



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Aplicación del caucho granular para modificar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante de un pavimento flexible-Ancón 2019”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Becerra González, Irving David (ORCID: 0000-0002-6742-097X)

**ASESOR:**

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2019

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi madre María por siempre dar todo para lograr este objetivo, a mi padre Walter por enseñarme a jamás rendirme en el camino que uno decidí llevar, a mis hermanos Omar y Maryori quienes con su orientación y ayuda lograron en mí poner empeño en la culminación de este trabajo de investigación.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor de Tesis Mg. Ing. Benitez Zúñiga José Luis por el apoyo constante y paciente en la guía del desarrollo de la investigación.

A la Universidad Cesar Vallejo por permitirme ser parte de sus instalaciones, así como a los diferentes docentes que a lo largo de la carrera contribuyeron en mi formación profesional con sus sólidos conocimientos y la guía de salir a delante cada día.

A mi familia por brindarme el apoyo y fortaleza para jamás rendirme en el camino que fue el de ser un profesional.

A todas las personas que siempre me dieron aliento de seguir con los estudios y nunca rendirme, así poder lograr este objetivo que se los dedico.

# ÍNDICE

CARATULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE	iv
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCION	1
1.1 Realidad Problemática	1
1.2 Trabajos previos	3
1.2.1 Antecedentes nacionales	3
1.2.2 Antecedentes internacionales	4
1.3 Teorías relacionadas al tema	5
1.3.1 Modificación de la capacidad portante de la subrasante.	5
1.3.2 Propiedades físico-mecánica del suelo.	9
1.3.3 Caucho Granulado Reciclado (GCR)	35
1.3.4 Estabilizador de suelo Terrazyme	40
1.4. Formulación del problema	42
1.4.1 Problema general	42
1.4.2. Problemas específicos	42
1.5. Justificación	42
1.6. Hipótesis	43
1.6.1. Hipótesis general	43
1.6.2. Hipótesis específicas	43
1.7. Objetivo	43
1.7.1. Objetivo general	43
1.7.2. Objetivo específico	44
II. MÉTODO	44
2.1. Tipo de diseño de investigación	44
2.1.1. Diseño de investigación	44
2.1.2. Nivel de investigación	44

2.1.3. Tipo de investigación	44
2.2 Variable y Operacionalización	45
2.2.1. Variables	46
2.3. Unidades de análisis, Población, Muestra, Diseño muestral	46
2.3.1. Unidad de análisis	46
2.3.2. Población	46
2.3.3. Muestra	46
2.3.4. Diseño muestral	46
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
2.4.1. Técnica	47
2.4.2 Instrumentos de investigación	47
2.4.3. Validación y confiabilidad del instrumento	48
2.5. Método de análisis de datos	48
2.6 Aspectos éticos	49
III. RESULTADOS	49
3.1 Descripción de la zona de estudio	49
3.2 Estudios previos	49
3.2.1 Análisis del suelo	49
3.2.1.1. Obtención de las muestras	50
3.2.1.2. Dimensiones de la Excavación	50
3.3 Descripción de la metodología	50
3.3.1 Fase campo	51
3.3.2 Fase de laboratorio	52
3.3.3 Fase de Gabinete	54
3.4 Cálculos de la investigación	54
3.4.1 Cálculo del número estructural requerido (SNR), diseño de pavimento flexible – método AASHTO 93 (basado en el manual de carreteras 2014 – Perú)	54
IV. DISCUSIÓN	66
V. CONCLUSIONES	68
VI. RECOMENDACIONES	69
VII. REFERENCIAS	70
VIII. ANEXOS	77

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de suelos según el método AASHTO.....	12
Tabla 2. Símbolos de grupo SUCS.....	13
Tabla 3. Clasificación de suelos de grano grueso según SUCS .....	14
Tabla 4. Clasificación de suelos de grano fino según SUCS.....	15
Tabla 5. Resumen ensayo Proctor Estándar y Modificado.....	20
Tabla 7. Resultados del Ensayo Proctor .....	21
Tabla 8. Clasificación del suelo en función de la subrasante .....	21
Tabla 9. Clasificación de subrasante .....	18
Tabla 10. Volumen de tráfico de los caminos según el carril y el tipo de diseño. ....	19
Tabla 11. MR obtenido por correlación con CBR.....	24
Tabla 12. Nivel de confiabilidad (%R).....	25
Tabla 13. Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (ZR) Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico .....	26
Tabla 14. PSI .....	27
Tabla 15. Índice de serviciabilidad Inicial (Pi) según rango de tráfico. ....	28
Tabla 16. Índice de serviciabilidad Final (Pt) según rango de tráfico. ....	28
Tabla 17. Diferencial de serviciabilidad ( $\Delta$ PSI) según rango de tráfico. ....	29
Tabla 18. Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento Ai .....	30
Tabla 19. Número de Calicatas para la exploración de los suelos.....	31
Tabla 20. Tabla de muestreos .....	34
Tabla 21. Valores de validez .....	34
Tabla 22. Resultados de CBR al 0.1” del 95%.....	46
Tabla 23. Introducción de datos de las calicatas en la hoja de cálculo.....	47
Tabla 24. Selección de CBR de diseño.....	55
Tabla 25. Cálculo del número estructural requerido SNR.....	55
Tabla 26. Cálculo del número estructural requerido SNR por iteración manual y automática .....	56
Tabla 27. Cálculo del número estructural requerido SNR con el Software AASHTO 93 ..	56

Tabla 28. Cálculo del número estructural requerido SNR por Abaco AASTHO.....	57
Tabla 29. Materiales a considerar para el diseño.....	57
Tabla 30. Espesor propuesto por capa para la estructura del pavimento de la muestra de suelo natural .....	58
Tabla 31. Resultados de CBR al 0.1” del 95% con Caucho .....	59
Tabla 32. Introducción de datos de las calicatas en la hoja de cálculo.....	59
Tabla 33. Cálculo del número estructural requerido SNR.....	60
Tabla 34. Cálculo del número estructural requerido SNR por iteración manual y automática. ....	60
Tabla 35. Espesor propuesto por capa para la estructura del pavimento de la muestra añadiendo Caucho granular (10%) .....	60
Tabla 36. Resultados de CBR al 0.1” del 95% con aditivo Terrazyme.....	61
Tabla 37. Introducción de datos de las calicatas en la hoja de cálculo.....	61
Tabla 38. Cálculo del número estructural requerido SNR.....	62
Tabla 39. Cálculo del número estructural requerido SNR por iteración manual y automática .....	63
Tabla 40. Espesor propuesto por capa para la estructura del pavimento de la muestra añadiendo aditivo Terrazyme (10%) .....	64
Tabla 41. Comparación de costos por m2 de los suelos de subrasante natural, suelo con la dosificación de caucho y aditivo Terrazyme con mayor incremento de CBR (10%). .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. A.H. El oasis, Calle C – Ancón, Lima, 2019 (I) .....	2
Figura 2. A.H. El oasis, Calle C – Ancón, Lima, 2019 (II) .....	2
Figura 3. Perfil típico de una estructura de pavimento flexible.....	6
Figura 4. Capas del pavimento flexible .....	7
Figura 5. Límites de Atterberg .....	17
Figura 6. Expresión detallada al método de CBR .....	18
Figura 7. Medidas de penetración y presión en el vástago en el suelo .....	18
Figura 8. Ecuación de AASHTO .....	22
Figura 9. Cálculo de ESAL.....	23
Figura 10. Ecuación de módulo de resiliencia.....	24
Figura 11. Ecuación de variación de serviciabilidad .....	29
Figura 12. Número estructural.....	30
Figura 13. Caucho granular reciclado.....	36
Figura 14. Tipos de cauchos más usados para la creación de neumáticos. ....	37
Figura 15. Composición de un neumático. ....	37
Figura 16. Sistema típico de molienda ambiental.....	39
Figura 17. Ficha de validación de datos .....	47
Figura 18. Ubicación del área de estudio con una línea roja (Vista satelital Google Earth).....	49
Figura 19. Calicata C-1, se puede apreciar la excavación .....	50
Figura 20. Calicata C-2, se puede apreciar la excavación .....	51
Figura 21. Hoja de cálculo Diseño de Pavimento Flexible – Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014 – Perú).....	51
Figura 22. Software AASHTO 93. ....	54



## RESUMEN

La presente investigación se relaciona con la modificación de las propiedades de la subrasante con el caucho granular, empleando en comparación el componente químico Terrazyme en el pavimento flexible de AA. HH. El oasis, Calle C – Ancón, Lima, 2019’’, el cual tuvo como objetivo de ampliar la capacidad portante de la subrasante, arreglo de las particularidades física y mecánicas de la subrasante, con la utilización en proporciones del caucho granular reciclado y Terrazyme a fin de una muestra de subrasante natural de suelos, antes de la adición e investigación fue experimental de corte transversal. Asimismo, de carácter descriptivo/aplicativo; en cuanto a la población se estimó el tramo de 1 KM de la CALLE C en el distrito de Ancón, donde la muestra está conformada por 24 especímenes de suelos de subrasante natural, con muestreo no probabilístico de tipo intencional, debido a que se seleccionaron los prototipos de suelos para así someterlos a pruebas aplicando diferentes dosis del caucho y terrazyme.

Los instrumentos utilizados para obtener resultados confiables, fueron: Granulometría, Límites de Consistencia, Contenido de Humedad, Ensayo Proctor Modificado, California Bearing Ratio (CBR) y la utilización del método AASHTO 93, para el diseño de pavimentos flexibles, para ello se evaluó el comportamiento a través de ensayos entre otros estudios.

Finalmente se determinó el posible efecto, con la adición en dosificaciones por porcentajes de caucho y terrazyme en la Calle C en el distrito de Ancón, que la inclusión de estos estabilizadores logró reestructurar la subrasante en un estado óptimo.

Palabras Claves: CBR y caucho granulado reciclado, estabilizador de suelos terrazyme, Modificación de subrasante, propiedades físicas y mecánicas de la subrasante.

## ABSTRACT

The investigation is related to the “modification of the properties of the subgrade with the granular rubber, using in comparison the chemical component Terrazyme in the flexible pavement of AA. HH, El oasis, Calle C- Ancon, Lima, 2019”, which the objective was to widen the carrying capacity of the subgrade, betterment of the physical and mechanical properties of the subgrade, using in proportions of recycled granular rubber and Terrazyme for a sample of natural subgrade of soils, before the emission and investigation It was experimental cross-section. Likewise, descriptive-applicative; As for the population, the 1 KM stretch of STREET C within the district of Ancon is considered, where the specimen is made up of 24 samples of natural subgrade soil, with non-probabilistic sampling of an intentional type, due to the fact that the Soil prototypes for Asians to test them by applying different doses of rubber and terrazyme.

The instruments used to obtain reliable results were: Ganulometry, Consistency Limits, Moisture Proctor Test, California Bearing Ratio (CBR), and the use of the AASTHO 93 method, for the design of flexible pavements, behavior through trials among other studies.

Finally, the possible effect was determined, with the addition in dosages by percentages of rubber and terrazyme in the C street in the district of Ancon, that the inclusion of these stabilizers restructure the subgrade in an optimal state.

Keyword : CBR and recycled granulated rub, terrazyme soil stabilizer, Modication of subrasante, physical and mechanical properties of the subrasante.

## INTRODUCCIÓN

### *1.1 Realidad Problemática*

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones nos permite aumentar nuestra condición como sociedad, ya que teniendo carreteras pavimentadas por todo el país se realiza la unificación de diferentes lugares.

En el Perú, un problema ordinario es la de construcción de vías, tanto rural como urbano, son las subrasantes que frecuentemente se establecen por suelos de pobre material de apoyo, es por ello que para el diseño de pavimentos cuentan con tres opciones: Emplear dicho suelo tal como es encontrado, reemplazarlo por un componente de cantera o mejorar sus propiedades físico – mecánicas y permitir su sostenimiento ante el esfuerzo que se someterá por el tránsito. (Silva,2016, p.20)

El Ministerio de transportes (2007) refiere que las carreteras se deterioran por agentes climáticos siendo responsables la lluvia y la temperatura con un 30%; así como el tránsito de vehículos pesados.

El distrito de Ancón presenta un área de 299, 22 km<sup>2</sup>; de manera que, es importante priorizar la calaña y soporte de los pavimentos, más aún teniendo en cuenta la abundante población que posee dicho distrito.

La ejecución de una carretera de por sí es costosa, y el estado tiene que invertir no solo en la realización sino también en el mantenimiento y rehabilitación, las fallas se suelen presentar por el nefasto uso de materiales, porque no se realizó bien el estudio de índice medio anual o por el mal control de la obra; pero lo que afecta generalmente a un pavimento es el clima y el alto tránsito, pues logran deteriorar drásticamente el pavimento afectando a la subrasante.

A lo largo del tiempo estudios científicos han establecido nuevas predisposiciones en cuanto a diseño de carretera, implementaron nuevos materiales que cumplen con lo que se requiere, y uno de esos materiales es el caucho granular reciclado (GCR), al utilizar este caucho se logrará disminuir el impacto ambiental pues le damos un nuevo uso.

Es por ello, que en la presente investigación se realizó la aplicación del caucho granular de modo que mejore las propiedades de la subrasante en la Calle C en el distrito de Ancón, siguiendo diferentes etapas estudio como la granulometría, los límites de Atterberg, el ensayo de Proctor Modificado y CBR, teniendo en cuenta que el pavimento a simple vista no se

encuentra en buen estado, ya que se deterioró por el paso de vehículos pesados en dicha vía, las condiciones climáticas, etcétera.

*Figura 1: AA. HH. El oasis, Calle C – Ancón, Lima, 2019 (I)*



*Figura 2: AA. HH. El oasis, Calle C – Ancón, Lima, 2019 (II)*



## **1.2 Trabajos previos**

### **1.2.1 Antecedentes nacionales**

Leiva (2016) en “Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la Subrasante en el jr. Arequipa, progresiva km 0+000 - km 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción”, en Huancayo, a fin de obtener el título de ingeniero civil, teniendo como objetivo general el determinar la influencia de las bolsas de polietileno en el suelo a nivel de la subrasante del Jr. Arequipa de la progresiva KM 0+000 - KM 0+100 del distrito de Orcotuna – Concepción, la investigación es del tipo aplicada con un nivel descriptivo y diseño experimental, se logró concluir que los usos de bolsas en grumos de polietileno influyen en la mejora de la subrasante; asimismo se logró mejorar las propiedades físicas y mecánicas presentando en el tramo estudiado muestras de arcilla.

Palomino (2016) en su estudio designado “Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, incorporando el estabilizador Maxxseal 100”, que tuvo como objetivo principal determinar la integración de 2, 4 y 6% del estabilizador Maxxseal 100; el tipo de terreno encontrado en la muestra fue de tipo arcilloso; asimismo el estabilizador es un producto nuevo en el mercado que permitirá mejorar la estabilidad del suelo. Se pudo disponer que la disposición portante (CBR) del suelo limo arcilloso fue de 5.10%, incorporando el estabilizador Maxxseal 100 en las proporciones de 2%, 4%, y 6%, se consiguieron los siguientes valores para un CBR a 0.1”, con la muestra patrón un CBR de 5.10%, agregando el 2% de Maxxseal 100 un CBR de 7%, agregando el 4% de Maxxseal 100 un CBR de 9.60%, agregando 6% de Maxxseal 100 un CBR de 11%; para un CBR al 0.2”, con la muestra patrón un CBR de 5.40%, agregando el 2% de Maxxseal 100 un CBR de 7.30%, agregando el 4% de Maxxseal 100 da un CBR de 10.10%, agregando 6% de Maxxseal 100 da un CBR de 11.70%, esto quiere decir que se cumplió la hipótesis planteada, donde se demostró que cuando el % del estabilizador se incrementa la capacidad portante también.

Condori y Huamani (2018) “Aplicación del estabilizador z con polímero en el incremento del valor del CBR del material utilizado como afirmado en la carretera departamental ap-103, tramo puente Ullpuhuaycco – Karkatera (l= 14.050 km) Abancay-Apurímac 2018” En Abancay, para adquirir la licenciatura de ingeniero civil, con el objetivo de determinar si la aplicación del estabilizador Z con polímero sintético aumenta el valor del CBR del material utilizado como afirmado en la carretera departamental AP - 103 - tramo puente Ullpuhuaycco - Karkatera L=14.050 km Abancay - Apurímac 2018, se logró concluir que al incorporar el polímero con la muestra patrón al 95% se incrementa de 12.55% a 13.09% y con la muestra

patrón al 100% incrementa de 15.44% a 18.57%, de igual modo se logró mejorar las propiedades físico mecánicas del tramo estudiado.

### ***1.2.2 Antecedentes internacionales***

López, M (2017), determina lo sucesivo en su estudio designado “Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de los suelos arenosos del sector de Pomasqui para cimentaciones superficiales y contrapisos, mediante el uso de cemento tipo MH”. Y con esto obtener la licenciatura de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. El aprendizaje elaborado por el creador posee conforme el propósito de avance de las propiedades físicas mecánica de terrenos arenosos, agregando mezcla tipo MH (0, 3, 6 y 9%), así como establecer la proporción óptima de cascajo para que al combinar ofrezca una conveniente fortaleza, valorando las superioridades y condicionamiento de un progreso de sedimento con hormigón en la edificación de basamentos aparentes y contrapisos. Referente a los procesos, se incrementó un anteproyecto empírico, el ras de inquisición de condición representativo y revelador. Los efectos señalan que los terrenos que prevalecen en la zona de aprendizaje son de modelo sablón de grano primoroso o promedio no blando (SM). Con relación a las pruebas de CBR, la importancia del CBR para el pavimento originario fue de 27% y para piso-casquijo al 3% de pesadez árido se alcanzó un CBR de 130%. En resolución el manejo de amasijo carácter MH con un 3% a la carga muerta es apto y provechoso para perfeccionar las características tangibles mecánicas del pavimentos, a partir del puesto de perspectiva profesional como monetario, ya que el amasijo sustituye al componente de sub base puesto que, en primer lugar ,la subida validez de CBR excede el valor insignificante de dátil sub base categoría 03 porque los atributos del piso no se muestran estropeadas en apariencia de linfa, así como la utilización de pavimento-casquijo al 3%. Manifiesta una economía con proximidad de un 40% en paralelo al avance con zavorra.

Camaño (2016) en su trabajo aplicativo “Mejoramiento de un suelo blando de subrasante con la adición de cascarilla de arroz y su consecuencia en el módulo resiliente”, tuvo como objetivo mejorar los atributos físicos y geo-mecánicos de un piso blando de subrasante con ceniza de cascarilla de arroz, concluyendo que la proporción de las adiciones de cascarilla de arroz para mejorar los atributos físicos y mecánicos del terreno de subrasante son óptimas. Indagando, el 4% es el porcentaje que da una gran aportación al mejoramiento de las propiedades del suelo, estas condiciones modificaron el impulso de la subrasante bajo la forma del suelo dándole un 36,8KPa de esfuerzo vertical y un 13,8KPa de confinación lateral.

Laica (2016) realizó la investigación “Influencia de la inclusión del polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base”, desarrollada en la ciudad Ambato de Ecuador, el trabajo tuvo como propósito mejorar las cualidades de mecanismo de una sub base con la inclusión de polímero reciclado. Empezando a recolectar los materiales necesarios, tuvo como conclusión que el aditamento del 3% de caucho se obtuvo un CBR de 19.1%, con el 6% se obtuvo un 11.9% y con un 9% se obtuvo un 9.9%, dichas condiciones muestran que el aguante de una sub base a medida que se le agrega caucho en porcentajes diferentes, empobrecen la resistencia de la misma.

