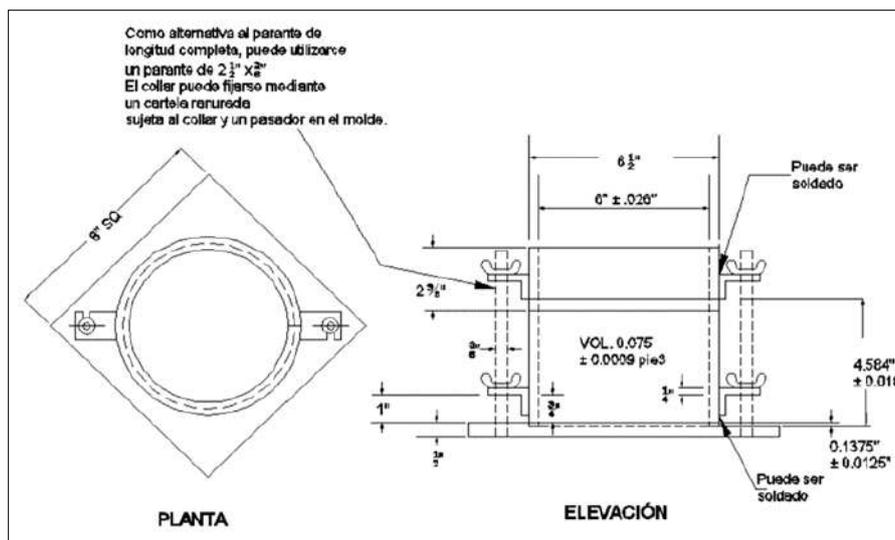


Figura 11. Molde de 6" para ensayo proctor modificado

California Bearing Ratio (CBR)

El ensayo CBR es la medida de la resistencia al esfuerzo de corte en el suelo, con condiciones de optima humedad y compactación controladas. Su valor en porcentaje es primordial en el diseño de pavimentos, la razón de su resistencia se da en la carga unitaria al hacer la introducción de un pistón en el suelo a una cierta penetración (Montejo, 2002, p.64).

Con este índice se evalúa la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado. Este ensayo requiere la determinación de las

relaciones de Máxima Densidad Seca - Humedad, usando el equipo para Proctor Modificado (Manual de Ensayos de Materiales – MTC, 2016, p.248).

Según el ASTM International D 1883, indica que “This test method is used to evaluate the potential strength of subgrade, subbase, and base course materials, including recycled materials for use in the design of road and airfield pavements. The CBR value obtained in this test forms an integral part of several flexible pavement design methods...” (2002, p.3).

Por lo que, este método de ensayo para determinar la capacidad de soporte de suelos en vías de transporte se desarrolla en los materiales componentes de la estructura de un pavimento. Su valor relativo en el diseño de pavimentos es requerido al 95 % de la Máxima Densidad Seca y en el OCH total, con un índice de penetración de 2.50 mm luego de estar sumergido por 96 horas antes de la penetración del espécimen, contando con los moldes y equipos suficientes para realizar el ensayo. (Ver Figura 12).

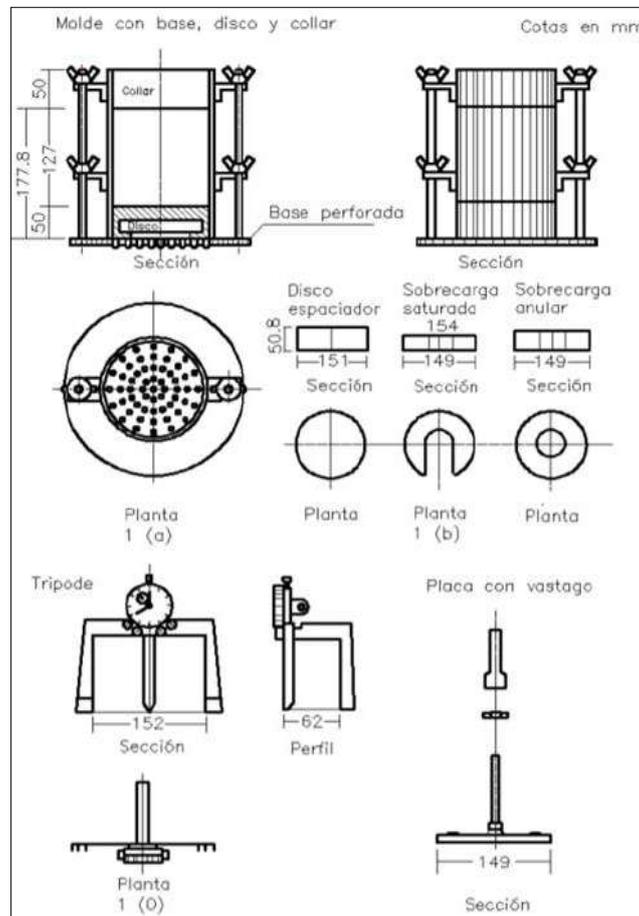


Figura 12. Molde para CBR y ensayo de expansión

Requisitos de un material de afirmado como Base granular

En la NTE CE.010 Pavimentos Urbanos se detallan los siguientes valores como gradación de partículas en el material global y calidad de la fracción gruesa y fina. (Ver Tablas 7 y 8).

Tabla 7. *Requisitos de gradación granulométrica para una base granular*

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A *	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4,75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2,0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
425 µm (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 -15	8 – 15

Fuente: Sección 305 de las EG-2000 del MTC
 * La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnmm.

Fuente: NTE CE.010 Pavimentos Urbanos (2010)

Tabla 8. *Requisitos de calidad del material para una base granular*

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		Altitud	
		< 3000 msnmm	≥ 3000 msnmm
Partículas con una cara fracturada	MTC E210-2000	80% mínimo	
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E210-2000	40% mínimo	50% mínimo
Abrasión Los Ángeles	NTP 400.019:2002	40% máximo	
Sales Solubles	NTP 339.152:2002	0,5% máximo	
Pérdida con Sulfato de Sodio	NTP 400.016:1999	---	12% máximo
Pérdida con Sulfato de Magnesio	NTP 400.016:1999	---	18% máximo

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		< 3000 msnmm	> 3000 msnmm
		Índice Plástico	NTP 339.129:1999
Equivalente de arena	NTP 339.146:2000	35% mínimo	45% mínimo
Sales solubles	NTP 339.152:2002	0,5% máximo	
Índice de durabilidad	MTC E214-2000	35% mínimo	

Fuente: NTE CE.010 Pavimentos Urbanos (2010)

Además, la norma EG-2013 - MTC, en la sección 301.c indica las características que deben poseer el material a estabilizar con un producto químico. Estos materiales pueden provenir de excavaciones, canteras locales o mezclas de ellos. Los requisitos que deben presentar estos materiales deben ser los siguientes. (Ver Tabla 9)

Tabla 9. *Requisitos para estabilizar suelos con productos químicos*

Requisitos generales	Norma	Descripción
Granulometría	MTC E 107	Tamaño máximo = 2"
Plasticidad	MTC E 110, 111	LL < 40% ; 6% < IP < 12%
Composición química	MTC E 219	0.2000% < So4
Abrasión los ángeles	MTC E 207	50% máximo

Fuente: Elaboración propia

Problema general

¿De qué forma la incorporación de TerraSil optimiza la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019?

Problemas específicos

¿Cómo interviene la incorporación de TerraSil en la clasificación de suelos del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019?

¿De qué forma influye la incorporación de TerraSil en la calidad de la fracción fina del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019?

¿Cuánto contribuye la incorporación de TerraSil en la resistencia del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019?

Justificación del estudio

Esta investigación permite conocer y evaluar el óptimo porcentaje de incorporación del aditivo TerraSil, para la optimización del afirmado de la cantera la Campana. Por medio de dosaje en numerosas pruebas, hasta encontrar el valor que establezca equivalencia en

los resultados esperados y económicamente factibles para su ejecución. La investigación permite evaluar uno de los métodos de mejoramiento y optimización con productos químicos, en un problema real de la construcción de pavimentos en zonas urbanas. Por lo que, se propone trabajar la optimización de la cantera la Campana como propuestas de solución al problema en los Jardines de Shangrila en el distrito de Puente Piedra.

El uso de TerraSil en la optimización de suelos, es un gasto económico considerable, pero de una u otra forma se equivale a la duración de la obra. Posiblemente evitando reparaciones o mantenimientos en las vías construidas con este método de optimización de suelos y canteras, para cualquier fin en la construcción. Con esta optimización y el respectivo dosaje de mezcla para esta cantera, se podrán hacer más obras viales usando esta cantera que naturalmente no satisface las normativas vigentes en nuestra capital. Generando de esta forma, un mejoramiento en la calidad de vías de transporte para la población.

Hipótesis general

La incorporación de TerraSil optimiza la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Hipótesis específicas

La incorporación de TerraSil interviene en la clasificación de suelos del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

La incorporación de TerraSil influye en la calidad de la fracción fina del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

La incorporación de TerraSil contribuye en la resistencia del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Objetivo general

Determinar de qué forma la incorporación de TerraSil optimiza el afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Objetivos específicos

Analizar como interviene la incorporación de TerraSil en la clasificación de suelos del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Determinar de qué forma influye la incorporación de TerraSil en la calidad de la fracción fina del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Determinar cuánto contribuye la incorporación de TerraSil en la resistencia del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

El diseño experimental en una investigación se basa en realizar la manipulación de manera aleatoria las variables independientes de investigación, con el propósito de provocar efectos en las variables dependientes (Valderrama, 2002, p.176).

En el desarrollo de esta tesis se maneja un diseño de investigación de tipo experimental, debido a que se producirán relaciones de causa – efecto en la variable de investigación, con la incorporación del aditivo TerraSil en dosajes respectivos alterando la optimización del afirmado de la cantera la Campana. Además, es de nivel explicativo por la interpretación de los resultados de ensayos de laboratorio del afirmado al natural y otro con la incorporación de TerraSil; finalmente se realiza una explicación detallada de la optimización del afirmado de la cantera la Campana.

Enfoque de la investigación

Una investigación es de enfoque cuantitativo, cuando sigue un procedimiento de secuencias y revisión rigurosa en la recolección de datos; para realizar la comprobación de la hipótesis. Se hacen por medio de valores numéricos que son las base en el análisis correspondiente en la comprobación de teorías (Fernández, Hernández y Baptista, 2014, p. 130).

Esta presente investigación es de enfoque cuantitativo, debido a que los datos que se recolectaron son resultados de ensayos de laboratorio a las muestras de afirmado de la cantera La Campana en estado natural y modificadas con TerraSil. Todos los resultados obtenidos se contrastarán en base a las teorías.

Tipo de investigación

Una investigación es del tipo aplicada cuando se busca identificar, realizar, modificar o construir una realidad del problema existente, los conocimientos teóricos son la base para ejecutar las soluciones prácticas para la solución de problemas (Fidias, 2012, p.22).

Esta investigación es aplicada porque se busca resolver esencialmente un problema, en este caso es optimizar el afirmado de la cantera La Campana para que sea usado como material óptimo en una pavimentación de zonas urbanas, a través de la aplicación de

conocimientos teóricos que son llevados a conocimientos prácticos para resolver los problemas existentes de la investigación.

2.2. Operacionalización de variables

Variables

Variable independiente:

TerraSil, esta variable es independiente del tipo cuantitativo ya que su uso se hace en dosajes respecto a un peso del suelo seco, respetando el óptimo contenido de humedad del suelo para su Máxima Densidad Seca. Además, es de tipo cardinal por su dosaje en distintas pruebas con en el suelo a optimizar.

Dimensión 1: Proporción respecto al peso del suelo y OCH

Variable dependiente:

Afirmado de la cantera la Campana, esta variable es dependiente del tipo cuantitativo debido a que en la realización de ensayos de laboratorio para evaluar sus propiedades físico y mecánicas, incorporando TerraSil; se obtendrán resultados numéricos para analizar los requisitos como material óptimo en una pavimentación. Además, es continua porque son expresados en valores numéricos enteros, decimales o fraccionales.

Dimensión 1: Clasificación de suelos

Dimensión 2: Calidad de la fracción fina del afirmado

Dimensión 3: Calidad de la fracción gruesa del afirmado

Dimensión 4: Resistencia del afirmado

Definición conceptual

Variable independiente: TerraSil

TerraSil es un aditivo químico estabilizador de suelos y materiales con contenido de suelos finos, su aplicación en la optimización de suelos conlleva a muchos beneficios en el desarrollo de la estabilización y mejora de obras viales, generando economía en mejoramientos y sostenibilidad de las vías.

Variable dependiente: Afirmado de la cantera la Campana

Una optimización de suelos o materiales granulares con alta composición de finos en su análisis global, consiste en la mejora de sus propiedades físicas y mecánicas. Pasando de un estado natural global a una fase de combinación, para obtener un suelos o material de pavimentación modificado a óptimas condiciones según las normas vigentes.

Definición operacional

Variable independiente: TerraSil

El TerraSil se aplica en suelos de baja calidad en sus propiedades físicas y mecánicas. Al ser un aditivo químico estabilizador, existe una norma vigente la cual debe cumplir para ser usado en una obra de magnitud; además de su evaluación en un laboratorio de mecánica de suelos. Por medio de Ensayos Estándar, químicos y especiales.

Variable dependiente: Afirmado de la cantera la Campana

La optimización de un suelo o material de afirmado se pueden realizar con diversas metodologías, depende mucho de la inversión en la construcción y de los beneficios que esta podría generar en la construcción de obras viales.

Para la operacionalización de las variables en este proyecto de investigación, se elaboró una tabla para indicar la definición conceptual y operacional para la variable independiente y dependiente. (Ver Tabla 10).

Tabla 10. Operacionalización de variables

VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
TerraSil	El TerraSil es un aditivo químico estabilizador de suelos y materiales con contenido de suelos finos, su aplicación en la optimización de suelos conlleva a muchos beneficios en el desarrollo de la estabilización y mejora de obras viales, generando economía en mejoramientos y sostenibilidad de las vías.	El TerraSil se aplica en suelos de baja calidad en sus propiedades físicas y mecánicas. Al ser un aditivo químico estabilizador, existe una norma vigente la cual debe cumplir para ser usado en una obra de magnitud; además de su evaluación en un laboratorio de mecánica de suelos. Por medio de Ensayos Estándar, químicos y especiales.	Proporción respecto al peso del suelo y OCH	1.00 Lt/m ³ de Terrasil
				1.25 Lt/m ³ de Terrasil
				1.50 Lt/m ³ de Terrasil
Afirmado de la cantera la Campana	Una optimización de suelos o materiales granulares con alta composición de finos en su análisis global, consiste en la mejora de sus propiedades físicas y mecánicas. Pasando de un estado natural global a una fase de combinación, para obtener un suelos o material de pavimentación modificado a óptimas condiciones según las normas vigentes.	La optimización de un suelo o material de afirmado se pueden realizar con diversas metodologías, depende mucho de la inversión en la construcción y de los beneficios que esta podría generar en la construcción de obras viales.	Clasificación de suelos	Análisis granulométrico
				Límite líquido
				Índice de plasticidad
			Calidad de la fracción fina del afirmado	Gravedad específica y absorción
				Contenido de sales solubles
				Equivalente de arena
			Calidad de la fracción gruesa del afirmado	Peso específico y absorción
				Abrasión los Ángeles
			Resistencia del afirmado	Proctor modificado
California Bearing Ratio (CBR)				

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población es el grupo conformado por elementos, que se desean estudiar en la investigación. Al igual que otros grupos estas cuentan con sub grupos que son sus características individuales. (López, 2011, p. 69).

En este presente Proyecto de investigación se considera como población, a la cantera la Campana ubicada en Carabayllo con ubicación en coordenadas UTM 18L: 283559 E 8692130 N en el distrito de Carabayllo en la Av. Túpac Amaru Km 26+250 Lado derecho. Esta cantera se encuentra en un régimen no estable, pero es usada para satisfacer y cubrir los requerimientos de la construcción en esta zona del cono norte de la capital Lima. (Ver Figuras 13 y 14).



Figura 13. Ubicación de la cantera



Figura 14. Cantera la Campana

Muestra

Para seguir un proceso de selección de un grupo representativo de la población, se realiza el muestreo no probabilístico intencionado por el investigador. Este muestreo se rige bajo los criterios e interés de los objetivos y experimentación en el desarrollo del trabajo del investigador. (Valderrama, 2002, p.185)

La muestra seleccionada en esta investigación fue un total de 2 sacos de 60 kg de la cantera la Campana, y 2 sacos de 60 kg de la misma cantera puesto en la obra de pavimentación en los Jardines de Shangrila, Puente Piedra. (Ver Figura 15 y 16).



Figura 15. Material de afirmado cantera la Campana en obra



Figura 16. Material chancado de la cantera la Campana

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas

En este presente proyecto de investigación se aplicó la técnica de la observación, durante la experimentación de los ensayos de laboratorio y proceder de forma lógica la recolección de datos. Todos los resultados provenientes de los ensayos fueron adecuadamente registrados en una ficha de formato técnico individual, para que posteriormente se realice un correcto análisis.

Instrumento

El instrumento que se empleó en este proyecto de investigación fue una ficha técnica individual por ensayo a realizar a la muestra natural, y también a muestras modificadas. Por cada ensayo en específico, fueron realizados por medio de equipos de laboratorio de suelos y agregados; cada equipo cuenta con un manejo y reporte de resultados diferentes.

Validez

Según López, también conocido como prueba de instrumento porque permite administrar un instrumento en diferentes situaciones con el objetivo de verificar que este realmente cuantifique características de la variable para lo que fue diseñado y no determine otras. (2011, p. 280).

La validez del instrumento nombrado ficha técnica se realizó por juicio de expertos, conformado por 03 ingenieros civiles. (Ver tabla 11).

Tabla 11. *Validez del instrumento*

Juicio de expertos	Ficha técnica					Validez
Experto 1	1	1	0	1	1	0.8
Experto 2	1	1	1	1	1	1
Experto 3	1	1	1	1	1	1
Promedio total						0.93

Fuente: Elaboración propia

Cada ficha fue evaluada en un rango de 0 a 1, respectivamente indicando 0 como en desacuerdo y 1 como de acuerdo. Para la verificación total, se consideró el resultado promedio por cada experto indicando estar de acuerdo para la aplicación del instrumento

en esta investigación con una validez de 0.93, lo que se califica como una excelente validez. (Ver tabla 12).

Tabla 12. Rangos de validez

0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1	Validez perfecta

Fuente: Herrera (1998)

Confiabilidad

Es la capacidad de un instrumento de investigación para determinar resultados y realizar interpretaciones lógicas y concretas, según su frecuencia de aplicación. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 399)

Tabla 13. Rangos de confiabilidad

0.53 a menos	Confiabilidad nula
0.54 a 0.59	Confiabilidad baja
0.60 a 0.65	Confiable
0.66 a 0.71	Muy Confiable
0.72 a 0.99	Excelente Confiabilidad
1	Confiabilidad perfecta

Fuente: Herrera (1998)

La confiabilidad será representada con los certificados de calibración de equipos mecánicos y manuales para cada ensayo a realizar en el laboratorio de suelos y agregados.

2.5. Procedimiento

Para este proyecto de investigación se tomaron procesos de duración periódica, incluyendo la recolección de la muestra para la experimentación. La muestra es netamente proveniente de la cantera la Campana ubicada en Carabayllo, para la cual se hará un muestreo de suelos. Gracias a la empresa Brem Environmental Solutions S.A.C se obtuvo el aditivo químico TerraSil en cantidades necesarias para el proceso de experimentación. Se realizarán los ensayos de laboratorio en los establecimientos del laboratorio central del MTC - Coordinación de estudios especiales.

2.6. Métodos de análisis de datos

Hernández manifiesta que: “Es el procedimiento con el cual un todo complejo se extrae en varias partes y caracteres. El análisis permitirá el fraccionamiento del todo en sus variables relacionadas y componentes” (2016, p. 34)

En este proyecto de investigación los datos registrados fueron analizados y evaluados por medio de tablas, figuras y valores cuantitativos; para la correcta verificación y comparación de resultados en las muestras de suelos naturales y modificados con los dosajes definidos del aditivo químico TerraSil. Todo resultado de ensayos fue proporcionado por el laboratorio de suelos y agregados.

2.7. Aspectos éticos

Como investigador de este proyecto de investigación me comprometo a respetar la completa autenticidad del contenido en general y sobre los resultados obtenidos al final de esta investigación. Por medio de esta medida se indica que en la inclusión de las teorías relacionadas al tema en esta investigación han sido citadas debidamente a los autores responsables. A través de evidencias los datos recolectados en el proceso de los ensayos de laboratorio serán de condición verificable, incluyendo además a las personas que se involucrarán en el desarrollo de toda la investigación.

III. RESULTADOS

3.1. Información de la zona de estudio

A continuación, se muestran los datos generales sobre la zona en estudio en la cual se realizó una inspección visual mediante caminatas con la finalidad de reconocer la problemática en la pavimentación de las calles, de la Asociación los Jardines de Shangrila que acontecían a mediados del mes de abril del año 2019.



Figura 17. Ubicación de la región Lima



Figura 18. Ubicación de la provincia Lima



Figura 19. Ubicación de la asociación los Jardines de Shangrila

3.2. Ubicación de la zona de estudio

La zona en estudio está ubicada en el distrito de Puente Piedra. En el cual se delimitó la zona de trabajo en las calles donde se iniciaron los proyectos de pavimentación en vías y veredas por parte de la Entidad Municipal. Para el desarrollo del proyecto de pavimentación se consideró como el material de afirmado proveniente de la cantera la Campana.

Durante el proceso de construcción se observaron irregularidades en el material de cantera puesto en obra, por lo que se procedió al levantamiento del material para optar medidas de mejoramiento para la colocación de un afirmado óptimo.



Figura 20. Pavimentación en Jardines de Shangrila



Figura 21. Levantamiento del material de la cantera la Campana



Figura 22. Zonas proyectadas para la pavimentación

Este material proveniente de dicha cantera cubre un gran número de uso en obras en este sector de Lima Norte. En la obra de pavimentación en los Jardines de Shangrila se tomó como solución básica un procedimiento de suelo – cemento, elaborado en las instalaciones de la empresa JR Geoconsultores & ingenieros S.R.L. (Ver figura 25).



Figura 23. Uso de la cantera la Campana en obras



Figura 24. Uso del afirmado de la cantera la Campana en obras



Figura 25. Procedimiento suelo – cemento afirmado de la cantera la Campana

3.3. Trabajos previos

En las instalaciones del laboratorio del MTC – Coordinación de estudios especiales, se realizaron los ensayos de calidad al material de la cantera la Campana, con la finalidad de determinar sus características físicas y mecánicas. Los ensayos se trabajaron bajo la norma MTC del manual EM – 2016.



Figura 26. Laboratorio Coordinación de Estudios Especiales

Se obtuvo resultados de ensayos de laboratorio en rangos límites según la norma CE. 010 – Pavimentos urbanos. Estos fueron adjuntados en los anexos y a la vez interpretados para determinar la incorporación del aditivo TerraSil.

Clasificación de suelos

Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107 - 2016)

Según el ensayo de granulometría se determinó el material de suelo pasante por cada Tamiz de la serie de las partículas conformadas por gravas, arenas, limos y arcillas. En respecto a la gradación del material de la cantera la Campana, se rige a la norma CE.010 de pavimentos urbanos. Se muestra que se adecua a una gradación B, no obstante, presenta una discontinuidad de partículas en las arenas finas pasantes el Tamiz N°40 según la curva granulométrica.

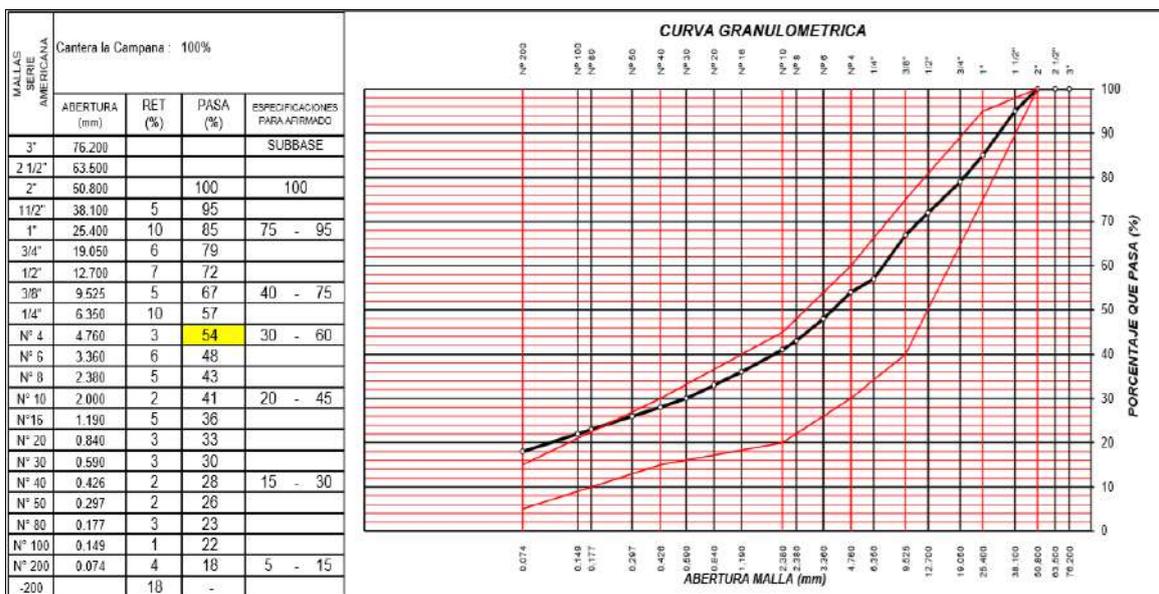


Figura 27. Curva granulométrica del afirmado de la cantera la Campana

Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos (MTC E 110,111 - 2016)

En el resultado de la determinación de las constantes físicas del suelo se obtuvo un Límite líquido de 27% a 25 golpes, un Límite plástico de 21% y un IP de 6%. Por lo tanto, al tener en global un 46% de grava, 36% de arenas y 18 % de finos la clasificación S.U.C.S se condiciona a la nomenclatura G (grava), además por presentar una cantidad de finos mayor a 12% se condiciona a la nomenclatura C (arcillosa) o M (limosa). Este depende de la consistencia del suelo según la carta de plasticidad (IP vs. LL). Por lo tanto, se determinó que el material de cantera se rige a la doble nomenclatura GM-GC por sus límites de consistencia; además su clasificación AASHTO está incluida en el grupo A-1-b con un índice de grupo (0).

Tabla 14. Resultados de límites de consistencia del afirmado

RESULTADOS DE ENSAYOS			
LIMITE LIQUIDO	27.0	CLASIFICACION	
LIMITE PLASTICO	21.0	SUCS	AASHTO
INDICE PLASTICIDAD	6.0	GM-GC	A-1-b (0)

Fuente: Elaboración propia

Según el rango que rige en la norma CE.010 el Límite Líquido debe ser de un 25% y un IP de 6% como máximo. En base a los resultados se determina que se encuentra en un rango límite.

Calidad de la fracción fina del afirmado

Gravedad específica y absorción del agregado fino (MTC E 205 - 2016)

El procedimiento de este ensayo se determina el peso específico ocupado en un volumen de mezcla, para el caso del ensayo proctor modificado su realización es necesario para determinar una parte del peso específico del material global compactado. Finalmente, para determinar la curva de saturación en el gráfico de la curva de compactación es necesario tomar el valor del peso específico nominal debido a que representa las condiciones secas y correcciones de volumen específicas para el espécimen compactado. Sus valores resultaron, de peso específico nominal de 2.848 gr/cm³ y de absorción de 3.27%.

Tabla 15. Gravedad específica y absorción de agregado fino

METODO DEL PICNOMETRO					
DESCRIPCION	UND	N° DE ENSAYO		PROMEDIO	
		1	2		
Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire)	...(A)	(g)	300.0	300.0	--
Peso Fiola + Agua	...(B)	(g)	664.5	660.5	--
Peso Fiola + Agua + (A)	...(C)	(g)	964.5	960.5	--
Peso del Mat. + Agua + Peso Fiola	...(D)	(g)	852.8	849.2	--
Vol de masa + Vol de vacio = C-D	...(E)	(cm ³)	111.7	111.3	--
Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C)	...(F)	(g)	290.4	290.6	--
Vol de Masa = E - (A - F)	...(G)	(cm ³)	102.1	101.9	--
PE Bulk Aparente = F/E		(T/m ³)	2.600	2.611	2.605
PE Bulk Aparente (S.S.S.) = A/E		(T/m ³)	2.686	2.695	2.691
PE Nominal = F/G		(T/m ³)	2.844	2.852	2.848
Absorción = ((A - F)/E)*100		%	3.31	3.23	3.27

Fuente: Elaboración propia

Contenido de sales solubles totales (MTC E 219 - 2016)

Este análisis químico se realizó para determinar el contenido de sales en la muestra del afirmado de la cantera la campana. Ambos tuvieron resultados que están conformes con los parámetros. El porcentaje de sales solubles fué de 0.6302%.

Tabla 16. Sales solubles totales

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACION	SALES SOLUBLES (%)
ARENA	0.6302
GRAVA	0.3022

Fuente: Elaboración propia

Equivalente de arena (MTC E 114 - 2016)

En este ensayo se determina la relación de arenas en el total de finos del material, se denomina según la norma como un ensayo empírico y rápido para uso en campo o laboratorio. Este suele tener un valor muy bajo cuando la presencia de finos es altamente considerable en el material de afirmado. Se determinó que el afirmado de la cantera la Campana presentó un valor de equivalente de arena de 22%, por lo tanto, no cumple con las especificaciones de la norma CE.010, en el cual rige que el valor óptimo debe ser mayor a 25% en el ensayo de equivalente de arena.

Tabla 17. Resultados del valor de equivalente de arena

DESCRIPCION	EQUIVALENTE DE ARENA		
	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
Hora de Saturacion (10 min)	08:32:00 a. m.	08:33:00 a. m.	08:34:00 a. m.
Hora de Agitacion (1 min)	08:42:00 a. m.	08:43:00 a. m.	08:44:00 a. m.
Hora de Decantacion (20 min)	08:43:00 a. m.	08:44:00 a. m.	08:45:00 a. m.
Hora de salida Decantacion	09:03:00 a. m.	09:04:00 a. m.	09:05:00 a. m.
Lectura de Finos	12.80	12.40	12.90
Lectura de Arena	2.80	2.70	2.70
Equivalente de Arena (%)	22	22	21
Equivalente de Arena (RESULTADO) (%)	22		

Fuente: Elaboración propia

Calidad de la fracción gruesa del afirmado

Peso específico y absorción del agregado grueso (MTC E 206 - 2016)

El peso específico del agregado grueso se realizó con la finalidad de poder representar el valor del peso específico global del afirmado compactado. Para establecer la curva de compactación sin problema alguno controlar en la humedad – densidad, en determinación del OCH para su MDS correcta.