### ***1.3 Teorías relacionadas al tema***

#### ***1.3.1 Modificación de la capacidad portante de la subrasante.***

La estabilización de la superficie consta en mejorar el terreno de suelos que ya existen aumentando solo un material, siendo cemento o cal. Algunas de las mejoras continuas que se obtuvieron de la estabilización fue el aprovechamiento de suelos de menor calidad, obviando la extracción u transporte vertedero, disminuyendo la sensibilidad al agua de los suelos, al helamiento, entre otros cambios climáticos; teniendo entrada a terrenos inseguros y obtener una base fija que pueda amparar el suelo de equipamientos que se respalde con el mismo. (Piqueras, 2014, p.17)

#### **Pavimentos.**

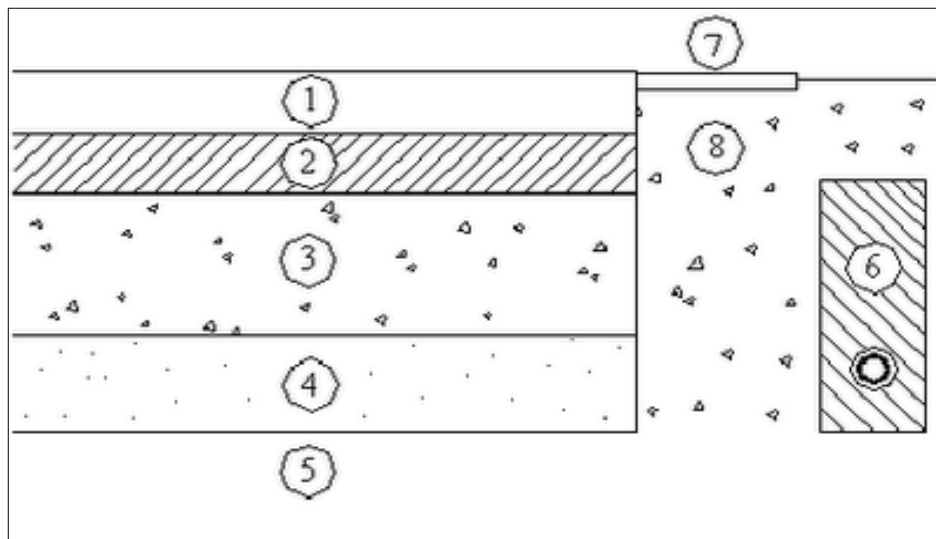
Son estructuras viables que se encuentran integradas por diversas capas de materiales, que son diseñadas para tolerar el tránsito y cambios de ambiente. Asimismo, se diseñan prudentemente con el fin de consagrar un tránsito favorable y certero al transporte que se impone sobre el territorio en definida fase de tiempo ya que las cargas de transporte que circulan sobre estas estructuras generan en la interfaz de la cubierta esfuerzos frecuentes y alteraciones perpendiculares, decúbito y de corte. (Rondón, Reyes, 2015, p.35)

Al ser el terminante encubridor de un sedimento, las propiedades que se debe requerir en un enladrillado es ser persistente a fin de no ser remplazada asiduamente, ejecutar un espacio liso para que el agua del aguacero no se amontone moldeando charcos, consagrar una zona antideslizante para no incitar percances ya que al humedecer se tornan escurridizos y por último, que sean lo más liviano factible para así no abigarrar la organización del terreno y depreciar la edificación. (Collado y Nuño, 2006, p.319).

### *Pavimento flexible o asfáltico.*

Es el tipo de pavimento que distribuye los esfuerzos que se aplican en áreas pequeñas, ya que tiene menor rigidez, por ello se deforman y recuperan su condición debido a que posee una capa bituminosa, se sustenta en dos cubiertas inflexibles, la base y sub-base, estas capas descansan en un suelo compacto llamado subrasante (Morales, Chávez y López, 2009, p.18).

*Figura 3. Perfil típico de una estructura de pavimento flexible*



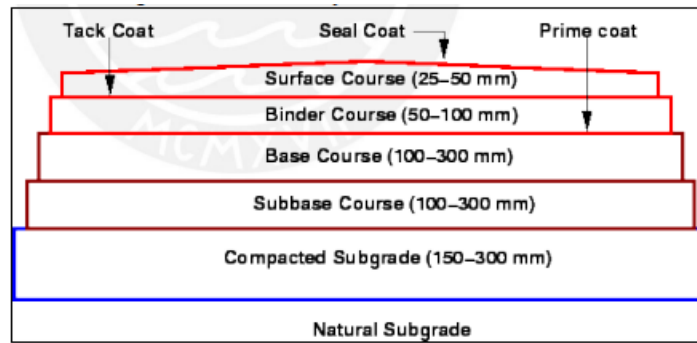
*Fuente: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Ingeniería de pavimentos, Brasil, 2000.*

Según el autor Moreno (2018, p. 29) es importante saber que los pavimentos flexibles alcanzan al decaimiento, las imperfecciones inalterables pueden ser excedentes o se obtienen errores enlazados a estas alteraciones, tales como grietas generalizadas, polución y sumersión. La base está compuesta por elementos áridos, manipulados con cemento, cal, asfalto u otros estabilizantes. También, la sub base se compone de materiales de baja calidad que se usan en la base.

Los componentes de lo que puede estar realizado son diversos como piedras o maderas; sin embargo, los más corrientes para ejecutar el pavimento urbano son las mezclas asfálticas y el hormigón, puesto que es capaz de soportar el regular tránsito de vehículos.



Figura 4. Capas del pavimento flexible.



Fuente: Huang (2004).

### a) Carpeta asfáltica

Según (Morales, Chávez y López, 2009) esta capa está constituida por materiales pétreos, donde se le añade un producto asfáltico que sirve de aglutinante. (p. 20)

Es considerable que está cubierta que se edifica con el tendido y compresión, consiga un procedimiento que radica en emplear un recubrimiento fino envuelta con compuestos petrosos y cuya densidad es de 25 mm. El soporte es mudable, desde uno leve o sencillo a diversas adaptaciones de ingredientes asfálticos, no incrementa suficiencia estructural al pavimento, pero ofrece una cobertura impenetrable al área de la calzada y resista a la operación corrosiva del tráfico. (Solminihac, Echaveguren y Chamorro, 2018, p, 154)

Álvarez y Carrera (2017, p.51) refieren que constituye la parte superior, teniendo de tal modo la función de proporcionar a los automóviles que transiten una superficie sólida, pareja y de textura apropiada.

### b) Base

Elaborada por materiales ásperos, y producidos bajo un proceso estricto ya que ofrece mayor calidad que los materiales utilizados en la sub-base, por ello cuando se da la estabilización química se evita que se filtre el agua a las próximas capas. (Morales, Chávez y López, 2009, p.20)

Contiene materiales pétreos, esta capa se construye sobre la sub base, su función es sostener adecuadamente el peso del tránsito vehicular, distribuyendo los esfuerzos en magnitudes idóneas a las inferiores cubiertas así no producirá alteraciones nocivas. (Álvarez y Carrera, 2017, p.51)

La base tiene la responsabilidad de ser eminentemente consistente, succionando gran parte de la sollicitación a voluntad perpendicular para el cargamento, como circulación liviana o peatón, que aplican las conservadoras bases granulares gravas y arenas de machaqueo (Herranz, 2006, p. 53).

### **c) Sub-base**

Compuesta por componentes naturales o conseguidos a través del proceso de trituración, siendo los procesos controlados para que se obtenga una calidad adecuada y un costo razonable, la función principal es reducir el desplazamiento de refinados de las cubiertas inferiores a la base. (Morales, Chávez y López, 2009, p.20)

Según Juárez (2004, p.531) Las esenciales acciones de la sub-base de un suelo flexible es mantener la condición ahorrativa para así moldear la densidad precisa del pavimento con el componente más económico.

La primordial labor de la sub-base de un pavimento se justifica obrando como drenaje para expulsar el líquido que obstruya el pavimento e impida el ascenso capilar hacia la sede de agua originaria de la terracería. La condición barata de la densidad podría edificarse con un componente de alta calidad, como el que se empleó en el cimiento, no obstante, es preferible hacer aquello más agudo y reemplazarlo por una sub base de bajo coste, teniendo en cuenta que este porte en su mayoría un espesor obtenido del adoquín, puesto que, si tiene una escasa calidad del material situado superior, este será el espesor preciso que sostendrán los trabajosos trasladados. (Juárez, 2004, p. 532)

### **d) Subrasante**

De acuerdo al autor Márquez (2005), la subrasante es el perímetro de las terracerías concluidas de la autopista y la rasante, es la línea del área de rodamiento, en general es semejante a la subyacente y queda sobre ella. Por lo que, se encuentra compuesta por una serie de líneas con sus correspondientes pendientes, cada una se une con otra pendiente por curvas verticales tangentes a ellas. En definitiva, para planear la subrasante se realiza en el perfil del trazo definitivo, procurando compensar las excavaciones y los rellenos, pero sin sobrepasar las pendientes especificadas para el camino que se proyecta. (p.415)

Para llegar a un estado óptimo requiere que una capa se encuentre compactada y este conformada por suelos que presentan características aceptables. (García, 2017, sp)

#### **e) Asfalto**

Es un material ligante que resiste de tonalidad oscura, constituido en la combinación de productos abetunados situados en el medio ambiente o conseguidos en el proceso de creación de petróleo; sirven a fin de adherencia y maleabilidad a la textura en el proceso de pavimentación. (Medina y De La Cruz, 2015, p.12)

Cuando el asfalto se calienta lo suficiente se vuelve de textura blanda, permitiendo revestir las fracciones de añadido mientras la elaboración de miscelánea caliente.

#### ***1.3.2 Propiedades físicas- mecánicas del suelo***

Menéndez (2013, p.91) define que las propiedades físicas que tienen más relevancia son la granulometría, límite Atterberg, límite de densidad y límite de humedad. Con respecto a la rigidez tenemos en cuenta al tipo de elasticidad y CBR; y las cualidades hidráulicas que son de suma importancia ya que nos permitirán evaluar la permeabilidad, el coeficiente de drenaje y expansión. Thompson y Troeh (2002) todo piso manifiesta un grupo particular de propiedades físicas que necesitan de la esencia de sus ingredientes, son valoradas por indagación óptica o percepción, se calculan comparando con algún prototipo de grado (dimensión, resistencia, magnitud).

De la misma manera, se integran los tres estados de la materia heterogéneos, las cuantías referentes de estos materiales actuales requieren suficiente del volumen de la atadura entre los átomos consistentes. En conclusión, los adicionales de partículas diminutas suelen ser muy diferentes de los que se componen de partículas enormes, a tal punto que la contextura del terreno como la organización afecta gran parte al cuerpo de poros y en la división del mismo.

Es de suma importancia saber y entender las propiedades de la subrasante, y poder desarrollar una apropiada proyección de la conducta del suelo. (Crespo, 2004, p.18)

El espesor, textura, estructura, porosidad y consistencia son importantes propiedades físicas ya que disponen una connotación directa por la densidad de la zona tomada, raíces, se halla en mayor parte determinada por la constitución física de los confines del suelo. (p.54)

### **a) Tipos de Suelo**

Los suelos se determinan como la erosión de partículas originarias de la putrefacción de las rocas. La cual desde la perspectiva geológica es una roca y, por otro lado, en la geotécnica lo define como suelo (Saenz, 1975, pg, 20)

De la misma forma, los suelos se dividen en dos tipos: Orgánicos, los cuales se encuentran conformados por componentes biológicamente naturales como hummus o una materia en estado de putrefacción, esta última se puede encontrar en lagunas. Y, inorgánicos tales como suelos residuales (producto del intemperismo de las rocas) y suelo transportado (Crespo, 2005, pág. 21).

Existen cuatro tipos principales de suelos: grava, arena, limo y arcillas. La mayor parte de los suelos están compuestos de una mixtura de dos o más elementos, además pueden contener materia orgánica parcial o completamente en descomposición (Bernal, 2005, p.18).

### **b) Clasificación de suelos**

Aún no se encuentra un procedimiento de agrupación de aprobación mundial precisa a que las superficies no son una asociación restringida en campo, sino que son un todo persistente que se dispersa a todo rumbo. (Núñez, S, 1951, p.143)

Según el autor Alvarado (1985) “Los métodos de distribución de suelos definidos en distintos periodos se pueden conjuntar en: los que se fundamentan como causantes de la naturaleza, los que determinan el suelo acorde a la técnica de modificación y las consideradas propiedades del suelo y los vinculan con su creación. Los primeros son los sistemas más primitivos y los últimos se organizan de forma jerarquizada (cuantitativa o ecológicamente) (p.7).

Herráez y Moreno (2019) La organización de territorio autoriza comprender, de aspecto atributivo, las características automáticas de un terrenal, atribuyéndole las cualidades geotécnicas del grupo en el que sitúe. De los diferentes métodos existentes para identificar superficies destacan dos: El SUCS basada en análisis granulométrico y AASHTO resulta conveniente y cataloga el suelo según su calidad como cimientos en explanaciones. (p, 264).

## **Clasificación de suelos según el método AASHTO**

AASHTO clasifica los suelos en 8 conjuntos denominados por distintivos del A-1 al A-8. Los terrenos no orgánicos se ordenan en 7 conjuntos de A-1 al A-7. Asimismo, están divididas 12 sub-grupos. Los pisos con alta magnitud de sustancia natural se categorizan A-8. (Lazo, 2011, sp)

Según Macías et al. (2018, p. 68) este sistema esta baso en los siguientes principios:

1) Tamaño del grano Grava: fragmento que rebasa la red de 75 mm y se sostiene en la malla N°.10 (2mm) de E.U. También, la arena: fragmento que destila la red N<sup>a</sup> 10(2 mm) E U y es obstruida en la red N°.200 (0.75mm) EU. Por último, el limo y arcilla: fragmentos que sobrepasa la red N<sup>a</sup>.200.

2) Plasticidad: la terminación limosa es utilizada en el momento que los fragmentos finos del suelo tienen un indicativo bajo de plasticidad (10 o menos). De igual manera, la terminación arenosa usado donde los fragmentos delgados comprenden un indicativo de plasticidad de 11 o mayor.

Las estructuras de distribución de suelos otorgan un idioma simple manifestado de manera precisa las cualidades principales de los terrenos, son demasiado diversas sin explicación minuciosa (p, 67).

Tabla 1. Clasificación de suelos según el método AASHTO

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0,08mm							Suelos finos más de 35% pasa po el tamiz de 0.08 mm				
Grupo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Simbolo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Analisis granulométrico												
%% que pasa por el tamiz												
2 mm	máx.50											
0.5 mm	máx.30	máx.50	máx.50									
0.08 mm	máx.15	máx.25	máx.10	máx.35	máx.35	máx.35	máx.35	mín.35	mín.35	mín.35	mín.35	mín.35
Limites Atterberg				máx.40	mín.40	máx.40	mín.40	máx.40	máx.40	máx.40	mín.40	mín.40
Límite de liquidez índice de plasticidad	máx.6	máx.6		máx.10	máx.10	mín.10	mín.10	máx.10	máx.10	mín.10	mín.10	mín.10
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx.4	máx.4	máx.8	máx.12	máx.16	máx.20	máx.20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcilloso		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

Fuente: MTC

### Clasificación de suelos por el sistema SUCS

Según Juárez (2005) refiere que es la carta de plasticidad, que se divide en granos finos y gruesos, los suelos de granos finos se agrupan en arcillas, limos y arcillas orgánicas; por otro lado, la grava y arena se encuentra en el conjunto de granos gruesos. (Macías et al., 2018, p.69)

Esta técnica fue presentada por Arthur Casagrande en 1942, para aplicarse en la edificación de aeropuertos en el tiempo transcurrido de la segunda guerra mundial, y ordena los terrenos en dos grandes clases:

- 1) Superficies de grano grueso son del tipo cascajo arcilloso menores del 50% atraviesa la red N<sup>a</sup>. 200. Los representativos del conjunto inician con G o S.
- 2) Superficies de grano fino con 50% o más elevados, atraviesa la red N<sup>a</sup>. 200. Los representativos del conjunto son M, C, O y Pt.

En la investigación de Arthur Casagrande se vio que se posicionan los suelos en un sistema sincronizado que tienen un límite líquido en el eje de las abscisas y al índice plástico en el de las estructuradas, su conjunto no es en forma aleatoria, de manera en que la zona de la carta se encuentren suelos con diferentes características (elasticidad, atributos mecánicos e hidráulicas) específicamente determinadas. (Del Castillo y Rico, 2006, pg. 95).

*Tabla 2. Símbolos de grupo SUCS*

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

*Fuente: UEES, 2001.*

Tabla 3: Clasificación de suelos de grano grueso según SUCS.

DIVISIONES MAYORES			SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES	
Suelos de grano grueso (más del 50% del material es mayor en tamaño que el tamiz n° 200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	Gravas Limpias (poco o ningún fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas poco o ningún fino	Cu>4 1< Cc<3	
			GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava - arena, poco o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para Gw	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezcla grava - arena - limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A o Ip <4	A los materiales sobre la línea A con 4< Ip<7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezcla grava - areno - arcillosas	Límites de Atteberg por encima de la línea A o Ip > 7	
	Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz N°4)	Arenas Limpias (poco o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	Cu>6 1< Cc<3	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumplen todos los requisitos de gradación para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas mezcla de arena - limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A o Ip <4	A los materiales sobre la línea A con 4< Ip<7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena - arcilla	Límites de Atteberg por encima de la línea A o Ip > 7	

Fuente: LMS-FIC-UNI, 2006



Tabla 4: Clasificación de suelos de grano fino según SUCS.

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES
Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz n° 200)	Limos y arcillas (Límite líquido $w_l < 50$ )	ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulométrica. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz N° 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.	
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	
	Limos y arcillas (Límite líquido $w_l > 50$ )	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos.	CARTA DE PLASTICIDAD
		CH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos	
	Suelos Altamente orgánicos	Pt	Turba u otros suelos altamente orgánicos	

Fuente: LMS-FIC-UNI, 2006

### **c) Granulometría**

Escobar y Gonzalo (2016, p.48) menciona que es conocido también como gradación del suelo, permite determinar las proporciones en la que participan los granos del suelo según el tamaño.

Se realiza la separación fraccionando el suelo, según el tamaño, esto es importante ya que se determina la competencia y eficiencia desde el enfoque geotécnico. Se realizan dos tipos de ensayo, por tamizado para partículas grueso- granulares (gravas y arenas) y el proceso de sedimentación para partículas finas del suelo como limos y arcillas, estos no son diferenciados por el proceso de tamizado dado que tiene un comportamiento plástico.

### **d) Contenido de humedad en suelos**

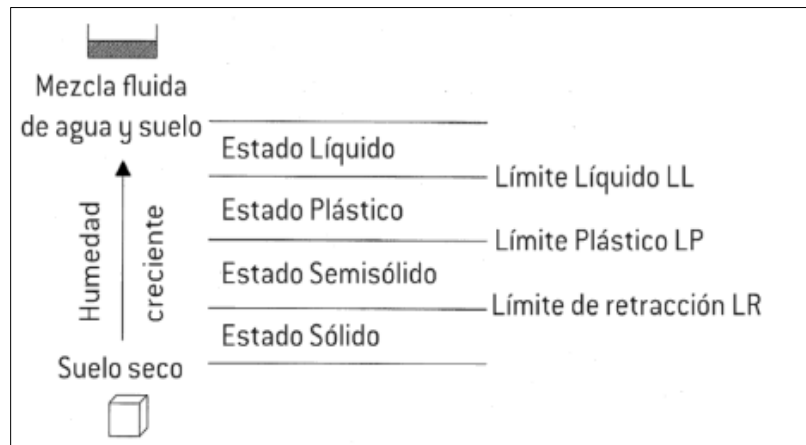
Según MTC (2013) La delimitación de humedad accederá a contrastar con el humedecimiento óptimo logrado en los ensayos Proctor para adquirir el CBR del terreno, aunque la humedad surge equivalente o menor, el experto manifiesta la condensación usual del terreno y la provechosa contribución de la cantidad del agua. Si la humedad normal es mejor a la ideal y conforme a la impregnación de la tierra, se planteará acrecentar la potencia de compactación, oxigenar la superficie o sustituir el componente repleto. (p 30).

### **Límites de consistencia:**

Graux (1975, p. 18) los límites de ATTERBERG determinan el volumen de líquido peculiar para el cual una arcilla designada, molida, pueda lograr distintos estados de consistencia relativa.

Según Ulloa (2011, p.40) el método apto para medir los límites de humedad es el de Atterberg. Denominando diferentes cambios de un estado al otro, de acuerdo con las normas AASHTO.

Figura 5. Límites de Atterberg.



Fuente: *Trabajos de infraestructura forestales UF0700*, p. 154.

Según Bowles (1978) se encuentra clasificado en tres criterios:

**Líquido (LL):** Volumen de humedad inferior donde el terreno actúa como componente flexible, es decir limita el líquido. Esto sucede cuando la masa pasa de estado semilíquido al plástico.