Tabla 18. *Peso específico y absorción de agregado grueso*

METODO DE LA CANASTILLA					
DESCRIPCION	UND	N° DE ENSAYO		PROMEDIO	
		1	2		
Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) ... (A)	(g)	2,027.6	2,068.0	--	
Peso Mat. Sat. Sup. Seco (Sumergido en agua) ... (B)	(g)	1,296.4	1,323.0	--	
Vol de Masa + Vol de Vacios = A - B ... (C)	(cm ³)	731.2	745.0	--	
Peso Mat. Seco a 105 °C ... (D)	(g)	1,995.2	2,036.0	--	
Vol. de Masa = C - (A - D) ... (E)	(cm ³)	698.8	713.0	--	
PE Aparente = D/C	(T/m ³)	2.729	2.733	2.731	
PE Aparente (S.S.S.) = A/C	(T/m ³)	2.773	2.776	2.774	
PE Nominal = D/E	(T/m ³)	2.855	2.856	2.855	
Absorción = (A - D) / D	(%)	1.62	1.57	1.60	

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de abrasión en Máquina de los Ángeles (MTC E 207 – 2016)

El ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles tiene como finalidad determinar el porcentaje de desgaste de la grava ante impactos de carga abrasiva, representado en un número de esferas de acero dependientes de la gradación que presente la muestra. Con respecto a la cantera la Campana se determinó y una gradación A, por lo tanto, se realizó el ensayo con 12 esferas y una muestra total de 5000 +/- 10 gramos. De esta forma se obtuvo un desgaste en peso pasante por el Tamiz N°12 de 1653 gramos, resultando un porcentaje de desgaste de 33%.

Tabla 19. *Resultados del ensayo de abrasión*

ENSAYO DE ABRASION		
DESCRIPCION		CALCULO
Tipo de muestra		GRAVA
Gradación usada		A
No. de esferas	(Und)	12
No. de revoluciones	(Und)	500
Peso muestra inicial	(gr)	5008
Peso muestra final	(gr)	3355
Peso Pérdida	(gr)	1653
Desgaste a la Abrasion (RESULTADO)	(%)	33

Fuente: Elaboración propia

Resistencia del Afirmado

Proctor modificado (MTC E 115 - 2016)

El ensayo de proctor modificado es la determinación de la Máxima Densidad Seca de un suelo a un óptimo contenido de humedad determinado. El resultado de este ensayo para la cantera la Campana fue de una MDS de 2.246 gr/cm³ y un OCH de 7.0%; presenta un OCH adecuado según las características físicas del afirmado de la cantera. Tales como el porcentaje pasante el Tamiz N°200 (18%), su Límite líquido (27%) e Índice de Plasticidad (6%); además se toma en cuenta para todo ensayo de compactación el peso específico y absorción de la composición de la muestra. Se determinó el peso específico y absorción en gravas y la gravedad específica y absorción en arenas del afirmado, con la finalidad de obtener una gravedad específica de sólidos de forma global representativa y obtener la curva de saturación del espécimen compactado.

Se calculó una gravedad específica de sólidos de 2.851 gr/cm³, para graficar la curva de saturación en el diagrama del ensayo Proctor (MDS vs. OCH). Esta curva tiene la finalidad de controlar y verificar que las densidades secas obtenidas en el ensayo Proctor Modificado. Para el ensayo de la muestra de la cantera la Campana se ubicó y trazó en el siguiente diagrama la curva de compactación y su curva de saturación en función a la gravedad específica de sólidos del afirmado global. (Ver figura 28).

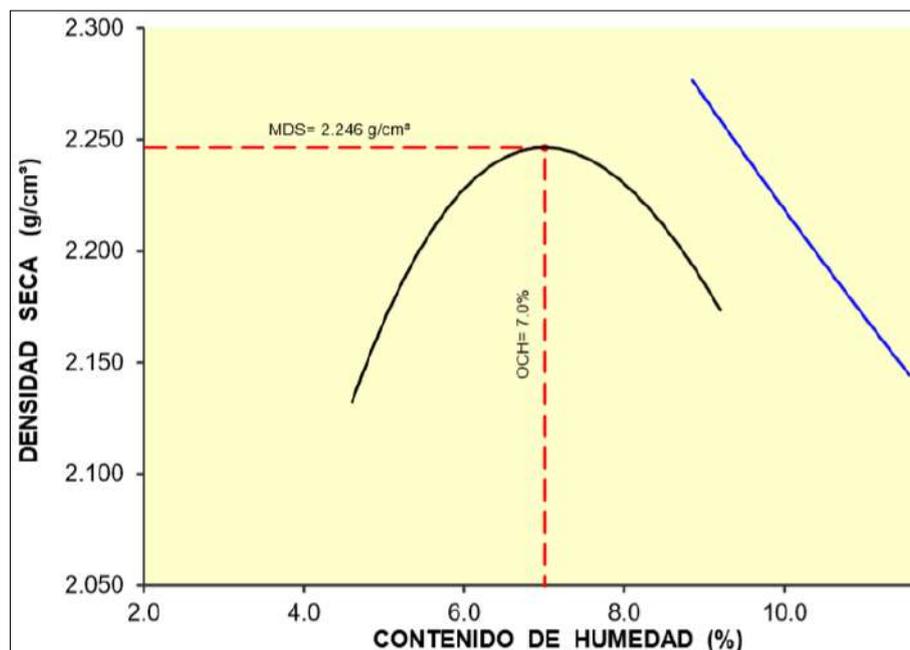


Figura 28. Curva de compactación de la cantera la Campana

California Bearing Ratio (C.B.R) (MTC E 132 - 2016)

Con la máxima densidad seca de 2.246 gr/cm³ y OCH de 7.0% obtenida en el ensayo de proctor modificado se procedió a la realización del ensayo de relación de soporte C.B.R. Los 3 especímenes para este ensayo se compactaron con el óptimo de agua a añadir y diferentes energías de compactación. El proceso de compactación se realiza con variación para evaluar la relación de la capacidad de soporte del suelo en 3 condiciones diferentes respecto a su grado de compactación, para establecer una tendencia entre densidad seca del suelo y el C.B.R. Con la finalidad de determinar el valor del CBR al 95% de la máxima densidad seca; valor el cual es requerido para un material de cantera como sollicitación para todo uso. (Ver figura 29 y 30).

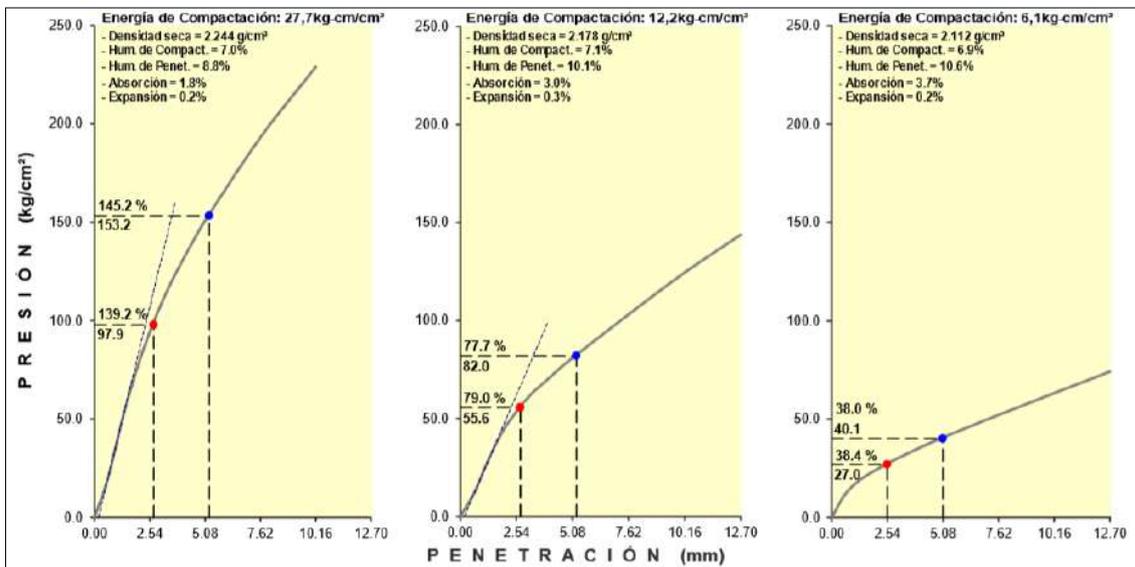


Figura 29. Curvas de presión vs penetración C.B.R

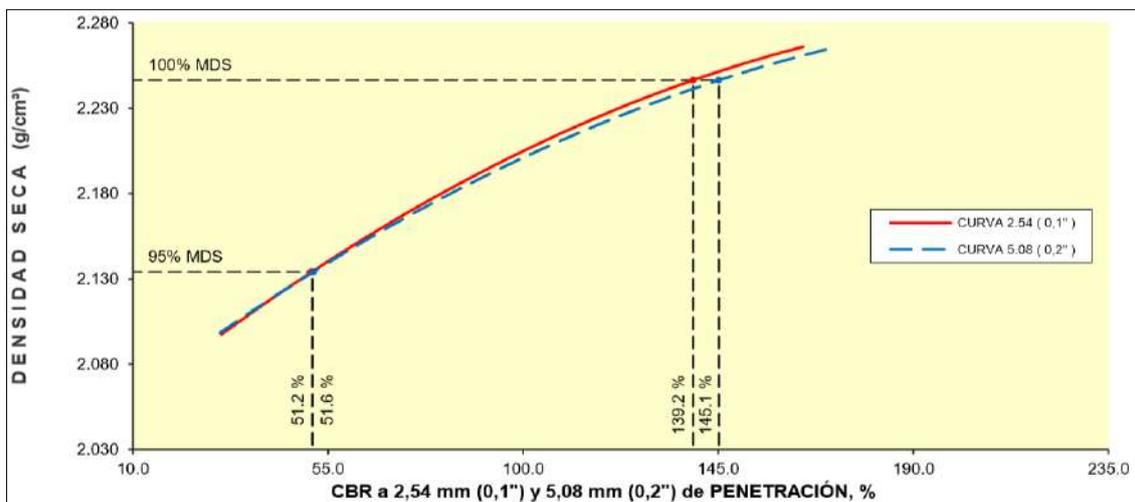


Figura 30. Curvas de densidad seca vs C.B.R%

Analizando las curvas de Densidad seca vs. C.B.R se determinó un valor de capacidad de soporte de 139.2% a 0.1” y 145.1% a 0.2” de penetración. Para fines de requerimiento a todo uso de la cantera, se tiene en consideración el C.B.R al 95% de la máxima densidad seca el cual fué de 2.134 gr/cm³ con un valor de capacidad de soporte de 51.2% a 0.1” y 51.6% a 0.2” de penetración.

Además, antes del procedimiento de penetración las condiciones del espécimen compactado a 56 golpes; fueron una absorción por embebido de 1.8% y una expansión de 0.15% a 4 días de estar sumergido en poza.

Tabla 20. Resumen de resultados de laboratorio

Ensayo	Norma	Requerimiento base granular	Resultado
Límite líquido	MTC E 110	25% máximo	27%
Índice de plasticidad	MTC E 111	4% máximo	6%
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mínimo	22%
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5% máximo	0.6302%.
Abrasión los ángeles	MTC E 207	40% máximo	33%
CBR de laboratorio	MTC E 132	80% mínimo	51.2%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación de resultados

Límites de consistencia

La adición del aditivo químico TerraSil, en la fracción del material pasante el Tamiz N° 40 para la determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en el afirmado de la cantera la Campana. Se realizó de forma convencional y en 3 dosajes, los cuales fueron de 1.00 Lt/m³, 1.25 Lt/m³ y 1.50 Lt/m³ respecto al suelo en su valor de máxima densidad seca y OCH.

El procedimiento para la ejecución de ensayos de límites de consistencia fué de forma periódica, se preparó especímenes de muestra pasante el Tamiz N° 40 y se mezclaron con la solución de aditivo más agua. Posteriormente se dejó las muestras cubiertas por un período de 24 horas, para ejecutar el ensayo en la copa Casagrande.

Tabla 21. Comparación de límites de consistencia

Descripción	LL	LP	IP
Cantera la Campana natural	27.0%	21.0%	6.0%
Cantera la Campana + 1.00 Lt/m ³	26.9%	21.5%	5.4%
Cantera la Campana + 1.25 Lt/m ³	27.1%	22.7%	4.4%
Cantera la Campana + 1.50 Lt/m ³	26.2%	NP	NP

Fuente: Elaboración propia

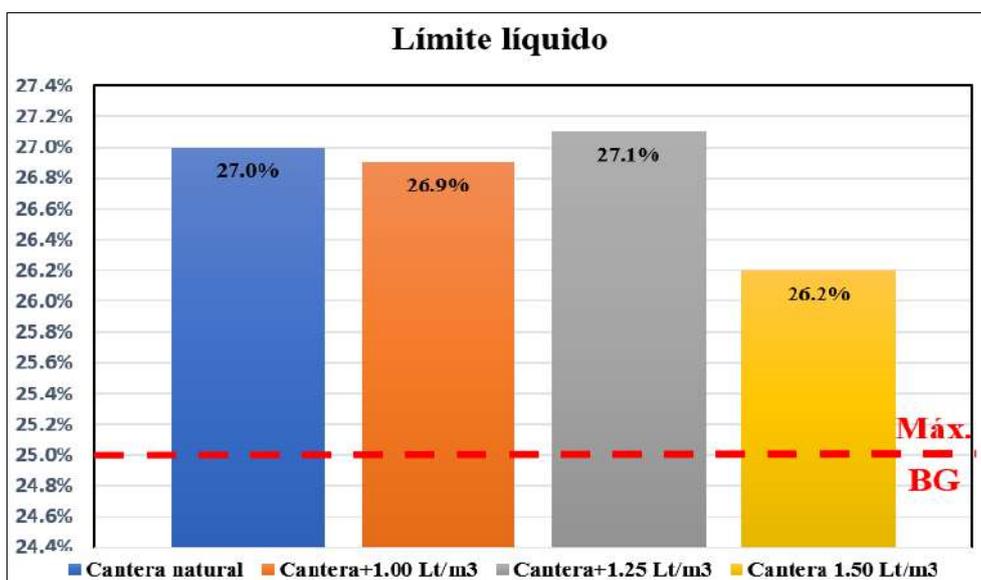


Figura 31. Barras comparativas de límite líquido vs dosajes de TerraSil

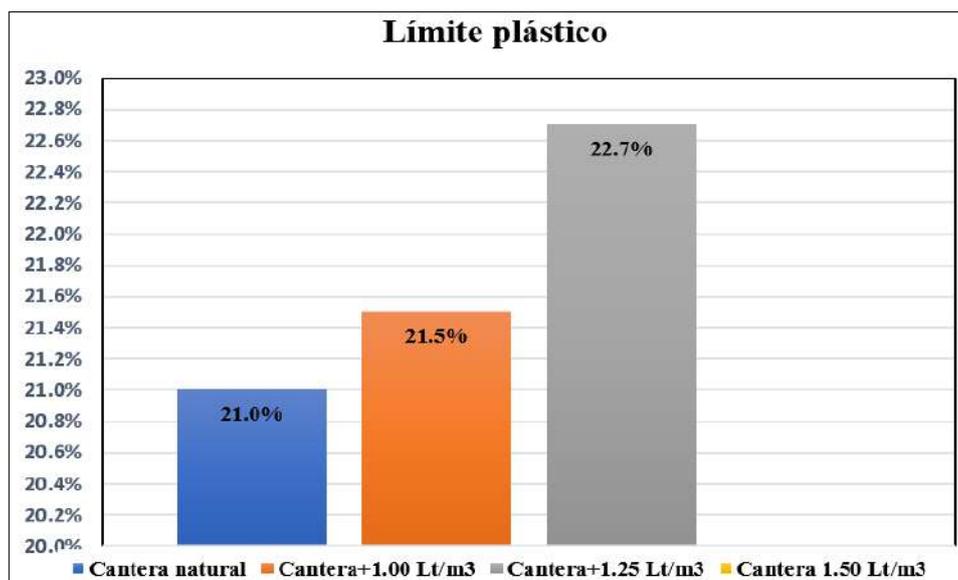


Figura 32. Barras comparativas de límite plástico vs dosajes de TerraSil

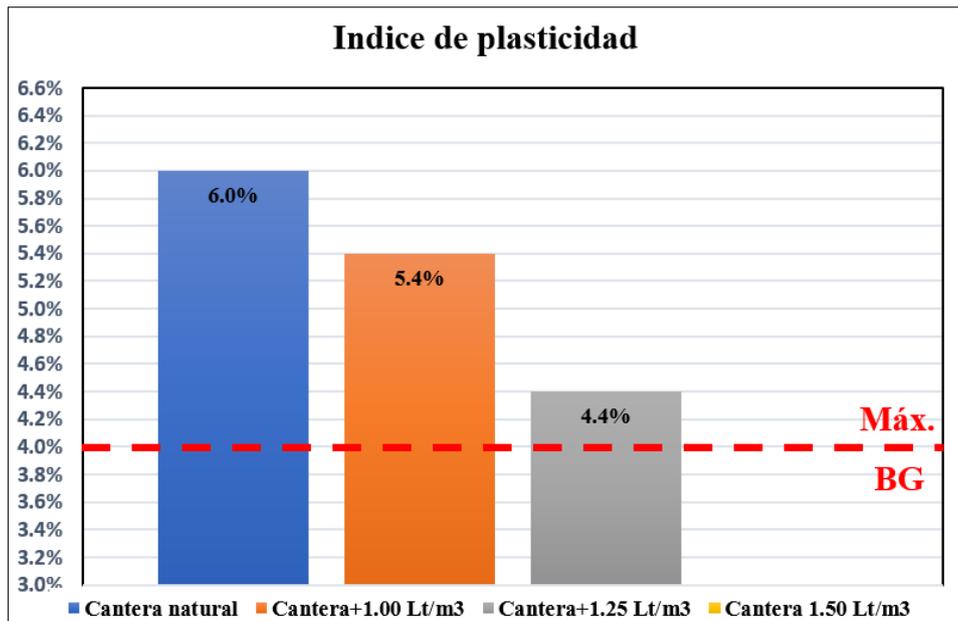


Figura 33. Barras comparativas de índice de plasticidad vs dosajes de TerraSil

Se observó que la incorporación del aditivo TerraSil en el material del afirmado pasante el Tamiz N° 40, para la evaluación de sus límites de consistencia tiene resultados favorables al reducir el índice de plasticidad del material. Así mismo, se toma en cuenta que esto sucede al incremento del % del límite plástico generando la reducción del IP.

Con el dosaje de 1.25 Lt/m3 y 1.50 Lt/m3, se determina que la reducción del IP es significativa; sin embargo, el mayor dosaje es el que satisface completamente los requerimientos para su uso como base en la construcción de pavimentos, con un valor de IP denominado NP (No plástico).

Equivalente de arena

La adición del aditivo químico TerraSil, en la fracción del material pasante el Tamiz N° 4 se realizó para determinar el valor de Equivalente de arena y evaluar la calidad de la fracción fina del afirmado de la cantera la Campana. Se hizo de forma convencional y en 3 dosajes, los cuales fueron de 1.00 Lt/m3, 1.25 Lt/m3 y 1.50 Lt/m3 respecto al suelo en su valor de máxima densidad seca y OCH.

El procedimiento para determinar el valor de Equivalente de arena con el aditivo TerraSil, se realizó mezclando el material del afirmado de la cantera la Campana pasante el Tamiz N° 4 con la solución de aditivo más agua. Dejándolo cubierto por un tiempo de 24 horas,

posteriormente realizando el secado de la muestra en horno por 24 horas y finalmente ejecutar el ensayo de forma convencional.

Tabla 22. Comparación de Equivalente de arena

Descripción	Equivalente de arena
Cantera la Campana natural	22%
Cantera la Campana + 1.00 Lt/m ³	20%
Cantera la Campana + 1.25 Lt/m ³	24%
Cantera la Campana + 1.50 Lt/m ³	22%

Fuente: Elaboración propia

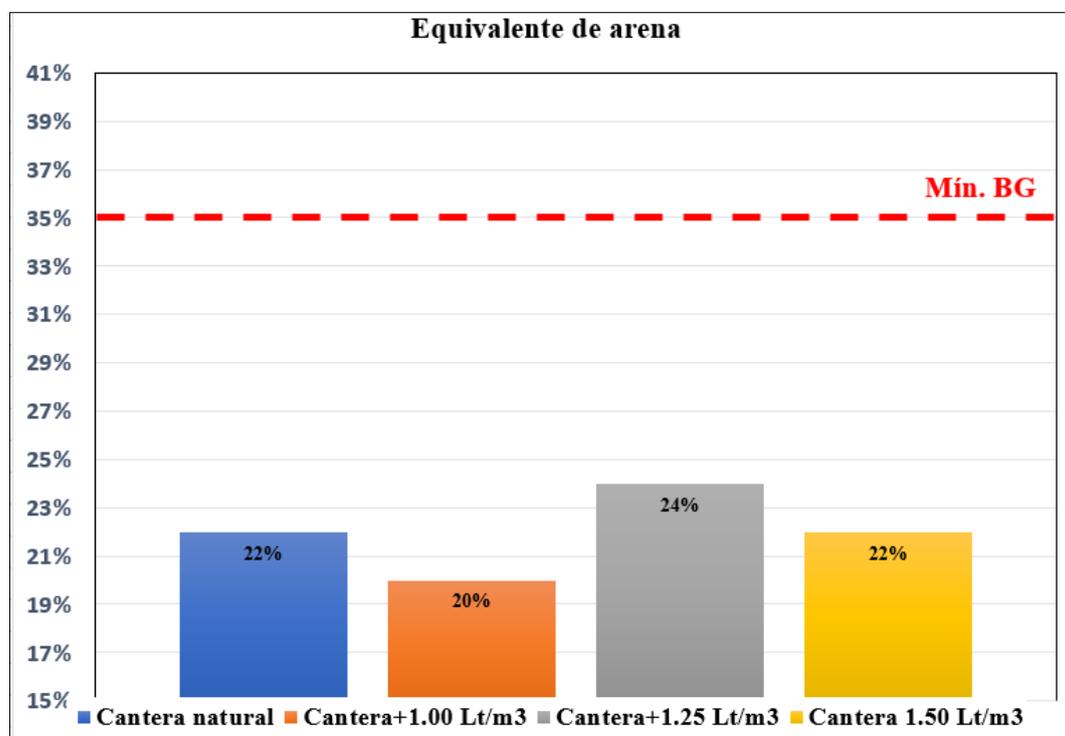


Figura 34. Barras comparativas de equivalente arena vs dosajes de TerraSil

Se observó que el valor de equivalente de arena no alcanzó mejora alguna con la incorporación de TerraSil. Los valores obtenidos en cada ensayo con dosajes respecto al valor del material natural presentaron variación de forma decreciente y creciente; lo cual no es suficiente para determinar una mejora significativa en este parámetro. En el ensayo de Equivalente de arena, suele existir este tipo de variaciones debido a ser un método empírico para determinar la proporción de finos en una muestra de cantera, así mismo, también por la mala uniformidad que presenta el afirmado de la cantera la Campana. Por

lo que, tomar un valor patrón en este ensayo se denota complicado para demostrar una optimización y aprobar su uso en la construcción de pavimentos.

Finalmente, el dosaje óptimo que satisface otros parámetros a excepción del valor de Equivalente de arena resultó ser 1.50 Lt/m³.

California Bearing Ratio

La adición del aditivo químico TerraSil, en el material global para determinar la resistencia del afirmado de la cantera la Campana. Se hizo de forma convencional y en 3 dosajes, los cuales fueron de 1.00 Lt/m³, 1.25 Lt/m³ y 1.50 Lt/m³ respecto al suelo en su valor de máxima densidad seca y OCH.

El procedimiento realizado para la compactación de los especímenes para la evaluación del C.B.R, fueron de forma convencional. Se reemplazó la cantidad de agua para su óptimo contenido de humedad, por la solución de TerraSil más agua en igual proporción de líquido. Se compactaron un total de 3 series de C.B.R, comprendidos por 3 moldes cada serie con diferente energía en su preparación. Posteriormente al procedimiento de compactación se realizó un periodo de curado, manteniendo a los especímenes con TerraSil en un ambiente externo por 4 días para que tenga una reacción efectiva y finalmente seguir el método de ensayo C.B.R sumergiendo los especímenes en agua por 4 días para el proceso de penetración en la prensa C.B.R.

Tabla 23. Comparación de C.B.R a 0.1" de penetración

Descripción	California Bearing Ratio 0.1" de penetración	
	100 % MDS	95% MDS
Cantera la Campana natural	139.2%	51.2%
Cantera la Campana + 1.00 Lt/m ³	143.2%	75.6%
Cantera la Campana + 1.25 Lt/m ³	150.5%	77.3%
Cantera la Campana + 1.50 Lt/m ³	171.8%	83.3%

Fuente: Elaboración propia

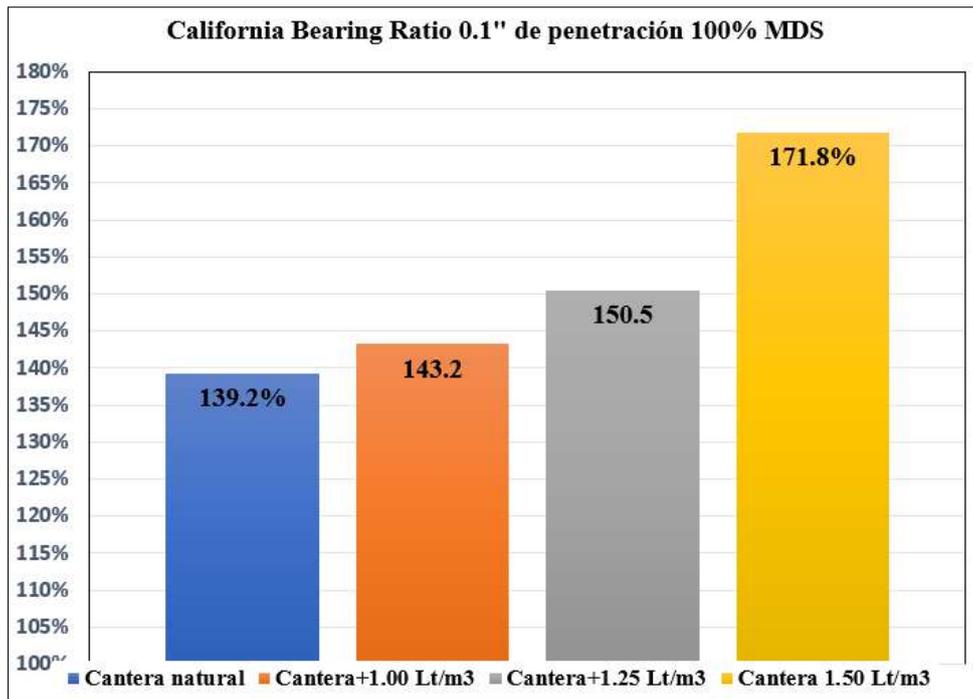


Figura 35. Barras comparativas de C.B.R vs dosajes de TerraSil (100%MDS)

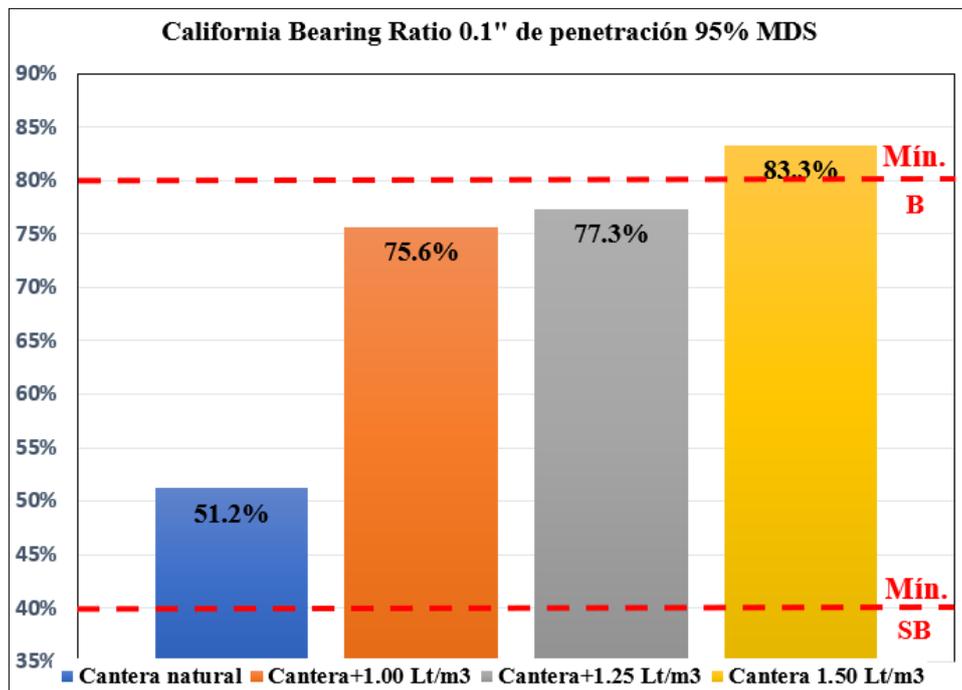


Figura 36. Barras comparativas C.B.R vs dosajes de TerraSil (95%MDS)

Con la incorporación del aditivo TerraSil se demuestra el incremento de la capacidad de soporte que tiene el afirmado de la cantera la Campana. Las condiciones antes del procedimiento de penetración de los especímenes convencionales compactados tuvieron una variación proporcional con la adición de TerraSil. Con la adición de 1.00 Lt/m³ se

determinó que en el espécimen compactado con una energía de compactación de 27.7 kg-cm/cm³; una reducción de absorción a 1.5% y expansión de 0.09%.

Con el dosaje de 1.25 Lt/m³ se obtuvo una absorción de 2.2% y una expansión de 0.09%; finalmente con el mayor dosaje de 1.50 Lt/m³ se determinó una absorción de 2.1% y una expansión de 0.05%.