**Límite plástico (LP):** El suelo es considerado como tangible no plástico puesto que la caída de humedad que se encuentra por debajo del suelo se localiza en el momento que se enrolla a un diámetro de 3mm.

**Índice plástico (II):** Está pendiente de la porción de arcilla del terreno.

### **California Bearing Ratio (CBR)**

Según Rojas (2011, p.3) Es un ensayo que caracteriza la disposición de sostener el suelo, mide su resistencia, y evalúan los potenciales esfuerzos a los que el suelo será expuesto, pero no se reflejan los efectos de la carga de tránsito. Presentan circunstancias e intervienen en la disposición de sostener los suelos como el soporte al esfuerzo tajante, que depende del espesor logrado y su humedad, los suelos impregnados tienen menor amplitud de soporte de sostén en contraste a superficies no abarrotados, exigiendo la correlación que a más humedad inferior sería la disposición de sostener el terreno.

Por ello, comprende la disposición de sostén precisa ejecutar pruebas a vías logrando producir una prueba simple como el CBR, ya que esta prueba representa el aprovechamiento de cargamento y desproporciones dando una opinión utópica en que tanto el terreno obtendría al ser usado para distintos propósitos edificantes. (Mamani y Yataco, 2017, p.47)

Este tipo de estudio es importante en el diseño de pavimentos flexibles, según la norma ASTM D1883, está definido por la relación de la presión para penetrar 0.25 cm de la muestra y la presión necesaria para obtener dicha penetración en un material arbitrario. En la figura 1, se pueden observar algunas penetraciones y presiones utilizadas como patrones.

Figura 6. Expresión detallada al método de CBR.

$$C.B.R. = 100 \times \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}}$$

Fuente: ASTM D1883.

Figura 7. Medidas de penetración y presión en el vástago en el suelo.

Penetración		Presión en el vástago	
cm	pulg	kg/cm <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>
0.25	0.1	70	1,000
0.50	0.2	105	1,500
0.75	0.3	133	1,900
1.00	0.4	161	2,300
1.25	0.5	182	2,600

Fuente: ASTM D1883.

Según Bowles (1980, p.16) menciona que el CBR es utilizado para crear una relación entre el comportamiento del suelo, principalmente para la utilización de la base y subrasante en pavimentos de vías vehiculares y pista aéreas.

Tabla 8. Clasificación del suelo en función de la subrasante.

CBR	Calificación	Uso	SUCS	AASHTO
0-3	Muy pobre	Subrasante	CH, MH	A5, A6, A7
3-7	Pobre - Regular	Subrasante	CH, MH	A4, A5, A6, A7
7-20	Regular	Subrasante	CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20-50	Bueno	Base-Subbase	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
>50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Fuente: Manual de laboratorio de suelos para ingeniería civil. Bowles J. (1980).

De la misma forma el MTC (2013), clasifica a los suelos según los diferentes tipos de condición de la subrasante. (p.29).

Tabla 9. Clasificación de subrasante.

<b>Categorías de Subrasante</b>	<b>CBR (%)</b>
S <sub>0</sub> : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante Pobre	3% ≤ CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Subrasante Regular	6% ≤ CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante Buena	10% ≤ CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Subrasante Muy Buena	20% ≤ CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: MTC, 2013.

Se desean capacitados terrenos que tengan un CBR elevado o semejante a 6%. En caso contrario, se desechará dicho material y a su sustituto, o a su estabilización. (Ravines Merino, 2010).

### ***Ensayos de compactación de suelos***

#### **1) Ensayo Proctor modificado**

La compactación es uno de los principales factores para que un suelo obtenga la óptima resistencia, en los cuales también se tiene en cuenta la densidad y humedad. Además, el ensayo proctor permite una mejor compactación a una energía dada.

Según Villarroel (2016, sp) La compactación es el proceso que se realiza utilizando medios mecánicos, donde las partículas del suelo son obligadas a mantenerse en unión por medio de la exclusión de oxígeno, cambiando el volumen de la masa del suelo, implicando una reducción rápida de los huecos. El cambio fundamental es el volumen del aire.

Tabla 5. Resumen ensayo Proctor Estándar y Modificado

TIPO DE ENSAYO	PROCTOR ESTÁNDAR ASTM D698 - 91(98)			PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557 - 91(98)		
METODO	A	B	C	A	B	C
CONDICIONES PARA ELECCION DEL METODO	% RET. ACUM. N° 4 <= 20%	% RET. ACUM. N° 3/8 <= 20%	% RET. ACUM. N° 3/4 <= 30%	% RET. ACUM. N° 4 <= 20%	% RET. ACUM. N° 3/8 <= 20%	% RET. ACUM. N° 3/4 <= 30%
		% RET. ACUM. N° 4 > 20%	% RET. ACUM. N° 3/8 > 20%		% RET. ACUM. N° 4 > 20%	% RET. ACUM. N° 3/8 > 20%
TIPO DE MATERIAL A UTILIZARCE	Tamiz por la malla N° 4	Tamiz por la malla N° 3/8	Tamiz por la malla N° 3/4	Tamiz por la malla N° 4	Tamiz por la malla N° 3/8	Tamiz por la malla N° 3/4
N° DE CAPAS (n)	3	3	3	5	5	5
N° DE GOLPES (N)	25	25	56	25	25	56
DIAMETRO DEL MOLDE (cm)	10.16 (+/-)0.04	10.16 (+/-)0.04	15.24 (+/-)0.07	10.16 (+/-)0.04	10.16 (+/-)0.04	15.24 (+/-)0.07
ALTURA DEL MOLDE (cm)	11.64(+/-)0.05	11.64(+/-)0.05	11.64(+/-)0.05	11.64(+/-)0.05	11.64(+/-)0.05	11.64(+/-)0.05
VOLUMEN DEL MOLDE (V) (cc)	944(+/-)14	944(+/-)14	2124(+/-)25	944(+/-)14	944(+/-)14	2124(+/-)25
PESO DEL MARTILLO (W) (kg)	2.5(+/-)0.01	2.5(+/-)0.01	2.5(+/-)0.01	4.54(+/-)0.01	4.54(+/-)0.01	4.54(+/-)0.01
ALTURA CAIDA DEL MARTILLO (h) (cm)	30.48(+/-)0.13	30.48(+/-)0.13	30.48(+/-)0.13	45.72(+/-)0.16	45.72(+/-)0.16	45.72(+/-)0.16
DIAMETRO DEL MARTILLO (cm)	5.080(+/-)0.025	5.080(+/-)0.025	5.080(+/-)0.025	5.080(+/-)0.025	5.080(+/-)0.025	5.080(+/-)0.025
ENERGIA ESPECIFICA DE COMPACTACION	6.054	6.054	6.054	6.027	27.485	27.485
<b>OBSERVACIONES:</b>	CORREGIR EL OPTIMO DE HUMEDAD Y LA MAXIMA DENSIDAD SECA OBTENIDA, UTILIZANDO EL METODO ASTM D4718					
<b>NOTA:</b>	CUANDO MAS DEL 5% DE LA MUESTRA TOTAL ES RETENIDO SOBRE LA MALLA N° 4, SE HARA LA CORRECCION POR ESTA NORMA					

Fuente: ASTM D698 y ASTM D1557, 2018.

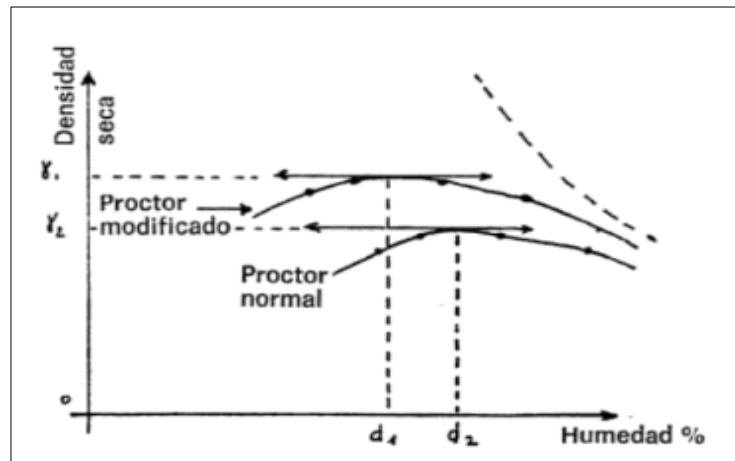
[...] Las pruebas Proctor Estándar y el P. Modificado están hechas para suelos diferentes. El límite de la curva de compactación proctor estándar oscila entre el 85 y el 97% del máximo correspondiente a la prueba modificada; el factor suelo es el principal para definir la relación entre ambas pruebas. Además, es notable el acercamiento que ocurre entre los resultados en las dos pruebas en materiales granulares. (Del Castillo, 2005, p.197).

Tabla 6. Metodologías del Proctor

Descripción	Método A	Método B	Método C
Diámetro de molde	4" (1016 mm)	4" (1016 mm)	6" (152.4 mm)
Volumen de Molde	0.033p3 (944 cm3)	0.033p3 (944 cm3)	(2124 cm3)
Peso de Pisón	10 lb (4.45 kg)	10 lb (4.45 kg)	10 lb (4.45 kg)
Altura de Caída de pisón	18 plg (304.8 mm)	18 plg (304.8 mm)	18 plg (304.8 mm)
Numero de golpe/ capa	25	25	56
Numero de capa	5	5	5
Energía de compactación	56.000 pie lb/p3	56.000 pie lb/p3	56.000 pie lb/p3
Compactación	2700 KN-m/m3	2700 KN-m/m3	2700 KN-m/m3
Suelo por usarse	porción que pasa la malla N°4 se usa, si el 20% o menos por peso de material es retenida por la malla N°4	porción que pasa la malla 3/4" se usa, si el suelo retenido en la malla N°4 es más de 20% y el 20% o menos por peso de material es retenido en la malla de 3/8"	porción que pasa la malla 3/4" se usa, si más de 20%, por eso de material es de retenido en la malla de 3/8" y menos de 30%, por peso es retenido en la malla de 3/4" 3/8"

Fuente: ASTM D 1557.

Tabla 7. Resultados del Ensayo Proctor



Fuente: Mecánica de suelos, 1975.

Por su parte, Botía (2015) detalla que su objetivo es la obtención de datos, donde a partir de ellos se determina el templado de filtración del suelo, donde es comparado la carga unitaria, seco superior y el gráfico templado de filtración versus la carga unitaria (p.145)

## Número estructural requerido (SNR) de pavimentos AASTHO 1993

El proyecto de investigación se basa en la guía AASHTO, donde se consiguen formulas tanto como tablas, referenciandolas para el bosquejo de los pavimentos flexibles. (MTC, 2013, p. 152) Con la finalidad de lograr obtener un volumen de distribución del terreno de subrasante natural y los suelos de subrasantes adicionando un porcentaje optimo del de Caucho granular y Terrazyme. En este caso, el Manual AASHTO brinda una rentable herramienta denominada ecuación AASTHO , la cual se resuelve con ayuda de monogramas.

Figura 8. Ecuación AASTHO.

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9,36 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0,2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log_{10}(M_R) - 8,07$$

Fuente: MTC.

Al aplicar este modelo de cálculo se obtiene el (SNreq), que establece una densidad teórica del consistente que promete lograr y avalar una nivelación apropiada de rendimiento a la autopista durante la vida útil planeada. Cada una de las posibles capas del firme contribuye a que se alcance el número estructural planeado. (Abadía, Rocamora y Puerto, 2016, p.500)

A partir de la ecuación de la figura 8 se desglosan las siguientes definiciones:

### 1) Delimitación de ESAL

Para crear un pavimento de vías vehiculares se debe pronosticar las cifras repetitivas de cada grupo de ejes de carga en la fase de diseño, la información del tránsito inicial consigue ser obtenida desde las mediciones de campo, estaciones de conteo, peajes o carretera que tienen propiedades de tránsito semejantes aquellas de proyecto en cuestión.

El tránsito diario inicial es usualmente de ambos sentidos más aun las vías de tránsito y debe ser incrementada por causantes direccionales y de la asignación de vía a fin de lograr el tránsito inicial en la vía de proyecto. El tránsito de modo que, si es utilizado en el proyecto, es el tránsito promedio en el ciclo de diseño, debe ser incrementado por un factor de desarrollo.



Figura 9. Calculo de ESAL

$$ESAL = \sum_{i=1}^n (ADT_o) F_i m_i = 1 ] (G)(D)(L)(365)(Y)$$

Fuente: MTC

Donde:

Fi: Factor de carga equivalente (EALF) para un grupo de carga i

ADTo: Tráfico de carga promedio al inicio del periodo de diseño

G: Factor de crecimiento

D: Factor de distribución direccional

L: Factor de distribución por carril

Y: Número de años por carril

El resultado sobre pavimento de cualquier mezcla de cargas por ejes de volumen diverso, manifiesta la cantidad de aplicaciones de un eje simple de 80KM.

Tabla 10. Volumen de tráfico de los caminos según el carril y el tipo de diseño.

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)		
				1ERA. ETAPA (1)	2da. ETAPA (2)	TOTAL (1) x (2)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	81%	81%	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	84%	84%	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	87%	87%	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	89%	89%	80%
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	89%	89%	80%
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	92%	92%	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	92%	92%	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	92%	92%	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	95%	95%	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	95%	95%	90%
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	95%	95%	90%
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	95%	95%	90%
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	97%	97%	95%
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	97%	97%	95%
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	97%	97%	95%
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		97%	97%	95%

Fuente: MTC, 2013.

## 2) Módulo de Resiliencia

La resiliencia de un componente personifica realmente su disposición de impregnar potencia sin realizar algún daño estable. (Hibbeler, 2006, p.96).

Este se calculará con la siguiente ecuación:

Figura 10: Ecuación de Módulo de Resiliencia

$$M_R (psi) = 2555 \times CBR^{0.65}$$

Fuente: Guía AASHTO 2002.

Tabla 11. MR obtenido por correlación con CBR.

CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (M <sub>r</sub> ) (PSI)	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (M <sub>r</sub> ) (MPA)	CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (M <sub>r</sub> ) (PSI)	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (M <sub>r</sub> ) (MPA)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,006.00	131.04
11	11,854.00	81.73	24	19,531.00	134.66
12	12,533.00	86.41	25	20,048.00	138.23
13	13,192.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,060.00	145.20
15	14,457.00	99.68	28	21,556.00	148.62
16	15,067.00	103.88	29	22,046.00	152.00
17	15,663.00	107.99	30	22,529.00	155.33
18	16,247.00	112.02			

Fuente: MTC, 2013.

### 3) Confiabilidad

La técnica AASHTO agrega el principio de la (%R) que simboliza la posibilidad de una cierta estructura por actuar, en su fase de diseño, acorde a lo proyectado (2013, p.154)

La siguiente Tabla de valores indicados de confiabilidad para una fase del proyecto (10-20) años.

Tabla 12. Nivel de confiabilidad (%R).

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	90%
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	90%
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	90%
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	95%
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	95%
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	95%
	T <sub>P15</sub>		>30'000,000	95%

Fuente: MTC, 2013

#### 4) Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)

Simboliza la valoración de confiabilidad seleccionada, a fin de una agrupación de datos en una repartición normal. (MTC, 2013, Pg. 155).

Tabla 13. Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (ZR) Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL ( $Z_R$ )
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T <sub>P15</sub>		>30'000,000	-1.645

Fuente: MTC, 2013.

### 5) Desviación Estándar Combinada (So):

Es una valorización que tiene presente la versatilidad prometida de pronóstico del tráfico y demás causantes que influyen de cómo se comporta la superficie; como, por ejemplo, obstrucción, naturaleza e interrogante de prototipo. La técnica AASHTO 93 sugiere acoger a los pisos flexibles, valorizaciones de (So) contenidos dentro .040 y 0.50. Además, en el manual se amparan proyectos sugeridos con la valoración de 0.45 (MTC, 2013, Pg. 157).

## 6) Índice de servicio presente (PSI):

La limitación de una superficie proporcionando a los usuarios manejar de manera segura y grata en una determinable oportunidad

Tabla 14. PSI.

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

Fuente: AASHTO Guide for Design of pavement structures, 1993

## ➤ Índice de Servicio Inicial (Pi):

Estado de una carretera recién cimentada.

Tabla 15. Índice de serviciabilidad Inicial (Pi) según rango de tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Tp1	150,001	300,000	3.80
	Tp2	300,001	500,000	3.80
	Tp3	500,001	750,000	3.80
	Tp4	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	4.00
	Tp6	1,500,001	3,000,000	4.00
	Tp7	3,000,001	5,000,000	4.00
	Tp8	5,000,001	7,500,000	4.00
	Tp9	7,500,001	10'000,000	4.00
	Tp10	10'000,001	12'500,000	4.00
	Tp11	12'500,001	15'000,000	4.00
	Tp12	15'000,001	20'000,000	4.20
	Tp13	20'000,001	25'000,000	4.20
	Tp14	25'000,001	30'000,000	4.20
	Tp15	>30'000,000		4.20

Fuente: MTC, 2013.

➤ **Índice de Servicio Final (Pt):**

Estado de una carretera que necesite restauración.

*Tabla 16. Índice de serviciabilidad Final (Pt) según rango de tráfico.*

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PT)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>p1</sub>	150,001	300,000	2.00
	T <sub>p2</sub>	300,001	500,000	2.00
	T <sub>p3</sub>	500,001	750,000	2.00
	T <sub>p4</sub>	750,001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T <sub>p5</sub>	1,000,001	1,500,000	2.50
	T <sub>p6</sub>	1,500,001	3,000,000	2.50
	T <sub>p7</sub>	3,000,001	5,000,000	2.50
	T <sub>p8</sub>	5,000,001	7,500,000	2.50
	T <sub>p9</sub>	7,500,001	10'000,000	2.50
	T <sub>p10</sub>	10'000,001	12'500,000	2.50
	T <sub>p11</sub>	12'500,001	15'000,000	2.50
	T <sub>p12</sub>	15'000,001	20'000,000	3.00
	T <sub>p13</sub>	20'000,001	25'000,000	3.00
	T <sub>p14</sub>	25'000,001	30'000,000	3.00
	T <sub>p15</sub>	>30'000,000		3.00

*Fuente: MTC, 2013.*

➤ **Variación de serviciabilidad (ΔPSI):**

Es la disimilitud en medio de las clasificaciones PO y PT conseguidas inicialmente.

*Figura 11, Ecuación de Variación de Serviciabilidad*

$$\Delta PSI = po - pt$$

*Fuente: MTC, 2013.*

Tabla 17. Diferencial de serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ) según rango de tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD ( $\Delta PSI$ )
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Tp1	150,001	300,000	1.80
	Tp2	300,001	500,000	1.80
	Tp3	500,001	750,000	1.80
	Tp4	750,001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	1.50
	Tp6	1,500,001	3,000,000	1.50
	Tp7	3,000,001	5,000,000	1.50
	Tp8	5,000,001	7,500,000	1.50
	Tp9	7,500,001	10'000,000	1.50
	Tp10	10'000,001	12'500,000	1.50
	Tp11	12'500,001	15'000,000	1.50
	Tp12	15'000,001	20'000,000	1.20
	Tp13	20'000,001	25'000,000	1.20
	Tp14	25'000,001	30'000,000	1.20
	Tp15	>30'000,000		1.20

Fuente: MTC, 2013.

## 7) Numero Estructural Requerido (SNR)

El método AASHTO-93 para diseñar pavimentos asfálticos se utiliza un prototipo o fórmula mediante la cual se consigue un parámetro nombrado Numero estructural (SN) el cual es elemental para determinar la densidad de las capas que constituyen el pavimento que son la cubierta asfáltica, base y la sub base. Por otro lado, esta fórmula se da en función con una variable de diseño conforme el tráfico, la desviación estándar, la confiabilidad y el índice de serviciabilidad entre otros.

Figura 12. Número Estructural.

Donde:	$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times$
$a_1, a_2, a_3$	= Coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente
$d_1, d_2, d_3$	= espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente
$m_2, m_3$	= coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

Fuente: MTC, 2013.



De acuerdo a AASHTO la fórmula SN no cuenta con una específica resolución, en otras palabras, son inmensas mezclas de densidades de cada cubierta dando una respuesta conveniente. El ingeniero proyectista, desarrolla un estudio conductista de alternativas estructuradas de proyectos elegidas, donde accede a disponer la opción que tenga las destacadas valoraciones en la categoría de servicio funcional y estructural, inferior a los aceptables, conectando al tráfico que corresponde sostener la vía.

Los valores considerados en la guía son:

*Tabla 18. Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento  $A_i$ .*

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL $a$ (cm)	OBSERVACIÓN
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Carpeta asfáltica en Caliente, modulo 2,955 MPa (430,000 PSI) a 20 Oc (68 oF)	$a_a$	0.170 / cm	Capa superficial recomendada para todos los tipos de tráfico
Carpeta asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión	$a_1$	0.125 / cm	Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Micropavimento 25mm	$a_1$	0.130 / cm	Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento Superficial Bicapa	$a_1$	0.250 (*)	Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 5'000,000$ EE. No aplica en tramos con pendientes mayor a 8%, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y conlascargas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos.
Lechada asfáltica (slurry s.) de 12mm.	$a_1$	0.150 (*)	
(*) Valor Global (no se considera el espesor)			
<b>BASE</b>			
Base granular CBR 80%, compactada al 100% de los MDS	$a_a$	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para tráfico $\leq 5'1000,000$ EE
Base granular CBR 100% compactada al 100% de los MDS	$a_a$	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para tráfico $\leq 5'1000,000$ EE
Base granular tratada con asfalto (Estabilidad Marshall= 1500 lb)	$a_a$	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de tráfico
Base granular tratada con cemento (Resistencia a la compresión 7 días= 35kg/cm <sup>2</sup> )	$a_a$	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de tráfico
Base granular tratada con cemento (Resistencia a la compresión 7 días= 12kg/cm <sup>2</sup> )	$a_a$	0.060 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de tráfico
<b>SUBBASE</b>			
Sub base granular CBR 40% compactada al 100% de la MDS	$a_a$	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para tráfico $\leq 15'000,000$ EE

*Fuente: MTC, 2013.*

## ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)

Es un cociente numérico de las dimensiones habituales a los 365 días del año, predecibles en una zona admitida de la carretera da a entender el concepto cuantitativo de la relevancia de la carretera en la sección considerable y ceda a ejecutar las evaluaciones de la probabilidad económica.

Además, las valoraciones de IMDA para intervalos determinados de vías, ofrece al proyectista los datos necesarios para definir las cualidades del bosquejo de la vía, su clasificación y desarrollo de los programas de mantenimiento y perfeccionamiento, las valorizaciones de veh/via, son significativos para calcular las programaciones de estabilidad y establecer el servicio dado por el tránsito de carretera. (MTC, 2013, p. 95).

$$\text{IMDA} = \text{FC} \times \text{IMDS}$$

El IMDA (Índice Medio Diario Anual) se obtiene del IMDS (Índice Medio Diario Semanal) y del Factor de Corrección Estacional (FC).

### I) Clasificación por demanda

Según El MTC (2018) se clasifica en:

- a) Autopistas de Primera Clase: son autovías con IMDA superior a seis mil veh/día de vías lesionadas mediante un separador central exiguo de 6M; cada vía necesita tener 2 o más carriles de 3.60 m de anchura como mínimo, controlando los accesos (ingresos y salidas) proporcionando corrientes automovilísticos constantes, sin pasos a nivel y con un viaducto de personas en zonas urbanizadas.
- b) Autopistas de Segunda Clase: son autovías con un IMDA dentro 6000 y 4 001 veh/día, de vías fragmentadas mediante un separador central que puede cambiar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo suceso se establecerá una técnica de sujeción de vehículos; cada vía necesita tener 2 o más carriles de mínimo 3.60 m de anchura, controlando parcialmente los accesos (ingresos y salidas) proporcionando movimiento automovilístico constantes, como cruces a nivel y viaductos de personas en lugares urbanizados. El área de rodadura de esas autopistas debe ser asfaltada.
- c) Carreteras de Primera Clase: son autovías con un IMDA dentro 4 000 y 2 001 veh/día, con una pista mínimo de 3.60 m de anchura. Pueden tener cruces o pasos automovilísticos

a la altura y en lugares urbanizados es aconsejable calcular con viaductos de personas o con aparatos de seguridad vial, que admitan las aceleraciones del procedimiento, de forma estable. El área de rodadura debe ser asfaltada.

- d) Carretera de Segunda Clase: son autovías con un IMDA dentro 4 000 y 2 001 veh/día, con una pista de dos vías mínimo de 3.60 de anchura. Puede tener cruces o pasos automovilísticos a la altura y en lugares urbanizados es aconsejable que se cuenten con viaductos con personas o con aparatos de seguridad vial que admitan la aceleración del procedimiento, de manera más segura. Las áreas de rodadura deben ser asfaltadas.
  
- e) Carretera de Tercera Clase: Son autopistas con IMDA inferior a 400 veh/día, con pista de 2 vías de mínimo 3.00 m de anchura. De forma peculiar estas 25 vías obtendrán carriles hasta de 2.50 m disponiendo con el apoyo especialista conveniente, estas autopistas podrían actuar con resoluciones calificadas elementales o asequibles. Coherentes en el uso de estabilizadores de suelo, mezclas enlosadas y/o micro pavimentos; o afirmado, en el área de rodadura. De ser asfaltadas necesitaran realizar circunstancias simétricas condicionales para las autopistas de segunda clase.

Tabla 19. Número de Calicatas para la exploración de los suelos.

TIPO DE CARRETERA	PROFUNDIDAD (M)	NUMERO MÍNIMO DE CALICATAS	OBSERVACIÓN
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50 m. respect al nivel de subrasante del Proyecto	-Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido -Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. -Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido.	Las Calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras duales o multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m. respect al nivel de subrasante del Proyecto	-Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. -Calzada 4 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. -Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido.	
Carreteras de primera clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m. respect al nivel de subrasante del Proyecto	-4 calicatas x km	
Carreteras de segunda clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m. respect al nivel de subrasante del Proyecto	-3 calicatas x km	
Carreteras de tercera clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m. respect al nivel de subrasante del Proyecto	-2 calicatas x km	
Carreteras de bajo volumen de tránsito: carreteras con un IMDA ≤200 veh/día, de una calzada.	1.50 m. respect al nivel de subrasante del Proyecto	-1 calicata x km	

Fuente: MTC, 2013.

El dígito de perforaciones adecuadas en el cuadro anterior, se emplea para suelos recientes, en caso de restauración y progreso. En situación, de investigaciones de factibilidad o prefactibilidad se verificará el dígito de perforaciones convenientes en el respectivo cuadro esparcidas cada 2.0 km en lugar de cada km.

También, a nivel de contorno se manejará datos suplementarios que existen en la distancia del propósito, en caso de que no haya datos suplementarios se verificará el dígito de perforaciones del cuadro extendidas cada 4.0 km en vez de cada km. Asimismo, en suceso de recuperación de suelos se obtendrá los efectos de los cálculos deflectométricos (deflectograma) y la sectorización de conducta semejante, verificando cada sección semejante (por lo menos 4 perforaciones) en relación con los lugares de estudio, una perforación adonde la deflexión es principio, una segunda perforacion donde la deflexión es contiguo a la deflexión peculiar, una tercera perforación donde la deflexión es próximo a la deflexión media y una cuarta perforación donde la deflexión ha sido menor.

## **Tipos de estabilización del suelo**

Según Valle (2010, p.6) la estabilización del piso es un desarrollo el cual las superficies nativas son sometidos, de tal forma se puedan aprovechar sus cualidades, pues al estabilizar obtenemos una cobertura de suelo fijo, firme y duradero, por lo que es idóneo de aguantar los efectos de la circulación y circunstancias climáticas riguroso. La estabilización del terreno asimismo es la modificación de una carencia que logra proporcionar más firmeza al terrenal; el trio de formas para conseguirlo son: Estabilización física, sintética y mecánica.

### **1) Estabilización física**

Este procedimiento se manipula para optimizar la superficie provocando una variación física en el propio, sin generar alguna reacción química de gran estimación. Existen diversas metodologías como: estabilización por concentración y estabilización aplicando la mixtura de superficies. (Valdez, 2018, pág., 23)

### **2) Estabilización mecánica**

Esta estabilización consta en la adulteración de las características del suelo mediante la combinación de dos o más componentes y su siguiente compactación, con la intención de adquirir un nuevo componente de mayor calidad y que ejecute con todos los requerimientos.

Las cualidades que frecuentemente se prefieren renovar son la plasticidad y/o la granulometría, las cuales influyen a la susceptibilidad del material al agua, su capacidad drenante, resistencia, empleabilidad y compacticidad (Bañón et al., 2000).

### **3) Estabilización química**

Se realiza mezclando conglomerantes hidráulicos, cal o cemento, y agregando a la mezcla a los terrenos o materiales a arraigar. Por otra parte, esta mixtura se emplea esencialmente en suelos pedregosos o de arena bruta de 0-2 mm, y se logra distinguir en los siguientes tipos fundamentales: Estabilización con cal y cenizas volantes (con áridos y cemento). (Ingeniería Geo ambiental, 1995, pag.287).

#### ***1.3.3 Caucho Granulado Reciclado (GCR)***

Según Díaz y Castro (2017, p.25) la pizca de látex granular se obtiene de las ruedas del auto en desuso, que pueden ser incorporadas para perfeccionar las cualidades de la subrasante. Este tipo de material se suaviza y difunde a medición que va resistiendo con el asfalto. Los neumáticos se constituyen por elastómero nativo y sintetizado, acero y fibra textil; el látex

utilizado para la elaboración de llantas está compuesta por polímeros, que son compuestos que tienen elevado peso molecular).

El proceso de producción de la pizca de látex modernizado son técnicas de aplastamiento, que tiene como propósito obtener un volumen grande de partícula de 1/4". Las partículas deben de encontrarse libres de acero, fibras y otros productos. Proceso ambiental; se da a través de la utilización de granuladores que disminuyen la proporción de látex mediante el trazo de filos; el volumen de moléculas es inspeccionado por medio de filtros del artefacto, en cuanto la temperatura esta es regida por el ambiente, pero aumenta en cuanto se da el proceso de molienda, utilizándose de 2 a 3 molinos, los rodillos de la máquina se encuentran uno frente del otro determinando el tamaño del caucho.

*Figura 13. Caucho granular reciclado.*



*Fuente: Elaboración propia.*

### **Tipos y Componentes del Caucho**

Absolutamente todos los distintos tipos de caucho tienen diferentes cualidades. Según Castro (2004), los elastómeros son componentes poliméricos de magnitudes que varían según a los esfuerzos sometidos, y vuelve a su silueta si se retira la presión. El caucho natural es un látex con partículas de caucho en suspensión.

Luego del procedimiento de secado y de ahumado se usan variados productos. Actualmente, tiene un alcance de 30% del mercado de los cauchos, el otro porcentaje está establecido por cauchos sintéticos.

Figura 14. Tipos de caucho más usados para la creación de neumáticos

Elastómero	Propiedades
Caucho natural (polisopreno)	Excelentes propiedades mecánicas, tracción, flexión y compresión.
Polibutadieno	Excelente aislante eléctrico, muy buena resistencia a los ácidos diluidos y detergentes.
Butadieno - Estireno	-Buena adhesión a tejidos y metales -Excelentes propiedades mecánicas -Resistente al envejecimiento por calor y oxidación -Buena resistencia a los ácidos diluidos

Fuente: Elaboración Propia

De hecho, Salvatierra (2014) expresa que estos dos componentes tienen algo en común: después de ser vulcanizados, se vuelven insolubles, por ello tienen un plazo grande de tiempo para que se degraden por completo. Por lo que, la mezcla hace que los cauchos de composición natural den elasticidad y los sintéticos, estabilidad térmica. La combinación de ellos aporta durabilidad y capacidad de adaptación a las exigencias del tránsito vehicular.

Figura 15. Composición de un neumático

Componentes	Tipo de vehículo		Función
	Automóviles % en peso	Camiones % en peso	
Caucho natural	14	27	Estructural-deformación
Caucho sintético	27	14	Estructural-deformación
Negro de humo	28	28	Mejora oxidación
Acero	14 - 15	14 - 15	Esqueleto estructural
Fibra textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc	16 - 17	16 - 17	Juventud
Peso promedio	8,6 kg	45,4 kg	
Volumen	0,06 m <sup>3</sup>	0,36 m <sup>3</sup>	

Fuente: Rubber manufacturers Association

#### Método de aplicación del GCR a un pavimento:

Propósito de reciclado directo del caucho: Castellanos, et al (2002, p, 251) En la desvulcanización se borran los vínculos del elemento químico existente entre las series de petróleo del polímero, obteniendo de nuevo un látex intachable capaz de ser reprocesado. Un

método costoso y con poca capacidad de producción. Además, la regeneración del material suprime las características elásticas de la goma, proporcionándola de nuevo con pertenencias flexibles tal pues que las del polímero no vulcanizado, no es una desvulcanización, pero puede vulcanizar de nuevo. Consta en una fractura de las sucesiones del plástico por las conexiones de hidrato de carbono. Por lo que, el caucho rehabilitado es de bajo coste comparado con el caucho virgen empleándose y/o mezclado con esté, la elaboración de las mezclas es más cómoda, ya que agota poca energía y tiene un menor desarrollo de calor.

### **Aplicación:**

El látex machacado que se obtuvo en la elaboración mencionada un punto antes, constituye parte de nuevos beneficios de látex al ser desmenuzado con látex intachable en desiguales porcentajes. La inspección de la diferenciación de propiedades de la mixtura de látex al aumentar diferentes porcentajes de reciclado, es de trascendente categoría para la votación conclusiva del beneficio del que será parte, como:

- Asfaltos Modificados.
- Cargas diluyentes.
- Pavimentos.
- Parques infantiles.
- Canchas atléticas.
- Capas para cubiertas.
- Esteras de automoción.
- Beneficios formados de disminuyentes detalles sistemáticas.

### **Ventajas:**

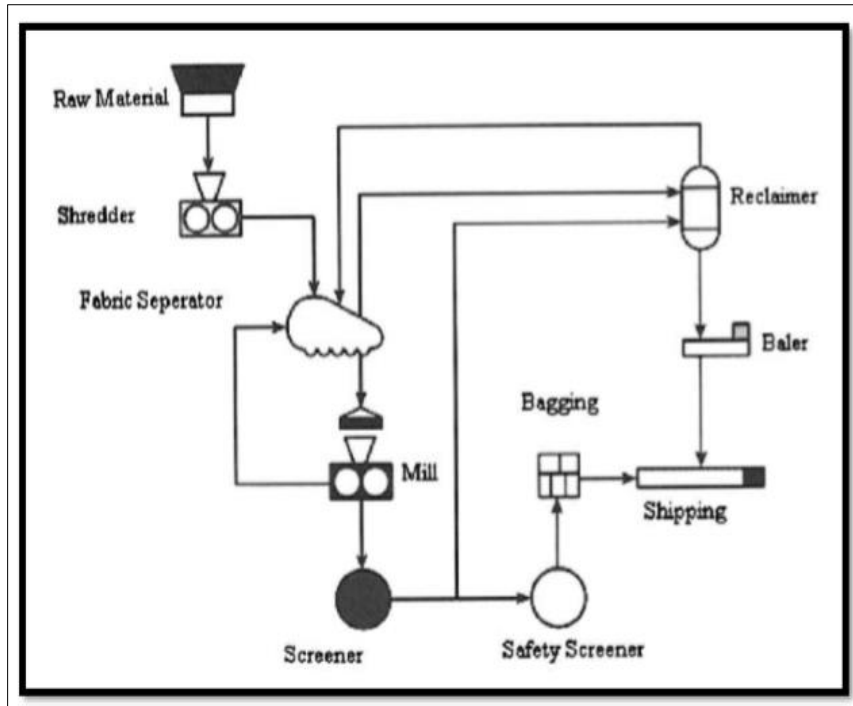
Las ventajas que presentan según Castells (2012. p, 1082) son:

- Utilización repetida: reutilización de una pieza o algún componente (recauchutado del Neumático).
- Material reciclado: Aprovechar el material levemente transformado para la propia adaptación (caños de enfriamiento hechos con residuos).
- Material recuperado: Utilizar nuevamente materia prima para la elaboración de distintos apartados (transformación de asfalto con restantes trabajado).
- Reciclaje sintético: metamorfosis en monómeros de vil carga atómico (Elaboración de gas de síntesis).



- Reciclaje potente: Evaluación potente (inflamable en hornos de hormigón).
- Resolver medioambientalmente el problema existente de la producción y acumulación de NFU (National Farmers 'Union).
- Fabricación de bloques de construcción con propiedades de aislantes acústicos.

*Figura 16. Sistema típico de molienda ambiental.*



*Fuente: Betunes modificados con caucho reciclado para mezclas de asfalto de carreteras: una revisión de la literatura. 2013.*

### **Desventajas:**

Díaz y Castro (2017) comentan que pese a que existen numerosas ventajas que promueven el uso de este componente, también hay desventajas que ameritan a que se siga investigando a profundidad, ya que ocasionan problemas para llevar a cabo un piso de GCR, los cuales son:

El aumento de adherencia eleva los grados de calor de elaboración de planta expansión reservarlo, en obra de la combinación asfáltica alterada ocasionando obstaculizar y complicar al momento de su construcción. En planta, el cambio de CA a GCR y se hace a 180-200 C° provocando la exigencia de potencia energética para elaborar la combinación. Además, se necesita de un equipamiento específico para combinar el asfalto y el GCR para luego reservarlo, acrecentando el costo original de la combinación alterada. Este aumento puede

variar entre 40% y 80% en relación a quien usa un ligante antiguo. Por otro lado, el costo de caucho duplica al normal, por lo que se estima un aumento del precio por unidad de la combinación normal dentro de 26% y 42%, en el momento que se altera la combinación con GCR por vía seca.

#### ***1.3.4 Estabilizador de suelo Terrazyme***

Martínez (2011) refiere que es un estabilizador de suelo con enzimas, este producto es un aditivo que se consigue a través de la tecnología de fermentación de plantas naturales. Los componentes de Terrazyme, interactúan con las partículas, esto produce la mejora de la solidez a través del tiempo; esto disminuye la filtración y flexibilidad hacia el suelo arcilloso, teniendo como resultado condiciones húmedas de los terrenos.

El estabilizador Terrazyme es un activador que consiente en endurecer la asociación entre materiales que se utilizan en la base del camino, apoyando la resistencia a la compresión con el tiempo.

En el beneficio de Terrazyme, 1L de esté para 33m<sup>2</sup> de ingrediente a tupir, en una disolución de 1:500 a 1:2000 lts. de filtro, esto depende al tipo de calzada y en cómo se encuentre de humedad.

Se puede aplicar en la sub base, carreteras campestres, vías complementarias y de agricultura, pistas aéreas, aceras de las vías y calzadas recreacionales, presentándose diferentes ventajas como aumentar la condición de sostén (%CBR), incrementar el aguante a la presión y la densidad del terreno y es importante para el factor climático, ya que se adecua para todo tipo de clima.

#### **Método de aplicación de Terrazyme en suelos:**

Pasos a seguir según Terrazyme (2018, p, 5)

- Escarificar la vía a 0.15m.
- Agregar TERRAZYME a la cisterna de agua.
- Humedecer toda el área a tratar.
- Batir el material hasta conseguir una compactación homogénea, después conformar.
- Compactar.
- Apertura el tránsito después de 4 a 6 horas de compactado, pero hacia usanza más cargante se obtienen excelentes efectos luego de un tiempo de aliviado.

## **Áreas de aplicación:**

Áreas de aplicación según Terrazyme (2018, p. 7)

- La edificación y recuperación de vías, autopistas de tierra, autopistas ayudantes, sitios de inspección de desgaste y otros.
- Recuperación previa de la sub base para pavimentar los caminos primarios.
- Lugares de ambientes ecológicos sensibles.
- Afianzador contra desgastes y movimiento de calzadas de camino, conductos y zanjas.
- Sellador de fondos de lagunas, tanques y rellenos sanitario.

## **Requerimientos para la aplicación:**

- Requerimiento para la aplicación según Terrazyme (2018, p. 8-10).
- Tamaño del camino (extenso, amplio, volumen).
- Comprobar bosquejos del camino (canales, aplazados y demás obras de arte).
- Conseguir referencias pequeñas (A. granulométrico, Límite líquido y plástico, coloración de suelo, humedad natural, ensayo proctor).
- Al tener entendimiento si el camino se trazó para (caminos rurales, caminos secundarios o carreteras).
- Volumen de tráfico.