Por lo que, la incorporación del aditivo TerraSil en el afirmado de la cantera la Campana, genera el incremento del porcentaje de absorción del espécimen compactado a 56 golpes. Además, al incrementar el dosaje de aditivo se observó una reducción notable en el porcentaje de expansión. Se observó además que la combinación del afirmado de la cantera la Campana más TerraSil, absorbió más agua en el periodo de inmersión en la poza produciendo menor expansión en el espécimen compactado a 56 golpes. Sin embargo, estos parámetros no simulan el verdadero comportamiento durante el período de vida útil de un pavimento, a excepción de que la estructura del pavimento se encuentre en total exposición con precipitaciones pluviales significativas como el caso de cunetas marcadas sin revestimiento alguno, o percolación y filtraciones de aguas subterráneas que dañen el terreno de fundación del pavimento.

En respecto al valor de capacidad de soporte se determinó que con los dosajes respectivos a 0.1" de penetración y al 100% de la MDS, los C.B.R fueron de 143.2%, 150.5% y 171.8%. Evaluando con el 95% de la MDS, los C.B.R fueron de 75.6%, 77.3% y 83.3%, respectivamente a 1.00Lt/m³, 1.25 Lt/m³ y 1.50 Lt/m³.

Finalmente, el dosaje que logra optimizar la resistencia del afirmado de la cantera la Campana es de 1.50 Lt/m³ con el cual el material cumple las condiciones como material para todo uso en la construcción de pavimentos.

Análisis

Se determinó que el afirmado de la cantera la Campana convencional fue el modelo patrón y el afirmado de la cantera Campana con el dosaje de TerraSil óptimo fue de 1.50 Lt/m³, debido a que cumple con los parámetros más significativos para el uso de esta cantera como material en la construcción de pavimentos según la norma CE 010 Pavimentos Urbanos.

Afirmado de la cantera la Campana dosificado con 1.50 Lt/m³

Tabla 24. Cálculo de límite líquido (+1.50Lt/m³)

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N°	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
Cápsula N°		90	217	276	124	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	29.34	35.61	29.42	35.46	--	--
Peso cápsula + suelo seco	(g)	26.05	32.02	26.64	31.91	--	--
Peso del Agua	(g)	3.29	3.59	2.78	3.55	--	--
Peso de la cápsula	(g)	14.05	18.42	15.90	18.06	--	--
Peso del suelo seco	(g)	12.00	13.60	10.65	13.85	--	--
Contenido de humedad	(%)	27.4	26.4	26.1	25.6	--	--
Número de golpes		17	24	26	30		

Fuente: Elaboración propia

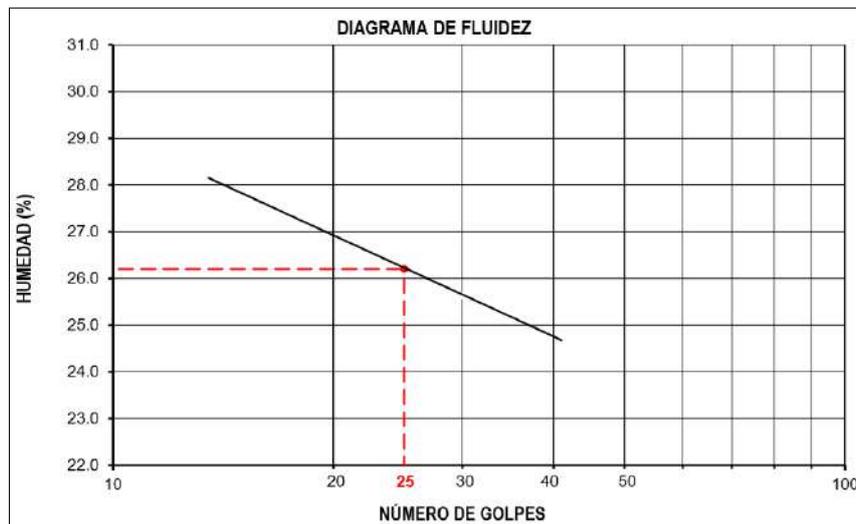


Figura 37. Fluidez de la consistencia del suelo (Humedad vs N golpes)

Tabla 25. Cálculo de equivalente de arena (+1.50Lt/m³)

EQUIVALENTE DE ARENA			
DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
Hora de Saturación (10 min)	12:00:00 p. m.	12:01:00 p. m.	12:02:00 p. m.
Hora de Agitación (1 min)	12:10:00 p. m.	12:11:00 p. m.	12:12:00 p. m.
Hora de Decantación (20 min)	12:11:00 p. m.	12:12:00 p. m.	12:13:00 p. m.
Hora de salida Decantación	12:31:00 p. m.	12:32:00 p. m.	12:33:00 p. m.
Lectura de Finos	12.70	12.20	12.60
Lectura de Arena	2.70	2.70	2.80
Equivalente de Arena (%)	21	22	22
Equivalente de Arena (RESULTADO)	22		

Fuente: Elaboración propia

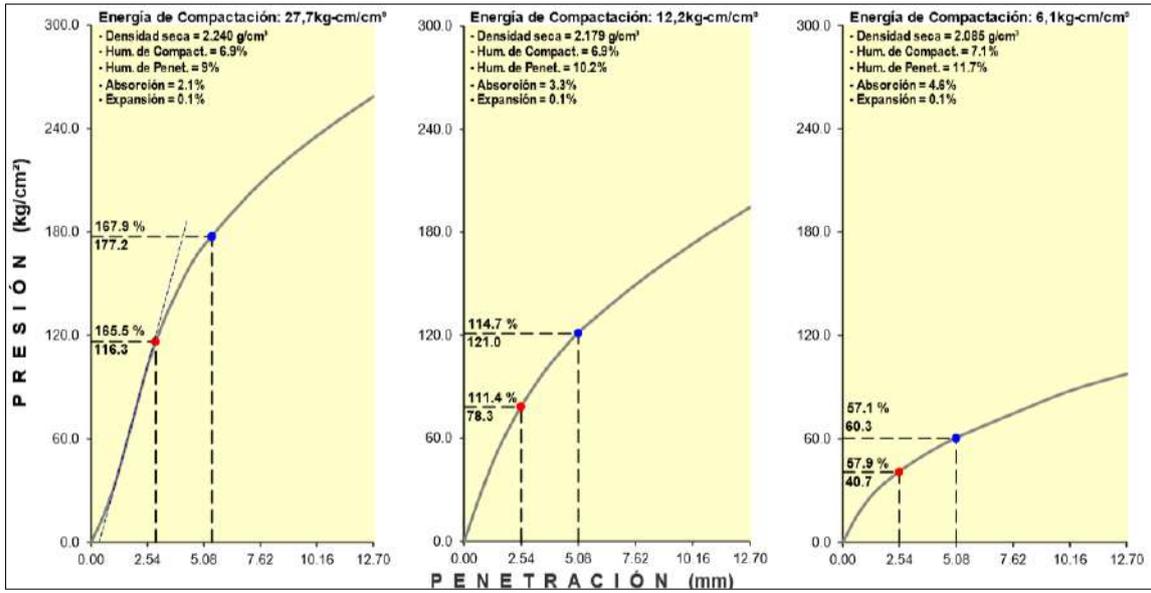


Figura 38. Presión vs penetración (+1.50 Lt/m3)

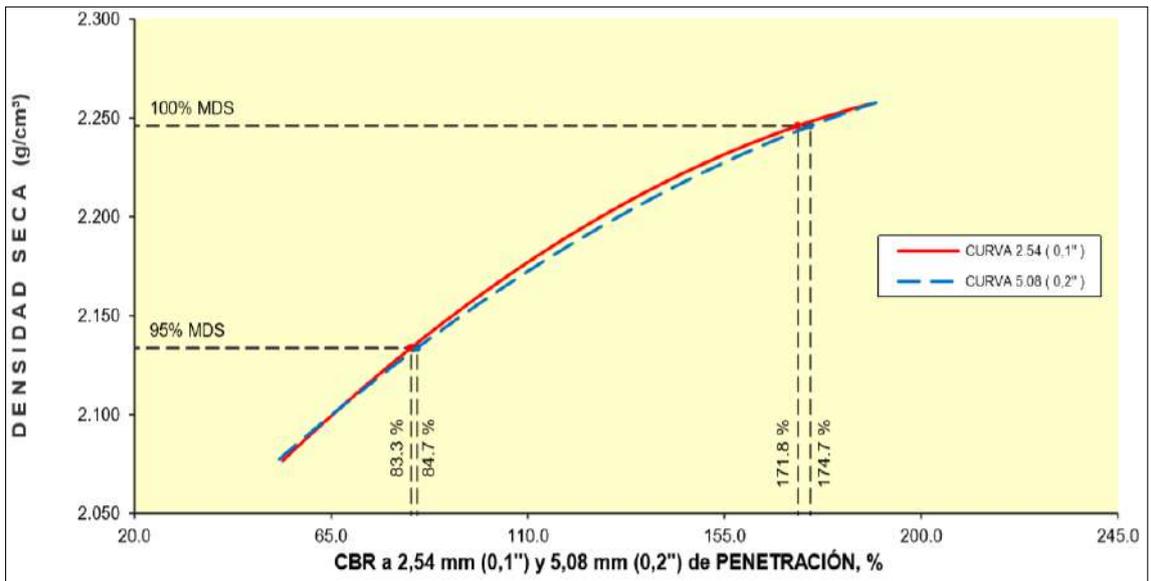


Figura 39. Densidad seca vs C.B.R% (+1.50 Lt/m3)

3.4. Interpretación de ensayos

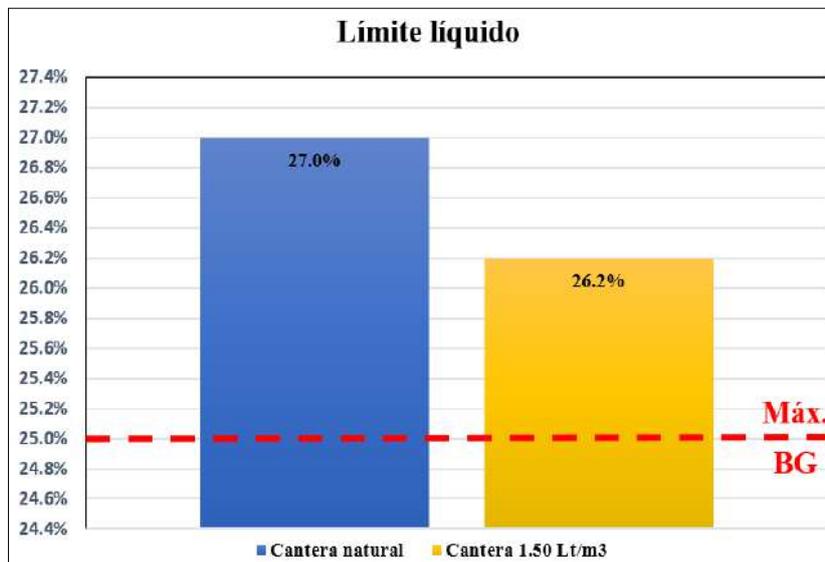


Figura 40. Barras comparativas de límite líquido vs dosajes de TerraSil (+1.50 Lt/m3)

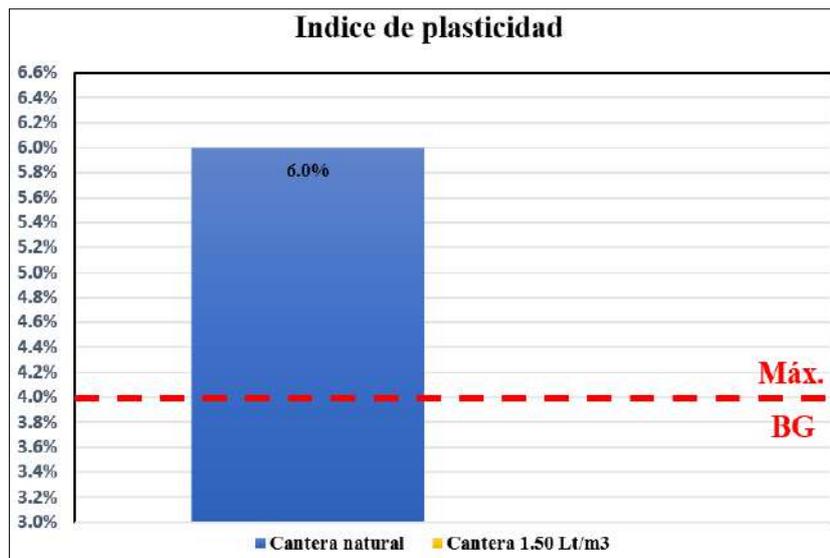


Figura 41. Barras comparativas de índice de plasticidad vs dosajes de TerraSil (+1.50 Lt/m3)

En el análisis de las figuras 40 y 41 se interpretó, que el afirmado de la cantera la Campana en estado natural presentó un límite líquido de 27% y un índice de plasticidad de 6%, por lo que la clasificación S.U.C.S determinó que su nomenclatura es GM-GC y en el sistema AASHTO fue de A-1-b con $IG = 0$. Con la dosificación de 1.50 Lt/m³ de TerraSil se obtuvo un límite líquido de 26.2% y un índice de plasticidad NP; y siendo ya conocido la

distribución de partículas del Análisis granulométrico se mantuvo en 46% Grava, 36% Arenas y 18% de Finos.

Con la proporción de partículas definidas, la nomenclatura inicial es G, y debido la nueva consistencia que presenta el material pasante el Tamiz N°40 del afirmado de la cantera la Campana. Se clasifica para una nomenclatura S.U.C.S como GM (Grava limosa) sin IP y en la clasificación AASHTO se mantiene en A-1-b (0) debido a que en su sistema de grupo no presenta variación significativa.

Equivalente de arena

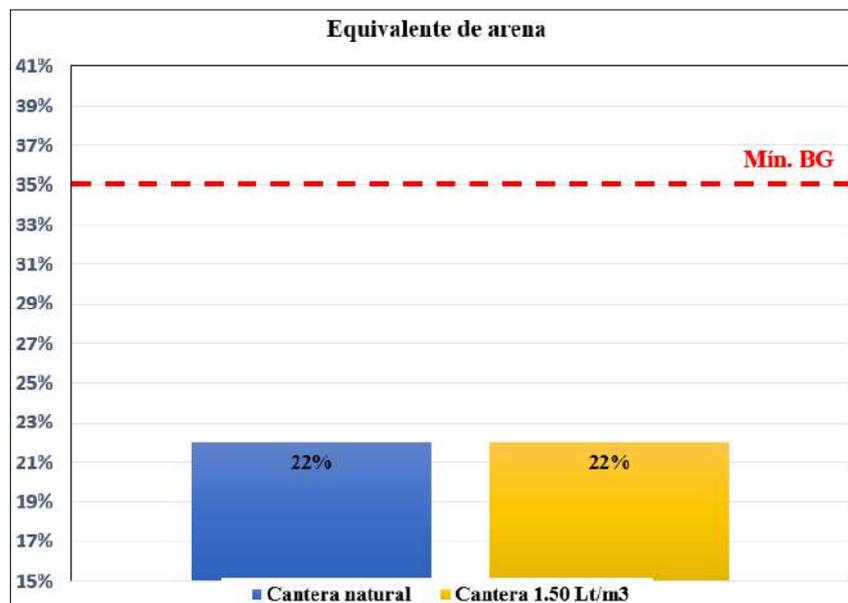


Figura 42. Barras comparativas de equivalente de arena vs dosajes de TerraSil (+1.50 Lt/m3)

En el análisis de la figura 42 se interpretó, que el valor de equivalente de arena no tuvo variaciones con la incorporación de TerraSil. Este parámetro se concluyó como no influyente en la optimización del afirmado de la cantera la Campana.

California Bearing Ratio

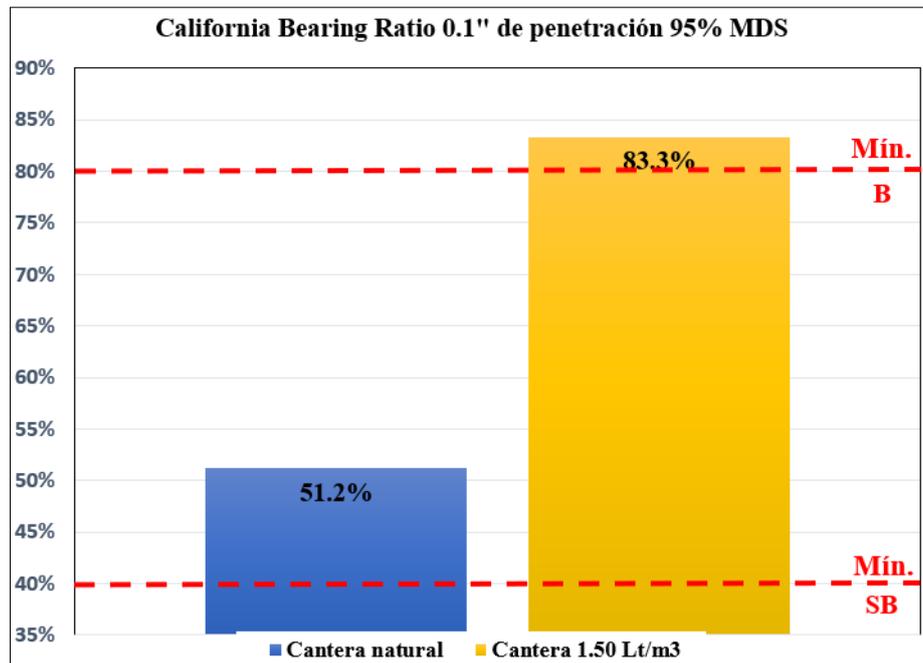


Figura 43. Barras comparativas de C.B.R vs dosajes de TerraSil (+1.50 Lt/m³) (95% MDS)

En la figura 43 se interpretó, que la muestra de cantera convencional presenta un valor de C.B.R de 51.2% al 95% de la MDS con un OCH de 7.0%; el cual antes del procedimiento de penetración tuvo una absorción por embebido de 1.8% y una expansión de 0.15% luego de ser sumergido 4 días en poza. Con la incorporación de TerraSil el valor de C.B.R al 95% de la MDS incrementó a 83.3%, lo cual significó un aumento de 32.1% con diferentes condiciones antes de su penetración; con una absorción de 2.1% y una expansión de 0.05% en el espécimen compactado a 56 golpes y con período de curado en ambiente externo por 4 días. Por lo tanto, con esta capacidad de soporte mejorada el afirmado de la cantera la Campana es optimizada con el dosaje respectivo de 1.50 Lt/m³, cumpliendo como material de todo uso en la construcción de pavimentos.

3.5. Contrastación de hipótesis

Incorporación de TerraSil en la clasificación de suelos del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Ho: La incorporación de TerraSil no interviene en la Clasificación de suelos del afirmado de la cantera La Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Ha: La incorporación de TerraSil interviene en la Clasificación de suelos del afirmado de la cantera La Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Para lograr modificar la consistencia del suelo y reducir su Índice de plasticidad, se tuvo que diseñar la metodología de incorporación del aditivo en respecto a su MDS y su OCH con fines de comprobar el estado del suelo en cuando este en servicio, para la construcción de pavimentos. La solución de TerraSil más agua fueron incorporadas en un determinado peso de suelo seco del afirmado de la cantera la Campana, la reacción que produjo la mezcla de suelo pasante por el tamiz N° 40 fue notable a las 24 horas de cubiertos para realizar el ensayo. Demostrando que con el dosaje de 1.50 Lt/m³ el límite plástico no se pudo determinar en la superficie del vidrio esmerilado modificando su índice de plasticidad a características NP (No plástica).

De tal forma, que se redujo el índice de plasticidad en la comprobación del ensayo de Límites de consistencia con material pasante el Tamiz N° 40; por lo que, hubo una intervención en la clasificación de suelos según el sistema S.U.C.S y AASHTO. Pasando de GM-GC a GM, y en el sistema AASHTO se mantuvo en su mismo grupo A-1-b con IG = 0. Finalmente, en esta dimensión de la variable dependiente, se rechazó la hipótesis nula. Aceptando la hipótesis alterna, debido a que las características físicas del afirmado de la cantera la Campana fueron optimizadas con la incorporación de 1.50 Lt/m³ de TerraSil.

Incorporación de TerraSil en la calidad de la fracción fina del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Ho: La incorporación de TerraSil no influye en la Calidad de la fracción fina del afirmado de la cantera La Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Ha: La incorporación de TerraSil influye en la Calidad de la fracción fina del afirmado de la cantera La Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

El procedimiento con el que se produjo la incorporación de TerraSil, fué realizando una mezcla de solución de TerraSil más agua y la muestra del afirmado pasante el Tamiz N° 4. Para posteriormente dejarlo cubierto por 24 horas y realizar su secado en horno hasta peso constante y poder ejecutar el ensayo. Evaluando resultados del ensayo no se observó mejora alguna o modificación del comportamiento de la fracción fina del afirmado. Sin embargo, por mantener una coherencia en el diseño de estabilización se mantiene el dosaje óptimo de 1.50 Lt/m³ de TerraSil.

Para esta hipótesis, se rechazó la hipótesis alterna aceptando la nula. Debido a que, a través de la ejecución de los ensayos modificados, evaluando el valor de equivalente de arena del afirmado no resultó valores convincentes. Los resultados de ensayo fueron incontrastables representando un modelo patrón convencional variable, por lo que medir su optimización no es aceptable y demostrando que no influye en la calidad de la fracción fina del afirmado de la cantera la Campana.

Incorporación de TerraSil en la resistencia del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Ho: La incorporación de TerraSil no contribuye en la Resistencia del afirmado de la cantera La Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Ha: La incorporación de TerraSil contribuye en la Resistencia del afirmado de la cantera La Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Con el dosaje de 1.50 Lt/m³, se determinaron los mejores resultados en los parámetros del ensayo C.B.R como la reducción de la expansión del suelo compactado. Además se demostró, que a pesar de estar saturado en su periodo de inmersión en la poza por 4 días; estos especímenes compactados incorporando TerraSil cumplen la función reaccionar ante la humedad en exceso provocando que el espécimen absorba toda la humedad posible sin afectar las condiciones de plasticidad, expansión del suelo y su capacidad de soporte C.B.R. Finalmente evidenciando los resultados se muestra que TerraSil logra una optimización en las características físicas y mecánicas de los suelos.

Se aceptó la hipótesis alterna, rechazando la nula. Con la evaluación de la capacidad de soporte se determinó que la incorporación de TerraSil contribuye a la resistencia del afirmado de la cantera la Campana, no obstante, otros parámetros del ensayo C.B.R se vieron modificados de forma favorable para el propósito de la optimización del material en la construcción de pavimentos.

Incorporación de TerraSil en la optimización del afirmado la cantera La Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Ho: La incorporación de TerraSil no optimiza la cantera La Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

Ha: La incorporación de TerraSil optimiza la cantera La Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.

El material producido en esta cantera pasa a ser un afirmado proveniente del corte de cerros con una clasificación con valores menos críticos y constantes físicas permisibles con un índice de plasticidad aceptable de característica NP. En su parámetro de C.B.R, TerraSil contribuye un valor de incremento considerable debido a que, lleva al material a una rigidez excelente con un 83.3% al 95% de la MDS y OCH de 7.0%.

Se aceptó solo la hipótesis alterna, demostrándose por medio de los valores obtenidos durante el proceso de la realización de ensayos que el aditivo TerraSil optimiza las características físicas y mecánicas del afirmado de la cantera la Campana. Por lo tanto, su uso como material en la construcción de pavimentos es totalmente aceptable con una incorporación de TerraSil de 1.50 Lt/m³ de suelo compactado en su MDS Y OCH.

IV. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, el dosaje óptimo de 1.50 Lt/m³ corresponde a 0.07% de TerraSil respecto al peso del suelo. Con este contenido se determinó la intervención de TerraSil reduciendo el Índice de plasticidad a NP y contribuyendo al incremento del C.B.R en un 32.1% al 95% de la MDS.

Salas (2017), en su investigación titulada **Estabilización de suelos con adición de cemento y aditivo Terrasil para el mejoramiento de la base del km11+000 al km 9+000 de la carretera Puno – Tiquillaca – Mañazo**, El material de la cantera “Lumpoorcco” situada en la vía Puno – Tiquillaca – Mañazo en los km 9+000 al km 11+000, tienen una composición en la cual predominan las arenas bien graduadas con grava su clasificación SUCS (SW) y AASHTO (A-3), con un índice de plasticidad (IP) promedio de 10.26%, una Máxima Densidad Seca (MDS) promedio de 1.65 gr/cm³, con un valor de CBR al 100% promedio de 39.58% y para su mejoramiento es posible emplearse el cemento y el aditivo Terrasil. Los resultados con adición de cemento con el 4% han dado resultados esperados, como en el índice de plasticidad de 6.19%, densidad seca en 2.09gr/cm³ y CBR al 100% en 64.87%, y con la adición de TerraSil con 10 gr. Por kilo de suelo en el índice de plasticidad de 6.74%, densidad seca de 1.99 gr/cm³ y CBR al 100% de 61.37%.

Respecto con Salas, según los resultados obtenidos en esta investigación el dosaje óptimo de TerraSil para el afirmado de la cantera la Campana fue de 0.07% respecto al peso del suelo seco. Por lo que, con este dosaje el Índice de plasticidad se redujo de 6.0% a una característica NP interviniendo de forma significativa en la clasificación de suelos en S.U.C.S y AASHTO; y de un C.B.R al 100% de la MDS de 139.2% incrementó a 171.8% a 0.1” de penetración.

Rodríguez (2016), en su investigación titulada **Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil), de la vía ecológica del cantón Quevedo, Provincia de los Ríos**, demostró lo siguiente El porcentaje de óptimo contenido de humedad y absorción del suelo disminuye en un 27.86% luego de 7 días de curado, señalando que depende de las condiciones climáticas del lugar donde se emplee este proceso de estabilización. En los Km 0+000, Km 2+000 y Km 3+500 con una dosificación de TerraSil de 0.50 Lt/m³, respectivamente el valor de C.B.R al 95% de la

MDS aumentaron de 19.6%, 18.08% y 16.26% a 23.03%, 21.15% y 19.55% respectivamente. Así también su porcentaje de expansión fue reducido en el caso del Km 2+000 de 9.82% a 9.73% ante la reacción de TerraSil.

Respecto con Rodríguez, la mezcla de TerraSil en 0.07% con el peso del suelo seco se obtuvo incrementos de C.B.R considerables. De tal forma que, otros parámetros del ensayo C.B.R fueron optimizados como la expansión reducida en un 0.10% en los especímenes compactados a 56 golpes.

Clemente y Ramírez (2019), en su investigación titulada **Análisis comparativo de la estabilización del afirmado del material de la cantera “La Negrita” utilizando cemento, TerraSil, Zycobond**, tuvo como muestra a las muestras de suelo de la cantera la Negrita. En su análisis del ensayo C.B.R se realizó al 95% de la máxima densidad seca, con la finalidad de que este material de cantera tenga uso en terraplenes, subbases, bases y subrasantes en pavimentos según la norma del Ministerio de transportes y obras públicas MTOP de Ecuador. El procedimiento del ensayo CBR se realizó con la dosificación de 1.50 Kg/m³, con lo cual el valor del CBR de la cantera la Negrita se incrementó de 74.83% al 95% de la máxima densidad seca hasta 85.40% en igual análisis respecto del grado de compactación. Las características de la cantera la Negrita en estado natural presentó un índice de plasticidad de 7.32%, con la adición de TerraSil se redujo a una consistencia no plástica, por lo tanto, se demostró la mejora de la cantera en sus propiedades físicas y mecánicas según los parámetros de la norma MTOP de Ecuador.

De acuerdo con Clemente y Ramírez, con los resultados obtenidos de esta investigación para la optimización de la cantera la Campana se incorporó un dosaje de 1.50 Lt/m³. El análisis del C.B.R se realizó al 95 % de la MDS con la finalidad de que este material pueda cumplir con los requisitos como una cantera de todo uso. Eficientemente, también se comprobó que la consistencia del suelo se redujo hasta presentar un índice de plasticidad de característica NP. La variación del porcentaje del C.B.R fue un incremento de 32.1% al 95 % de la MDS, cumpliendo con los valores mínimos de los materiales como para todo uso, según las especificaciones técnicas generales para la construcción MTC-EG 2013.

Olaniyan y Ajileye (2018), en su artículo científico titulada **Strength characteristics of lateritic soil stabilized with Terrasil and Zycobond nano chemicals**, Los objetivos del estudio son: determinar las propiedades geotécnicas del suelo laterítico, estabilizar diferentes Muestras del suelo laterítico con 5, 10, 15 y 20% de nano productos químicos (Terrasil y Zycobond), para determinar California Bearing Ratio (CBR), para determinar el tipo y la concentración de nano productos químicos que producen la máxima resistencia. a) Las propiedades geotécnicas del suelo laterítico demostraron que el porcentaje pasante por el tamiz N° 200 para la muestra A y B son 76.6% y 66.5% de manera respectiva. Los LL, IP, MDS y OCH para las muestras estabilizadas de Terrasil A y B son (36 -52)%, (8-32)%, (1.73 -2.34) gr / cm³, (7.20-10.8)% y (36 -58))%, (15-34)%, (1.8 - 2.63) gr / cm³, (10.5 - 14.0)%; b) El valor de CBR (con inmersión y sin inmersión) para las muestras estabilizadas de Terrasil varía entre (5-6)%, (13-17)% y (4-6)%,(20-25)%.

En concordancia con Olaniyan y Ajileye, se determinó que el incremento de TerraSil en la mezcla de suelo genera mayores mejoras en sus propiedades físicas y mecánicas. Ya sea en el caso de arcillas lateríticas que tienen una expansión de alta agresividad y que requieren más cantidad de incorporación de TerraSil, por lo que generalmente ingresan dosajes demasiado altos. La variación del CBR es proporcional al dosaje diseñado para el tipo de material a estabilizar, teniendo en cuenta además las propiedades químicas que puede presentar el suelo a optimizar. Sin embargo, en algunos casos existen suelos que presentan materia orgánica lo cual dificulta la reacción de TerraSil y no genera una buena compactación.

V. CONCLUSIONES

La cantera la Campana es actualmente hasta la fecha, una de las usadas en la zona de Lima Norte para la construcción de pavimentos, veredas, losas deportivas, etcétera. Sin embargo, tiene limitaciones para ser una cantera con descripción de todo tipo de usos. Su contenido de material fino producido por su desgaste y estancia en el material es debido a que el cerro, de donde se extrae el material sufre diversas exposiciones dañinas en la intemperie como lluvias, erosión, etcétera.

Se determinó, que la incorporación de TerraSil optimiza el afirmado de la cantera la Campana en sus características físicas y mecánicas con eficiencia con un dosaje de 1.50 Lt/m³. Sin embargo, en otras características como la pureza de las arenas de la cantera, el aditivo TerraSil no demuestra optimizar estos parámetros de calidad en la fracción fina de los suelos realizando el ensayo de equivalente de arena modificado.

Se analizó, la intervención en su clasificación S.U.C.S y AASHTO de la cantera la Campana en estado natural fué GM-GC y A-1-b (0), respectivamente dentro de sus parámetros de consistencia del suelo se determinó por medio del ensayo de límites de consistencia que con la incorporación de TerraSil a 1.50 Lt/m³ se logró reducir el índice de plasticidad existente de un valor de 6% a una consistencia de característica NP. Por lo tanto, la variación en su clasificación se analizó en el sistema S.U.C.S optimizando la cantera la Campana a una nomenclatura GM (Grava limosa). Estos valores modificados de sus características convierten al afirmado de la cantera en óptima para la construcción de pavimentos en los Jardines de Shangrila.

Se determinó, que la influencia de la incorporación de TerraSil en la calidad de la fracción fina del afirmado de la cantera la Campana por medio del ensayo de equivalente de arena, presentó un valor de 22% en estado natural. Sin embargo, con la adición de TerraSil a 1.50 Lt/m³ no demostró características de optimización debido a que este ensayo, demuestra variación de valores; convirtiéndolo en un parámetro no optimizable con TerraSil.

Se determinó que la incorporación de TerraSil contribuyó a la resistencia del afirmado de la cantera la Campana, de tal forma que el dosaje de incorporación por vía húmeda para un cierto óptimo contenido de humedad y una máxima densidad seca. Resultó ser de 1.50 Lt/m³, con el cual incrementó su valor de C.B.R al 95 % de la máxima densidad seca

respecto al valor de C.B.R natural de la cantera la Campana, preparando este material para cualquier sollicitación como terraplenes, subbase y base en la construcción de pavimentos en la Asociación los Jardines de Shangrila. Además, con la incorporación de TerraSil se redujo la expansión en 0.10% y otorgando al suelo compactado la capacidad de absorber humedad sin perder su resistencia. Demostrando que su C.B.R natural de 51.2% sufrió un incremento de 32.1% de capacidad de soporte al 95% de la MDS; valor necesario para ser considerado un material de todo uso en el diseño y construcción de pavimentos.

VI. RECOMENDACIONES

Si se requiere, evaluar el ensayo de C.B.R con un aditivo químico estabilizador como TerraSil, es necesario contar con el mayor número posible de especímenes y generar una buena interpretación de los resultados; analizando las variaciones entre especímenes en iguales condiciones. Con la finalidad de establecer en que pueden variar la determinación de un C.B.R con productos químicos.

Se recomienda, realizar la evaluación de la cantera la Campana con el aditivo TerraSil en otros tipos de ensayos como compresión simple no confinada de suelos, siguiendo el procedimiento estándar para evaluar desde otro punto de vista, la efectividad del aditivo. Verificar además su estado de absorción, debido a que este procedimiento es menos controlado que un ensayo C.B.R.

Seguir con la investigación incorporando el aditivo TerraSil en suelos que tengan características de graduación no uniforme o de características como que no presenten un cierto material fino, como los materiales de cantera provenientes de ríos que certeramente no producen una buena conglomeración de partículas en su proceso de compactación, siendo esta un problema que TerraSil optimiza certeramente en suelos finos.

Se recomienda ampliar este proyecto de investigación realizando la dosificación de TerraSil en materiales para otros fines de construcción como mejoramiento en las bases de cimentaciones. Analizando, el aumento de capacidad portante del suelo a través de la mejora de sus características específicas como el ángulo de fricción interna y cohesión del suelo. Evaluando este indicador por medio del ensayo de corte directo en suelos con condiciones consolidado drenado.

REFERENCIAS

ADHIKARI, SAMBODH. Mechanical Properties of Soil-RAP-Geopolymer for the Stabilization of Road Base/Subbase. Master's Thesis (Civil Engineering). Louisiana: University of Louisiana at Lafayette, 2017.136 pp.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1557-12: Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³(2,700 kN-m/m³). Estados Unidos de América: 2002,14 pp.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 4318-00: Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. Estados Unidos de América: 2002,14 pp.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 4318-00: California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils. Estados Unidos de América: 2002,14 pp.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 422-63: Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. Estados Unidos de América: 2002,14 pp.

ATHULYA, P. y SATHEESH, R. . Stabilization of Subgrade Soil using Additives - A Case Study. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3 (29): 1-4, 2015.

ISSN: 2278-0181

ANGULO Roldan, Diego y ROJAS Escajadillo, Hember. Ensayo de fiabilidad con aditivo PROES para la estabilización del suelo en el AA. HH El Milagro,2016. Tesis (Ingeniero Civil). Loreto: Universidad Científica del Perú, 2016.113 pp.

ÁLVAREZ Zuluaga, Manuel. Estabilización química de suelos en proyectos de infraestructura vial en Antioquia. Tesis (Ingeniero Civil). Colombia: Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2015.52 pp.

BREM Environmental Solutions. TerraSil. 15 de mayo de 2019. Disponible en:
http://brem.com.pe/14_Spanish_TS_July2015.pdf

COUCEIRO Costa, Patricia. Chemical stabilization of soils using carbon nanotubes. Master's Thesis (Chemical Engineering). Coimbra: Universidade de Coimbra, 2016.104 pp.

CUADROS Surichaqui, Claudia. Mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio. Tesis (Ingeniera Civil). Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, 2017.229 pp.

CUIPAL Chávez, Betty. Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas, 2018. Tesis (Ingeniera Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2018.152 pp.

CRESPO, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5ta Ed. México: Limusa, 2004. 650 pp.
ISBN: 9681864891

CRISTÓBAL Calderón, Miguel. Estabilización iónica de suelos con Terrasil en los contratos de mantenimiento y conservación vial. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015.78 pp.

DAS, Braja. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. 1ed.Mexico: Thomson Learning, 2001.589pp.
ISBN: 9706860614

FIDIAS, Arias. El Proyecto de investigación. 6ta. Ed. Caracas – República Bolivariana de Venezuela: Episteme, 2012. 143 pp.

CLEMENTE Panchana, Lissette y RAMÍREZ Baquerizo, Jairo. Análisis comparativo de la estabilización del material de cantera la Negrita utilizando cemento, TerraSil y

Zycobond. Tesis (Ingeniero Civil). La Libertad: Universidad estatal Península de Santa Elena, 2019.157 pp.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Roberto y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. México D.F: McGraw-Hill, 2014. 600 pp.

HIDALGO Benavides, Deivys. Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento, aplicado a suelos arcillosos de Sub-rasante. Tesis (Ingeniero Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2016.193 pp.

HUANG, Yang. Pavement Analysis and Design. 2nd Edition. United States of America: Pearson Education Inc., 2004. 785 pp.

LÓPEZ, Elizabeth. Metodología de la investigación. Caracas: Universidad Nacional Abierta, 2011. 291 pp.

MANUAL DE LABORATORIO ENSAYOS PARA PAVIMENTOS. Laboratorio No.2 de Mecánica de Suelos y Pavimentos. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. 2001.188 pp.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS. Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras. Perú: 2015.110 pp.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Perú: 2014.305 pp.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de carreteras: Especificaciones Técnicas para la Construcción. Perú: 2013.1282 pp.

MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de pavimentos. 2ed.Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2002.734 pp.

ISBN: 95896036829

OLANIYAN, O. y AJILEYE, V.. Strength characteristics of lateritic soil stabilized with Terrasil and Zycobond nanno chemicals. *International Journal of Civil Engineering*, 7 (2): 1-12, febrero - marzo 2018.

ISSN: 2278-9995

OPTIMASOIL. Estabilización y capa de rodadura. 21 de mayo de 2019. Disponible en: <https://www.optimasoil.com/project/estabilizacion-y-capa-radadura/>

OPTIMASOIL. Ensayos y estabilización de suelos. 21 de mayo de 2019. Disponible en: <http://www.estabilizaciondesuelos.com/index.php/documentacion>

PROVIAS NACIONAL. Diseño estructural de pavimentos Estudio de nivel de perfil: Mejoramiento de la Carretera Dv. Chaglla-Pozuzo-Oxapampa y EMP.PE-18B-Río Codo-Codo del Pozuzo-EMP.PE-5N (Puerto Inca) por niveles de servicio. Perú: 2014.80 pp.

PALOMINO Terán, Karen. Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100. Tesis (Ingeniera Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2016.126 pp.

PATEL, Nandan, MISHRA, C. y PANCHOLI, Vasu. Scientifically Surveying the Usage of Terrasil Chemical for Soil Stabilization. *International Journal of Research in Advent Technology*, 3 (6): 77-84, junio 2015.

ISSN: 2321-9637

QUILAMBAQUI Reinoso, Adrián. Evaluación del diseño vial urbano utilizando resinas orgánicas para aumentar la capacidad soportante de la estructura de la vía. Tesis (Magíster en Vialidad y Transportes). Cuenca: Universidad de Cuenca, 2017.155 pp.

RATHOD, Rajshekhar. Efficient Way to Improve Subgrade Property of Pavement by Chemical Stabilization. *International Journal of Engineering Research and Application*, 7 (1): 83-96, enero 2017.

ISSN: 2248-9622

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. Norma CE.010: Pavimentos Urbanos. Perú: 2010.79 pp.

RODRÍGUEZ Vences, Diego. Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil), de la vía ecológica del cantón Quevedo, Provincia de los Ríos. Tesis (Ingeniero Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2016.134 pp.

ROMERO Figueroa, Cristoffer. Evaluación del Material de Afirmado, de las Canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito - Samanco, Con Fines de Pavimentación - Propuesta de Mejoramiento – Ancash - 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Nuevo Chimbote: Universidad César Vallejo, 2018.192 pp.

SALAS Mercado, Dante. Estabilización de suelos con adición de cemento y aditivo Terrasil para el mejoramiento de la base del km 1+000 al km 9+000 de la carretera Puno – Tiquillaca – Mañazo. Tesis (Ingeniero Civil). Puno: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2017.279 pp.

SOIL Stabilisation Using Terrasil por Ansu Thomas [et al]. *National Institute of Technology Raipur*, 9 (3): 1049-1052, junio 2016.

ISSN: 0974-5904

SÖDERLUND, Olov. Stabilization of Soft Soil with Lime and PetritT. Master´s Thesis (Civil Engineering). Luleå: Luleå University of Technology, 2018.55 pp.

SWAIN, Kajal. Stabilization of soil using geopolymer and biopolymer. Master´s Thesis (Civil Engineering). Odisha: National Institute of Technology Rourkel, 2015.98 pp.

TAPIA, Miguel. Pavimentos .1 ed. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2004.207 pp.

ISBN: 94596304983

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación: Cuantitativa, cualitativa y mixta. 2da Ed. Lima: San Marcos E. I. R. L, 2002. 495 pp.

ISBN: 9786123028787

ZYDEX Industries. Soil stabilization. 15 de mayo de 2019. Disponible en:
<http://zydexindustries.com/services/road/soil-stabilization>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019								
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES		METODOLOGÍA			
¿De qué forma la incorporación de TerraSil optimiza la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019?	Determinar de qué forma la incorporación de TerraSil optimiza el afirmado de la cantera La Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.	La incorporación de TerraSil optimiza el afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.	VARIABLE INDEPENDIENTE : TerraSil		MÉTODO: Científico TIPO: Aplicada NIVEL: Explicativo DISEÑO: Experimental ENFOQUE: Cuantitativo POBLACIÓN: Cantera La Campana MUESTRA: Muestra de suelos de la cantera la Campana			
			DIMENSIONES	INDICADORES				
			Proporción respecto al suelo y OCH	1.00 Lt/m ³ de TerraSil 1.25 Lt/m ³ de TerraSil 1.50 Lt/m ³ de TerraSil				
			VARIABLE DEPENDIENTE : Afirmado de la cantera La Campana					
¿Cómo interviene la incorporación de TerraSil en la clasificación de suelos del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019? ¿De qué forma influye la incorporación de TerraSil en la calidad de la fracción fina del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019? ¿Cuánto contribuye la incorporación de TerraSil en la resistencia del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019?	Analizar como interviene la incorporación de TerraSil en la clasificación de suelos del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019. Determinar de qué forma influye la incorporación de TerraSil en la calidad de la fracción fina del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019. Determinar cuánto contribuye la incorporación de TerraSil en la resistencia del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.	La incorporación de TerraSil interviene en la clasificación de suelos del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019. La incorporación de TerraSil influye en la calidad de la fracción fina del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019. La incorporación de TerraSil contribuye en la resistencia del afirmado de la cantera la Campana con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019.	DIMENSIONES		INDICADORES			
			Clasificación de suelos	Análisis granulométrico		Límite líquido		
				Índice de plasticidad		Gravedad específica y absorción		
				Calidad de la fracción fina del afirmado	Contenido de sales solubles		Equivalente de arena	
			Calidad de la fracción gruesa del afirmado		Peso específico y absorción		Abrasión los ángeles	
					Resistencia del afirmado	Proctor modificado		California Bearing Ratio (CBR)

Anexo 2: Matriz de Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
TerraSil	TerraSil es un aditivo químico estabilizador de suelos y materiales con contenido de suelos finos, su aplicación en la optimización de suelos conlleva a muchos beneficios en el desarrollo de la estabilización y mejora de obras viales, generando economía en mejoramientos y sostenibilidad de las vías.	El TerraSil se aplica en suelos de baja calidad en sus propiedades físicas y mecánicas. Al ser un aditivo químico estabilizador, existe una norma vigente la cual debe cumplir para ser usado en una obra de magnitud; además de su evaluación en un laboratorio de mecánica de suelos. Por medio de Ensayos Estándar, químicos y especiales.	Proporción respecto al peso del suelo y OCH	1.00 Lt/m ³ de Terrasil	MTC – EG 2013
				1.25 Lt/m ³ de Terrasil	
				1.50 Lt/m ³ de Terrasil	
Afirmado de la cantera La Campana	Una optimización de suelos o materiales granulares con alta composición de finos en su análisis global, consiste en la mejora de sus propiedades físicas y mecánicas. Pasando de un estado natural global a una fase de combinación, para obtener un suelos o material de pavimentación modificado a óptimas condiciones según las normas vigentes.	La optimización de un suelo o material de afirmado se pueden realizar con diversas metodologías, depende mucho de la inversión en la construcción y de los beneficios que esta podría generar en la construcción de obras viales.	Clasificación de suelos	Análisis Granulométrico	NTE CE.010 Pavimentos Urbanos
				Limite Liquido	
				Índice de plasticidad	
			Calidad de la fracción fina del afirmado	Gravedad específica y absorción	
				Contenido de Sales Solubles	
			Calidad de la fracción gruesa del afirmado	Equivalente de Arena	
				Peso específico y absorción	
			Resistencia del afirmado	Abrasión Los Ángeles	
Proctor Modificado					
	California Bearing Ratio (CBR)				

Anexo 3: Validación de instrumentos



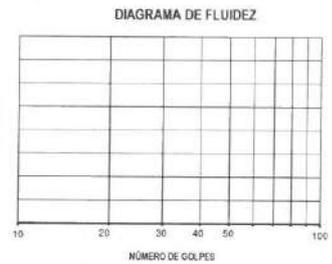
FICHA TÉCNICA

PROYECTO : Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019 **FECHA** : _____
AUTOR : Molina Cárdenas, José Luis **LUGAR** : _____

MTC E 110	LÍMITE LÍQUIDO (L.L) (TAMIZ N°40)
------------------	------------------------------------------

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana **PROPORCIÓN DE TERRASIL**
DIMENSIÓN : Clasificación SUCS y AASHTO **RESPECTO AL PESO DEL SUELO** : _____

DESCRIPCION	LÍMITE LÍQUIDO			
	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	ENSAYO N° 4
Cápsula N°				
Peso cápsula + suelo húmedo A (g)				
Peso cápsula + suelo seco B (g)				
Peso del Agua C=A-B (g)				
Peso de la cápsula D (g)				
Peso del suelo seco E=B-D (g)				
Contenido de humedad F=C*100/E (%)				
Número de golpes				



VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana **PROPORCIÓN DE TERRASIL**
DIMENSIÓN : Clasificación SUCS y AASHTO **RESPECTO AL PESO DEL SUELO** : _____

DESCRIPCION	LÍMITE LÍQUIDO			
	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	ENSAYO N° 4
Cápsula N°				
Peso cápsula + suelo húmedo A (g)				
Peso cápsula + suelo seco B (g)				
Peso del Agua C=A-B (g)				
Peso de la cápsula D (g)				
Peso del suelo seco E=B-D (g)				
Contenido de humedad F=C*100/E (%)				
Número de golpes				



OBSERVACIONES:

- La muestra de Ensayo es pasante el Tamiz N° 40

- EQUIPOS E INSUMOS:**
- Aparato Copa de Casa Grande
 - Acanalador y espátula
 - Recipientes
 - Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
 - Horno a una temperatura de 110 ± 5 °C

Apellidos y nombres : FERREYROS CORCUERA César Augusto
Especialidad : INGENIERIA CIVIL
Registro CIP N° : 66334

Validez del instrumento	Desacuerdo	De acuerdo
Ficha técnica	0 ()	1 (X)

ING. CESAR FERREYROS CORCUERA
 Coordinador de Estudios
 Dirección de Estudios Especiales

FICHA TÉCNICA

PROYECTO : Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019 **FECHA** : _____

AUTOR : Molina Cárdenas, José Luis **LUGAR** : _____

MTC E 111 LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (TAMIZ N°40)

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana **PROPORCIÓN DE TERRASIL RESPECTO AL PESO DEL SUELO** : _____

DIMENSIÓN : Clasificación SUCS y AASHTO

DESCRIPCION	LÍMITE PLÁSTICO	
	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2
Cápsula N°		
Peso cápsula + suelo húmedo (g)		
Peso cápsula + suelo seco (g)		
Peso del Agua (g)		
Peso de la cápsula (g)		
Peso del suelo seco (g)		
Contenido de humedad (%)		
RESULTADO (A) (%)		

LÍMITE LÍQUIDO (B) (%)

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (B-A) (%)

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana

DIMENSIÓN : Clasificación SUCS y AASHTO

PROPORCIÓN DE TERRASIL RESPECTO AL PESO DEL SUELO : _____

DESCRIPCION	LÍMITE PLÁSTICO	
	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2
Cápsula N°		
Peso cápsula + suelo húmedo (g)		
Peso cápsula + suelo seco (g)		
Peso del Agua (g)		
Peso de la cápsula (g)		
Peso del suelo seco (g)		
Contenido de humedad (%)		
RESULTADO (A) (%)		

LÍMITE LÍQUIDO (B) (%)

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (B-A) (%)

OBSERVACIONES:

- La muestra de Ensayo es pasante el Tamiz N° 40
-
-

EQUIPOS E INSUMOS:

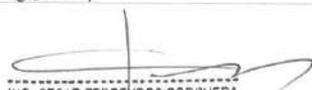
- Aparato Copa de Casa Grande
- Recipiente y espátula
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Horno a una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Vidrio grueso esmerilado

Apellidos y nombres : _____

Especialidad : _____

Registro CIP N° : 66334

Validez del instrumento	Desacuerdo	De acuerdo
Ficha técnica	0 ()	1 (X)


ING. CESAR FERREYROS CORCUERA
 Coordinador de Estudios
 Dirección de Estudios Especiales



FICHA TÉCNICA

PROYECTO : Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019 FECHA : _____
 AUTOR : Molina Cárdenas, José Luis LUGAR : _____

MTC E 114	EQUIVALENTE DE ARENA
------------------	-----------------------------

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana PROPORCIÓN DE TERRASIL
 DIMENSIÓN : Calidad de la fracción fina del afirmado RESPECTO AL PESO DEL SUELO

DESCRIPCION	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3
Hora de Saturación			
Hora de Agitación			
Hora de Sedimentación			
Lectura de Finos (pulg.)			
Lectura de Arena (pulg.)			
Equivalente de Arena (%)			

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana PROPORCIÓN DE TERRASIL
 DIMENSIÓN : Calidad de la fracción fina del afirmado RESPECTO AL PESO DEL SUELO

DESCRIPCION	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3
Hora de Saturación			
Hora de Agitación			
Hora de Sedimentación			
Lectura de Finos (pulg.)			
Lectura de Arena (pulg.)			
Equivalente de Arena (%)			

PROCEDIMIENTO:

- Muestra secada en horno a 110 ± 5 °C
- Tiempo de saturación de 10 ± 1 min
- Tiempo de sedimentación de 20 min ± 15 sg

Apellidos y nombres : _____
 Especialidad : _____
 Registro CIP N° : 66334

ING. CESAR FERREYROS CORCUERA
 Coordinador de Estudios
 Dirección de Estudios Especiales

EQUIPOS E INSUMOS:

- Probeta graduada, tapón de jébe y Embudo
- Tubo irrigador, dispositivo de pesado de pie y ensamble del sifón
- Lata de medición de 85 ± 5 ml y Tamiz N° 4
- Solución Stock
- Horno a una temperatura de 110 ± 5 °C

Validez del instrumento	Desacuerdo	De acuerdo
Ficha técnica	0 (<input checked="" type="checkbox"/>)	1 (<input type="checkbox"/>)



FICHA TÉCNICA

PROYECTO : Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019 FECHA :
 AUTOR : Molina Cárdenas, José Luis LUGAR :

MTC E 132 **CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana PROPORCIÓN DE TERRASIL
 DIMENSIÓN : Resistencia del afirmado RESPECTO AL PESO DEL SUELO Y OCH :

DESCRIPCION			COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES							
Condicion de la Muestra:			Seca		Saturada		Seca		Saturada	
Nº Golpes por Capa			56 (5 Capas)		25 (5 Capas)		12 (5 Capas)			
Peso Molde + Suelo Humedo	A	gr								
Peso del Molde	B	gr								
Peso del Suelo Humedo	C=A-B	gr								
Volumen del Molde	D	cm ³								
Densidad Humeda	E=C/D	gr/cm ³								
Densidad Seca	F=E/(1+J/100)	gr/cm ³								
Tarro Nº										
Tarro + Suelo Humedo	G	gr								
Tarro + Suelo Seco	H	gr								
Peso del Tarro	I	gr								
Contenido de Humedad	J=(G-H)*100/(H-I)	%								

Marcar (X) si no Presenta Expansión
()

EXPANSIÓN						
Molde Nº	Lec. Pulg		Expansión		Lec. Pulg	
00:00:00						
24:00:00						
48:00:00						
72:00:00						
96:00:00						

Área de Pistón (pulg²)

PENETRACIÓN DE ESPECIMENES						
Molde Nº	Lec. Carga Lb		Esfuerzo Lb/pulg ²		Lec. Carga Lb	
0.000						
0.025						
0.050						
0.075						
0.100						
0.150						
0.200						
0.250						
0.300						
0.400						
0.500						

OBSERVACIONES:
 -
 -
 -

Apellidos y nombres :
 Especialidad :
 Registro CIP Nº : 66334

ING. CESAR FERREYROS CORCUERA
 Coordinador de Estudios
 Dirección de Estudios Especiales

- EQUIPOS E INSUMOS:
- Horno a una temperatura de 110 ± 5 °C
 - Balanza con sensibilidad de 1 y 0.1 gr.
 - Prensa con pistón de penetración
 - Molde cilíndrico metálico , Pistón , Disco espaciador
 - Aparato medidor de expansión , Tanques de agua
 - Tamices según Norma , Papel filtro
 - Diales de recorrido 1" , recipientes y pesas

Validez del instrumento	Desacuerdo	De acuerdo
Ficha técnica	0 ()	1 (X)

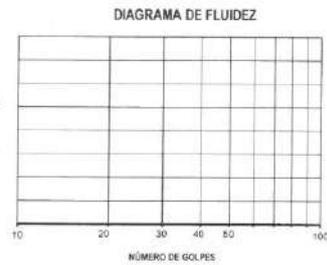
FICHA TÉCNICA

PROYECTO : Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019 **FECHA** : _____
AUTOR : Molina Cárdenas, José Luis **LUGAR** : _____

MTC E 110	LÍMITE LÍQUIDO (L.L) (TAMIZ N°40)
------------------	------------------------------------------

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana **PROPORCIÓN DE TERRASIL**
DIMENSIÓN : Clasificación SUCS y AASHTO **RESPECTO AL PESO DEL SUELO** : _____

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			
	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	ENSAYO N° 4
Cápsula N°				
Peso cápsula + suelo húmedo A (g)				
Peso cápsula + suelo seco B (g)				
Peso del Agua C=A-B (g)				
Peso de la cápsula D (g)				
Peso del suelo seco E=B-D (g)				
Contenido de humedad F=C*100/E (%)				
Número de golpes				



VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana **PROPORCIÓN DE TERRASIL**
DIMENSIÓN : Clasificación SUCS y AASHTO **RESPECTO AL PESO DEL SUELO** : _____

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			
	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	ENSAYO N° 4
Cápsula N°				
Peso cápsula + suelo húmedo A (g)				
Peso cápsula + suelo seco B (g)				
Peso del Agua C=A-B (g)				
Peso de la cápsula D (g)				
Peso del suelo seco E=B-D (g)				
Contenido de humedad F=C*100/E (%)				
Número de golpes				



OBSERVACIONES:

- La muestra de Ensayo es pasante el Tamiz N° 40
-
-

Apellidos y nombres : PINTO BARRANTES RAUL
Especialidad : INGENIERO CIVIL
Registro CIP N° : 51304

- EQUIPOS E INSUMOS:**
- Aparato Copa de Casa Grande
 - Acanalador y espátula
 - Recipientes
 - Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
 - Horno a una temperatura de 110 ± 5 °C

Validez del instrumento	Desacuerdo	De acuerdo
Ficha técnica	0 ()	1 (x)


RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5,1304

FICHA TÉCNICA

PROYECTO : Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019 **FECHA** : _____

AUTOR : Molina Cárdenas, José Luis **LUGAR** : _____

MTC E 111 LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (TAMIZ N°40)

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana
DIMENSIÓN : Clasificación SUCS y AASHTO

PROPORCIÓN DE TERRASIL RESPECTO AL PESO DEL SUELO : _____

DESCRIPCION	LÍMITE PLÁSTICO	
	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2
Cápsula N°		
Peso cápsula + suelo húmedo (g)		
Peso cápsula + suelo seco (g)		
Peso del Agua (g)		
Peso de la cápsula (g)		
Peso del suelo seco (g)		
Contenido de humedad (%)		
RESULTADO (A) (%)		

LÍMITE LÍQUIDO (B) (%)

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (B-A) (%)

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana
DIMENSIÓN : Clasificación SUCS y AASHTO

PROPORCIÓN DE TERRASIL RESPECTO AL PESO DEL SUELO : _____

DESCRIPCION	LÍMITE PLÁSTICO	
	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2
Cápsula N°		
Peso cápsula + suelo húmedo (g)		
Peso cápsula + suelo seco (g)		
Peso del Agua (g)		
Peso de la cápsula (g)		
Peso del suelo seco (g)		
Contenido de humedad (%)		
RESULTADO (A) (%)		

LÍMITE LÍQUIDO (B) (%)

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (B-A) (%)

OBSERVACIONES:

- La muestra de Ensayo es pasante el Tamiz N° 40
-
-

EQUIPOS E INSUMOS:

- Aparato Copa de Casa Grande
- Recipiente y espátula
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Horno a una temperatura de 110 ± 5 °C
- Vidrio grueso esmerilado

Apellidos y nombres : PINTO BARRANTES RAUL
Especialidad : INGENIERO CIVIL
Registro CIP N° : 51304

Validez del instrumento	Desacuerdo	De acuerdo
Ficha técnica	0 ()	1 (X)


RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 51304

FICHA TÉCNICA

PROYECTO : Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019 **FECHA** : _____
AUTOR : Molina Cárdenas, José Luis **LUGAR** : _____

MTC E 114	EQUIVALENTE DE ARENA
------------------	-----------------------------

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana **PROPORCIÓN DE TERRASIL**
DIMENSIÓN : Calidad de la fracción fina del afirmado **RESPECTO AL PESO DEL SUELO** : _____

DESCRIPCION	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3
Hora de Saturación			
Hora de Agitación			
Hora de Sedimentación			
Lectura de Finos (pulg.)			
Lectura de Arena (pulg.)			
Equivalente de Arena (%)			

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana **PROPORCIÓN DE TERRASIL**
DIMENSIÓN : Calidad de la fracción fina del afirmado **RESPECTO AL PESO DEL SUELO** : _____

DESCRIPCION	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3
Hora de Saturación			
Hora de Agitación			
Hora de Sedimentación			
Lectura de Finos (pulg.)			
Lectura de Arena (pulg.)			
Equivalente de Arena (%)			

PROCEDIMIENTO:

- Muestra secada en horno a 110 ± 5 °C
- Tiempo de saturación de 10 ± 1 min
- Tiempo de sedimentación de 20 min ± 15 sg

EQUIPOS E INSUMOS:

- Probeta graduada, tapón de jebes y Embudo
- Tubo irrigador, dispositivo de pesado de pie y ensamblaje del sifón
- Lata de medición de 85 ± 5 ml y Tamiz N° 4
- Solución Stock
- Horno a una temperatura de 110 ± 5 °C

Apellidos y nombres : PINTO BARRANTES RAÚL
Especialidad : INGENIERO CIVIL
Registro CIP N° : 51304

Validez del instrumento	Desacuerdo	De acuerdo
Ficha técnica	0 ()	1 (X)


RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 51304



FICHA TÉCNICA

PROYECTO : Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019 FECHA : _____
 AUTOR : _____ Molina Cárdenas, José Luis LUGAR : _____

MTC E 132 **CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana PROPORCIÓN DE TERRASIL
 DIMENSIÓN : Resistencia del afirmado RESPECTO AL PESO DEL SUELO Y OCH

DESCRIPCIÓN			COMPACTACIÓN DE ESPECÍMENES							
			Seca		Saturada		Seca		Saturada	
Molde Nº			56 (5 Capas)		25 (5 Capas)		12 (5 Capas)			
Condición de la Muestra:										
Nº Golpes por Capa										
Peso Molde + Suelo Humedo	A	gr								
Peso del Molde	B	gr								
Peso del Suelo Humedo	C=A-B	gr								
Volumen del Molde	D	cm ³								
Densidad Humeda	E=C/D	gr/cm ³								
Densidad Seca	F=E/(1+J/100)	gr/cm ³								
Tarro Nº										
Tarro + Suelo Humedo	G	gr								
Tarro + Suelo Seco	H	gr								
Peso del Tarro	I	gr								
Contenido de Humedad	J=(G-H)*100/(H-I)	%								

Marcar (X) si no Presenta Expansión
()