## **Ventajas:**

Ventajas según Terrazyme (2018, p. 12)

- Producto natural basado en enzimas y fermentos.
- Mayor beneficio y valor económico bajo.
- Desarrolla la consistencia del sedimento.
- Disminuye dificultades al trabajo y conservación de carreteras.
- Demanda igual al conjunto convenido.
- Aumenta su capacidad de soporte (% CBR).
- Reduce la filtración del rocío.
- Acrecienta su tenacidad a la comprensión.
- Adecuado a todo tiempo.
- Ecológico: no tóxico, es biodegradable.
- No inflamable.

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1 Problema general**

¿En qué forma aplicar el caucho granular mejoraría los atributos físico mecánicos de la subrasante en un pavimento flexible?

### **1.4.2. Problemas específicos**

- ¿En cuánto la inclusión del caucho granular mejoraría el comportamiento físico-mecánico de la subrasante en un pavimento flexible en el distrito de Ancón?
- ¿En cuánto la incorporación del caucho granular modificaría la densidad de la subrasante en un pavimento flexible?
- ¿En cuánto se modificaría el costo por m<sup>2</sup> a mejorar las cualidades físico- mecánicas de la subrasante en un pavimento flexible con la inclusión de caucho granular y Terrazyme?

## **1.5. Justificación**

A través del tiempo ha sido de vital importancia los componentes que constituyen la pavimentación, ya que a nivel nacional y distrital (Ancón) existen deficiencias en cuanto a esta problemática.

El presente estudio tiene valor teórico ya que se emplearon teorías acerca del método de pavimentación y el uso de materiales alternativos que pueden ser empleados en la subrasante, brindando información acerca de un recurso, el caucho, para diversos proyectos que se pueden realizar.

Asimismo, presenta valor social, porque se brindó datos acerca del uso del caucho y el componente químico Terrazyme en el uso de la pavimentación flexible. A su vez presenta valor ambiental, ya que al emplear elementos que no son parte de los desechos biodegradables, en este caso el caucho, se busca así el uso de componentes que cumplan las características que requieran la pavimentación en este tipo de suelo y disminuir el impacto ambiental del mismo.

## ***1.6. Hipótesis***

### ***1.6.1. Hipótesis general***

Aplicar látex granular mejorará las cualidades físico-mecánicas de la subrasante en pavimentos flexibles.

### ***1.6.2. Hipótesis específicas***

- La inclusión de látex granular mejorará las cualidades físico-mecánicas de la subrasante en un pavimento flexible en el distrito de Ancón.
- La incorporación del caucho granular modificará reduciendo el espesor de la subrasante en un pavimento flexible.
- El precio por m<sup>2</sup> se reducirá en el progreso de las cualidades físico-mecánicas de la subrasante en un suelo dúctil con caucho granular en comparación con el Terrazyme.

## ***1.7. Objetivos***

### ***1.7.1. Objetivo general***

Analizar el uso de látex granular en el mejoramiento de las características físico- mecánicas de la subrasante en pisos flexibles.

### ***1.7.2. Objetivo específico***

- Establecer en cuanto la inclusión del caucho granular mejoraría las características físico-mecánicas de la subrasante en un piso flexible en el distrito de Ancón.
- Determinar en cuanto la incorporación del caucho granular reduciría la densidad de la subrasante en un pavimento flexible.
- Establecer la diferencia de costos por m<sup>2</sup> en el progreso de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en un pavimento flexible al incluir caucho granular en comparación con el estabilizador Terrazyme.

## MÉTODO

### ***2.1. Tipo y diseño de investigación***

#### **2.1.1. Diseño la Investigación**

El estudio es realizado bajo un bosquejo de tipo empírico, y efectúa manipulando de manera intencional una variable, para este caso la variable será manipulada en diferentes dosificaciones del caucho granular, este estabilizador representa la variable que no depende de otra (causa) y la variable que si depende de otra será la modificación de las cualidades físico-mecánicas de la subrasante (efecto).

#### **2.1.2. Nivel de Investigación**

La exploración presenta un alcance representativo, detallando las cualidades somáticas y operativo de los terrenos de implantación, sin la adición (suelo en estado natural) y con inclusión del estabilizador químico, explicativo porque argumenta las causas que originan la baja disposición de sostén del piso en investigación.

#### **2.1.3. Tipo de Investigación.**

Cordero (2009) refiere que el estudio es aplicativo, porque los conocimientos adquiridos son empleados en la práctica, dónde a su vez se adquiere nuevos conocimientos.

### ***2.2. Variable y Operacionalización***

#### **2.2.1 Variables Variable Independiente: Caucho Granular**

Variable Independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Instrumentos
Caucho (GCR)	Es un polímero elástico que se obtiene a partir de las secreciones de tipo lechosa producidas por el árbol de caucho, posteriormente la resina obtenida es tratada con diversos químicos que luego se convertirá en látex. (Díaz y Castro 2017,p25)	La variable independiente representada por el caucho granular se aplicara en diferentes dosis para incrementar la capacidad de soporte del terreno.	D1:  Dosificación del polímero	I1: 6% De caucho (GCR)  I2: 8% De caucho (GCR)  I3: 10% De caucho (GCR)	CBR Y Proctor Modificado

**Variable Dependiente:** Modificación de las cualidades físico-mecánicas de la subrasante

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Instrumentos
Modificación de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante	Subrasante, se denomina al suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento. (García, 2017,sp)	La variable dependiente representada por la capacidad de soporte del terreno de fundación se determinara inicialmente con la caracterización del suelo natural.	D2: Propiedades físico-mecánicas de la subrasante  D3: Capacidad portante de la subrasante  D4: Espesor del número estructural requerido (SNR)	Clasificación de suelos  Relación humedad - densidad  Ensayo de compactación  Ensayo de penetración  Calculo estructural	Granulometría  Proctor modificado  Limites Atterberg  Proctor modificado  CBR  Método AASHTO (guía para el diseño de estructuras de pavimento 1993)

## 2.3. Unidades de análisis, Población, Muestra y Diseño Muestral

### 2.3.1. Unidad de Análisis

Capacidad portante para CBR, Subrasante para modificación con caucho granular.

### 2.3.2. Población

Conformada por ensayos realizados de las muestras de 1 KM durante la semana en la que también se llevarán los modelos con la aplicación del estabilizador Caucho Granular en la calle C del distrito de Ancón.

### 2.3.3. Muestra

Está constituida por 24 muestras de suelo de la Calle C del distrito de Ancón. Por lo cual se trabajarán con 24 especímenes de suelo para cada dosis del aditivo. Para luego, aplicar el ensayo de CBR (NTP 399.175)

Tabla 20: Tabla de muestreos.

Ensayos de CBR %	C-1	C-2
Muestra de suelo natural	3	3
- Con 6% de caucho granular y terrazyme	3	3
- Con 8% de caucho granular y terrazyme	3	3
- Con 10% de caucho granular y terrazyme	3	3
Total	24	

Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.4. Diseño Muestral

El diseño muestral del boceto de tesis no probabilístico porque se seleccionarán las muestras de suelo (unidades de análisis) para someter a experimentación con la dosis propuesta del aditivo, además el subtipo de muestreo es intencional.

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 2.4.1. Técnica

Compete al uso de instrumentos y procesos a ejecutar para contribuir a adquirir un conocimiento. Teniendo en cuenta los diferentes tipos de técnicas, las cuales son: las entrevistas, encuestas, observaciones, etc. (Morone, 2012).



La definición dada por el autor se aplicará en la investigación por la técnica de observación directa, debido al recorrido que se realizará en el área de estudio, así como la observación de los cambios físico-mecánicos del suelo donde se ejecutan los estudios con el caucho granular y silicato de sodio. Asimismo, se aplicarán técnicas, normas de ensayos de laboratorios, como la granulometría, índice de plasticidad, proctor modificado y CBR.

#### 2.4.2. Instrumentos de Investigación

Estos utilizados son fichas recaudación de información, como fichas de campo.

#### 2.4.3. Validación y confiabilidad del instrumento.

De acuerdo a Oseda (2011). estos son los valores de validez del instrumento.

*Tabla 21. Valores de validez.*

0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Valida
0.66 a 0.71	Muy valida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

*Fuente: Oseda (2011).*

Según lo ya mencionado, los instrumentos propuestos medirán las variables de la investigación las cuales serán validados por expertos, de acuerdo con su especialidad, la finalidad por la cual los instrumentos sean confiables es con el fin de la recaudación de información.

*Figura 17. Ficha de validación de datos.*

FICHA DE VALIDACIÓN DE DATOS			
Proyecto: aplicación del caucho granular para modificar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante de un pavimento flexible- ancón 2019			
Autor: Becerra Gonzales, Irving David			
I.	información General	Ubicación Distrito Provincia Región	Tramo de prueba Calicatas realizadas
II.	D1 Dosificaciones del caucho granular ( Polímero )	6 %	8% 10%

III.	D2 Propiedades físico- mecánicas de la subrasante	Granulometría Material pasante por la malla#200	Contenido de humedad
IV.	D3 Capacidad portante de la subrasante (CBR)	Proctor modificado	
		CBR al 95% DE 0.1"	
		CBR al 100% DE 0.1"	
V.	D4 Espesor del número estructural requerido	CBR al 95% DE 0.2"	
		CBR al 100% DE 0.2"	
		Método AASHTO Guide for Desing of Pavement Structures 1993	
Apellidos y nombres: Especialista: Registro CIP N°: E-mail: Telefono:			

*Fuente: Elaboración propia.*

### **2.5. Método de Análisis de Datos**

En el estudio se emplearán tablas y gráficos que describirán el análisis de datos de los ensayos realizados como granulometría, límites de consistencia, proctor modificado y CBR.

### **2.6. Aspectos Éticos**

Los valores de la responsabilidad y el compromiso considerados para efectuar el presente proyecto de investigación, confirman la moralidad y la ética del autor. Asimismo, la aplicación de estos valores se ve reflejado en la información empleada, puesto que se ha respetado la propiedad intelectual citando cada texto para evitar la usurpación de otros trabajos.

## RESULTADOS

### 3.1 Descripción del lugar de estudio.

El lugar en estudio está ubicado en AA. HH. El Oasis, Calle C, Ancón, localizada en la provincia de Lima-Perú.

*Figura 18. Ubicación del área de estudio está delimitada por una línea roja (Vista satelital Google Earth).*



### 3.2. Estudios Previos

#### 3.2.1. Análisis del suelo

Para realizar un estudio de cualidades del suelo, se necesita adquirir muestras que evidencien las condiciones de la zona, esta tarea puede ejecutarse de dos distintas maneras; adquirir muestras cambiadas y/o muestras estables.

##### 3.2.1.1. Obtención de las muestras

La obtención de muestras en este estudio, exclusivamente modificadas (de acuerdo a los ensayos que se van a realizar), se propuso una técnica de trabajo, con el objetivo de adquirir un representativo muestreo el cual se explica a continuación:

1. Se realizó una ruta para explorar y observar las circunstancias actuales del suelo. Examinando las hendiduras expuestas de las formas habituales del mismo, en la cual se pueden apreciar el color, textura y otras cualidades de gran importancia.
2. Después de hacer esto, se toma la decisión sobre la localización de las exploraciones específicas, en donde se realizarán las calicatas donde se extraerán las muestras, el pesaje de las muestras de los suelos para diferentes pruebas, los cuales son

relativamente mayores. Por ello, se tratar de reducir la cifra de estas últimas mencionadas.

3. Para la excavación de las diferentes calicatas con profundidades de 1.50 m, se usaron herramientas como pico, pala y barra.
4. Los especímenes del terreno de cada calicata se colocaron en sacos y se transportaron al laboratorio con sus respectivos registros de excavación.

### **3.2.1.2. Dimensiones de la Excavación**

El estudio se realizó con dos calicatas denominadas C-1 y C-2 con dimensiones de 1,00 x 0,60 y profundidades de 1,50 m.

## **3.3. Descripción de la metodología**

El método de desarrollo de la tesis consta de 3 etapas, a continuación, se especificará cada una de ellas:

### **3.3.1. Etapa de Campo**

El trabajo de campo se ejecutó en 1 km de los suelos de subrasante de la Calle C de AA. HH. El oasis- Ancón, primeramente, se determinaron las regiones afectadas del tramo y se colocaron dos puntos para excavar el suelo a mano en modalidad de fase amplia de 1.50 metros de profundidad para inmediatamente recolectar las muestras de suelos de subrasante de las calicatas denominadas C-1 y C-2.

Posteriormente a la obtención de estos especímenes de suelos, se describieron en una tarjeta de identificación, detallando el número de calicata, las coordenadas UTM, profundidad, ubicación del punto en plano y la numeración de cada muestra. Para luego ser introducidas en costales en costales con el fin de trasladarlas al laboratorio de la entidad JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.

#### **a) Calicata C-1:**

La calicata C-1 se sitúa en la Cuadra 3 de la Calle C del AA. HH. El Oasis- Ancón, en la cual se delimito el área considerando las dimensiones de 1.00 m x 0.60 m, seguido se realizó la excavación con herramientas manuales hasta llegar a una profundidad de 1.50 m.

*Figura 19: Calicata C-1, se puede apreciar la excavación*



b) Calicata C-2:

La calicata C-2 se localiza en la Cuadra 7 de la Calle C del AA. HH. El Oasis- Ancón, donde se delimitó del área teniendo en cuenta las dimensiones de 1.00 m x 0.60 m. Para luego realizar la excavación hasta llegar a una profundidad de 1.50 m.

*Figura 20: Calicata C-2, se puede apreciar la excavación*



### **3.3.2. Etapa de laboratorio**

En el proceso se efectuaron pruebas del mecanismo de terrenos en el laboratorio de la empresa JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R., con la intención de alcanzar los valores máximos del incremento de la condición portante de sedimentos de subrasante aplicando dosificaciones de Caucho granular y del aditivo estabilizador Terrazyme. El método consistió en realizar pruebas de laboratorio a las muestras de suelos de subrasante natural y suelos de subrasante aplicando Caucho y aditivo Terrazyme en porcentajes de 6%, 8% y 10%.

Los resultados de la aplicación del método detallado anteriormente, se obtuvieron de acuerdo a los parámetros e indicadores establecidos por el MTC. (EM-2000)- (ASTM-2006). Y normas como ASTM D-288/2004 y AASHTO, logrando alterar el %CBR de forma considerable, por lo que se realizó la comparación entre los suelos de subrasante natural y los suelos de subrasante aplicando el estabilizador químico.

Se tuvieron en cuenta las siguientes pruebas de laboratorio:

- A. Análisis Granulométrico (ASTM D-422)
- B. Material que sobrepasa el tamiz N° 200 (ASTM D 422)
- C. Contenido de Humedad (ASTM D 2216)
- D. Ensayo de Proctor Modificado (AASHTO - T- 180, ASTM D 1557)
- E. Ensayo de CBR% (AASHTO – T- 183, ASTM D 1883)

### **3.3.3. Etapa de Gabinete**

Para definir el SNR del suelo se utilizó una hoja de cálculo de la Universidad Nacional del Centro del Perú, facultad de Ingeniería Civil, nombrado “Diseño del Pavimento Flexible – Método AASHTO 93”; basado en manual de autovías 2014- MTC Perú; de autoría de Junior Hualpa Zarate. Asimismo, para el diseño se consideró una autopista con mínimo volumen de tránsito (IMD < 400 veh/día) y material de guía el Manual de Autovías “Suelos, Geotécnica y Pavimentos”, MTC 2013.

Pasos a seguir:

#### **A. Cálculo de ESAL**

Para definir un parámetro utilizado determinante en el bosquejo del pavimento, obtener el ESAL se considera el IMDA de la vía (para objeto de esta investigación se consideró el IMDA de una vía paralela a la zona de estudio, cuyo nombre de investigación es “Aplicación del caucho granular para modificar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante de un pavimento flexible-Ancón 2019”, días del año, Fd (factor direccional), Fc (factor carril), tasa de desarrollo anual % (r) y la fase de diseño (n), estos datos en conjunto nos dan como resultado el ESAL, el cual se expresa de la siguiente fórmula propuesta a fin de el “Diseño de Pavimento Flexible – Método AASHTO 93”.

## **B. Cálculo del CBR%**

Se considera un promedio obtenido de las investigaciones de CBR% de las perforaciones C-1 y C-2 de la cuales se obtuvieron muestras de suelos de subrasante natural y muestras de suelos de subrasante adicionándoles en porcentajes del estabilizador Terrazyme.

## **C. Módulo de Resiliencia (MR)**

Se obtendrá a través del cálculo de la posterior propuesta con el Método AASHTO 93.

## **D. Confiabilidad %**

Se considera el ESAL obtenido procediendo a seleccionar que porcentaje de confiabilidad le corresponde para 1 etapa.

## **E. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar ( $Z_r$ )**

Se considera el ESAL obtenido, procediendo a ubicar que valor correspondiente  $Z_r$ .

## **F. Desviación Estándar Combinada ( $S_o$ )**

La guía AASHTO recomienda para suelos flexibles obtener valoraciones comprendidas para  $S_o$  dentro del rango 0.40 y 0.50. Por lo que, a través de la “guía de suelos y pavimentos del MTC-2013”, se considera la valoración de 0.45.

## **G. Índice de Servicialidad Presente (PSI)**

### **– Servicialidad Inicial ( $P_i$ )**

Se considera ESAL obtenido procediendo a localizar que valor de Servicialidad inicial que le corresponde.

### **– Servicialidad Final o terminada ( $P_t$ )**

Se considera ESAL obtenido procediendo a localizar que valor de Servicialidad final que le corresponde.

### **– Variación de Servicialidad (PSI)**

La disimilitud en Servicialidad inicial y Servicialidad final obtenida precedentemente.

## **H. Numero Estructural Requerido (SNR)**

El SNR fue calculado por medio de la hoja de cálculo Diseño de Pavimentos Flexibles – Método AASTHO 93, apoyándose de la Guía de Autovías 2014 – Perú, del autor Junior Hualpa Zarate.

### 3.4 Cálculos de la investigación

#### 3.4.1 Cálculo del número estructural requerido (SNR), diseño de pavimento flexible – técnica AASHTO 93 (basado en la guía de autovías 2014 – Perú)

##### A. Cálculo del número estructural requerido (SNR) para las muestras los suelos de subrasante natural.

Se dispone como dato de IMDA de 92 veh/día, enlazado a la investigación de tránsito elaborado por La Municipalidad Distrital de Ancón – Sub Gerencia De Obras Públicas; titulado “Construcción vial vehicular av. Las Colinas, desde la av. Julio César Tello hasta la Av. José Carlos Mariátegui, del AA.HH. El Oasis, Distrito de Ancón – lima, 2010”.

Teniendo en cuenta la anterior información, se procede a considerar un incremento respecto a nuestra fecha actual. Para ello, se utilizará una hoja de cálculo y poder obtener este valor.

- Se procedió al cálculo del IMDA para el año 2019 resultando el valor de 120 veh/día.
- Calculamos el ESAL para definir el número estructural requerido (SNR), procediendo con el cálculo, estimando un ciclo de anteproyecto de 20 años; obteniendo el valor de 1’872,000.00 EE.
- Introducción de datos a la hoja de cálculo Diseño de Pavimento Flexible – Técnica AASHTO 93 (basado en el Guía de Autovías 2014 – Perú), los cuales serán el valor del ESAL, CBR al 95% a 0.1” de las calicatas C1 y C-2.

*Figura 21: Hoja de cálculo Diseño de Pavimento Flexible – Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014 – Perú).*

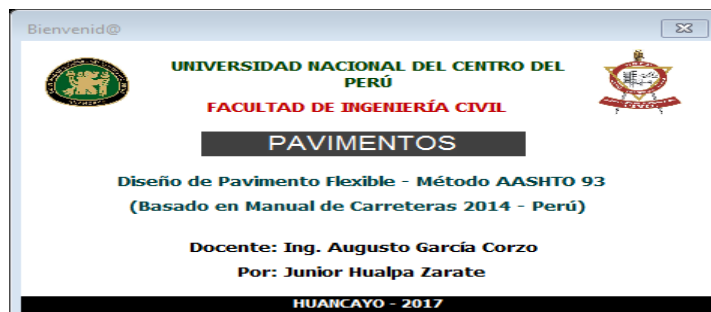




Figura 22. Software AASHTO 93

**Diseño de Pavimento Flexible con Subrasante Natural:**

Tabla 22. Resultados de CBR al 0.1" del 95%

CALICATA	CBR Natural 95% al 0.1"	PROMEDIO
C - 1	10.0	10.2
C - 2	10.4	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 23. Introducción de datos de las calicatas en la hoja de cálculo.