EXPANSIÓN								
Molde Nº	Lec. Pulg		Expansión		Lec. Pulg		Expansión	
Horas								
00:00:00								
24:00:00								
48:00:00								
72:00:00								
96:00:00								

Área de Pistón (pulg²)

PENETRACIÓN DE ESPECÍMENES								
Molde Nº	Lec. Carga Lb		Esfuerzo Lb/pulg ²		Lec. Carga Lb		Esfuerzo Lb/pulg ²	
Penetra. (pulg)								
0.000								
0.025								
0.050								
0.075								
0.100								
0.150								
0.200								
0.250								
0.300								
0.400								
0.500								

OBSERVACIONES:
 -
 -
 -

- EQUIPOS E INSUMOS:**
- Horno a una temperatura de 110 ± 5 °C
 - Balanza con sensibilidad de 1 y 0.1 gr.
 - Prensa con pistón de penetración
 - Molde cilíndrico metálico, Pistón, Disco espaciador
 - Aparato medidor de expansión, Tanques de agua
 - Tarnices según Norma, Papel filtro
 - Diales de recorrido 1", recipientes y pesas

Apellidos y nombres : PINTO BARRANTES RAUL
 Especialidad : INGENIERO CIVIL
 Registro CIP Nº : 51304

Raul Pinto
RAUL ANTONIO PINTO BARRANTES
 INGENIERO CIVIL

Validez del instrumento	Desacuerdo	De acuerdo
Ficha técnica	0 ()	1 (X)

FICHA TÉCNICA

PROYECTO : Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019 **FECHA** : _____
AUTOR : Molina Cárdenas, José Luis **LUGAR** : _____

MTC E 110 **LÍMITE LÍQUIDO (L.L.) (TAMIZ N°40)**

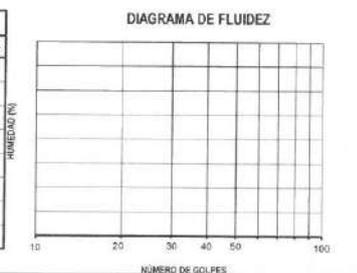
VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana **PROPORCIÓN DE TERRASIL**
DIMENSIÓN : Clasificación SUCS y AASHTO **RESPECTO AL PESO DEL SUELO** : _____

DESCRIPCION	LÍMITE LÍQUIDO			
	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	ENSAYO N° 4
Cápsula N°				
Peso cápsula + suelo húmedo A (g)				
Peso cápsula + suelo seco B (g)				
Peso del Agua C=A-B (g)				
Peso de la cápsula D (g)				
Peso del suelo seco E=B-D (g)				
Contenido de humedad F=C*100/E (%)				
Número de golpes				



VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana **PROPORCIÓN DE TERRASIL**
DIMENSIÓN : Clasificación SUCS y AASHTO **RESPECTO AL PESO DEL SUELO** : _____

DESCRIPCION	LÍMITE LÍQUIDO			
	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	ENSAYO N° 4
Cápsula N°				
Peso cápsula + suelo húmedo A (g)				
Peso cápsula + suelo seco B (g)				
Peso del Agua C=A-B (g)				
Peso de la cápsula D (g)				
Peso del suelo seco E=B-D (g)				
Contenido de humedad F=C*100/E (%)				
Número de golpes				



OBSERVACIONES:

- La muestra de Ensayo es pasante el Tamiz N° 40
- _____
- _____

Apellidos y nombres : _____
Especialidad : _____
Registro CIP N° : _____


 SANTOS RICARDO PADILLA PICHER
 INGENIERO CIVIL
 CIP 511830

- EQUIPOS E INSUMOS:**
- Aparato Copa de Casa Grande
 - Acanalador y espátula
 - Recipientes
 - Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
 - Horno a una temperatura de 110 ± 5 °C

Validez del instrumento	Desacuerdo	De acuerdo
Ficha técnica	0 ()	1 (X)



FICHA TÉCNICA

PROYECTO : Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019 FECHA :
 AUTOR : Molina Cárdenas, José Luis LUGAR :

MTC E 111 LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (TAMIZ N°40)

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana
 DIMENSIÓN : Clasificación UCS y AASHTO

PROPORCIÓN DE TERRASIL RESPECTO AL PESO DEL SUELO :

DESCRIPCION	LÍMITE PLÁSTICO	
	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2
Cápsula N°		
Peso cápsula + suelo húmedo (g)		
Peso cápsula + suelo seco (g)		
Peso del Agua (g)		
Peso de la cápsula (g)		
Peso del suelo seco (g)		
Contenido de humedad (%)		
RESULTADO (A) (%)		

LÍMITE LÍQUIDO (B) (%)

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (B-A) (%)

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana
 DIMENSIÓN : Clasificación SUCS y AASHTO

PROPORCIÓN DE TERRASIL RESPECTO AL PESO DEL SUELO :

DESCRIPCION	LÍMITE PLÁSTICO	
	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2
Cápsula N°		
Peso cápsula + suelo húmedo (g)		
Peso cápsula + suelo seco (g)		
Peso del Agua (g)		
Peso de la cápsula (g)		
Peso del suelo seco (g)		
Contenido de humedad (%)		
RESULTADO (A) (%)		

LÍMITE LÍQUIDO (B) (%)

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (B-A) (%)

OBSERVACIONES:

- La muestra de Ensayo es pasante el Tamiz N° 40

Apellidos y nombres :
 Especialidad :
 Registro CIP N° :

EQUIPOS E INSUMOS:

- Aparato Copa de Casa Grande
- Recipiente y espátula
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Horno a una temperatura de 110 ± 5 °C
- Vidrio grueso esmerilado

Validez del instrumento	Desacuerdo	De acuerdo
Ficha técnica	0 ()	1 (X)

SANTOS RICARDO PADILLA PICHÉR
 INGENIERO CIVIL
 CIP 51630



FICHA TÉCNICA

PROYECTO : Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019 FECHA :
 AUTOR : Molina Cárdenas, José Luis LUGAR :

MTC E 114	EQUIVALENTE DE ARENA
------------------	-----------------------------

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana PROPORCIÓN DE TERRASIL
 DIMENSIÓN : Calidad de la fracción fina del afirmado RESPECTO AL PESO DEL SUELO :

DESCRIPCION	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3
Hora de Saturación			
Hora de Agitación			
Hora de Sedimentación			
Lectura de Finos (pulg.)			
Lectura de Arena (pulg.)			
Equivalente de Arena (%)			

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana PROPORCIÓN DE TERRASIL
 DIMENSIÓN : Calidad de la fracción fina del afirmado RESPECTO AL PESO DEL SUELO :

DESCRIPCION	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3
Hora de Saturación			
Hora de Agitación			
Hora de Sedimentación			
Lectura de Finos (pulg.)			
Lectura de Arena (pulg.)			
Equivalente de Arena (%)			

PROCEDIMIENTO:

- Muestra secada en horno a 110 ± 5 °C
- Tiempo de saturación de 10 ± 1 min
- Tiempo de sedimentación de 20 min ± 15 sg

Apellidos y nombres : Padilla Pichón Santa R.
 Especialidad : ING. CIVIL
 Registro CIP N° : 51630

EQUIPOS E INSUMOS:

- Probeta graduada, tapón de jebes y Embudo
- Tubo irrigador, dispositivo de pesado de pie y ensamble del sitón
- Lata de medición de 85 ± 5 ml y Tamiz N° 4
- Solución Stock
- Horno a una temperatura de 110 ± 5 °C

Validez del instrumento	Desacuerdo	De acuerdo
Ficha técnica	0 ()	1 (X)


 SANTOS RICARDO PADILLA PICHÓN
 INGENIERO CIVIL
 CIP 51630



FICHA TÉCNICA

PROYECTO : Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila – Puente Piedra, Lima 2019 FECHA : _____
 AUTOR : Molina Cárdenas, José Luis LUGAR : _____

MTC E 132 CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

VARIABLE : Afirmado de la cantera La Campana PROPORCIÓN DE TERRASIL
 DIMENSIÓN : Resistencia del afirmado RESPECTO AL PESO DEL SUELO Y OCH

DESCRIPCIÓN			COMPACTACIÓN DE ESPECÍMENES							
Molde N°			Seca		Saturada		Seca		Saturada	
Condición de la Muestra:			56 (5 Capas)		25 (5 Capas)		12 (5 Capas)			
N° Golpes por Capa										
Peso Molde + Suelo Humedo	A	gr								
Peso del Molde	B	gr								
Peso del Suelo Humedo	C=A-B	gr								
Volumen del Molde	D	cm ³								
Densidad Humeda	E=C/D	gr/cm ³								
Densidad Seca	F=E*(1-J/100)	gr/cm ³								
Tarro N°										
Tarro + Suelo Humedo	G	gr								
Tarro + Suelo Seco	H	gr								
Peso del Tarro	I	gr								
Contenido de Humedad	J=(G-H)*100/(H-I)	%								

Marcar (X) si no Presenta Expansión
()

EXPANSIÓN							
Molde N°	Horas	Lec. Pulg	Expansión	Lec. Pulg	Expansión	Lec. Pulg	Expansión
	00:00:00						
	24:00:00						
	48:00:00						
	72:00:00						
	96:00:00						

Área de Pistón (pulg²)

PENETRACIÓN DE ESPECÍMENES							
Molde N°	Penetra. (pulg)	Lec. Carga Lb	Esfuerzo Lb/pulg ²	Lec. Carga Lb	Esfuerzo Lb/pulg ²	Lec. Carga Lb	Esfuerzo Lb/pulg ²
	0.000						
	0.025						
	0.050						
	0.075						
	0.100						
	0.150						
	0.200						
	0.250						
	0.300						
	0.400						
	0.500						

OBSERVACIONES:

Apellidos y nombres : SANTOS RICARDO PADILLA PICHÉN
 Especialidad : INGENIERO CIVIL
 Registro CIP N° : CIP 51630

- EQUIPOS E INSUMOS:**
- Horno a una temperatura de 110 ± 5 °C
 - Balanza con sensibilidad de 1 y 0.1 gr.
 - Prensa con pistón de penetración
 - Molde cilíndrico metálico , Pistón , Disco espaciador
 - Aparato medidor de expansión , Tanques de agua
 - Tarnices según Norma , Papel filtro
 - Diales de recorrido 1" , recipientes y pesas

Validez del instrumento	Desacuerdo	De acuerdo
Ficha técnica	0 ()	1 (X)

Anexo 4: Reporte de ensayos de laboratorio



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS MUESTRA : Suelo
 PROYECTO : Tesis "Optimización del afirmado de la cartería La Campana incorporando TerraSil con propósitos de pavimentación en los Jardines de Shangri-la - Puente Piedra, Lima 2019" CANTIDAD : 250 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.09.17. FECHA ENSAYO : 2 019.09.25.

MALLAS		DENOMINACIÓN	Cantera La Campana; Carabayillo, km 26+250, Lado Derecho; Av. Tupac Amaru, Coord. UTM (Zona 18L) 283550E, 8692130N							
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)						
3"	76.200	MTC E-204 (2 016)								
2 1/2"	63.500									
2"	50.800				100					
1 1/2"	38.100			5	95					
1"	25.400			10	85					
3/4"	19.050			6	79					
1/2"	12.700			7	72					
3/8"	9.525			5	67					
1/4"	6.350			10	57					
N° 4	4.760			3	54					
N° 6	3.360			6	48					
N° 8	2.380			5	43					
N° 10	2.000			2	41					
N° 16	1.190			5	36					
N° 20	0.840			3	33					
N° 30	0.590			3	30					
N° 40	0.426			2	28					
N° 50	0.297			2	26					
N° 80	0.177			3	23					
N° 100	0.149			1	22					
N° 200	0.074		4	18						
- N° 200	-	MTC E-202 (2 016)	18	-						
LIMITE LIQUIDO (Malla N° 40)		MTC E-110 (2 016)		27						
LIMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)		MTC E-111 (2 016)		21						
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		MTC E-110 (2 016)		6						
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)		NTP 339.134 (2 014)		GM-GC						
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO)		NTP 339.135 (2 014)		A-1-b (0)						



ING. RESPONSABLE
Lima, 29 de Octubre de 2 019

(1/B)



Av. Tupac Amaru N° 150 - Rimac

Tel: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS MUESTRA : Suelo
 PROYECTO : Tesis "Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósitos de pavimentación en los Jardines de Shangrila - Puente Piedra, Lima 2019"
 CANTIDAD : 250 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.09.17. FECHA DE ENSAYO : 2 019.09.23 al 24.

MTC E-108 (2 016) SUELOS. CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (*)

IDENTIFICACIÓN	RESULTADO (%)
Cantera La Campana; Carabayllo; km 26+250; Lado Derecho; Av. Tupac Amaru; Coord. UTM (Zona 18L) 283559E,8692130N	2,0



[Signature]
ING. RESPONSABLE
 Lima, 29 de Octubre de 2 019

(2/6)



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS MUESTRA : Suelo
 PROYECTO : Tesis "Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósitos de pavimentación en los Jardines de Shangrila - Puente Piedra, Lima 2019" CANTIDAD : 250 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.09.17. FECHA DE ENSAYO : 2 019.09.24.

MTC E-114 (2 016) SUELOS. EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS (*)

DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Cantera La Campana, Carabaylo; km 26+250; Lado Derecho; Av. Tupac Amaru; Coord. UTM (Zona 18L) 283559E,8692130N	22



[Handwritten signature]

ING. RESPONSABLE
 Lima, 29 de Octubre de 2 019

(3/6)





REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS **MUESTRA** : Suelo
PROYECTO : Tesis "Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósitos de pavimentación en los Jardines de Shangnia - Puente Piedra, Lima 2019" **CANTIDAD** : 250 kg
FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.09.17. **FECHA DE ENSAYO** : 2 019.09.25.

MTC E-207 (2 016) **AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (*)**

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (%)
Cantera La Campana; Carabaylo; km 26+250; Lado Derecho; Av. Tupac Amaru; Coord. UTM (Zona 18L) 283559E,8692130N	Tamaño Máximo Nominal: 1 ½"	33
	Gradación: "A"	
	Número de Esferas: 12	



[Handwritten signature]

ING. RESPONSABLE
Lima, 29 de Octubre de 2 019

(4/6)





PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS MUESTRA : Suelo
 PROYECTO : Tesis "Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósitos de pavimentación en los Jardines de Shangrila - Puente Piedra, Lima 2019" CANTIDAD : 250 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.09.17. FECHA DE ENSAYO : 2 019.09.24 al 26.

MTC E-206 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Cantera La Campana; Carabaylo; km 26+250; Lado Derecho; Av. Tupac Amaru; Coord. UTM (Zona 18L) 283559E,8692130N	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,731
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,774
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,855
	Absorción (%)	1,60



ING. RESPONSABLE
Lima, 29 de Octubre de 2 019

(5/6)



LABORATORIO



CEE

Av. Tupac Amaru Nº 150 - Rimac

Tel: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS MUESTRA : Suelo
 PROYECTO : Tesis "Optimización del afirmado de la cantera La Campana incorporando TerraSil con propósitos de pavimentación en los Jardines de Shangrila - Puente Piedra, Lima 2019" CANTIDAD : 250 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2 019.09.17. FECHA DE ENSAYO : 2 019.09.24 al 26.

MTC E-205 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Cantera La Campana; Carabaylo; km 26+250; Lado Derecho; Av. Tupac Amaru; Coord. UTM (Zona 18L) 283559E,8692130N	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,605
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,691
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,848
	Absorción (%)	3,27



[Handwritten Signature]

ING. RESPONSABLE
 Lima, 29 de Octubre de 2 019

(6/6)



LABORATORIO CEE

Av. Túpac Amaru Nº 150 - Rimac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



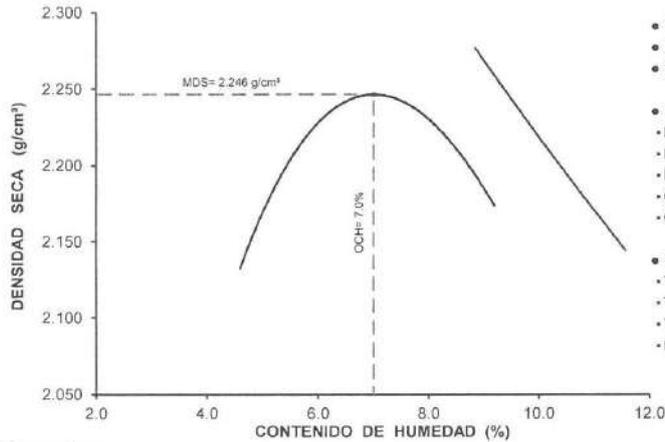
LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : ING. BACH. JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS MUESTRA : Suelos
 DOMICILIO LEGAL : Pje. Aparicio Robles 118, 2do. Piso, Urb. Miguel Grau Seminario., San Martín de Porres - Lima IDENTIFICACIÓN : Cantera "La Campana" Carabaylo Km 26+250, lado DER, Av. Túpac Amaru Coord. UTM (Zona 18L) 283559 E, 8692130 N
 PROYECTO : OPTIMIZACIÓN DEL AFIRMADO DE LA CANTERA "LA CAMPANA", INCORPORANDO ADITIVO TERRASIL CON PROPÓSITO DE PAVIMENTACIÓN, EN LOS JARDINES DE SHANGRILÁ - PUENTE PIEDRA, LIMA 2019 CANTIDAD : 250 kg
 REFERENCIA : OFICIO N°204-2019-MTC/19.01.EE PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.09.17 FECHA DE ENSAYO : 2019.09.24 al 2019.09.25

MTC E-115 (2000) COMPACTACIÓN DEL SUELO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 kN- m/m² (56000 pie-lbf/ pie²))

01 - Masa Suelo Humedo + Molde (g)	7953.0	8199.0	8310.0	8257.0				
02 - Masa del Molde (g)	3195.0	3195.0	3195.0	3195.0				
03 - Masa Suelo Humedo (g)	4758.0	5004.0	5115.0	5062.0				
04 - Volumen del Molde (cm ³)	2121.0	2121.0	2121.0	2121.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	2.243	2.359	2.412	2.387				
06 - Tarro N°	152	56	141	165	118	154	65	86
07 - Masa suelo humedo + tarro (g)	588.5	673.3	687.9	666.2	623.6	653.4	606.3	555.1
08 - Masa suelo seco + tarro (g)	566.6	646.1	653.5	633.2	587.0	614.4	565.6	516.6
09 - Masa del agua (g)	21.9	27.2	34.4	33.0	36.6	39.0	40.7	38.5
10 - Masa del tarro (g)	82.8	82.3	86.3	89.4	88.5	86.8	88.3	66.4
11 - Masa suelo seco (g)	483.8	563.8	567.2	543.8	498.5	527.6	477.3	450.2
12 - Contenido de Humedad (%)	4.53	4.82	6.07	6.07	7.34	7.39	8.53	8.55
13 - Promedio de Humedad (%)	4.7	6.1	7.4	8.5				
14 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	2.142	2.223	2.246	2.200				



- Método de compactación "C"
- Máxima densidad seca, g/cm³ 2.246
- Óptimo cont. de humedad, % 7.0

- Características del espécimen:
 - Masa espec. relat. de sólidos (MTC E-113) 2.851
 - Límite líquido, % (MTC E-110) 27.0
 - Índice de plasticidad, % (MTC E-111) 6.0
 - Clasificación SUCS (NTP 339.134) GM-GC
 - Clasificación AASHTO (NTP 339.135) A-1-b (0)

- Retenidos acumulados, % (*):
 - Tamiz 3/4" (19.050 mm) (MTC E-107) 21.0
 - Tamiz 3/8" (9.525 mm) (MTC E-107) 33.0
 - Tamiz N° 4 (4.760 mm) (MTC E-107) 46.0
 - Pasa tamiz N°200 (0.074 mm) (NTP 339.132) 18.0

Observaciones :

Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.
 (*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).
 Corrección por material extradimensionado (ASTM D-4718): Máx. Den. Seca Corregida = 2.333 g/cm³; Ópt. Cont. de Hum. Corregida = 5.9%
 Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2019.09.23
 Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
 Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



---BACH. ING. PABLO SAGÁSTEGUI DE LA CRUZ
 Lima, 4 de Noviembre del 2019

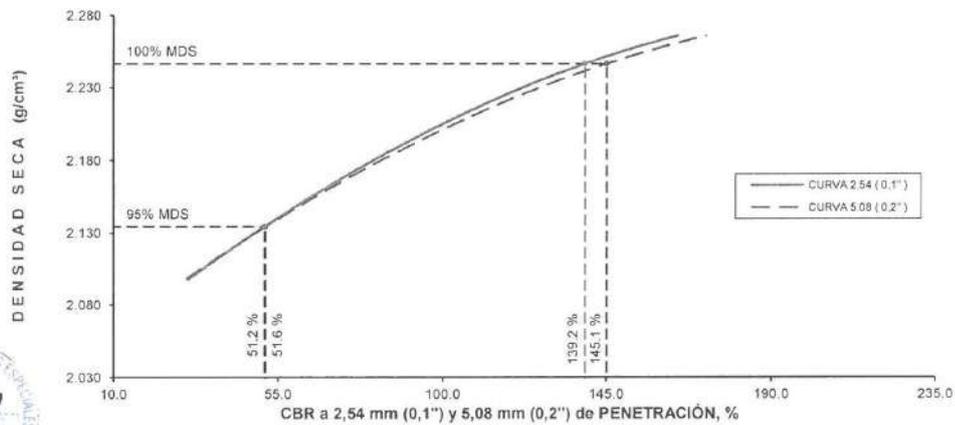
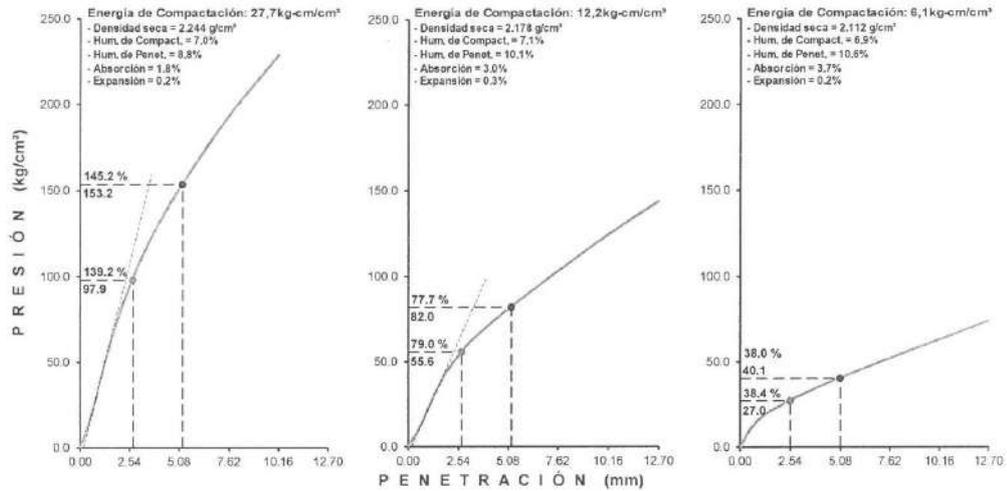




**LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
 REPORTE DE ENSAYO**

SOLICITANTE	: ING. BACH. JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS	MUESTRA	: Suelos
DOMICILIO LEGAL	: Pje. Aparicio Robles 118, 2do. Piso, Urb. Miguel Grau Seminario, San Martín de Porres - Lima	IDENTIFICACIÓN	: Cantera "La Campana" Carabayillo Km 26+250, lado DER, Av. Tupac Amaru Coord. UTM (Zona 18L) 283559 E, 8692130 N
PROYECTO	: OPTIMIZACIÓN DEL AFIRMADO DE LA CANTERA "LA CAMPANA", INCORPORANDO ADITIVO TERRASIL CON PROPÓSITO DE PAVIMENTACIÓN, EN LOS JARDINES DE SHANGRILÁ - PUENTE PIEDRA, LIMA 2019	CANTIDAD	: 250 kg
REFERENCIA	: OFICIO N°204-2019-MTC/19.01.EE	PRESENTACIÓN	: 04 Sacos de Polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2019.09.17	FECHA DE ENSAYO	: 2019.09.26 al 2019.09.30

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)



(2/9)



BACH. ING. PABLO SAGÁSTEGUI DE LA CRUZ
 Lima, 4 de Noviembre del 2019





**LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
 REPORTE DE ENSAYO**

SOLICITANTE : ING. BACH. JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS MUESTRA : Suelos
 DOMICILIO LEGAL : Pje. Aparicio Robles 118, 2do. Piso, Urb. Miguel Grau Seminario, San Martín de Porres - Lima IDENTIFICACIÓN : Cantera "La Campana" Carabayillo Km 28+250, Iado DER, Av. Túpac Amaru Coord. UTM (Zona 18L) 283559 E, 8692130 N
 PROYECTO : OPTIMIZACIÓN DEL AFIRMADO DE LA CANTERA "LA CAMPANA", INCORPORANDO ADITIVO TERRASIL CON PROPÓSITO DE PAVIMENTACIÓN, EN LOS JARDINES DE SHANGRILÁ - PUENTE PIEDRA, LIMA 2019 CANTIDAD : 250 kg
 REFERENCIA : OFICIO N°204-2019-MTC/19.01.EE PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.09.17 FECHA DE ENSAYO : 2019.09.26 al 2019.09.30

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)

- Procedimiento de Compactación (MTC E-115 (2000)) : "C"
- Método de Preparación (MTC E-115 (2000)) : Húmedo
- Máxima Densidad Seca (MDS) (MTC E-115 (2000)) : 2.246 g/cm³ (22.03 kN/m²)
- Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (MTC E-115 (2000)) : 7.0 %

- Penetración 2,54 mm (0,1") 5,08 mm (0,2")
- CBR al 100% de la MDS 139.2 % 145.1 %
- CBR al 95% de la MDS 51.2 % 51.6 %

• Condición de la muestra ensayada	Embebido en agua: 4 días		
	Especimen N° 01	Especimen N° 02	Especimen N° 03
• Energía de compactación	27.7 kg*cm/cm ²	12.2 kg*cm/cm ²	6.1 kg*cm/cm ²
• Densidad seca (antes de ser remojada)	2.244 g/cm ³	2.178 g/cm ³	2.112 g/cm ³
• Masa de sobrecarga	4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
• Expansión (hinchamiento)	0.15 %	0.33 %	0.23 %
• Humedad (antes de la compactación)	7.0 %	7.1 %	6.9 %
• Humedad de penetración	8.8 %	10.1 %	10.6 %
• Absorción	1.8 %	3.0 %	3.7 %

- Características de los especímenes
- Retenido acumulado en tamices (*) (MTC E-107) : 3/4" (19,050 mm) 21.0 %
 (MTC E-107) : 3/8" (9,525 mm) 33.0 %
 (MTC E-107) : N°4 (4,074 mm) 46.0 %
- Pasa tamiz N° 200 (NTP 339.132) : N°200 (0,074 mm) 18.0 %
- Peso Específico Relativo de Partículas Sólidas (MTC E-113) : 2.851
- Límite líquido (MTC E-110) : 27.0 %
- Índice de plasticidad (MTC E-111) : 6.0 %
- Clasificación SUCS (NTP 339.134) : GM-GC
- Clasificación AASHTO (NTP 339.135) : A-1-b (0)

Observaciones :

Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.
 (*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).
 Corrección por material extradimensionado (ASTM D-4718): Máx. Den. Seca Corregida = 2.333 g/cm³; Ópt. Cont. de Hum. Corregida = 5.9%
 Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2019.09.23
 Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
 Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



(3/9)



BACH. ING. PABLO SAGÁSTEGUI DE LA CRUZ
 Lima, 4 de Noviembre del 2019



LABORATORIO CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe

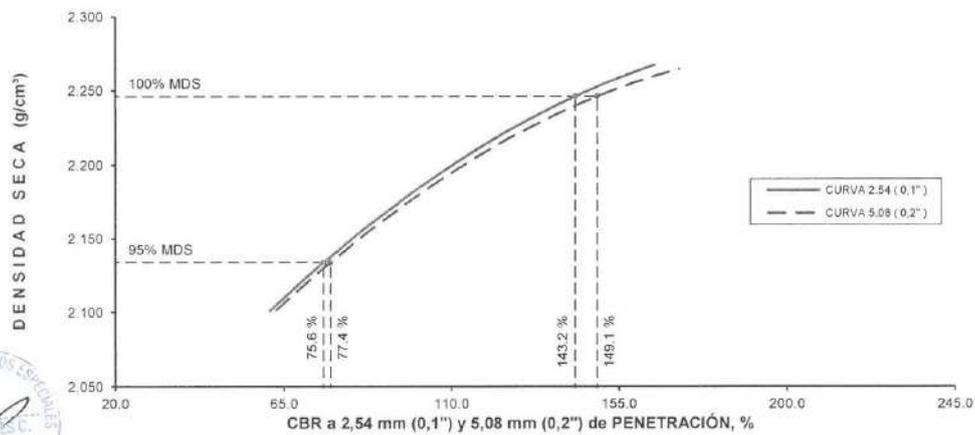
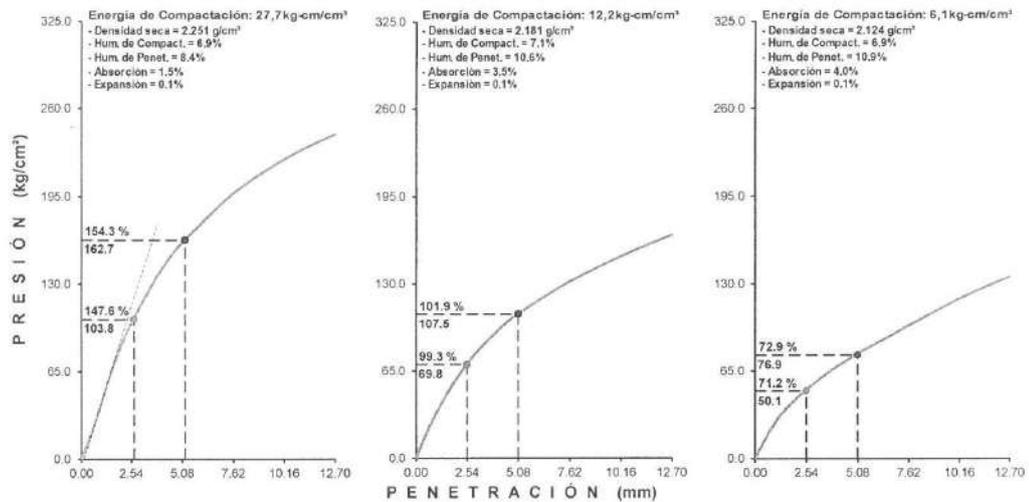


LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE	: ING. BACH. JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS	MUESTRA	: Suelos
DOMICILIO LEGAL	: Pje. Aparicio Robles 118, 2do. Piso, Urb. Miguel Grau Seminario., San Martín de Porres - Lima	IDENTIFICACIÓN	: Cantera "La Campana" + 1,00 L/m ³ de Aditivo TERRASIL
PROYECTO	: OPTIMIZACIÓN DEL AFIRMADO DE LA CANTERA "LA CAMPANA", INCORPORANDO ADITIVO TERRASIL CON PROPÓSITO DE PAVIMENTACIÓN, EN LOS JARDINES DE SHANGRILÁ - PUENTE PIEDRA, LIMA 2019	CANTIDAD	: 250 kg
REFERENCIA	: OFICIO N°204-2019-MTC/19.01.EE	PRESENTACIÓN	: 04 Sacos de Polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2019.09.17	FECHA DE ENSAYO	: 2019.10.07 al 2019.10.11

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)



(4/9)



BACH. ING. PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
Lima, 4 de Noviembre del 2019





LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : ING. BACH. JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS MUESTRA : Suelos
 DOMICILIO LEGAL : Pje. Aparicio Robles 118. 2do. Piso. Urb. Miguel Grau Seminario., San Martín de Porres - Lima IDENTIFICACIÓN : Cantera "La Campana" + 1.00 L/m² de Aditivo TERRASIL
 PROYECTO : OPTIMIZACIÓN DEL AFIRMADO DE LA CANTERA "LA CAMPANA", INCORPORANDO ADITIVO TERRASIL CON PROPÓSITO DE PAVIMENTACIÓN, EN LOS JARDINES DE SHANGRILÁ - PUENTE PIEDRA, LIMA 2019 Coord. UTM (Zona 18L) 283559 E, 8692130 N
 REFERENCIA : OFICIO N°204-2019-MTC/19.01.EE CANTIDAD : 250 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.09.17 PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
 FECHA DE ENSAYO : 2019.10.07 al 2019.10.11

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)

• Procedimiento de Compactación	(MTC E-115 (2000))	:	-,-
• Método de Preparación	(MTC E-115 (2000))	:	-,-
• Máxima Densidad Seca (MDS)	(MTC E-115 (2000))	:	-,-
• Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	(MTC E-115 (2000))	:	-,-
• Penetración	2,54 mm (0.1")	5,08 mm (0,2")	
• CBR al 100% de la MDS	143.2 %	149.1 %	
• CBR al 95% de la MDS	75.6 %	77.4 %	

• Condición de la muestra ensayada	Embebido en agua: 4 días		
	<u>Especimen N° 01</u>	<u>Especimen N° 02</u>	<u>Especimen N° 03</u>
• Energía de compactación	27.7 kg*cm/cm ²	12.2 kg*cm/cm ²	6.1 kg*cm/cm ²
• Densidad seca (antes de ser remojada)	2.251 g/cm ³	2.181 g/cm ³	2.124 g/cm ³
• Masa de sobrecarga	4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
• Expansión (hinchamiento)	0.09 %	0.11 %	0.12 %
• Humedad (antes de la compactación)	6.9 %	7.1 %	6.9 %
• Humedad de penetración	8.4 %	10.6 %	10.9 %
• Absorción	1.5 %	3.5 %	4.0 %

• Características de los especímenes			
• Retenido acumulado en tamices (*)	(MTC E-107)	:	3/4" (19,050 mm) 21.0 %
	(MTC E-107)	:	3/8" (9,525 mm) 33.0 %
	(MTC E-107)	:	N°4 (4,074 mm) 46.0 %
• Pasa tamiz N° 200	(NTP 339.132)	:	N°200 (0,074 mm) 18.0 %
• Peso Específico Relativo de Partículas Sólidas	(MTC E-113)	:	2.851
• Límite líquido	(MTC E-110)	:	27.0 %
• Índice de plasticidad	(MTC E-111)	:	6.0 %
• Clasificación SUCS	(NTP 339.134)	:	GM-GC
• Clasificación AASHTO	(NTP 339.135)	:	A-1-b (0)

Observaciones :

Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.

(*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2019.09.23

Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



(5/9)



BACH. ING. PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
Lima, 4 de Noviembre del 2019



Av. Tupac Amaru N° 150 - Rimac

Tel: (051) 481-3707

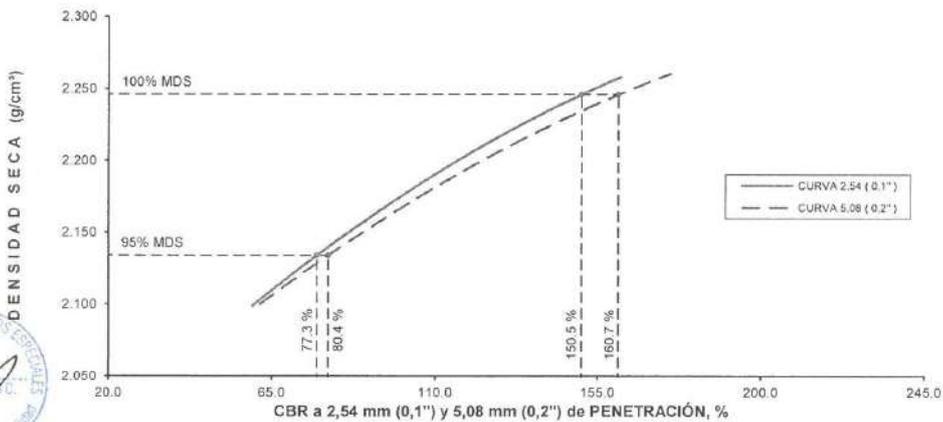
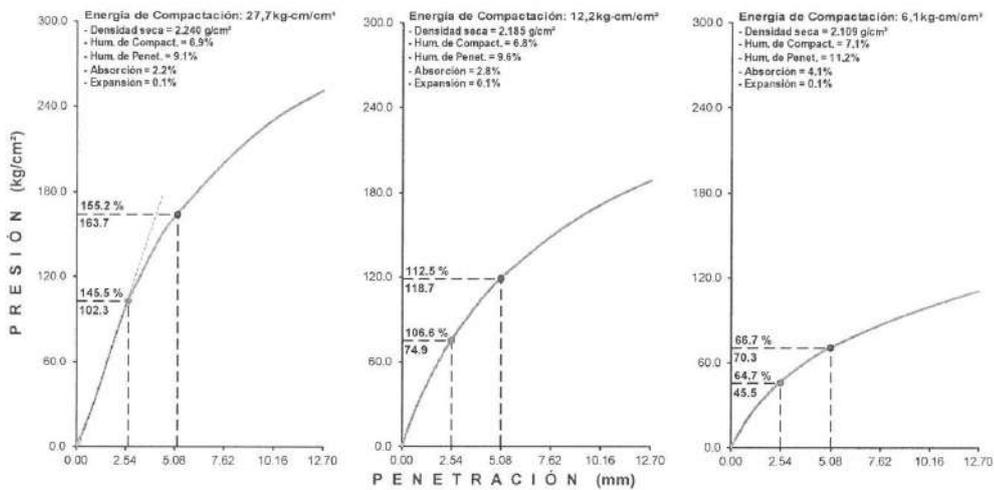
email: mac_dee@mtc.gob.pe



LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
REPORTO DE ENSAYO

SOLICITANTE	: ING. BACH. JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS	MUESTRA	: Suelos
DOMICILIO LEGAL	: Pje. Aparicio Robles 118, 2do. Piso, Urb. Miguel Grau Seminario., San Martín de Porres - Lima	IDENTIFICACIÓN	: Cantera "La Campana" + 1.25 L/m ³ de Aditivo TERRASIL
PROYECTO	: OPTIMIZACIÓN DEL AFIRMADO DE LA CANTERA "LA CAMPANA", INCORPORANDO ADITIVO TERRASIL CON PROPÓSITO DE PAVIMENTACIÓN, EN LOS JARDINES DE SHANGRILÁ - PUENTE PIEDRA, LIMA 2019	Coord. UTM (Zona 18L)	: 283559 E, 8692130 N
REFERENCIA	: OFICIO N°204-2019-MTC/19.01.EE	CANTIDAD	: 250 Kg
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2019.09.17	PRESENTACIÓN	: 04 Sacos de Polietileno
		FECHA DE ENSAYO	: 2019.10.07 al 2019.10.11

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)



(6/9)



BACH. ING. PABLO SAGÁSTEGUI DE LA CRUZ
Lima, 4 de Noviembre del 2019



LABORATORIO CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : ING. BACH. JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS MUESTRA : Suelos
 DOMICILIO LEGAL : Pje. Aparicio Robles 118, 2do. Piso, Urb. Miguel Grau Seminario, San Martín de Porres - Lima IDENTIFICACIÓN : Cantera "La Campana" + 1.25 L/m³ de Aditivo TERRASIL
 PROYECTO : OPTIMIZACIÓN DEL AFIRMADO DE LA CANTERA "LA CAMPANA", INCORPORANDO ADITIVO TERRASIL CON PROPOSITO DE PAVIMENTACIÓN, EN LOS JARDINES DE SHANGRILÁ - PUENTE PIEDRA, LIMA 2019 Coord. UTM (Zona 18L) 283569 E, 8692130 N
 REFERENCIA : OFICIO N°204-2019-MTC/19.01.EE CANTIDAD : 250 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.09.17 PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
 FECHA DE ENSAYO : 2019.10.07 al 2019.10.11

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)

• Procedimiento de Compactación (MTC E-115 (2000)) :
 • Método de Preparación (MTC E-115 (2000)) :
 • Máxima Densidad Seca (MDS) (MTC E-115 (2000)) :
 • Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (MTC E-115 (2000)) :

• Penetración 2,54 mm (0,1") 5,08 mm (0,2")
 • CBR al 100% de la MDS 150.5 % 160.7 %
 • CBR al 95% de la MDS 77.3 % 80.4 %

• Condición de la muestra ensayada Embebido en agua: 4 días

	Especimen N° 01	Especimen N° 02	Especimen N° 03
• Energía de compactación	27.7 kg*cm/cm ³	12.2 kg*cm/cm ³	6.1 kg*cm/cm ³
• Densidad seca (antes de ser remojada)	2.240 g/cm ³	2.185 g/cm ³	2.109 g/cm ³
• Masa de sobrecarga	4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
• Expansión (hinchamiento)	0.09 %	0.09 %	0.11 %
• Humedad (antes de la compactación)	6.9 %	6.8 %	7.1 %
• Humedad de penetración	9.1 %	9.6 %	11.2 %
• Absorción	2.2 %	2.8 %	4.1 %

• Características de los especímenes

• Retenido acumulado en tamices (*) (MTC E-107) : 3/4" (19,050 mm) 21.0 %
 (MTC E-107) : 3/8" (9,525 mm) 33.0 %
 (MTC E-107) : N°4 (4,074 mm) 46.0 %
 • Pasa tamiz N° 200 (NTP 339.132) : N°200 (0,074 mm) 18.0 %
 • Peso Específico Relativo de Partículas Sólidas (MTC E-113) : 2.851
 • Limite líquido (MTC E-110) : 27.0 %
 • Índice de plasticidad (MTC E-111) : 6.0 %
 • Clasificación SUCS (NTP 339.134) : GM-GC
 • Clasificación AASHTO (NTP 339.135) : A-1-b (0)

Observaciones :

Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.

(*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2019.09.23

Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



(7/9)



BACH. ING. PABLO SAGASTEGUI DE LA CRUZ
 Lima, 4 de Noviembre del 2019



LABORATORIO CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac.

Telf. (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe

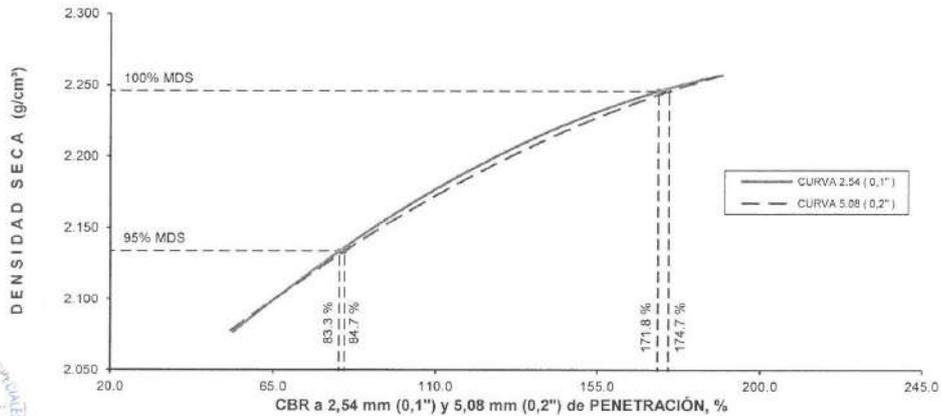
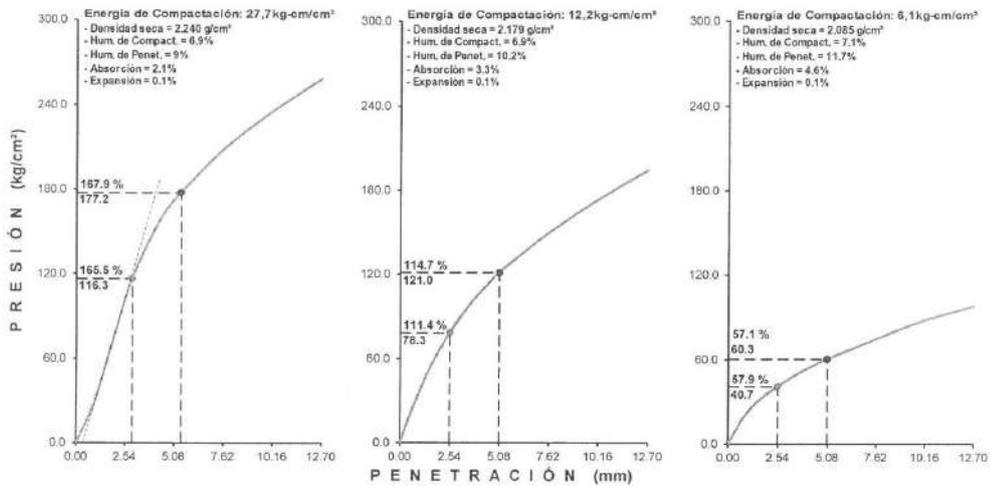


LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE	: ING. BACH. JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS	MUESTRA	: Suelos
DOMICILIO LEGAL	: Pje. Aparicio Robles 118, 2do. Piso, Urb. Miguel Grau Seminario, San Martín de Porres - Lima	IDENTIFICACIÓN	: Cantera "La Campana" + 1.50 L/m ³ de Aditivo TERRASIL
PROYECTO	: OPTIMIZACIÓN DEL AFIRMADO DE LA CANTERA "LA CAMPANA", INCORPORANDO ADITIVO TERRASIL CON PROPÓSITO DE PAVIMENTACIÓN, EN LOS JARDINES DE SHANGRILÁ - PUENTE PIEDRA, LIMA 2019	Coord. UTM (Zona 18L)	: 283559 E, 8692130 N
REFERENCIA	: OFICIO N°204-2019-MTC/19.01.EE	CANTIDAD	: 250 kg
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2019.09.17	PRESENTACIÓN	: 04 Sacos de Polietileno
		FECHA DE ENSAYO	: 2019.10.07 al 2019.10.11

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)



(8/9)



BACH. ING. PABLO SAGÁSTEGUI DE LA CRUZ
Lima, 4 de Noviembre del 2019





PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

REPORTE DE ENSAYO

SOLICITANTE : ING. BACH. JOSÉ LUIS MOLINA CÁRDENAS MUESTRA : Suelos
 DOMICILIO LEGAL : Pje. Aparicio Robles 118, 2do. Piso, Urb. Miguel Grau Seminario, San Martín de Porres - Lima IDENTIFICACIÓN : Cantera "La Campana" + 1.50 L/m² de Aditivo TERRASIL
 PROYECTO : OPTIMIZACIÓN DEL AFIRMADO DE LA CANTERA "LA CAMPANA", INCORPORANDO ADITIVO TERRASIL CON PROPÓSITO DE PAVIMENTACIÓN, EN LOS JARDINES DE SHANGRILÁ - PUENTE PIEDRA, LIMA 2019 Coord. UTM (Zona 18L) 283559 E, 8692130 N
 REFERENCIA : OFICIO N°204-2019-MTC/19.01.EE CANTIDAD : 250 kg
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2019.09.17 PRESENTACIÓN : 04 Sacos de Polietileno
 FECHA DE ENSAYO : 2019.10.07 al 2019.10.11

MTC E-132 (2000) C.B.R. DE SUELOS (LABORATORIO)

- Procedimiento de Compactación (MTC E-115 (2000)) ;
- Método de Preparación (MTC E-115 (2000)) ;
- Máxima Densidad Seca (MDS) (MTC E-115 (2000)) ;
- Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (MTC E-115 (2000)) ;
- Penetración 2,54 mm (0.1") 5,08 mm (0.2")
- CBR al 100% de la MDS 171.8 % 174.7 %
- CBR al 95% de la MDS 83.3 % 84.7 %

• Condición de la muestra ensayada		Embebido en agua: 4 días		
		Especimen N° 01	Especimen N° 02	Especimen N° 03
• Energía de compactación		27.7 kg*cm/cm ²	12.2 kg*cm/cm ²	6.1 kg*cm/cm ²
• Densidad seca (antes de ser remojada)		2.240 g/cm ³	2.179 g/cm ³	2.085 g/cm ³
• Masa de sobrecarga		4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
• Expansión (hinchamiento)		0.05 %	0.09 %	0.10 %
• Humedad (antes de la compactación)		6.9 %	6.9 %	7.1 %
• Humedad de penetración		9.0 %	10.2 %	11.7 %
• Absorción		2.1 %	3.3 %	4.6 %

- Características de los especímenes
- Retenido acumulado en tamices (*) (MTC E-107) : 3/4" (19,050 mm) 21.0 %
 (MTC E-107) : 3/8" (9,525 mm) 33.0 %
 (MTC E-107) : N°4 (4,074 mm) 46.0 %
- Pasa tamiz N° 200 (NTP 339.132) : N°200 (0,074 mm) 18.0 %
- Peso Específico Relativo de Partículas Sólidas (MTC E-113) : 2.851
- Límite líquido (MTC E-110) : 27.0 %
- Índice de plasticidad (MTC E-111) : 6.0 %
- Clasificación SUCS (NTP 339.134) : GM-GC
- Clasificación AASHTO (NTP 339.135) : A-1-b (0)

Observaciones :

Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.

(*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2019.09.23

Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOP-CRT del 07.01.98).

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



(9/9)



BACH. ING. PABLO SAGÁSTEGUI DE LA CRUZ
Lima, 4 de Noviembre del 2019



LABORATORIO



CEE

Av. Tupac Amaru N° 150 - Rimac

Tel: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : José Luis Molina Cárdenas
DIRECCIÓN : Psj. Aparicio Robles 118 2do piso Urb. Miguel Grau Seminario
PROYECTO : *Optimización del afirmado de la cantera la Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila-Puente Piedra,Lima 2019*

EXPEDIENTE N° : 0173-2019/MAPID
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 18 de Octubre del 2019
UBICACIÓN : Lima

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : Cantera "La Campana" Carabayllo Km 26+250
DESCRIPCIÓN : Lado DER, Av. Túpac Amaru Coord. UTM (Zona 18L) 283559 E, 8692130 N

PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
CANTIDAD : 60 kg aprox.

NTP 339.152 MTC E 219	SALES SOLUBLES EN AGREGADOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
--------------------------	------------------------------------------------------------

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE : 17.6 C°
T° DE MUESTRA : 18.3 C°

HUM. RELATIVA : 70 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACION	SALES SOLUBLES (%)
ARENA	0.6302
GRAVA	0.3022

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (C°).
- HUM = Contenido de humedad (%).
- Correlacion entre (ppm) y (%); 10,000 * (%) = (ppm)

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al agregado grueso natural.
- Ensayo efectuado al agregado fino natural.

Fecha de emisión : Lima, 31 de Octubre del 2019

Tec: J.N.C
Rev: B.C.S

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.


JORGE LUIS PONCE CAMPOS
TECNICO DE SUELOS
V.B.


INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
CIP 67846

MAPID SAC
Email: info@mapid.pe / Telf.: (01) 2330380
Av. Marafón Mz. 7A, Lt. 22, Laura Caller Ibérico, Los Olivos - Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO

INFORME DE ENSAYO

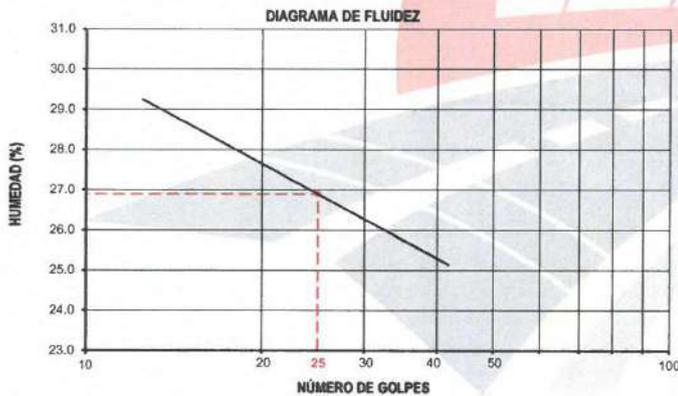
SOLICITANTE : José Luis Molina Cárdenas EXPEDIENTE : 0173-2019/MAPID
 DIRECCIÓN : Psj. Aparicio Robles 118 2do piso Urb. Miguel Grau Seminario FECHA RECEPCIÓN : Lima, 18 de Octubre del 2019
 PROYECTO : "Optimización del afirmado de la cantera la Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangri-La-Puente Piedra, Lima 2019" UBICACIÓN : Lima

REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACION : Cantera "La Campana" Carabayillo Km 26+250 PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
 DESCRIPCIÓN : Lado DER, Av. Túpac Amaru Coord. UTM (Zona 18L) 283559 E, 8692130 N CANTIDAD : 60 kg aprox.

ASTM D 4318
 MTC E 110, MTC E 111

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N°	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
Cápsula N°		262	134	177	100	273	127
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	28.07	35.59	30.61	35.15	30.61	26.36
Peso cápsula + suelo seco	(g)	24.97	31.40	27.18	31.66	28.53	24.19
Peso del Agua	(g)	3.10	4.19	3.43	3.49	2.08	2.17
Peso de la cápsula	(g)	14.05	16.09	14.30	18.31	18.86	14.08
Peso del suelo seco	(g)	10.92	15.31	12.88	13.35	9.67	10.11
Contenido de humedad	(%)	28.4	27.4	26.6	26.1	21.5	21.5
Número de golpes		16	22	27	31		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	26.9
LÍMITE PLÁSTICO (%)	21.5
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	5.4

COMENTARIOS:
 - Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
 - Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

OBSERVACION:
 - Muestra tomada e identificada por personal técnico de
 - Ensayo efectuado al suelo natural.
 - Muestra de Cantera + 1.00 L/m³ TerraSil

Fecha de emisión : Lima, 31 de Octubre del 2019

Tec.: J.N.C
 Rev.: B.C.S

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.


 JORGE LUIS PONCE CAMPOS
 TÉCNICO DE SUELOS
 V.B.


 INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARÁN
 CIP 67846

MAPID SAC
 Email.: info@mapid.pe / Telf.: (01) 2330380
 Av. Marañón Mz. 7A, Lt. 22, Laura Caller Ibérico, Los Olivos - Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : José Luis Molina Cárdenas
 DIRECCIÓN : Psj. Aparicio Robles 118 2do piso Urb. Miguel Grau Seminario
 PROYECTO : "Optimización del afirmado de la cantera la Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila-Puente Piedra, Lima 2019"

EXPEDIENTE : 0173-2019/MAPID
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 18 de Octubre del 2019
 UBICACIÓN : Lima

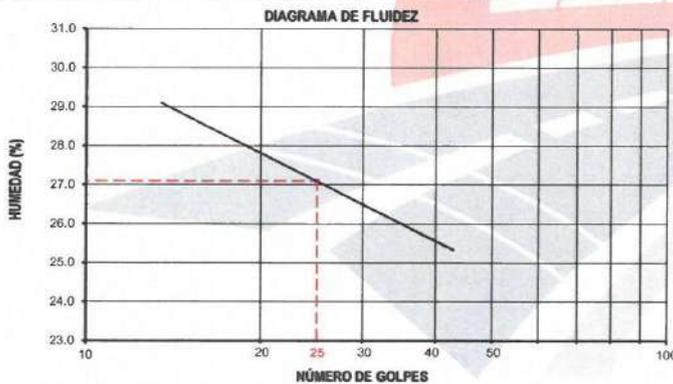
REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : Cantera "La Campana" Carabaylo Km 26+250
 DESCRIPCIÓN : Lado DER, Av. Túpac Amaru Coord. UTM (Zona 18L) 283559 E, 8692130 N

PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
 CANTIDAD : 60 kg aprox.

ASTM D 4318 MTC E 110, MTC E 111	DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS
---------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N°	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
Cápsula N°		294	87	308	254	25	130
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	34.46	28.33	36.95	34.59	27.96	29.91
Peso cápsula + suelo seco	(g)	30.20	25.39	32.97	30.99	26.19	27.60
Peso del Agua	(g)	4.26	2.94	3.98	3.60	1.77	2.31
Peso de la cápsula	(g)	15.18	14.57	18.07	17.31	18.54	17.22
Peso del suelo seco	(g)	15.02	10.82	14.90	13.68	7.65	10.38
Contenido de humedad	(%)	28.4	27.2	26.7	26.3	23.1	22.3
Número de golpes		17	24	28	32		



RESULTADOS DE ENSAYOS		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	27.1
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	22.7
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	4.4
COMENTARIOS:		
- Ensayo realizado al material pasando la malla N°40.		
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".		
OBSERVACION:		
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de		
- Ensayo efectuado al suelo natural.		
- Muestra de Cantera + 1.25 Litros TerraSil		

Fecha de emisión : Lima, 31 de Octubre del 2019

Tec.: J.N.C
 Rev.: B.C.S

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

JORGE LUIS PONCE CAMPOS
 TECNICO DE SUELOS
 V.B.

INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP 67846

MAPID SAC
 Email.: info@mapid.pe / Telf.: (01) 2330380
 Av. Marafón Mz. 7A, Lt. 22, Laura Caler Ibérico, Los Olivos - Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : José Luis Molina Cárdenas
 DIRECCIÓN : Paj. Aparicio Robles 118 2do piso Urb. Miguel Grau Seminario
 PROYECTO : "Optimización del afirmado de la cantera la Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangría-Puente Piedra, Lima 2019"

EXPEDIENTE : 0173-2019/MAPIID
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 18 de Octubre del 2019
 UBICACIÓN : Lima

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : Cantera "La Campana" Carabayillo Km 26+250
 DESCRIPCIÓN : Lado DER, Av. Túpac Amaru Coord. UTM (Zona 18L) 283559 E, 8692130 N
 PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
 CANTIDAD : 60 kg aprox.

**ASTM D 4318
 MTC E 110, MTC E 111** **DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO
 E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N°	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
Cápsula N°		90	217	276	124	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	29.34	35.61	29.42	35.46	--	--
Peso cápsula + suelo seco	(g)	26.05	32.02	26.64	31.91	--	--
Peso del Agua	(g)	3.29	3.59	2.78	3.55	--	--
Peso de la cápsula	(g)	14.05	18.42	15.99	18.06	--	--
Peso del suelo seco	(g)	12.00	13.60	10.65	13.85	--	--
Contenido de humedad	(%)	27.4	26.4	26.1	25.6	--	--
Número de golpes		17	24	26	30		



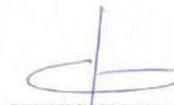
RESULTADOS DE ENSAYOS		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	26.2
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	NP
COMENTARIOS:		
- Ensayo realizado al material pesante la malla N°40.		
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".		
OBSERVACION:		
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de		
- Ensayo efectuado al suelo natural.		
- Muestra de Cantera + 1.50 Lt/m ³ TerraSil		

Fecha de emisión : Lima, 31 de Octubre del 2019

Tec.: J.M.C
 Rev.: B.C.S

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.


 JORGE LUIS PONCE CAMPOS
 TECNICO DE SUELOS
 V.B.


 INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARABAN
 CIP 67846

MAPID SAC
 Email: info@mapid.pe / Telf.: (01) 2330380
 Av. Marañón Mz. 7A, Lt. 22, Laura Caler Ibérico, Los Olivos - Lima

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : José Luis Molina Cárdenas DIRECCIÓN : Psj. Aparicio Robles 118 2do piso Urb. Miguel Grau Seminario PROYECTO : "Optimización del afirmado de la cantera la Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila-Puente Piedra, Lima 2019"	EXPEDIENTE N° : 0173-2019/MAPID FECHA RECEPCIÓN : Lima, 18 de Octubre del 2019 UBICACIÓN : Lima
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : Cantera "La Campana" Carabaylo Km 26+250 DESCRIPCIÓN : Lado DER, Av. Túpac Amaru Coord. UTM (Zona 18L) 283559 E, 8692130 N	PRESENTACION : 01 Costal de polietileno CANTIDAD : 60 kg aprox.
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

ASTM D 2419 MTC E 114	METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO
----------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------

EQUIVALENTE DE ARENA			
DESCRIPCION	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
Hora de Saturacion (10 min)	10:00:00 a. m.	10:01:00 a. m.	10:02:00 a. m.
Hora de Agitacion (1 min)	10:10:00 a. m.	10:11:00 a. m.	10:12:00 a. m.
Hora de Decantacion (20 min)	10:11:00 a. m.	10:12:00 a. m.	10:13:00 a. m.
Hora de salida Decantacion	10:31:00 a. m.	10:32:00 a. m.	10:33:00 a. m.
Lectura de Finos	12.70	12.50	12.80
Lectura de Arena	2.40	2.50	2.60
Equivalente de Arena (%)	19	20	20
Equivalente de Arena (RESULTADO) (%)	20		

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al agregado fino natural.
- Muestra de Cantera = 1.00 Lt/m³ TerraSil

Fecha de emision : Lima, 31 de Octubre del 2019

Tec.: J.N.C
Rev.: B.C.S

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



JORGE LUIS PONCE CAMPOS
TECNICO DE SUELOS
 v.B.



INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
CIP 67846

MAPID SAC
Email: info@mapid.pe / Telf.: (01) 2330380
Av. Marañón Mz. 7A, Lt. 22, Laura Caller Iberico, Los Olivos - Lima

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : José Luis Molina Cárdenas	EXPEDIENTE N° : 0173-2019/MAPID
DIRECCIÓN : Psj. Aparicio Robles 118 2do piso Urb. Miguel Grau Seminario	FECHA RECEPCIÓN : Lima, 18 de Octubre del 2019
PROYECTO : "Optimización del afirmado de la cantera la Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila-Puente Piedra,Lima 2019"	UBICACIÓN : Lima

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : Cantera "La Campana" Carabaylo Km 26+250	PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
DESCRIPCIÓN : Lado DER, Av. Túpac Amaru Coord. UTM (Zona 16L) 263559 E, 8692130 N	CANTIDAD : 60 kg aprox.

ASTM D 2419 MTC E 114	METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO
--------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------

EQUIVALENTE DE ARENA			
DESCRIPCION	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
Hora de Saturacion (10 min)	11:00:00 a. m.	11:01:00 a. m.	11:02:00 a. m.
Hora de Agitacion (1 min)	11:10:00 a. m.	11:11:00 a. m.	11:12:00 a. m.
Hora de Decantacion (20 min)	11:11:00 a. m.	11:12:00 a. m.	11:13:00 a. m.
Hora de salida Decantacion	11:31:00 a. m.	11:32:00 a. m.	11:33:00 a. m.
Lectura de Finos	12.50	12.40	12.70
Lectura de Arena	3.00	2.60	3.10
Equivalente de Arena (%)	24	23	24
Equivalente de Arena (RESULTADO) (%)	24		

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al agregado fino natural.
- Muestra de Cantera + 1.25 Lt/m3 TerraSil

Fecha de emisión : Lima, 31 de Octubre del 2019

Tec.: J.N.C
Rev.: B.C.S

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



JORGE LUIS PONCE CAMPOS
TECNICO DE SUELOS
V.B.



INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
CIP 67846

MAPID SAC
Email: info@mapid.pe / Telf.: (01) 2330380
Av. Marañón Mz. 7A, Lt. 22, Laura Cailler Ibérico, Los Olivos - Lima

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : José Luis Molina Cárdenas
 DIRECCIÓN : Paj. Aparicio Robles 118 2do piso Urb. Miguel Grau Seminario
 PROYECTO : *Optimización del afirmado de la cantera la Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila-Puente Piedra, Lima 2019*

EXPEDIENTE N° : 0173-2019/MAPID
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 18 de Octubre del 2019
 UBICACIÓN : Lima

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : Cantera "La Campana" Carabaylo Km 26+250
 DESCRIPCIÓN : Lado DER, Av. Túpac Amaru Coord. UTM (Zona 18L) 283559 E, 8692130 N
 PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
 CANTIDAD : 60 kg aprox.

**ASTM D 2419
MTC E 114**

METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO

EQUIVALENTE DE ARENA			
DESCRIPCION	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
Hora de Saturacion (10 min)	12:00:00 p. m.	12:01:00 p. m.	12:02:00 p. m.
Hora de Agitacion (1 min)	12:10:00 p. m.	12:11:00 p. m.	12:12:00 p. m.
Hora de Decantacion (20 min)	12:11:00 p. m.	12:12:00 p. m.	12:13:00 p. m.
Hora de salida Decantacion	12:31:00 p. m.	12:32:00 p. m.	12:33:00 p. m.
Lectura de Finos	12.70	12.20	12.60
Lectura de Arena	2.70	2.70	2.80
Equivalente de Arena (%)	21	22	22
Equivalente de Arena (RESULTADO) (%)	22		

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al agregado fino natural.
- Muestra de Cantera + 1.50 Lt/m3 TerraSil

Fecha de emisión : Lima, 31 de Octubre del 2019

Tec.: J.J.C
Rev.: B.C.5

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.


 JORGE LUIS PONCE CAMPOS
 TECNICO DE SUELOS
 V.R.


 INGÉNIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP 67846

MAPID SAC
 Email: info@mapid.pe / Telf.: (01) 2330380
 Av. Marañón Mz. 7A, Lt. 22, Laura Caller Ibérico, Los Olivos - Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO

Anexo 5: Constancias



CONSTANCIA DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Debido a la realización del desarrollo de tesis para obtener el título de ingeniero civil, titulada “Optimización del afirmado de la cantera la Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila-Puente Piedra, Lima 2019” del Sr. José Luis Molina Cárdenas identificado con DNI N° 78021403 y código de estudiante N° 6700283214 de la Universidad César Vallejo – Sede Lima Norte; a quien se le otorgó el acceso libre a las instalaciones para la realización de sus ensayos correspondientes a su investigación en el laboratorio de suelos y agregados, Manejo de proyectos de ingeniería para el desarrollo S.A.C. Por medio del presente dejo constancia que:

- a) Los equipos del laboratorio de suelos y agregados de MAPID S.A.C, se encuentran correctamente calibradas, certificando la obtención de resultados reales y precisos.
- b) En el laboratorio de suelos y agregados de MAPID S.A.C, se realizan los ensayos de acuerdo al Manual de ensayos de materiales del Ministerio de transportes y comunicaciones – EM 2016; demostrando validez y confiabilidad
- c) Los ensayos se realizaron por técnicos capacitados en cada área, los cuales fueron el sustento de apoyo para que el tesista pueda intervenir en cada fase de su investigación y ejecución de ensayos.

Lima, 28 de octubre del 2019

GERENTE GENERAL
Brian Elías Cerna Sánchez



BREM S.A.C.
Environmental Solutions

CONSTANCIA DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL USO DEL ADITIVO QUÍMICO TERRASIL

Debido a la realización del desarrollo de tesis para obtener el título de ingeniero civil, titulada “Optimización del afirmado de la cantera la Campana incorporando TerraSil con propósito de pavimentación en los Jardines de Shangrila-Puente Piedra, Lima 2019” del Sr. José Luis Molina Cárdenas identificado con DNI N° 78021403 y código de estudiante N° 6700283214 de la Universidad César Vallejo – Sede Lima Norte. Por medio del presente dejo constancia que:

- a) Se le otorga muestras del aditivo químico TerraSil, con fines de realizar su proyecto de tesis en una adecuada unidad de área en laboratorio aplicado a la mecánica de suelos.
- b) Se le permite el uso del aditivo químico TerraSil, para la aplicación en muestras representativas de la cantera la Campana como específica en su proyecto de tesis.
- c) En los ensayos en los cuales se aplique el aditivo químico TerraSil, deberán ser realizados por personal capacitado para realizar el método de ensayo, mencionando la intervención del tesista durante el procedimiento.

Lima, 20 de setiembre del 2019

Ulises Antonio Chávez Mas
DNI N° 42868967
GERENTE GENERAL
BREM ENVIRONMENTAL SOLUTIONS S.A.C.
CÓDIGO DE ESTUDIANTE N° 6700283214

Antonio Chávez Mas
GERENTE GENERAL

BREM ENVIRONMENTAL SOLUTIONS SAC

Anexo 6: Ficha técnica del aditivo TerraSil




TERRACERÍAS
SUBRASANTES
SUBBASES
BASES

Mejora la compactación, reduce la expansividad y aumenta la resistencia del suelo al agua.

Terrasil es un producto que se diluye en agua y se aplica con equipo aspersor sobre suelos de diferentes tipos para generar los siguientes beneficios:

Mejor compactación	Reducción de expansividad	Impermeabilización molecular
Logra compactaciones dentro de la norma con menos pasadas.	Reduce las deformaciones y los esfuerzos internos.	Genera estructuras resistentes al agua.
Mejor manejo del suelo para rangos más amplios de humedad óptima de compactación.	Facilita el uso de suelos locales que en principio no cumplen con la norma a costos competitivos.	Rompe el ascenso capilar y asegura la conservación de capacidad de carga durante la vida útil del camino.
Retiene finos a largo plazo, lo que produce menos grietas y baches.		
En dosis adecuadas, puede incrementar los valores de CBR.		
Vida útil prolongada y mantenimiento menos recurrente del camino.		
Uso más eficiente de los recursos, caminos sustentables. 		

Mejor compactación

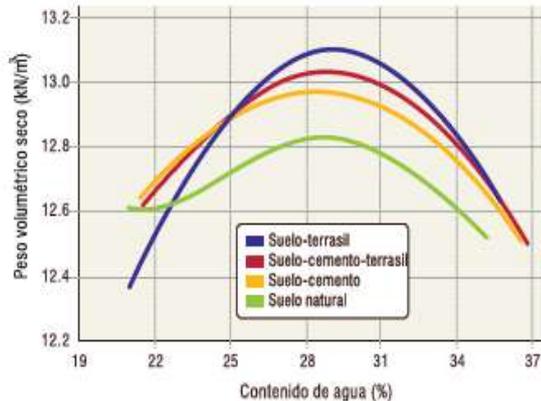
Terrasil genera un escudo eléctrico a nivel molecular que reduce la fricción entre las partículas del suelo y aumenta su lubricidad.

- La densidad Proctor suele ser menor a la máxima debido a distribuciones desfavorables de las partículas, a cargas eléctricas incompatibles y variaciones en el contenido óptimo de humedad.
- Terrasil permite lograr los mismos resultados de compactación, con menos ciclos de maquinaria y con rangos más flexibles en el contenido de humedad.

Curvas de compactación:
Arcilla expansiva de Querétaro (CH)

Dosificación: Terrasil 1kg/m³

Gs	LL	IP	% pasa malla 200	$W_{opt} = 28.5\%$ $\gamma_s = 12.97 \text{ kN/m}^3$
2.64	64%	38%	76.02	



Reduce la expansividad

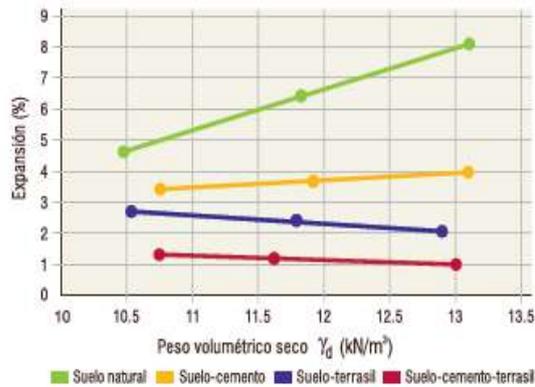
Al hidratarse, deshidratarse y/o cambiar de temperatura, los suelos se expanden y contraen generando esfuerzos de fatiga que producen ondulaciones, grietas y deterioro en toda la estructura del camino. TerraSil genera una interacción diferente entre las partículas de suelo y mitiga los efectos expansivos.

- TerraSil llega a reducir la expansividad hasta en un 90% en suelos con Índice Plástico menor a 50.
- El uso de TerraSil abre la opción de utilizar suelos que en un principio no cumplen con la normatividad.

Arcilla expansiva de Querétaro (CH)
Dosificación: TerraSil 1kg/m³

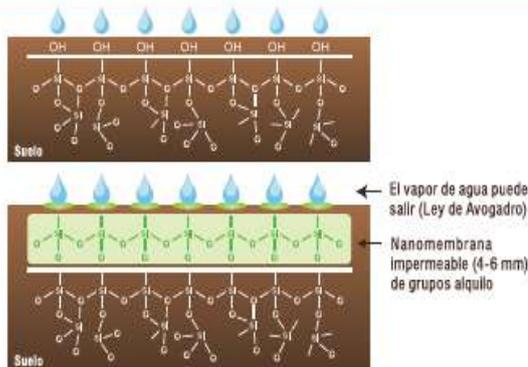
$$w_{opt} = 28.5\%$$

$$\gamma_d = 12.97 \text{ kN/m}^3$$



Impermeabilización a nivel molecular

1. La solución de agua con TerraSil se esparce sobre la superficie del suelo a tratar.
2. Los grupos de silano hidrolizado (SiOH) penetran profundamente en el suelo debido a que éste es hidrófilo (afín al agua), en esta etapa.
3. Al curar, se generan cadenas de alquilo siloxano que crean una nanomembrana que repele al agua en estado líquido, pero permite su paso como vapor.



Almacenamiento

TerraSil no requiere cuidados especiales y su manejo es seguro. Debe almacenarse entre 5-45°C, alejado de la luz solar y en ambiente seco, lejos del calor y fuentes de ignición. El contenedor debe cerrarse completamente tras cada uso.

Zydex Inc. 106, Kitty Hawk Drive, Morrisville, NC 27560, USA
 Call : 919 342 6551 Fax : 919 544 3487 Email : us.sales@zydexindustries.com

Zydex® : "Sustainability through innovation"

TerraSil

Estabilización de suelos /
 Resistencia al agua de Terracerías,
 Subbases y Bases

Nanotac

Riegos asfálticos
 Mezclas en frío
 Morteros asfálticos

ZycoTherm

Mezclas asfálticas
 calientes y tibias

www.zydex.mx

Anexo 7: Certificados de calibración de equipos de laboratorio



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
 POR EL ORGANISMO PERUANO DE
 ACREDITACIÓN INACAL - DA
 CON REGISTRO N° LC - 003



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SGM - A - 1762 - 2018

Página 1 de 3

- | | | |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Expediente | : V2-18420 | Función |
| 2. Solicitante | : MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES | |
| 3. Dirección | : Av. Tupac Amaru Nro. 150 - Rimac - Lima - Lima | <i>Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metrológica en nuestros clientes.</i> |
| 4. Instrumento | : BALANZA | |
| Funcionamiento | : NO AUTOMÁTICO | |
| Alcance de Indicación | : 0 g a 620 g | |
| Intervalo de escala (d) | : 0,01 g | Misión |
| Intervalo de escala de verificación (e) | : 0,1 g | |
| Clase de Exactitud | : II | <i>Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.</i> |
| Capacidad Mínima (*) | : 0,5 g | |
| Marca | : KERN | |
| Modelo | : 474-32 | |
| Tipo | : ELECTRÓNICA | |
| Procedencia | : NO INDICA | Visión |
| Número de Serie | : 022510091 | |
| Código de Identificación | : USA-113 | <i>Ser el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional según las exigencias y competencias de la industria, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.</i> |
| Ubicación | : UNIDAD DE SUELOS Y AGREGADOS | |
| Fecha de Calibración | : 2018 - 10 - 19 | |
| Fecha de Emisión | : 2018 - 10 - 22 | |
| Lugar de Calibración | : INSTALACIONES DE MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES | |

5. Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según el procedimiento PC-011 4ª edición: 2010 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II" de INACAL.

6. Observaciones

(*) Obtenida a partir de la División Mínima de Escala (d) y de la Clase de Exactitud de la balanza.
 Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.
 SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
 El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
 La balanza ha sido calibrada hasta un alcance de 620 g
 El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.



Luis Sánchez García
 Supervisor del Laboratorio

Quim. Marlene Acuña Anca
 C.Q.P.: 1009
 Jefe de Calidad



Av. Ramón Castilla N° 154, Urb. Playa Rimac, Callao 572 2630 / 572 1691

ventas@sgnortec.com sgnortec.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SGM - A - 1761 - 2018

Página 1 de 3

1. Expediente	: V2-18420	<i>Función</i>
2. Solicitante	: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	
3. Dirección	: Av. Tupac Amaru Nro. 150 - Rimac - Lima - Lima	<i>Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metroológica en nuestros clientes.</i>
4. Instrumento	: BALANZA	<i>Misión</i>
Funcionamiento	: NO AUTOMÁTICO	
Alcance de Indicación	: 0 g a 8100 g	
Intervalo de escala (d)	: 0,1 g	
Intervalo de escala de verificación (e)	: 1 g	
Clase de Exactitud	: II	<i>Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.</i>
Capacidad Mínima (*)	: 5 g	
Marca	: METTLER TOLEDO	
Modelo	: PB8001	
Tipo	: ELECTRÓNICA	<i>Visión</i>
Procedencia	: SUIZA	
Número de Serie	: 1116290783	
Código de Identificación	: USA-114	<i>Ser el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional según las exigencias y competencias de la industria, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.</i>
Ubicación	: UNIDAD DE SUELOS Y AGREGADOS	
Fecha de Calibración	: 2018 - 10 - 19	
Fecha de Emisión	: 2018 - 10 - 22	
Lugar de Calibración	: INSTALACIONES DE MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	

5. Método de Calibración Empleado

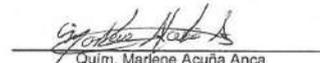
La calibración se realizó por comparación directa entre las Indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según el procedimiento PC-011 4ª edición: 2010 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II" de INACAL.

6. Observaciones

(*) Obtenida a partir de la División Mínima de Escala (d) y de la Clase de Exactitud de la balanza.
Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.
SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
La balanza ha sido calibrada hasta un alcance de 8100 g
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.



Luis Sánchez García
Supervisor del Laboratorio



Quím. Marlene Acuña Anca
C.Q.P.: 1009
Jefe de Calidad



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SGTF - 016 - 2019**

Página 1 de 2

- 1. ORDEN DE TRABAJO** : V2-200-19
- 2. SOLICITANTE** : MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
- 3. DIRECCIÓN** : AV. TUPAC AMARU NRO. 150 - RIMAC - LIMA - LIMA
- 4. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : CONTADOR
- TIPO DE INDICACIÓN** : DIGITAL
- AMPLITUD DE INDICACIÓN** : 0 a 999 conteos
- RESOLUCIÓN** : NO APLICA
- MARCA** : AUTONICS
- MODELO** : LA7N-2R
- NUMERO DE SERIE** : NO INDICA
- PROCEDENCIA** : NO INDICA
- CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN** : NO INDICA
- UBICACIÓN** : UNIDAD DE SUELOS Y AGREGADOS
- 5. FECHA DE CALIBRACIÓN** : 2019-05-22
- 6. FECHA DE EMISIÓN** : 2019-05-29
- 7. LUGAR DE CALIBRACIÓN** : Instalaciones del MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Función

Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metrológica en nuestros clientes.

Misión

Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.

Visión

Convertirnos en el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional de acuerdo con las exigencias y competencias de la industria nacional, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.

8. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN EMPLEADO

La calibración ha sido efectuada empleando el método de comparación directa entre las indicaciones de lectura del cronómetro digital y las indicaciones de lectura del cronómetro patrón de mejor exactitud.

9. OBSERVACIONES

El instrumento pertenece al APARATO DE CASA GRANDE ELÉCTRICO de código: USA-123

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.




Ana Zola Chonón Núñez
Supervisor de Laboratorio

HCSG038-01



INFORME DE VERIFICACIÓN
IV - 051 - 2019

Página 1 de 2

1. ORDEN DE TRABAJO : V2-200-19
2. SOLICITANTE : MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
3. DIRECCIÓN : AV. TUPAC AMARU NRO. 150 - RIMAC - LIMA - LIMA
4. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : APARATO DE CASA GRANDE ELÉCTRICO
- MARCA : COSACOV
- MODELO : NO INDICA
- NUMERO DE SERIE : NO INDICA
- PROCEDENCIA : NO INDICA
- CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN : USA-123
- UBICACIÓN : UNIDAD DE SUELOS Y AGREGADOS
5. FECHA DE VERIFICACIÓN : 2019-05-23
6. FECHA DE EMISIÓN : 2019-05-28
7. LUGAR DE VERIFICACIÓN : Instalaciones del MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Función

Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metroológica en nuestros clientes.

Misión

Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.

Visión

Convertirnos en el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional de acuerdo con las exigencias y competencias de la industria nacional, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.

8. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN EMPLEADO

La verificación se efectuó tomando como referencia el procedimiento indicado en el manual del equipo.

9. OBSERVACIONES

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la verificación y se refieren exclusivamente al instrumento verificado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto. SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento. El usuario es responsable de la reverificación de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.



Ana Zola Chonón Núñez
Supervisor de Laboratorio



HCSG050-01

Av. Ramón Castilla N° 154, Urb. Playa Rímac, Callao 572 2630 / 572 1691

ventas@sgnortec.com sgnortec.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE DOCUMENTO

INFORME DE VERIFICACIÓN
IV - 051 - 2019

Página 2 de 2

10. TRAZABILIDAD

Los resultados de la verificación realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales e Internacionales en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Trazabilidad		SG NORTEC S.R.L.	
Patrón Utilizado	Certif./ Inf. Calibración	Patrón de Trabajo	Certif./ Inf. Calibración
LL-012 Bloques Patrón de Longitud (Grado de exactitud 0)	INDECOPI SNM / LLA-C-067-2018	LFP-009 Pie de rey	METROSYSTEMS MS-0892-2018
	INDECOPI SNM / LLA-292-2018		
	INDECOPI SNM / LLA-290-2018		

11. RESULTADOS DE MEDICIÓN

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	21,2 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	60,0 %	61,0 %



Dimensiones	Conjunto de la cazuela			Base			
	A	B	C	N	K	L	M
Descripción	Radio de la copa	Espesor de la copa	Profundidad de la copa	Copa desde guía del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho
mm	49,20	2,00	27,25	47,17	40,13	146,19	118,50
Incertidumbre (k=2)	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02

DIMENSIONES DEL APARATO DE LÍMITE LÍQUIDO

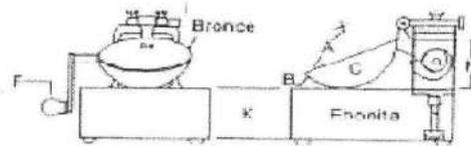


Figura 1. Aparato manual para límite líquido

12. INCERTIDUMBRE

La Incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guías OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100: 2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones (GUM)", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la verificación.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el Factor de Cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un Nivel de Confianza de aproximadamente 95%.

Fin del Certificado de verificación



HCSG050-01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

010-0714-CR-OFILAB-19

1. SOLICITANTE

Razón Social : Ministerio de Transportes y Comunicaciones
 Dirección : Av. Tupac Amaru N°150 - Rimac - Lima
 Fecha de emisión : Lima, 01 de noviembre del 2019

2. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO / INSTRUMENTO

Equipo / Instrumento : Horno
 Marca : Soiltest
 Procedencia : No indica
 Modelo : L 5B-4
 Serie : 626714
 Código / ID : USA-102
 Resolución : 0.1°C
 Alcance máximo : No indica
 Ubicación : Laboratorio
 Fecha de Calibración : Lima, 28 de octubre del 2019
 Lugar de Calibración : Instalaciones - Ministerio de Transportes y Comunicaciones

3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

PC-018 2° Ed. "Procedimiento para la calibración de medios isotermos con aire como medio termostático" del SNM/Indecopi.
 En función del tamaño de la cámara se han instalado 10 sensores (Termocuplas) de acuerdo a la tabla N°1.
 Se realiza una serie de mediciones a fin de ajustar el control de temperatura del equipo a la mejor posición posible. El control se ajustó a la temperatura deseada y se registra las temperaturas promedio cada 2 minutos, obteniéndose los resultados mostrados en las tablas posteriores.

4. PATRONES DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de la Dirección Metrológica	Termómetro de indicación digital, TRACEABLE, serie 160710515	LT-217-2018

5. CONCLUSIONES

La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura $K = 2$ para un nivel de confianza del 95% aproximadamente.
 Certificamos que el equipo se encuentra operativo y cumple con los parámetros de calibración.

6. OBSERVACIONES

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
 Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados del certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario esta en la obligación de recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado y el tiempo de uso del instrumento.

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito del laboratorio que lo emite.

Ofilab Peru S.A.C.

Ing. Quirín Jorge Santos Aquino
 Dep. Desarrollo de Proyectos

Ofilab Peru S.A.C.

Ing. José Jones Flores
 Dep. Técnico

IMPRESIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL TOTAL COMPARECE DEL PRESENTE DOCUMENTO EN AUTORIZACIÓN DE OFILAB PERÚ S.A.C.

INFORME TÉCNICO

010-0714-IN-OFILAB-19

1. SOLICITANTE

Razón Social : Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Dirección : Av. Tupac Amaru N°150 - Rimac - Lima
Fecha emisión : Lima, 01 de noviembre del 2019

2. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO / INSTRUMENTO

Equipo / Instrumento : Horno
Marca : Soiltest
Procedencia : No indica
Modelo : L 5B-4
Serie : 626714
Código / ID : USA-102
Resolución : 0.1°C
Rango : No indica
Ubicación : Laboratorio
Fecha de mantenimiento : Lima, 28 de octubre del 2019
Lugar de mantenimiento : Instalaciones - Ministerio de Transportes y Comunicaciones

3. DESARROLLO

3.1. Situación inicial del equipo

- No presenta desperfectos que alteren las lecturas del equipo.
- Superficie interna está deteriorado

3.2. Proceso de mantenimiento

Identificación de los accesorios del equipo	22/10/2019
Limpieza general del equipo	22/10/2019
Análisis e identificación de las fallas	22/10/2019
Desensamblaje del equipo	22/10/2019
Repuestos	22/10/2019
Mantenimiento del equipo	22/10/2019
Calibración	22/10/2019
Verificación	22/10/2019

Mantenimiento	Limpieza al sistema eléctrico / electrónico Limpieza a la cámara interna del equipo Verificación de la resistencia Verificación de lineabilidad de lecturas
Repuesto	Reparación de la superficie interna del equipo.
Calibración	PC-018 2° Ed. "Procedimiento para la calibración de medios isotermos con aire como medio termostático" del SNM/Indecopi. En función del tamaño de la cámara se han instalado 10 sensores (Termocupias) de acuerdo a la tabla N°1. Se emite Certificado de Calibración 010-0714-CR-OFILAB-19

4. CONCLUSIONES

- Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación servicio de "MANTENIMIENTO".
- Equipo se encuentra operativo.

Ofilab Peru S.A.C.

Ing. José Torres Flores
Dop. Técnico

VERIFICACIÓN Y AUTORIZACIÓN DEL DOCUMENTO: VERIFICACIÓN DEL DOCUMENTO Y AUTORIZACIÓN DE OFILAB PERU S.A.C.

USA-143
MAY 2019

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SGTF - 018 - 2019

Página 1 de 2

1. ORDEN DE TRABAJO	: V2-200-19	<i>Función</i>
2. SOLICITANTE	: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	<i>Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metrológica en nuestros clientes.</i>
3. DIRECCIÓN	: AV. TUPAC AMARU NRO. 150 - RIMAC - LIMA - LIMA	
4. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	: TIMER	
TIPO DE INDICACIÓN	: ANALÓGICO	
AMPLITUD DE INDICACIÓN	: 0 a 99,9 seg	<i>Misión</i>
RESOLUCIÓN	: 0,01 seg	<i>Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.</i>
MARCA	: NO INDICA	
MODELO	: ST 3	
NUMERO DE SERIE	: NO INDICA	
PROCEDENCIA	: NO INDICA	
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN	: NO INDICA	
UBICACIÓN	: UNIDAD DE SUELOS Y AGREGADOS	
5. FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2019-05-24	<i>Visión</i>
6. FECHA DE EMISIÓN	: 2019-05-29	<i>Convertirnos en el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional de acuerdo con las exigencias y competencias de la industria nacional, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.</i>
7. LUGAR DE CALIBRACIÓN	: Instalaciones del MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	

8. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN EMPLEADO

La calibración ha sido efectuada empleando el método de comparación directa entre las indicaciones de lectura del cronómetro digital y las indicaciones de lectura del cronómetro patrón de mejor exactitud.

9. OBSERVACIONES

El instrumento pertenece al AGITADOR MECÁNICO EQUIVALENTE DE ARENA de código: USA-143

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.



Ana Zola Chonón Núñez
Supervisor de Laboratorio

HCSG038-01



INFORME DE VERIFICACIÓN
IV - 053 - 2019

Página 1 de 2

1. ORDEN DE TRABAJO	: V2-200-19	Función
2. SOLICITANTE	: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	<i>Brindar servicios de calibración seguros y confiables, manteniendo una adecuada trazabilidad a los patrones nacionales ayudando a promover la cultura metrológica en nuestros clientes.</i>
3. DIRECCIÓN	: AV. TUPAC AMARU NRO. 150 - RIMAC - LIMA - LIMA	
4. EQUIPO/INSTRUMENTO	: AGITADOR MECÁNICO PARA EQUIVALENTE DE ARENA	
INTERVALO DE INDICACIÓN	: 0 segundos a 60 segundos /175 rpm	Misión
RESOLUSIÓN	: 1 segundos	<i>Somos un laboratorio comprometido con la metrología, cuya misión es la de proporcionar servicios de calibración de la más alta calidad, para la satisfacción de las necesidades y requerimientos inmediatos de nuestros clientes.</i>
MARCA	: PINZUAR	
MODELO	: PS-86	
NÚMERO DE SERIE	: 105	
PROCEDENCIA	: COLOMBIA	Visión
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN	: NO INDICA	<i>Convertirnos en el Laboratorio de Calibración Líder dentro del mercado nacional de acuerdo con las exigencias y competencias de la industria nacional, estableciendo relaciones profesionales sólidas y duraderas.</i>
UBICACIÓN	: UNIDAD DE SUELOS Y AGREGADOS	
5. FECHA DE VERIFICACIÓN	: 2019-05-24	
6. FECHA DE EMISIÓN	: 2019-05-28	
7. LUGAR DE VERIFICACIÓN	: Instalaciones del MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	

8. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN EMPLEADO

La verificación se realizó empleando el método de comparación entre el número de revoluciones programadas en la centrífuga a verificar y las mediciones obtenidas por el tacómetro patrón.

9. OBSERVACIONES

El instrumento pertenece al AGITADOR MECANICO PARA EQUIVALENTE DE ARENA con código : USA-143
 Los resultados presentados son el resultado de un promedio de 10 mediciones para cada valor de revolución.
 Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la verificación y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.
 SG NORTEC S.R.L. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
 El usuario es responsable de la reverificación de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
 El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.



[Firma]
Ana Zdzia Chonón Núñez
Supervisor de Laboratorio



HCSG038-01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

1. SOLICITANTE

Razón Social : Ministerio de Transporte y Comunicaciones
Dirección : Av. Tupac Amaru N° 150 - Rimac - Lima

2. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO / INSTRUMENTO

Equipo/Instrumento : Prensa digital para CBR (50KN)
Marca : ELE INTERNATIONAL
Procedencia : U.S.A.
Modelo : 1934C0001/27-1300 CBR Test
S/N : 1934-1-00015
Código /ID : UCC-331
Celda de carga
Marca : ELE INTERNATIONAL
Modelo : DBBSME - 50KN
Serie : 44524
Capacidad : 50KN
Tipo : S
Ubicación física : Laboratorio de Compactación y C.B.R.

3. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Compactación y C.B.R. - Ministerio de Transporte y Comunicaciones

4. FECHA DE CALIBRACIÓN

Lima, 13 de diciembre del 2018

5. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Para la realización de la calibración se tomó como referencia la norma ASTM E74-18. El proceso de calibración consistió en la aplicación de 03 series de carga al patronado en comparación con la celda patrón.