## CBR DE DISEÑO

-AASHTO  
-INSTITUTO DE ASFALTO

Seleccionar datos

CALICATA	PROGRESIVA	CBR	
C-01	km 000-000.00	10.000	
C-02	km 000-100.00	10.400	

CBR	# VALORE >=	%VALORE >=	
10.400	1	50.0	
10.000	2	100.0	

Fuente: Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)

Introducimos la información preliminar requerida en la hoja de cálculo, es decir, datos de calicatas, progresiva de las calicatas y CBR al 95% a 0.01” obtenidos en las calicatas C-1 con valor 10.0% y C-2 con valor 10.4%.

Tabla 24. Selección de CBR de diseño.

METODO AASHTO		METODO DEL INSTITUTO DE ASFALTO		*Observaciones
CBR	10.20%	60%	CBR 10.28%	
MR	11295.23 PSI		MR 11351.85 PSI	
S3: Subrasante Buena		75%	CBR 10.20%	S3: Subrasante Buena
			MR 11295.23 PSI	
		87.5%	CBR 10.13%	S3: Subrasante Buena
			MR 11245.56 PSI	

Fuente: Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)

Según la tabla 24, se seleccionó un tipo de método a utilizar, se tiene evidencia de dos métodos disponibles a escoger, para este estudio se consideró el método AASHTO. Asimismo, la hoja de cálculo automáticamente nos da el valor promedio de CBR a utilizar. El cual fue de 10.20% y el Módulo de Resiliencia (MR) le corresponde al CBR promedio es 11295.23 PSI.

Tabla 25. Cálculo del número estructural requerido SNR.

NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO (SNR)	
-Iterativo Manual	
-Iterativo Automático	
-Ábaco AASHTO	
ESAL	1.87E+06
CBR	10.20%
MR Subrasante (Psi)	11295.23
TIPO DE TRÁFICO TP	TP6
NUMERO DE ETAPAS	1
NIVEL DE CONFIABILIDAD R(%)	85%
Coefficiente Estadístico De Desviación Estándar Normal (ZR)	-1.04
Desviación Estandar Combinada (So)	0.45
Serviciabilidad Inicial (Pi)	4
Serviciabilidad Final o Terminal (PT)	2.5
Variacion de Serviabilidad (ΔPSI)	1.5

Fuente: Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)

En la tabla 25, se introdujeron los datos obtenidos anteriormente, tales como: ESAL (1'872,000), CBR (10.2%), MR (11295.23 PSI), tipo de tráfico TP (TP6), número de etapas (1), Nivel de confiabilidad (85%), coeficiente estadístico de desviación estándar normal ZR (-1.04), desviación estándar combinada So (0.45), Servicialidad inicial Pi (4), Servicialidad final o terminada PT (2.5) y la variación de Servicialidad ΔPSI (1.5).

Tabla 26. Cálculo del número estructural requerido SNR por iteración manual y automática.

ITERACIÓN MANUAL

Numero Estructural Requerido (SNR)	3.222
N18 NOMINAL	6.272
N18 CALCULADO	6.271

Iterar hasta que N18 NOMINAL=N18

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_A \times S_e + 9.36 \times \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

ITERACIÓN AUTOMÁTICO

Numero Estructural Requerido (SNR)	3.222	Iterar
N18 NOMINAL	6.272	
N18 CALCULADO	6.271	

Fuente: Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)

En tabla 26, se puede apreciar la interacción manual y automática de los resultados de N18 nominal y N18 calculado. La interacción manual la hoja de cálculo nos permite introducir valores hasta llegar a igualar el N18 nominal y el N18 calculado. Además, la hoja de cálculo muestra una opción que de forma automática donde calcula el SNR requerido presionando el botón “iterar” dando el resultado 3.222.

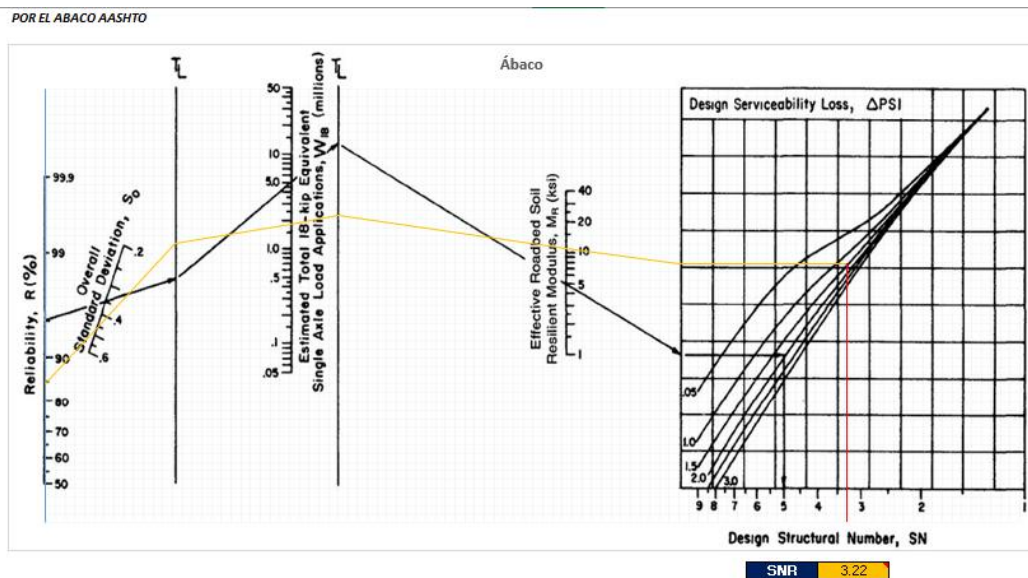
Tabla 27. Cálculo del número estructural requerido SNR con el Software AASHTO 93.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It contains several input fields and a calculation button. The 'Tipo de Pavimento' is set to 'Pavimento flexible'. 'Confianza (R) y Desviación estándar (So)' is set to '85 % Zr=-1.037' and 'So 0.45'. 'Serviciabilidad inicial y final' shows 'PSI inicial 4' and 'PSI final 2.5'. 'Módulo resiliente de la subrasante' is 'Mr 11295.23 psi'. Under 'Información adicional para pavimentos rígidos', there are empty fields for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. 'Tipo de Análisis' is set to 'Calcular SN', with 'w18 = 1872000' and 'Número Estructural SN = 3.23' displayed. 'Calcular' and 'Salir' buttons are at the bottom.

Fuente: Método AASHTO93(basado en el manual de carreteras 2014-Perú)

En la tabla 27, el número estructural requerido por el Software AASHTO 93, da al SNR el valor de 3.23

Tabla 28. Cálculo del número estructural requerido SNR por Abaco AASTHO.



Fuente: Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)

En la Tabla 28, se observa la consecuencia del número estructural requerido por el Abaco de AASHTO, dando al SNR un valor de 3.22.

Los espesores de capas, basados en la guía de vías, suelos geotecnia y pavimentos MTC 2013, ubicados en Anexo N°x.

Tabla 29. Materiales a considerar para el diseño.

	a1	a2	a3
Componente	Carpeta Asfáltica en Caliente, modulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	Su Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS
Observación	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para tráfico ≤5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para tráfico ≤15'000,000 EE
Precio	s/. 470.00	s/. 120.00	s/. 90.00
ai (Recomendado)	0.17	0.052	0.047
ai (Definido por usuario)	0.18	0.055	0.048
Precio para ai Definido	s/. 475.00	s/. 125.00	s/. 95.00

Seleccione  Recomendado por el Manual MTC

Valores definidos por el usuario

Fuente: *Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)*

Para la tabla 29, se definieron los materiales de capas para el diseño de los suelos de subrasante natural: para a1 se consideró la carpeta pavimentada abrasante, medida 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68of); para a2 se consideró del cemento granulosa CBR 80%, densa al 100% de la DMS y para a3, una Sub Base CBR 40%, consistente al 100% de la DMS. Se obtuvieron los resultados recomendados para a1, a2 y a3, los valores de coeficientes estructural ai (cm-1) son 0.17, 0.052 y 0.047 respectivamente.

*Tabla 30. Espesor propuesto por capa para la estructura del pavimento de la muestra de suelo natural.*

	m1		m2	
	1		1	
	D1	D2	D3	
	8.0 cm	22.0 cm	20.0 cm	
	SNR (Requerido)	3.22	Debe cumplir SNR (Resultado) >SNR (Requerido)	
	SNR (Resultado)	3.44	Si Cumple	
	Capa superficial	Base	Subbase	Total
Precio	s/.37.60	s/.26.40	s/.18.00	s/.82.00

Fuente: *Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)*

En la tabla 30, se puede apreciar el resultado de la alternativa propuesta para el boceto de pisos flexibles de la muestra de los suelos de subrasante natural, en comparación del SNR (requerido= 3.222) y el SNR (resultante 3.44); este último (SNR resultante se considera por el Manual MTC 2013, Anexo N° 14). Los espesores por cada cobertura de la conformación del suelo fueron considerados desde las tablas del Manual MTC, 2013; Anexo N°15, se colocó las valoraciones de drenaje de la base y sub – base, siendo estos de 1 para ambos casos; estos valores son recomendados por el Manual MTC 2013. El dimensionamiento de nuestra estructura del pavimento es la siguientes: para D1 espesor de 8.0 cm, para D2 una densidad de 22.0 cm y para D3 de 20.0 cm; así mismo la hoja de cálculo nos sugiere el costo por capa o asumir datos de costos, siendo los precios por m2 para la capa superficial S/. 37.60, para la base S/. 26.40 y para la sub base S/. 18.00, teniendo un valor total de S/. 82.00 por m2.

**B. Cálculo de numero estructural requerido (SNR) para las muestras los suelos de subrasante con el mayor incremento de CBR al 95% al añadir un porcentaje de Caucho reciclado (10%)**

Tabla 31. Resultados de CBR al 0.1" del 95% con Caucho.

CALICATA	CBR con 10% Caucho 95% al 0.1"
C - 1	11.8

Tabla 32. Introducción de datos de las calicatas en la hoja de cálculo.

CALICATA	PROGRESIVA	CBR
C-02	km 000-100.00	11.800

CBR	# VALORE >=	%VALORE >=
11.800	1	100.0

Fuente: Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)

Introducimos en la tabla 32 los datos preliminares requeridos en la hoja de cálculo, introducimos el número de calicatas, progresiva de las calicatas y CBR al 95% a 0.01" con mayor incremento de CBR de los suelos de subrasante añadiendo de látex granular (10%), de las calicatas C-1 con valor de 11.8% y un MR de 12399.25 Psi.

Tabla 33. Cálculo del número estructural requerido SNR.

ESAL	1.87E+06
CBR	11.80 %
MR Subrasante (Psi)	12399.25
TIPO DE TRAFICO TP	TP6
NUMERO DE ETAPAS	1
NIVEL DE CONFIABILIDAD R (%)	85%
Coefficiente Estadístico De Desviación Estándar Normal (ZR)	-1.04
Desviación Estándar Combinada (So)	0.45
Serviciabilidad Inicial (Pi)	4
Serviciabilidad Final o Terminal (PT)	2.5
Variación de Serviciosabilidad (ΔPSI)	1.5

Fuente: Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)

Se colocaron N° la tabla 33 los datos conseguidos anteriormente tales como: ESAL (1,872,000.00), CBR (11.80%), MR (12399.25 PSI), tipo de tráfico TP (TP6), numero de

Tabla 34. Cálculo del número estructural requerido SNR por iteración manual y automática.

etapas (1), Nivel de confiabilidad (85%), coeficiente estadístico de desviación estándar normal ZR (-1.04), desviación estándar combinada So (0.45), Servicialidad inicial Pi (4), Servicialidad final o terminada PT (2.5) y la variación de Servicialidad ΔPSI (1.5).

ITERACIÓN MANUAL

Numero Estructural Requerido (SNR)	3.103
N18 NOMINAL	6.272
N18 CALCULADO	6.271

Iterar hasta que N18 NOMINAL=N18

$$\log_{10}(\hat{W}_{18}) = Z_R \times S_e + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{3.18}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

ITERACIÓN AUTOMÁTICO

Numero Estructural Requerido (SNR)	3.103	Iterar
N18 NOMINAL	6.272	
N18 CALCULADO	6.271	

Fuente: Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)

En la tabla 34, vemos la interacción manual y automática de los resultados de N18 nominal y N18 calculado, en la interacción manual la hoja de cálculo nos permite introducir valores hasta llegar a igualar el N18 nominal y el N18 calculado, así mismo la hoja de cálculo nos muestra una opción que de forma automática donde nos calcula el SNR requerido presionando en el botón “iterar” dando como resultado 3.103.

Tabla 35. Espesor propuesto por capa para la estructura del pavimento de la muestra añadiendo Caucho granular (10%).

	m1	m2		
	1	1		
	D1	D2	D3	
	8.0 cm	22.0 cm	20.0 cm	
	SNR (Requerido)	3.10	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)	
	SNR (Resultado)	3.44	Si Cumple	
	Capa superficial	Base	Subbase	Total
Precio	s/.37.60	s/.26.40	s/.18.00	s/.82.00

Fuente: Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)

Se logra apreciar en la tabla 35 el resultado de la alternativa propuesta para el bosquejo de pisos flexibles de la muestra de los suelos de subrasante natural con mayor incremento de CBR obtenido al añadir un porcentaje de caucho granular (10%), en comparación del SNR (requerido= 3.103) y el SNR (resultante 3.44); este último (SNR resultante se considera por el Manual MTC 2013, Anexo N° 14. Los espesores por cada capa de la conformación del suelo fueron considerados a partir de tablas del Manual MTC, 2013; Anexo N° 15, se colocó las valoraciones de drenaje de la base y sub – base, siendo los valores de 1 para ambos casos;

estos valores son recomendados por el Manual MTC 2013. El dimensionamiento de nuestra estructura del pavimento es la siguientes: para D1 densidad de 8.0 cm, para D2 de 22.0 cm y para D3 un espesor de 20.0 cm; así mismo la hoja de cálculo nos sugiere el costo por capa o asumir datos de costos, siendo los precios por m<sup>2</sup> para la capa superficial S/. 37.60, para la base S/. 26.40 y para la sub base S/. 18.00, teniendo un valor total de S/. 82.00 por m<sup>2</sup>.

El CBR con caucho reciclado no tiene tanta diferencia al CBR natural, por lo que el diseño seguirá siendo la misma.

**C. Cálculo de numero estructural requerido (SNR) para las muestras los suelos de subrasante con el mayor incremento de CBR al 95% al añadir un porcentaje de aditivo Terrazyme (10%).**

*Tabla 36. Resultados de CBR al 0.1" del 95% con aditivo Terrazyme.*

CALICAT A	CBR con 10% Terrazyme 95% al 0.1"
C - 2	19.3

Fuente: Elaboración propia.

*Tabla 37. Introducción de datos de las calicatas en la hoja de*

*Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)*

Se introduce en la tabla 37, datos requeridos en la hoja de cálculo, tales como: el número de calicatas, progresiva de las calicatas y CBR al 95% a 0.01" con mayor incremento de CBR de los suelos de subrasante con la adición del aditivo Terrazyme (10%), de las calicatas C-2 con valor de 19.30% y un MR de 16988.21 Psi.



Tabla 38. Cálculo del número estructural requerido SNR.

NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO (SNR)

- Iterativo Manual
- Iterativo Automático
- Ábaco AASHTO

ESAL	<b>1.87E+06</b>
CBR	<b>19.30 %</b>
MR Subrasante (Psi)	16988.21
TIPO DE TRAFICO TP	TP6
NUMERO DE ETAPAS	<b>1</b>
NIVEL DE CONFIABILIDAD R (%)	85%
Coefficiente Estadístico De Desviación Estándar Normal (ZR)	-1.04
Desviación Estándar Combinada (So)	<b>0.45</b>
Serviciabilidad Inicial (Pi)	4
Serviciabilidad Final o Terminal (PT)	2.5
Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)	1.5

Fuente: *Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)*

En la tabla 38, se colocan los datos obtenidos anteriormente tales como: ESAL (1,872,000.00), CBR (19.30%), MR (16988.21 PSI), tipo de tráfico TP (TP6), numero de etapas (1), Nivel de confiabilidad (85%), coeficiente estadístico de desviación estándar normal ZR (-1.04), desviación estándar combinada So (0.45), Serviciabilidad inicial Pi (4), Serviciabilidad final o terminada PT (2.5) y la variación de Serviciabilidad ΔPSI (1.5).

Tabla 39. Cálculo del número estructural requerido SNR por iteración manual y automática.

**ITERACIÓN MANUAL**

Numero Estructural Requerido (SNR)	<b>2.734</b>
N18 NOMINAL	6.272
N18 CALCULADO	6.271

Iterar hasta que N18 NOMINAL=N18

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_v + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{1.9}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

**ITERACIÓN AUTOMÁTICO**

Numero Estructural Requerido (SNR)	<b>2.734</b>	Iterar
N18 NOMINAL	6.272	
N18 CALCULADO	6.271	

Fuente: *Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)*

En la tabla 39, se pudo observar la interacción manual y automática de los resultados de N18 nominal y N18 calculado. Asimismo, la hoja de cálculo nos permite introducir valores hasta llegar igualar el N18 nominal y el N18 calculado. Además, muestra una opción de forma automática donde calcula el SNR requerido presionando el botón “iterar” dando un resultado de 2.734.

Tabla 40. Espesor propuesto por capa para la estructura del pavimento de la muestra añadiendo aditivo Terrazyme (10%).

	m1		m2	
	1		1	
	D1	D2	D3	
	8.0 cm	15.0 cm	16.0 cm	
	SNR ( Requerido)	2.73	Debe cumplir SNR (Resultado) >SNR (Requerido)	
	SNR (Resultado)	2.89	Si Cumple	
	Capa superficial	Base	Subbase	Total
Precio	s/.37.60	s/.18.00	s/.14.40	s/.70.00

Fuente: *Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014-Perú)*

En la tabla 40, se puede visualizar el resultado de la alternativa propuesta para el bosquejo de pisos flexibles de la muestra de los suelos de subrasante natural con mayor incremento de CBR obtenido al añadir un porcentaje de aditivo Terrazyme (10%), en comparación del SNR (requerido= 2.734) y el SNR (resultante 2.89); este último (SNR resultante se considera por el Manual MTC 2013, Anexo N° 14. Las densidades por cada capa de la estructura del pavimento fueron consideradas a partir de tablas del Manual MTC, 2013; Anexo N° 15, se colocó las valoraciones de drenaje de la base y sub – base, siendo los valores de 1 para ambos casos; estos son recomendados por el Manual MTC 2013. El dimensionamiento de nuestra estructura del pavimento es la siguientes: para D1 espesor de 8.0 cm, para D2 un espesor de 22.0 cm y para D3 de 20.0 cm; así mismo la hoja de cálculo nos sugiere el costo por capa o asumir datos de costos, siendo los precios por m2 para la capa superficial S/. 37.60, para la base S/. 18.00 y para la sub base S/. 14.40, teniendo un valor total de S/. 70.00 por m2.

*Tabla 41. Comparación de costos por m2 de los suelos de subrasante natural, suelo con la dosificación de caucho y aditivo Terrazyme con mayor incremento de CBR*

<b>CAPAS</b>	<b>SUELO NATURAL</b>	<b>SUELO NATURAL CON CAUCHO (10%)</b>	<b>SUELO NATURAL CON TERRAZYME (10%)</b>
D1 (cm)	8	8	8
D2 (cm)	22	22	15
D3 (cm)	20	20	16
Precio por m2	82.00	82.00	70.00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 41, se puede observar una semejanza de coste por m2 de los suelos de subrasante natural y agregando Caucho reciclado (S/.82.00). Sin embargo, se visualiza una diferencia al añadir el aditivo Terrazyme (S/.70.00).