6. TRAZABILIDAD

Patrón	Serie	Certificado
Celda de carga ANYLOAD	L40BB100	INF-LE-294-18
Pie de rey - INSIZE	1410131792	L-1224-2018

7. CONCLUSIÓN

La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura $K = 2$ para un nivel de confianza del 95% aproximadamente. Certificamos que el equipo se encuentra operativo y cumple con los parámetros de calibración.

8. OBSERVACIÓN

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde CALIBRADO

Ofilab Peru S.A.C.

Ing. Quirino Jorge Santos Aquino
Dep. Desarrollo de Proyectos

Ofilab Peru S.A.C.

Ing. Luis Millan
Dep. Técnico

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados del certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario está en la obligación de recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado y el tiempo de uso del instrumento.

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito del laboratorio que lo emite.

9. CALIBRACIÓN

9.1. Condiciones Ambientales

Temperatura °C	25°C ± 1°C
Humedad Relativa %HR	53%HR ± 2 %HR

9.2. Resultados

Celda ANYLOAD (Patrón)			Celda de ELE INTERNATIONAL		
Kg			Kg		
110	110	100	103	103	95
400	390	420	394	387	416
670	760	680	664	759	675
980	980	1030	973	977	1032
1260	1310	1370	1258	1306	1365
1540	1540	1570	1534	1542	1567
2040	2020	2080	2036	2018	2080
2500	2500	2520	2493	2501	2523
2990	3030	2960	2992	3028	2966
3500	3560	3530	3508	3567	3536
4020	4040	4000	4021	4042	4006

La ecuación de ajuste por el método de mínimos cuadrados según norma citada es:

$$DEFLEXIÓN = A + B(CARGA) + C (CARGA)^2$$

Siendo los coeficientes:

A = -5.7577
 B = 1.002
 C = 7.482E-08

Dial digital #01

Marca : ELE INTERNATIONAL
 Modelo : AML/SGD - 50 mm - ELE
 Serie : E11051

Patron mm	Dial # 01 mm	Dial # 01 Error Promedio mm
0.500	0.500	0.000
0.800	0.802	0.002
1.000	1.001	0.001
1.500	1.501	0.001
2.000	2.001	0.001

INFORME TÉCNICO

EXPEDIENTE : INF-LE 294 – 18

SOLICITANTE : **OFILAB PERÚ S.A.C.**
Jr. San Luis N° 341, Urb. San Carlos Et. 1
Comas, Lima
Att.: Sr. José Torres Flores

TITULO : CALIBRACION DE SISTEMA DE CELDA
DE CARGA
Celda de Carga: ANYLOAD
Capacidad nominal: 30000 kg
N° serie: L40BB100
Tipo: C3
Indicador Digital: PRECISION
N° serie: 0809991
Modelo: XK3190-A1
Resolución: 10 kg

FECHA : San Miguel, 14 de diciembre de 2018


Ing. Daniel Torrevalva
Jefe del Laboratorio de
Estructuras Antisísmicas



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Av. Universitaria 1801, San Miguel
T: 51-1 626-2000 anexo 4640
F: 51-1 626 2089
ledi@pucp.edu.pe

www.pucp.edu.pe

CALIBRACION DE SISTEMA CELDA DE CARGA

1. GENERALIDADES.

OFILAB PERÚ S.A.C. solicitó al Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú efectuar la calibración de un sistema de medición de carga comprendido por una celda de carga y un indicador digital.

Esta operación fue efectuada por personal del Laboratorio de Estructuras. La calibración se efectuó en el Laboratorio de Estructuras el 10 de diciembre de 2018.

2. EQUIPO CALIBRADO.

Celda de carga:

- Marca : ANYLOAD
- Modelo : 106HS
- Tipo : C3
- N° serie : L40BB100
- Capacidad : 30000 kg (nominal)

Indicador Digital:

- Marca : PRECISION
- Modelo : XK3190-A1
- N° serie : 0809991
- Resolución: 10 kg

3 EQUIPO EMPLEADO.

- Marco de reacción de perfiles mecano
- Celda de carga, HBM, C1, N° 99119, 500 kN, con última calibración efectuada el 08 de febrero de 2018.
- Amplificador: HBM MGCplus1 ch2
- Celda de carga, HBM, C1, N° 95357, 200 kN, con última calibración efectuada el 14 de febrero de 2018
- Amplificador: HBM MGCplus1 ch3
- Gata hidráulica, LUKAS, HP 200r200 FNr, 300
- Bomba hidráulica manual, LUKAS, ZPH3/8 PN 263915

4. PROCEDIMIENTO SEGUIDO.

Para la realización de la calibración se tomó como referencia la norma ASTM E74-18 y de acuerdo con el cliente se procedió a aplicar los valores de carga indicado en la página 3/3.

El proceso de calibración consistió en la aplicación de tres series de carga a la celda mediante una gata hidráulica en serie con la celda patrón.

5. RESULTADOS.

En la página 3/3 se presentan los resultados de la calibración efectuada.

INF-LE 294-18





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° L-1224-2018

Fecha de emisión : 2018-12-18

Expediente : 82782

Página 1 de 3

1. Solicitante : OFILAB PERÚ S.A.C.

2. Dirección : Jr. San Luis N° 341 Urb. San Carlos Et. Uno Lima - Lima - Comas

3. Instrumento : PIE DE REY

- Marca / Fabricante : INSIZE
- Modelo : No indica
- Número de serie : 1410131792
- Procedencia : No indica
- Código de identificación : No indica
- Alcance de indicación : 0 mm a 200 mm
- División mínima : 0,01 mm
- Tipo de indicación : Digital
- Código de fábrica : 1108-200W
- Ubicación : No indica

4. Lugar de calibración : Laboratorio de Longitud y Ángulo de METROIL S.A.C.

5. Fecha de calibración : 2018-12-18

6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa, según el PC-012 Edición 5 "Procedimiento de calibración de Pie de Rey" del INDECOPI-SNM.

7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Código	Instrumento patrón	Certificado de calibración
IL-068	Bloque patrón de longitud Grado 0	LLA-C-058-2018 / INACAL-DM
IL-135	Bloque patrón de longitud Grado 0	LLA-291-2018 / INACAL-DM
IL-173	Anillo patrón Incertidumbre de 0,6 µm	LLA-010-2018 / INACAL-DM
IL-177	Varilla patrón Incertidumbre de 0,4 µm	LLA-322-2018 / INACAL-DM
IT-449	Termómetro de contacto Incertidumbre de 0,07 °C	T-1972-2018 / METROIL S.A.C.

8. Condiciones de calibración

Temperatura ambiental : Inicial : 19,3 °C Final : 19,8 °C
Humedad relativa : Inicial : 56,1 % H.R. Final : 57,1 % H.R.

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

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

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

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

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

YANINA RIOS CHAVEZ
Jefe del Laboratorio de Longitud y Ángulo

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Lima - Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 048 181 Atención al Cliente: 975 193 739
Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 256 E-mail: ventas@metroil.com.pe Web: www.metroil.com.pe



9. Resultados

Error de referencia inicial (I) = 0 μm

Error de indicación del pie de rey para mediciones de exteriores

Valor patrón (mm)	Indicación promedio del pie de rey (mm)	Error (μm)
0,000	0,000	0
10,000	10,000	0
40,000	40,000	0
80,000	80,006	6
124,999	124,999	0
149,999	150,002	3
199,999	199,999	0

Error de contacto de la superficie parcial (E)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
79,999	10

Error de repetibilidad (R)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
79,999	10

Error de cambio de escala de exteriores a interiores (S_{E-I})

Valor patrón (mm)	Error (μm)
30,000	-10

Error de cambio de escala de exteriores a profundidad (S_{E-P})

Valor patrón (mm)	Error (μm)
30,000	0

Error de contacto lineal (L)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
10,000	0



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE Acreditación INACAL – DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

Certificado de calibración N° L-1224-2018
Página 3 de 3

Error de contacto de superficie completa (J)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
20,000	0

Error por la distancia de cruce de las superficies de medición para interiores (K)

Valor patrón (mm)	Error (μm)
4,999	0

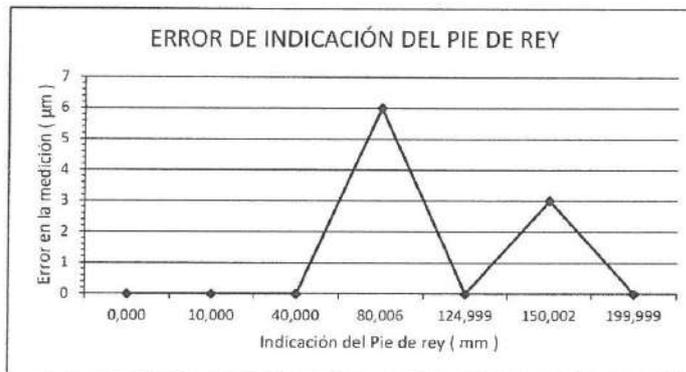
Incertidumbre de la medición : $(11,191^2 + 0,003^2 * L^2)^{1/2} \mu m$

L : Indicación del pie de rey en milímetros (mm)

Nota 1: Error de indicación del pie de rey para medición de interiores = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a interiores.

Nota 2: Error de indicación del pie de rey para medición de profundidad = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a profundidad.

Nota 3: El instrumento tiene un error máximo permisible de $\pm 30 \mu m$, según norma DIN 862.



10. Observaciones

- Se colocó en el instrumento una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO", con identificación N° A-13615.
- La incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura k=2, para un nivel de confianza aproximado del 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Lima - Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 048 181 Atención al Cliente: 975 193 739
Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 256 E-mail: ventas@metroil.com.pe Web: www.metroil.com.pe

Product Certification

Date: September, 2011

This is to Certify

that the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

PRODUCT MANUFACTURE: FORNEY, LLC

PRODUCT ITEM NUMBER: LA-3700

MANUFACTURING SPECIFICATIONS: ASTM D4318, AASHTO T89

PRODUCT DESCRIPTION: LIQUID LIMIT MACHINE

MODELO: LA-3700

SERIE: 1008

FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued as a statement of the fact that on this date the above instrument(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Guarantee or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customers, or the public at large) that the instrument(s) will continue to retain the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on the date, when the calibration, and adjustments if required was performed and reported by "FORNEY INCORPORATED", since the calibrator has absolutely no control over the future operation, damage, maintenance repairs and overall condition of the instrument(s) and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, obsolescence, malfunction, or sub-standard performance of said instrument(s): which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the machines regular custodian, owner and/or manufacturer.



WORLD EXPERTS IN MATERIAL TESTING
1565 Broadway Ave., Hermitage, PA 16148
Phone 724-346-7400 Fax: 724-346-7408
email - sales@forneyonline.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 506 - 2018

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Table with 3 columns: Item, Value, and Description. Includes details for Expediente (18842), Solicitante (MANEJO DE PROYECTOS DE INGENIERIA PARA EL DESARROLLO S.A.C.), Dirección, Equipo de medición (BALANZA ELECTRÓNICA), and Fecha de Calibración (2018-10-09).

Table with 3 columns: Fecha de Emisión (2018-10-10), Jefe del Laboratorio de Metrología (JUAN C. QUISPE MORALES), and Sello (Circular stamp of METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. LABORATORIO PERU).

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mc F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 292 - 2018**Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 6

1. Expediente	18842
2. Solicitante	MANEJO DE PROYECTOS DE INGENIERIA PARA EL DESARROLLO S.A.C.
3. Dirección	Mz. 7A Lt. 22 A.H. Laura Caller Iberico, Los Olivos - Lima - LIMA.
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	De 0 °C a 300 °C
Marca	ALFA
Modelo	G-030/250
Número de Serie	NO INDICA
Procedencia	NO INDICA
Identificación	MT-120 (*)
Ubicación	NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	1 °C	1 °C
Tipo	DIGITAL	TERMÓMETRO DIGITAL

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración 2018-10-09

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2018-10-10


 JUAN C. QUISPE MORALES


Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Product Certification

This is to Certify

that the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

PRODUCT MANUFACTURE: FORNEY, LLC

PRODUCT ITEM NUMBER: LA-3551

MANUFACTURING SPECIFICATIONS: MEETS ASTM D2419, AASHTO T176, EN 933-8.

PRODUCT DESCRIPTION: FORNEY SAND EQUIVALENT TEST SET

MODEL: LA-3551

SERIE: 140



FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued as a statement of the fact that on this date the above instrument(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Guarantee or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customers, or the public at large) that the instrument(s) will continue to retain the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on the date, when the calibration, and adjustments if required was performed and reported by "FORNEY INCORPORATED", since the calibrator has absolutely no control over the future operation, damage, maintenance repairs and overall condition of the instrument(s) and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, obsolescence, malfunction, or sub-standard performance of said instrument(s); which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the machines regular custodian, owner and/or manufacturer.



FORNEY

WORLD EXPERTS IN MATERIAL TESTING
1565 Broadway Ave., Hermitage, PA 16148
Phone 724-346-7400 Fax: 724-346-7408
email - sales@forneyonline.com

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 505 - 2018**

Página 1 de 4

1. Expediente	18842	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	MANEJO DE PROYECTOS DE INGENIERIA PARA EL DESARROLLO S.A.C.	
3. Dirección	Mz. 7A Lt. 22 A.H. Laura Caller Iberico, Los Olivos - Lima - LIMA.	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad Máxima	400 g	
División de escala (d)	0,01 g	
Div. de verificación (e)	0,01 g	
Clase de exactitud	II	
Marca	OHAUS	
Modelo	SE 402F	
Número de Serie	B145294237	
Capacidad mínima	0,2 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2018-10-09	

Fecha de Emisión

2018-10-10

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello


JUAN C. QUIÑE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 504 - 2018**

Página 1 de 4

1. Expediente	18842	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	MANEJO DE PROYECTOS DE INGENIERIA PARA EL DESARROLLO S.A.C.	
3. Dirección	Mz. 7A Lt. 22 A.H. Laura Caller Iberico, Los Olivos - Lima - LIMA.	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	300 g	
División de escala (d)	0,01 g	
Div. de verificación (e)	0,01 g	
Clase de exactitud	II	
Marca	OHAUS	
Modelo	TA302	
Número de Serie	B625634506	
Capacidad mínima	0,2 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2018-10-09	

Fecha de Emisión

2018-10-10

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello


JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

Anexo 8: Panel fotográfico



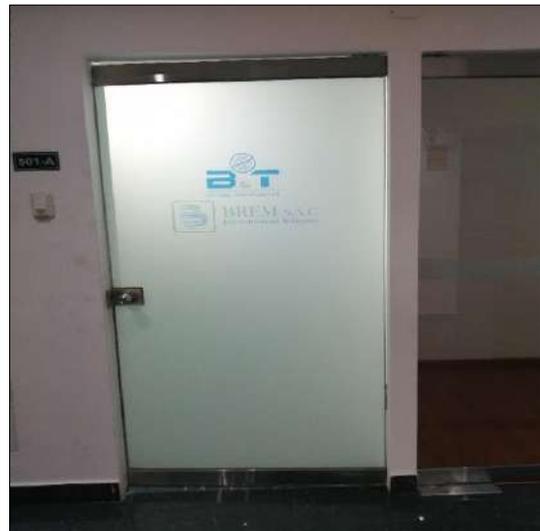
Aditivo químico TerraSil



Brem Enviromental solutions S.A.C



Brem Enviromental solutions S.A.C



Laboratorio de Coordinación de Estudios Especiales M.T.C





Preparación y secado de muestras



Granulometría por Tamizado



Lavado de muestra por el Tamiz N°200



Límites de Atterberg



Equivalente de arena



Peso específico y absorción de grava



Peso específico y absorción de grava



Gravedad específica y absorción de finos



Gravedad específica y absorción de finos



Abrasión en máquina de los ángeles



Abrasión en máquina de los ángeles



Sala: Unidad de compactación y C.B.R



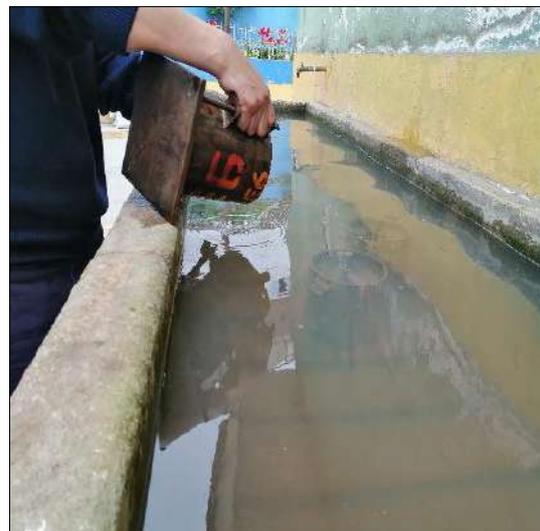
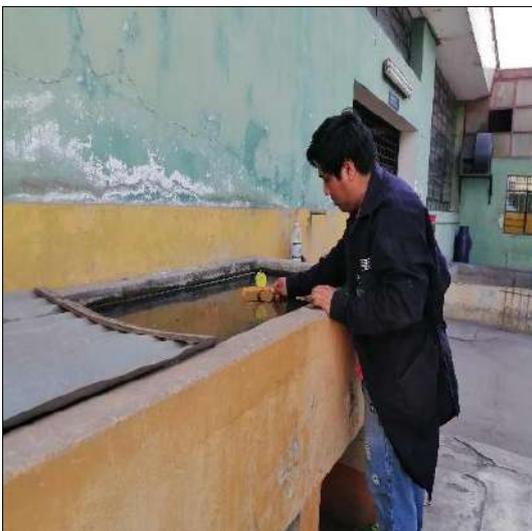
Ensayo de Proctor Modificado



Ensayo California Bearing Ratio



Procedimiento C.B.R: Inmersión de especímenes compactados en agua



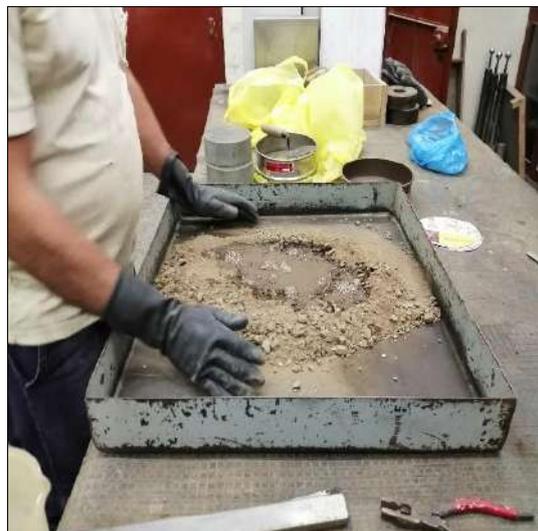
Medición de expansión y escurrimiento de especímenes compactados



Control de absorción y penetración de especímenes compactados



Condición de espécimen luego de penetración Preparación de TerraSil 1.00 Lt/m³



Preparación de solución y adición de TerraSil 1.00 Lt/m³



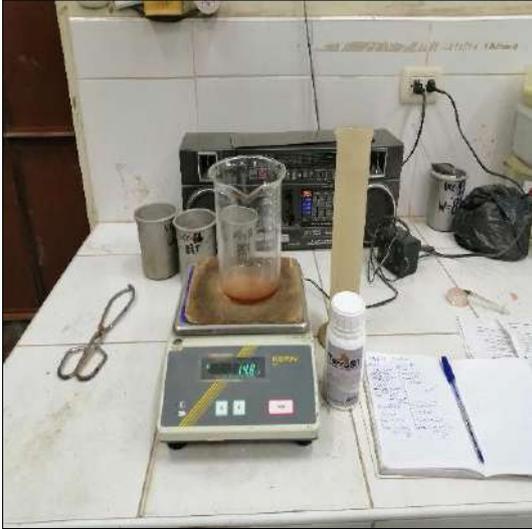
Compactación de especímenes con solución de Terrasil 1.00 Lt/m³



Preparación de solución y adición de TerraSil 1.25 Lt/m³



Compactación de especímenes con solución de Terrasil 1.25 Lt/m³



Preparación de TerraSil 1.00 Lt/m³



Preparación de solución y adición de TerraSil 1.50 Lt/m³



Compactación de especímenes con solución de TerraSil 1.50 Lt/m³





Curado de especímenes compactados por un período de 4 días



Medición de expansión y control de absorción de especímenes dosificados con TerraSil



Control de absorción y penetración de especímenes dosificados con TerraSil



Condición de espécimen dosificado con TerraSil luego de penetración



Eliminación de especímenes ensayados

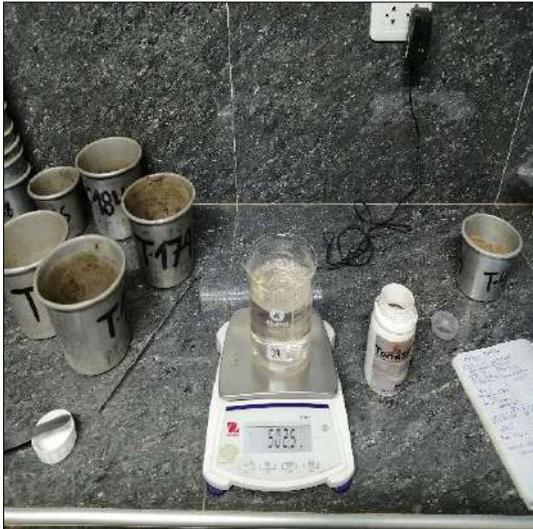


Preparación para equivalente de arena



Preparación de solución de TerraSil en laboratorio de MAPID S.A.C





Adición de solución de TerraSil en muestras < N°4 Cantera la Campana



Procedimiento de ensayo de muestras dosificadas con TerraSil



Procedimiento de ensayo de muestras dosificadas con TerraSil 1.00 Lt/m³



Procedimiento de ensayo de muestras dosificadas con TerraSil 1.25 Lt/m³



Procedimiento de ensayo de muestras dosificadas con TerraSil 1.50 Lt/m³



Preparación para Límites de Atterberg



Adición de solución de TerraSil en muestras < N°40 Cantera la Campana



Procedimiento de ensayo de muestras dosificadas con TerraSil



Procedimiento de ensayo de muestras dosificadas con TerraSil 1.00 Lt/m³

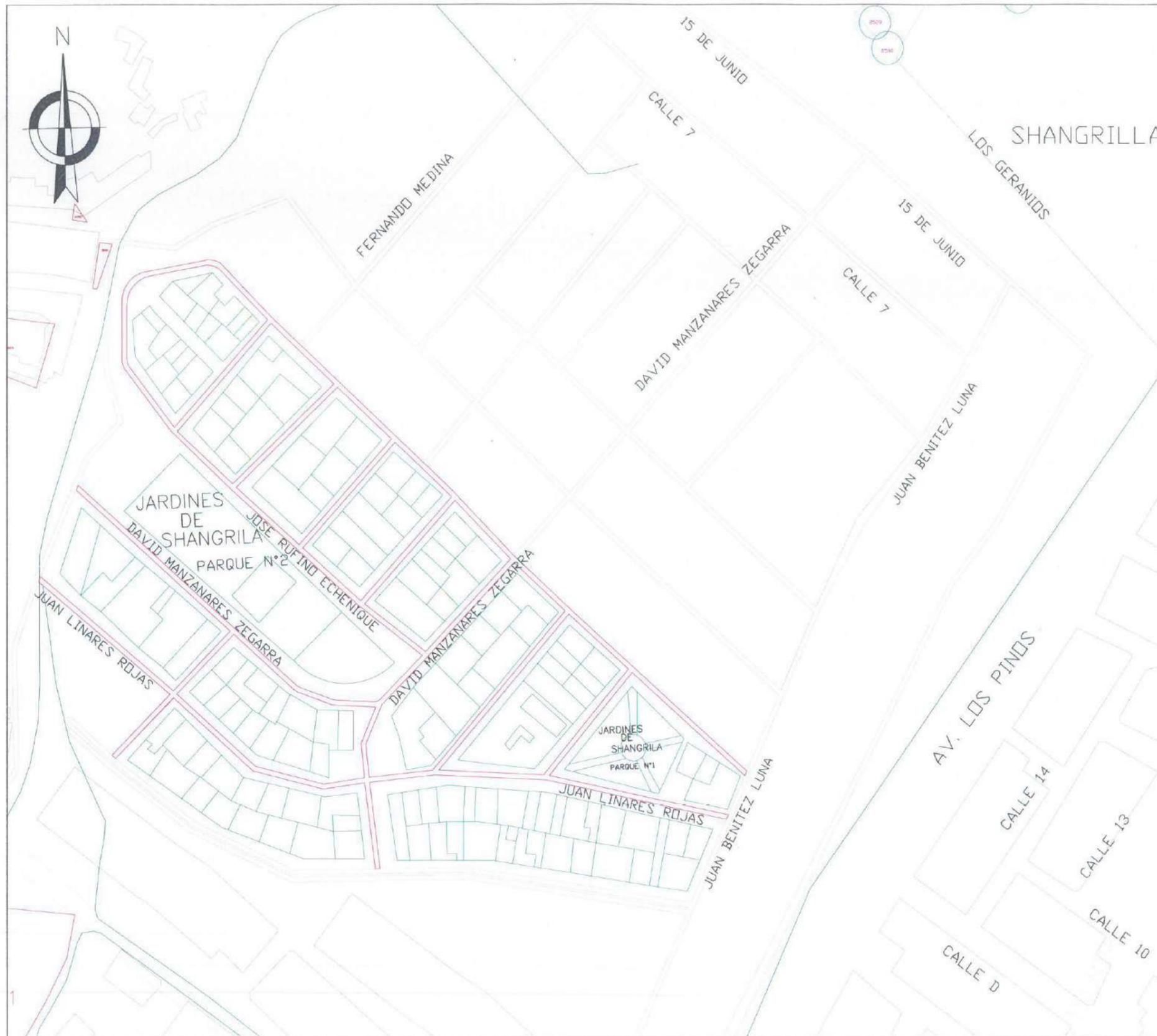


Procedimiento de ensayo de muestras dosificadas con TerraSil 1.25 Lt/m³



Procedimiento de ensayo de muestras dosificadas con TerraSil 1.50 Lt/m³

Anexo 9: Plano de ubicación



PLANO:
PLANO DE UBICACION

VIAS:
ASOC. JARDINES DE SHANGRILLA

UNIVERSIDAD:
CESAR VALLEJO

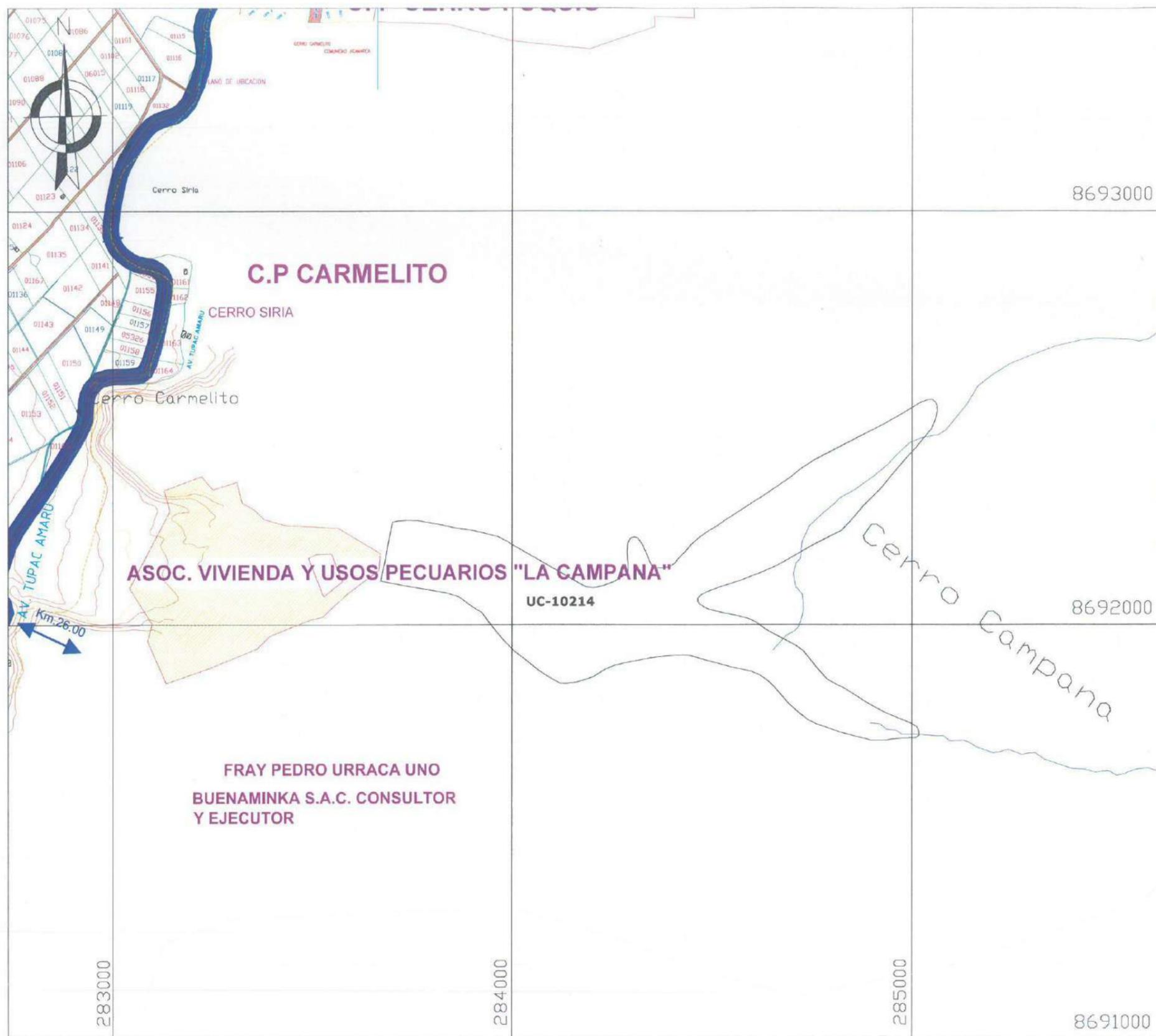
ALUMNO:
JOSE MOLINA
CARDENAS

ESCALA:
1:5000

PROVINCIA:
LIMA
DISTRITO:
PUENTE
PIEDRA

PU
01

Anexo 10: Plano de ubicación de la cantera la Campana



PLANO: PLANO DE UBICACION	
ACCESOS A: CANTERA LA CAMPANA	
UNIVERSIDAD: CESAR VALLEJO	
ALUMNO: JOSE MOLINA CARDENAS	ESCALA: 1:10000
PROVINCIA: LIMA	PU 02
DISTRITO: CARABAYLLO	