## DISCUSIÓN

**D1:** En las hojas de resultados emitidas por la compañía JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L, se puede observar que el CBR al 95% a 0.1” % de las muestras de los suelos de subrasante aumentan mínimamente cuando se incorpora una dosificación del caucho granular. Para un suelo natural se obtuvo un CBR de 10.2%, mientras que para las muestras de suelo con la incorporación del 6%, 8% y 10% se obtuvo 11.1%, 11.5% y 11.8% respectivamente; estos datos poseen una similitud con los efectos demostrados en el estudio de Condori y Huamaní (2018), la cual evidencia el incremento proporcional al porcentaje al añadir polímero donde se concluyó que al agregar el polímero en la muestra patrón al 95% se incrementa de 12.55% a 13.09% y con la muestra patrón al 100% incrementa de 15.44% a 18.57%, de igual modo se logró mejorar las propiedades físico mecánicas del tramo estudiado.

**D2:** En margen a los efectos alcanzados y demostrados en la D1, las muestras de suelos con adición del 10% del caucho granular, exponen posteriormente las características físico – mecánicas; según la clasificación de suelos SUCS y ASHTO clasifica al suelo como SP A-3 (0) respectivamente; el contenido de humedad promedio es de 0.8%. Respecto a los límites de Atterberg, este suelo es arenoso por lo que no contiene plasticidad. Para el ensayo de Proctor modificado de terreno biológico se obtuvieron valores promedios de Densidad máxima seca (1.682 gr/cm<sup>3</sup>) e ideal capacidad de humedad (14.25%), así como el valor promedio de CBR al 95% a 0.1” de 11.80%. Los resultados obtenidos infieren con la investigación de Leiva (2016), puesto que en esta última se concluyó que el uso de bolsas en grumos de polietileno si influyen en la mejora de la subrasante. Además, se pudo mejorar las propiedades físicas y mecánicas presentando el tramo estudiado muestras de arcilla.

**D3:** De acuerdo a los efectos logrados y mostrados en la discusión D1, se infiere la dosis optima más favorable fue el porcentaje de 10% del caucho granular, obteniéndose el valor más alto de CBR (11.80%), ya que no se apreció la modificación favorable de las cualidades somático – operarios de los pavimentos de subrasante, el CBR aumenta mínimamente según al aumento del porcentaje de adición. Esta tendencia de incremento de CBR% vs la incorporación del caucho granular se comprueba en la investigación de Leiva (2016), donde se utilizó la dosificación en porcentajes del 20%, 40% y 60% incremente el CBR y ayuda a mejorar las cualidades físico – mecánicas del suelo para que éste pueda tener un mejor comportamiento a diferencia de suelo natural.

**D4:** Del Diseño de Pavimentos Flexibles – Método AASTHO – 93, se decretó el número estructural requerido (SNR); hacia la muestra de suelos de subrasante natural con CBR de 10.2% y ESAL de 1'872,000.00 EE, se obtiene el valor del espesor, siendo 3.22 SNR. Por otro lado, la muestra de suelos de subrasante natural con la adición de una dosis óptima (10%), con CBR de 11.80% y ESAL de 1'872,000.00 EE presenta un valor menor con respecto a la muestra de suelos de subrasante natural, siendo el valor resultante de 3.10 SNR. La diferencia entre ambos resultados de SNR se debe a la incorporación del caucho granular, lo cual no mejora el diseño del pavimento flexible, tampoco reduce el costo y espesor. Teniendo en cuenta el estudio de Leiva (2016) donde se menciona que el suelo puede ser mejorado mediante la incorporación del caucho granular, pero con dosificaciones de 20%, 40% y hasta 60%, favoreciendo la disminución del diseño del pavimento, en comparación a un suelo natural.

## CONCLUSIONES

En conclusión, la disposición de sostén de la subrasante aumenta mínimamente al agregar en dosificaciones el caucho granular en un suelo arena pobremente gradada (SP); obteniendo los posteriores valores a fin de un CBR al 95% a 0.1” con la muestra de suelo natural 10.2%, incorporando el 6, 8 y 10% se obtuvo los valores de CBR de 11.10%, 11.50% y 11.80% respectivamente.

Añadir el aditivo Terrazyme en porcentajes 6%,8% y 10% aumenta la capacidad de apoyo del suelo, mejorándola. Además, disminuye el costo por m<sup>2</sup> y reduce los espesores de diseño en comparación al terreno natural.

Se dispuso que el mayor aumento de la disposición portante de la subrasante obtenido fue 11.8%, al adicionar un 10% del caucho granular.

Se determinó que el número estructural requerido (SNR) del suelo al adicionar caucho granular disminuyó mínimamente, en comparación al SNR calculado de la muestra de suelo natural, en 0.12.

De acuerdo a la investigación realizada por Condori y Huamani (2018) el suelo a estabilizar era del tipo arcilloso, por lo que, se utilizó porcentajes de 1:4 (polímero, agua) de polímero obteniendo buenos resultados.

## RECOMENDACIONES

- Investigar la capacidad portante en diversos tipos de suelos usando el aditivo Terrazyme. Como también, realizar ensayos experimentales del ya mencionado adicionando al suelo porcentajes mayores al 10%.
- Se recomienda realizar una prueba de flexibilidad del suelo, para delimitar la concentración máxima del agente estabilizador, debido a que un suelo muy rígido repercute en su resistencia mecánica.
- Realizar pruebas de laboratorio con diferentes agentes estabilizadores aplicando dosificaciones mínimas, para evaluar la concentración óptima de cada uno de ellos y determinar el agente más adecuado para un determinado suelo.
- Se recomienda incorporar material ligante a la muestra de suelo en estudio, para optimizar la disposición portante que asegure la máxima resistencia de dicho suelo a esfuerzos mecánicos, tales como: compresión, flexión y condiciones meteorológicas.
- Se recomienda utilizar dosificaciones de caucho granular en suelos limosos o arcillosos, ya que se tienen mejores resultados como la investigación que realizó Condori y Huamani (2018)
- Realizar los ensayos de espesor de campo una vez termine el compactado final, para así poder tener una mayor visión del grado de compactación que tiene este, en el caso que no alcance lo establecido en la norma se tiene que volver a compactar hasta tener buenos resultados.
- Realizar conferencias y/o charlas sobre aditivos estabilizadores de suelo para así nosotros como estudiantes poder tener mayor conocimiento sobre ello y en un futuro nosotros mismo poder llevarlo a la realidad.

## REFERENCIAS

- ALVARADO, Alfredo. *El origen de los suelos*. Costa Rica: Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. 1985. 7 pp. ISBN: 9977951578.
- ÁLVAREZ, Luis. y CARRERA, Ever. *Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica*. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil) . Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2017. Recuperado de: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3595>
- Arte y cemento. Revista de la construcción y su entorno N°2020. [En línea]. Madrid: 30 de diciembre 2005. [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=h2EEAAAAMBAJ&pg=PT66&dq=caucho+granulado+reciclado+areas+de+aplicacion&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwih4JPggPjkAhVENKwKHcJ-DPQQ6wEINzAC#v=onepage&q&f=false>. ISSN 0212-8578
- AVELLANEDA, Joan. y GALINDO, Erick. *Análisis técnico del uso de silicato de sodio para estabilización química de suelos*. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil) de pregrado.: Universidad distrital Francisco José Caldas, 2016. Recuperado de: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3210/1/Erick%20Alexander%20Avellaneda%20Moreno.2016.pdf>
- BERNAL, Jorge. Zapatas: Estudio de las bases de hormigón armado Diseño, calculo y dimensionado. [En línea]. Buenos Aires: [sine nomine], 2005. [Fecha de consulta: 05 de septiembre]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=ZMg8TiVrUyEC&dq=Capacidad+de+Soporte+de+los+Suelos&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=ZMg8TiVrUyEC&dq=Capacidad+de+Soporte+de+los+Suelos&source=gbs_navlinks_s). ISBN: 987584019X.
- BOTÍA, Wilmar. Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). España: Universidad Militar Nueva Granada, Granada, 2015. Recuperado de: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf>.
- BOWLES, Joseph. 1990, Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. Bogotá: McGraw-Hill.



- CAMAÑO, Ivan. Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). España: Universidad Militar Nueva Granada, 2016.
- CASTILLO, Emperatriz. Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Perú: Universidad Privada del Norte, 2018.
- CASTRO, Guillermo. Materiales Y Compuestos Para La Industria Del neumático. Departamento De Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A, 2008.
- COLLADO, Pablo y NUÑO, David. Supervisión de ejecución de acabados, revestimiento y cubiertas. España: Lex Nova, 2006. 319 pp. ISBN: 8475571808.
- CONDORI, Vizayda y HUAMANI, Zayda. “Aplicación del estabilizador z con polímero en el incremento del valor del CBR del material utilizado como afirmado en la carretera departamental ap-103, tramo puente ullpuhuaycco – Karkatera (l= 14.050 km) Abancay- Apurímac 2018”. Tesis (licenciatura en Ingeniera Civil). Perú: Universidad tecnológica de los Andes, 2018. Recuperado de : <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/133>
- CORREDOR, G. Experimento vial de la AASHO y las guías de diseño AASHTO. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Nicaragua: Universidad nacional de ingeniería. (sf).
- CRESPO, Carlos. Vías de comunicación: caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos. 3ra Ed. México: Limusa, 2004. 102 pp. ISBN: 968-18-48497.
- DÍAZ, Cesar y CASTRO, Liliana. Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Colombia: Universidad Santo Tomás, 2017. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2633/Diazcesar2017.pdf> .
- ELIAS, Xavier. Reciclaje de residuos industriales: residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. En su: valoración del granulado de neumáticos usados. 2da Ed. Madrid: Díaz de Santos.es, 2012. 1082-1084 pp. ISBN: 9788499693668.
- ESCOBAR, Gonzalo, 2016, Estructura de suelo y granulometría. Tesis pregrado. Universidad de Colombia.

- GARCÍA, A. (2017). Subrasante para pavimentos. Recuperado de: <https://document/365080614/Subrasante-Para-Pavimentos>.
- GARCIA, Fernando. El topógrafo descalzo: manual de topografía aplicada. Ed. México D.F: Pax México, Librería Carlos Cesarman, S.A, 2005.415 pp. ISBN: 9688607932.
- GIORDANI, Diego y LEONE, Duque, [sf], Pavimentos [online]. 1. Rosario. [Acceso: 2 Nov 2018]. Disponible en: [https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1\\_ano/civil1/files/IC%20Pavimentos.pdf](https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_ano/civil1/files/IC%20Pavimentos.pdf).
- HÉRNANDEZ, Josué, MEJÍA, David y ZELAYA, César. Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la universidad de el salvador. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). El salvador: Universidad del Salvador, 2016.
- HERRAEZ, Fernando y MORENO, Alberto. Ingeniería de vías agroforestales: Diseño, calculo, construcción, y mantenimientos de caminos. [En línea]. Madrid: Mundi-prensa, 2019. [fecha de consulta: 10 de septiembre del 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=iMCXDwAAQBAJ&pg=PA264&dq=Clasificaci%C3%B3n+de+suelos+seg%C3%BAAn++AASHTO&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjQ0fKN8PTkAhUPD60KHc99CjYQ6wEIRTAE#v=onepage&q&f=false>. ISBN: 9788484765448.
- HUANG, Yang H. Pavement Analysis And Design 2ª. ed.. Estados Unidos: Pearson Prentice Hall,2004.
- JUAREZ, Eulalio y RICO, Alfonso. Mecánica de suelos (II) Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos. México: Limusa, S.A de C.V, 2004.532 pp. ISBN: 9681801288.
- LAZO, A. (2011). Clasificación de suelos método AASHTO. Recuperado de: <https://doc/59926125/Clasificacion-de-Suelos-Metodo-AASHTO>.
- LAICA, Juan Gabriel, Influencia de la inclusión del polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato,2016. Recuperado de: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24440>
- LEIVA, Roly. Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la Subrasante en el jr. Arequipa, progresivo km 0+000 - km 0+100, distrito de Orcotuna,

- Concepción, Huancayo. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil) . Perú: Universidad nacional del centro del Perú, 2016. Recuperado de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1181>
- LÓPEZ, Marco, 2017, Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de los suelos arenosos del sector de Pomasqui para cimentaciones superficiales y contrapisos mediante el uso de cemento tipo MH. Tesis pregrado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- MAMANI, Lux y YATACO, Alejandro. Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho. Tesis (Licenciado en Ingeniería Civil). Perú: Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2017. 47 pp. Recuperado de: <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/3635>
- MEDINA, Armando y DE LA CRUZ, Marcos. Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Perú: Universidad peruana de ciencias aplicadas, 2015. Recuperado de: [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581505/Medina\\_PA.pdf?sequence=1](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581505/Medina_PA.pdf?sequence=1)
- Medio Ambiente: Calidad ambiental por Pedro Ramos [et al.] [ en línea] España: Universidad de Salamanca, 2002. [Fecha de consulta: 11 de octubre del 2019] Capítulo 249: Estrategias de reciclado. ISBN: 8478007776.
- Mecánica de suelo (II) por Adrián Oscar Macías [et al.],[s. l]: Área de innovación y desarrollo, S.L, 2018. 67 pp. ISBN: 8494857770.
- MENÉNDEZ, José. Ingeniería de pavimentos: materiales y variables de diseño. 43. Lima, Perú: ICG, 2013.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES .2007. Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras. Aprobado por resolución directoral n° 051-2007- MTC/14. Lima, Perú.
- MORALES, Pedro, CHÁVEZ, Oswaldo y LÓPEZ, Luis. Efectos de la alta compactación de la capa de base en pavimentos flexibles. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Nicaragua : Universidad Nacional de Ingeniería, facultad de ingeniería, 2009 . Recuperado

de:[https://upload.wikimedia.org/commons/0/0b/Efectos\\_de\\_la\\_alta\\_compactaci%C3%B3n\\_de\\_la\\_capa\\_de\\_base\\_en\\_pavimentos\\_flexibles.pdf](https://upload.wikimedia.org/commons/0/0b/Efectos_de_la_alta_compactaci%C3%B3n_de_la_capa_de_base_en_pavimentos_flexibles.pdf)

- MORONE, G. 2012. Métodos y técnicas de la investigación científica. Santiago de surco.
- NTP 339.134 (1999) – Clasificación SUCS.
- NUÑEZ, Jorge. Fundamentos de Edafología. Costa Risa: Universidad estatal a distancia. EUNED.[2002].144 pp. ISBN: 997764148X.
- PALOMINO, Karen. Capacidad portante 8CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador Maxxseal 100. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Perú: Universidad Privada del Norte, 2016. Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10489/Palomino%20Ter%C3%A1n%20Karen%20Estefany.pdf?>
- PÉREZ, Roció y GUTIERREZ, José. Estabilización de suelo arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o subbase de pavimentos. Tesis (Maestría en Ingeniería Civil). Perú: Universidad Nacional de Ingeniería., 2012. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1313>
- RAMIREZ, Armando, LADINO, Ingrid y ROSAS, Juan. Diseño de mezcla asfáltica con asfalto caucho tecnología Graded para la ciudad de Bogotá. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Colombia: Universidad católica de Colombia,2018. Recuperado de:<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1743/1/Dise%C3%B1o-mezcla-asf%C3%A1ltica-asfalto-caucho-tecnolog%C3%ADa-Gap-Grade.pdf>
- RAMÍREZ, Náyade. Utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco. Tesis (Licenciatura en Ingeniera Civil) . Chile: Universidad de chile,2006. Recuperado de: [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/ramirez\\_n/sources/ramirez\\_n.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/ramirez_n/sources/ramirez_n.pdf)
- RICO, Alfonso y DEL CASTILLO, Hermillo. La ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles, aeropistas. Mexico D.F: Limusa, 2005.24 pp. ISBN: 968-18-0054-0.
- ROJAS, Daniel, 2012, Índice de soporte de california. Escuela de ingeniería en construcción. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/277184354/informe-cbr-pdf>.

- RONDON, Hugo y REYES Fredy. Pavimentos: Materiales, construcción y diseño. [en línea]. Bogotá: ECOE EDICIONES, 2015. [ fecha de consulta: 05 de octubre del 2019] Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=zuwcDgAAQBAJ&dq=pavimentos+Rondon,+Reyes,+2015,p.35\)&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=zuwcDgAAQBAJ&dq=pavimentos+Rondon,+Reyes,+2015,p.35)&source=gbs_navlinks_s) ISBN:9789587711752.
- SALVATIERRA, José,2012, Desarrollo de un aglomerado ásfaltico con polvo de caucho, en la ciudad de Huanta-Ayacucho. Pregrado. Universidad San Cristóbal de Huamanga.
- SÁNCHEZ, María, 2014, Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector calcical del cantón Tosagua provincia de Manabí. Tesis de pregrado. Universidad católica de Ecuador.
- SILVA, Mayra, 2016, Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo tx 140 y tx 160, aplicado a un tramo de la calle Alemania- La Molina- Cajamarca 2016. Tesis de pregrado. Universidad Privada del Norte.
- SOLMINIHAC, Hernán, ECHAVEGUREN, Tomas Y CHAMORRO Alondra. Gestión de infraestructura vial. 3ra Ed. Chile: Universidad católica de chile, 2018.154 pp. ISBN: 9789561422759.
- THOMPSON, Louis y TROEH, Frederik. Los suelos y su fertilidad. 4ta Ed. Barcelona: Reverté 2002. 53 pp. ISBN: 8429110410.
- ULLOA, Andrea. Guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para la verificación de calidad en materiales de un pavimento asfáltico. Métodos y materiales [en línea]. Agosto-Septiembre,2011. Vol. 1 n° 1. [Fecha de consulta: 02 de octubre del 2019].Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/materiales/article/view/8393>
- VÁSQUEZ, E. Diseño de mezclas asfálticas. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Perú: Universidad privada Antenor Orrego,2012.
- VALLE, Wilfredo. Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos. Tesis (Maestría en Ingeniería Civil). España: Universidad politécnica de Madrid, 2010. Recuperado de: <http://oa.upm.es/4512/>
- VICENTE, Manuel. Tuberías a presión: en los sistemas de abastecimiento de agua. [en línea]. Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello, 2007. [Fecha de consulta: 02 de octubre del 2019]. Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?id=1IJzjPgqowC&dq=Capacidad+de+Soporte+de+lo+s+Suelos&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=1IJzjPgqowC&dq=Capacidad+de+Soporte+de+lo+s+Suelos&source=gbs_navlinks_s). ISBN: 9802441066.

–VILLARROEL, C, 2016, Compactación de suelos. Recuperado de:  
<http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/Compactacion%20teorica%20de%20suelos%20B1%20C.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: "Uso del caucho granular para modificar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en un pavimento flexible-ancón 2019"

Autor: Becerra Gonzales, Irving David.

ENSAYOS	FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
<b>GRANULOMETRIA</b>  <b>LIMITES</b> <b>ATTERBERG</b>  <b>PROCTOR</b> <b>MODIFICADO</b>  <b>CBR</b>  <b>METODO AASHTO</b> (Guía de diseño de estructuras de pavimento 1993)	<b>Problema general</b>  ¿De qué manera la aplicación del caucho granular mejoraría las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en un pavimento flexible?	<b>Objetivo general</b>  Analizar la aplicación del caucho granular en el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en pavimentos flexibles.	<b>Hipótesis general</b>  La aplicación del caucho granular mejorara las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en pavimentos flexibles.	<b>Variable 1:</b>  Caucho granular (GCR)	<b>Dosificación del polímero</b>

	Problemas Especificos	Objetivos especificos	Hipótesis especificas		
<b>GRANULOMETRIA</b>  <b>LIMITES</b> <b>ATTERBERG</b>  <b>PROCTOR</b> <b>MODIFICADO</b>  <b>CBR</b>  <b>METODO AASHTO</b> (Guía de diseño de estructuras de pavimento 1993)	¿En cuánto la inclusión del caucho granular mejoraría el comportamiento físico-mecánico de la subrasante en un pavimento flexible en el distrito de Ancón?  ¿En cuánto la incorporación del caucho granular modificaría el espesor de la subrasante en un pavimento flexible?  ¿En cuánto se modificara el costo por m2 en el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en el pavimento flexible con la inclusión de caucho granular y Terrazyme?	Determinar en cuanto la inclusión del caucho granular mejoraría las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en un pavimento flexible en el distrito de Ancón.  Determinar en cuanto la incorporación del caucho granular reduciría el espesor de la subrasante en un pavimento flexible.  Determinar la diferencia de costos por m2 en el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en un pavimento flexible al incluir caucho granular en comparación con Terrazyme.	La inclusión del caucho granular mejorara las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en un pavimento flexible en el distrito de ancón.  La incorporación del caucho granular modificará reduciendo el espesor de la subrasante en un pavimento flexible.  El costo por m2 se reducirá en el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante en un pavimento flexible con caucho granular en comparación con el Terrazyme.	<b>Variable2:</b>  Modificación de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante.	Propiedades físico mecánicas de la subrasante  Capacidad portante de la subrasante  Espesor del numero estructural requerido

## Anexo 2. Fichas de Validación de Datos.

### 1. Experto A

#### FICHA DE VALIDACION

POYECTO: "Aplicación del caucho granular para modificar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante de un pavimento flexible-Ancón 2019"

AUTOR : Becerra Gonzales , Irving David

UBICACIÓN: Distrito de Ancón

PROVINCIA: LIMA

MTCE 107 – 2016 ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

REGION: LIMA

I. INFORMACION GENERAL				EXPERTO
UBICACIÓN				
DISTRITO	ANCON			1
PROVINCIA	LIMA			
REGIÓN	LIMA			
II. D1: Propiedades físico – mecánicas de subrasante.				
Tipo de suelo	Granulometrías %	Contenido de humedad %	Límites de Atterberg	1
III. D2: Capacidad portante de la subrasante (CBR)				
Ensayo de compactación-Próctor modificado.	CBR al 95% a 0.1" CBR al 95% a 0.2"	CBR al 95% a 0.1" CBR al 95% a 0.2"		1
IV. D3: Número estructural requerido (SNR)				
Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993				1
V. D4: Dosificaciones de Caucho Granular y Terrazyme				
6%		8%	10%	1
APELLIDOS Y NOM:	PINTO BARRANTES RAUL A.			
PROFESIÓN:	INGENIERO CIVIL			
REGISTRO CIP NUM:	51304			
EMAIL:	raulpinto@cip.org.pe			
TELÉFONO:	995143312			

Fuente: Elaboración propia

*Raul Pinto*  
 RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP Nº 51304



## 2. Experto B

### FICHA DE VALIDACION

POYECTO: "Aplicación del caucho granular para modificar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante de un pavimento flexible-Ancón 2019"

AUTOR : Becerra Gonzales , Irving David

UBICACIÓN: Distrito de Ancón

PROVINCIA: LIMA

MITC E 107 - 2016 ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

REGION: LIMA

I.	INFORMACION GENERAL				EXPERTO
	UBICACIÓN				
	DISTRITO	ANCON			1
	PROVINCIA	LIMA			
	REGIÓN	LIMA			
II.	D1: Propiedades físico – mecánicas de subrasante.				
	Tipo de suelo	Granulometrías %	Contenido de humedad %	Límites de Atterberg	1
III.	D2: Capacidad portante de la subrasante (CBR)				
	Ensayo de compactación-Próctor modificado.	CBR al 95% a 0.1" CBR al 95% a 0.2"	CBR al 95% a 0.1" CBR al 95% a 0.2"		1
IV.	D3: Número estructural requerido (SNR)				
	Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993				1
V.	D4: Dosificaciones de Caucho Granular y Terrazyme				
	6%	8%	10%		1
APELLIDOS Y NOM:		Rojas Merano Williams			
PROFESIÓN:		Ingeniero Civil			
REGISTRO CIP NUM:		106108			
EMAIL:					
TELÉFONO:					

Fuente: Elaboración propia

RICARDO MERANO WILLIAMS  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP 106108

### 3. Experto C

#### FICHA DE VALIDACION

POYECTO: "Aplicación del caucho granular para modificar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante de un pavimento flexible-Ancón 2019"


AUTOR : Becerra Gonzales , Irving David

UBICACIÓN: Distrito de Ancón

PROVINCIA: LIMA

MTC E 107 - 2016 ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

REGION: LIMA

I. INFORMACION GENERAL				EXPERTO
UBICACIÓN				
DISTRITO	ANCON			1
PROVINCIA	LIMA			
REGIÓN	LIMA			
II. D1: Propiedades físico - mecánicas de subrasante.				
Tipo de suelo	Granulometrias %	Contenido de humedad %	Límites de Atterberg	1
III. D2: Capacidad portante de la subrasante (CBR)				
Ensayo de compactación-Próctor modificado.	CBR al 95% a 0.1" CBR al 95% a 0.2"	CBR al 95% a 0.1" CBR al 95% a 0.2"		1
IV. D3: Número estructural requerido (SNR)				
Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993				1
V. D4: Dosificaciones de Caucho Granular y Terrazyme				
	6%	8%	10%	1
APELLIDOS Y NOM:	HYAMAN BALDEON DORIS LINA			
PROFESIÓN:	INGENIERO CIVIL			
REGISTRO CIP NUM:	78756			
EMAIL:	999699674			
TELÉFONO:				

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 4. Informe de Laboratorio

### INFORME DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO:** "APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE – ANCÓN 2019"

**UBICACIÓN:** A. H. EL OASIS, CALLE "C", ANCÓN - LIMA

**CLIENTE:** BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.

#### 1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D 422 / MTC E 107)

**Objetivo:** Determinar el tipo de suelo.

**Finalidad:** Obtener los porcentajes del suelo que han sido tamizados por las mallas correspondientes y finalmente graficar la curva granulométrica.

#### Equipos y Materiales:

- Balanza, con sensibilidad de 0.1 g
- Estufa
- Tamices
- Envases
- Cepillo y brocha

#### Procedimiento:

- Los sacos obtenidos de las calicatas se pesaron en una balanza con capacidad de 100 kg.
- Posteriormente las muestras se tamizaron por la malla N°4, ya que éste era un material arenoso, después se saca en un tarro una cantidad aproximada de 300g de suelo pasante la malla N°4 para luego poder ser clasificado según SUCS Y AASHTO.
- Las muestras obtenidas en tarro se secan en horno a temperaturas  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , posteriormente teniendo los datos se lava por la malla N° 200.
- Una vez lavada las muestras se procede a secar en el horno a temperaturas  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  para luego poder tamizarlo.
- Finalmente se procede a tamizar por las mallas (1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°6, N°8, N°10, N°16, N°20, N°30, N°40, N°50, N°80, N°100 y N°200; para así obtener el tipo de suelo.
- Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N° 200) de la siguiente forma:

MTL GEOTECNIA SAC  
SUELOS DE CONCRETO ASFALTO

YESENIA CUBA BARRAZA  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 14863

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

**RESULTADOS:**

PROCEDENCIA			CLASIFICACIÓN		% QUE PASA	DESCRIPCIÓN
Calicata	Muestra	Prof. (m)	SUCS	VÍAS DE TRANSP.	N°200	
C - 1	M - 1	0.00-1.50	SP	A-3 (0)	4.8	Arena pobremente gradada
C - 2	M - 1	0.00-1.50	SP	A-3 (0)	4.5	Arena pobremente gradada

**2. CONSTANTE FÍSICA (ASTM D 4318 Y ASTM D 4318)**

**Procedimiento:**

- Se coge la muestra secado al aire (material pasante la malla N°4).
- El material previamente secado se tamiza por la malla N°40 y se toma como muestra el material que pasa dicha malla.
- El material pasante se mezcla con agua en una cápsula hasta que tenga la consistencia de una pasta espesa y suave, se cubre con un papel húmedo y se deja reposar desde 1 a 24.

**2.1 LÍMITE LÍQUIDO:**

**Objetivo:** Obtener el contenido de humedad representado en porcentaje de acuerdo al suelo seco.

**Finalidad:** Determinar el contenido de humedad.

**Equipos y Materiales e Insumos:**

- Vasija de (4 ½" de diámetro)
- Casagrande y accesorios
- Recipiente
- Balanza de 0.01 g

  
**MTL GEOTECNIA SAC**  
 SUELOS CONCRETO ASFALTO  
 .....  
 YESENIA QUIJA BARRAZA  
 INGENIERO CIVIL  
 N° 113863

- Estufa
- Espátula
- Agua destilada

**Procedimiento:**

- Se coge una porción del suelo y es colocado en la copa de Casagrande, éste se divide cortándolo por medio de un ranurador.
- posteriormente se registra el número de golpes, luego se toma una porción de la mezcla donde se unieron las dos mitades de la muestra.
- Finalmente se lleva al horno a temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

**2.2 LÍMITE PLÁSTICO:**

**Objetivo:** Determinar el contenido de humedad representado en porcentaje; de acuerdo al suelo seco.

**Finalidad:** Determinar la plasticidad del suelo.

**Equipos y Materiales e Insumos:**

- Espátula
- Vasija de (4 ½" de diámetro)
- Balanza de 0.01 g
- Horno
- Malla N° 40
- Agua destilada
- Vidrios de reloj para determinar las humedades
- Vidrio grueso esmerilado

**Procedimiento:**

- Se coloca la muestra del suelo en una cápsula y se le agrega agua, mezclándolo hasta volverse lo suficientemente plástica hasta darle forma de una bola.
- Esta porción de bola se enrolla, colocándola entre los dedos de las manos y la placa de vidrio hasta formar una barrita uniforme en toda su longitud.
- Luego se pesa las barritas en una balanza con sensibilidad de 0.01 y finalmente se lleva al horno a temperaturas de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

MTL GEOTECNIA SAC  
SUELOS CONCRETO ASFALTO



-----  
YESENIA CUEVA BARRAZA  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 11000

## RESULTADOS:

PROCEDENCIA			LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Calicata	Muestra	Profundidad (m)	L. L. (%)	L. P. (%)	I. P. (%)
C - 1	M - 1	0.00 - 1.50	NP	NP	NP
C - 2	M - 1	0.00 - 1.50	NP	NP	NP

### 3. CONTENIDO DE HUMEDAD:

**Objetivo:** determinar el contenido de humedad de un suelo.

**Finalidad:** Determinar el porcentaje de agua que posee el suelo.

**Equipos y Materiales:**

- Horno
- Balanza de 0.01 g para muestras menores a 200 g y de 0.1 para muestras mayores a 200 g
- Recipientes
- Utensilios

**Procedimiento:**

- Se coge en un tarro una porción de la muestra pasante el tamiz N°4, luego se pesa para obtener un peso inicial; posteriormente se lleva al horno a temperaturas de 110°C ± 5°C, donde luego se pesa para obtener un peso final.

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

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

MTL GEOTECNIA SAC  
SUELOS CONCRETO ASFALTO

YESENIA OLIVERA BARRAZA  
INGENIERO CIVIL  
N° 17862

## RESULTADOS:

PROCEDENCIA			CLASIFICACIÓN		C.H %
Calicata	Muestra	Prof. (m)	SUCS	VÍAS DE TRANSP.	
C - 1	M - 1	0.00-1.50	SP	A-3 (0)	0.6
C - 2	M - 1	0.00-1.50	SP	A-3 (0)	1.0

#### 4. PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557 / MTC E 115)

**Objetivo:** Determinar el método de ensayo.

**Finalidad:** Obtener el (OCH) y (MDS).

**Equipos y Materiales:**

- Molde 4"
- Pisón
- Pisón manual
- Pisón mecánico circular
- Pisón mecánico
- Extractor de muestras
- Balanza, aproximación de 1 g
- Horno
- Regla metálica
- Tamiz N°6
- Herramientas (cucharas, badilejos, espátula, probetas, etc.)

**Procedimiento:**

- Se secó la muestra de suelo (pasante la malla N°4) al aire libre durante aproximadamente 24 horas antes del ensayo. Ya que el material es arenoso; se realizó el ensayo aplicando el método "A", luego se pesó la muestra obtenida (3kg).

- En una bandeja se basea los 3kg de suelo, añadiendo un porcentaje de agua necesaria y después se mezcla uniformemente.

- Se compactaron las muestras en molde de 4", en el número de capas de 5 y con 25 golpes uniformemente, tratando que cada una sea de igual espesor.

MTL GEOTECNIA SAC  
SUELOS CONCRETO ASFALTO  
YESENIA C. BARRAZA  
INGENIERO CIVIL  
C.O. 10000

- Luego de haber compactado, se saca el collarín y se enrrasa, finalmente se pesa el molde más material.

Contenido de humedad: Calcular de acuerdo con Método de Ensayo NTP 339.127.

Densidad húmeda:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

Densidad seca:

$$\rho_d = \frac{P_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

#### RESULTADOS:

PROCEDENCIA			PROCTOR	
Calicata	Muestra	Prof. (m)	MDS	OCH
C - 1	M - 1	0.00-1.50	1.678	14.5
C - 2	M - 1	0.00-1.50	1.685	14.0

#### 5. CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO CBR (ASTM D 1883 / MTC E 132)

**Objetivo:** Determinar la capacidad de soporte de un suelo.

**Finalidad:** Determinar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base.

**Equipos y Materiales:**

- Prensa, para la lectura de penetración.
- Molde de metal cilíndrico.

MTL GEOTECNIA SAC  
SUELOS CONCRETO ASFALTO

YESENIA OLGA BARRAZA  
INGENIERO CIVIL  
C. 178850



- Disco espaciador de metal de forma circular
- Pisón de compactación
- Aparato de medidor de expansión
- Pesas
- Pistón de penetración metálico
- Dos diales
- Tanque para fraguar los especímenes
- Estufa
- Balanzas, de 30 kg, de 1000 g
- Tamiz N° 06
- Misceláneos (cuarteador, cápsulas, probeta, badilejos, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.)

**Procedimiento:**

- Se elaboraron los especímenes de prueba de acuerdo a la Norma ASTM D-1557 y/o AASHTO T-180 en un cilindro de 6 pulg. de diámetro, previa preparación de la muestra de suelo.
- Se realizaron tres especímenes de prueba, con el contenido de humedad óptimo y dosificaciones del caucho y aditivo Terrazyme (6%, 8% y 10%), cada uno con diferente número de golpes por capa (12, 25, 56), para obtener diferentes pesos volumétricos, de tal manera que estos varíen unos puntos arriba y abajo del valor de densidad requerido.
- Se colocaron en las superficies libres del espécimen de suelo compactado, una cubierta de papel filtro con el fin de no permitir el escape de partículas de suelo a través de las placas perforadas ubicadas sobre las mismas.
- Sobre la superficie superior del espécimen, se colocaron sobrepesas en una cantidad no menor de 4.54 Kg. (10 lbs.) o una carga proporcional al peso del pavimento que sobre él actuará.
- Se sumergieron los moldes + suelo + pesas en agua de tal manera que esta tenga acceso libre por la parte superior e inferior de la muestra, debiendo mantenerse a nivel constante durante todo el período de saturación, establecido en 96 horas.
- Se cogieron al término del período de saturación la lectura final de deformación producida por el hinchamiento, expresándolo como un porcentaje de la altura inicial de

MTL GEOTECNIA SAC  
SUELOS CONCRETO ASFALTO

YESENIA CUBA BARRAZA  
INGENIERO CIVIL  
CIP 115803

la muestra. Posteriormente se saca la muestra en inmersión y se deja drenar por 15 minutos.

- Se prepararon las muestras para efectuar la penetración, quitando el papel filtro y volviendo a colocar las sobrepesas que se usaron durante el periodo de saturación.

- Se colocó una carga previa sobre el pistón de penetración para lograr que éste asiente perfectamente en la superficie de la muestra, que en ningún caso excederá las 10 libras. Luego se aplica la carga a una velocidad de 1.27 mm / min. ó 0.05 pulg. / min.

- Se registraron las lecturas de penetración y de carga a intervalos de deformación dados según norma ASTM D-1883: 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.125, 0.150, 0.200, 0.250, 0.300, 0.400, 0.500 pulgadas, como se puede observar en los formatos en los resultados respectivamente para cada una de las muestras.

- Finalmente se construye la curva esfuerzo - penetración para cada espécimen, efectuando a la vez las correcciones que sean necesarias.

Cálculo de CBR:

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

**RESULTADOS:**

PROCEDENCIA			DOSIFICACIÓN	CBR			
				a 2,5 mm		a 5,0 mm	
Calicata	Muestra	Prof. (m)		100%	95%	100%	95%
C - 1	M - 1	0.00 - 1.50	0%	13.8	10.0	20.7	14.9
			6% caucho	15.4	11.1	22.9	16.5
			8% caucho	15.8	11.5	23.6	17.1
			10% caucho	16.4	11.8	24.4	17.6
C - 2	M - 1	0.00 - 1.50	0%	14.4	10.4	21.5	15.5
			6% terrazyme	19.8	14.3	25.1	18.1
			8% terrazyme	23.1	16.7	29.2	21.1
			10% terrazyme	26.7	19.3	32.9	24.4

MTL GEOTECNIA SAC  
SUELOS CONCRETO ASFALTO

YESENIA CUBA BARRAZA  
INGENIERO CIVIL  
C.R. 1.3325

## Anexo 5. Ensayos de laboratorio realizados en la calicata C-1 (Granulometría por tamizado, Contenido de Humedad, Proctor Modificado y ensayo de CBR).

<b>LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>		Informe N° : JR 2019 - 163
		Fecha de Emisión : 31/05/2019
		Realizado por : Tec. José L. Quijpe M.
		Revisado por : Ing. Riccardo F. Dávila
		Certificado N° : LEM - 01-20/163

PROYECTO : \*APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCON 2019\*

SOLICITANTE : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.

UBICACIÓN : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCON - LIMA.

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-1M-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m

PESO DE MUESTRA RECEP. : 40.350.0 g T. MÁXIMO DELESTRATO (Pulg.): 1 1/2"

PESO MUESTRA DE ENSAYO : 566.0 g

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO				
MTC E 107 - 2013 / ASTM D 422-63(2002) / AASHTO T - 88				
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)
	3"	76.200		
	2"	50.800		
	1 1/2"	38.100		100.0
	1"	25.400	5.1	0.9
	3/4"	19.050	6.2	1.1
	1/2"	12.700	5.7	1.0
	3/8"	6.625	11.3	2.0
	N° 4	4.750	11.3	2.0
	N° 8	2.360	16.0	4.1
	N° 10	2.000	2.7	0.7
	N° 16	1.180	6.6	1.7
	N° 20	0.850	3.5	0.9
	N° 30	0.600	3.1	0.8
	N° 40	0.425	2.7	0.7
	N° 50	0.300	7.4	1.9
	N° 60	0.180	131.6	33.7
	N° 100	0.150	80.5	20.6
	N° 200	0.075	90.2	23.1
	< N° 200 FONDO		18.8	4.8

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO	
MTC E 106 - 2013 / ASTM D 2216-05 / ASHTO T - 265	
Peso del Recipiente + Suelo Húmedo (g)	856.8
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g)	852.8
Peso del Agua (g)	4.0
Peso del Recipiente (g)	126.2
Peso de Suelo Seco (g)	726.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.6

FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS DE MUESTRA ENSAYO	
Tamaño Máximo (mm-pulg)	1 1/2"
Porcentaje de Grava 3" > N° 4 (%)	7.0
Porcentaje de Arena N° 200 < N° 4 (%)	88.2
Porcentaje que Pasa la Malla N° 200 (%)	4.8

MATERIALES MAS FINOS QUE EL TAMIZ DE 75 µm (N° 200)	
MTC E 137 - 2016 / ASTM D 1140-00 / ASHTO T - 11	
Peso Seco antes del Lavado + Tarro (Fracción Fina < N° 4) (g)	426.4
Peso Seco después del Lavado + Tarro (g)	407.7
Peso del Tarro (g)	63.1
PAISANTE TAMIZ DE 75 µm (N° 200) (%)	4.8

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
UNCS	ASTM D 2487-05 : SP	Arena pobremente graduada	
AASHTO	ASTM D 2383 : A-3 (F)	Bueno	

L. LÍQUIDO, L. PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS	
MTC E 110 - 2016 / MTC E 111 - 2016 / ASTM D 4318-05 / ASHTO T-89 / ASHTO T-90	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	
Suelo Húmedo + Peso de Cápsula	--
Peso de Cápsula + Suelo Seco	--
Peso del Agua	--
Peso de la Cápsula	--
Peso de Suelo Seco	--
Contenido de humedad	--
Número de golpes	--
RESULTADOS	NP
LÍMITE PLÁSTICO (%)	
RESULTADOS	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	
RESULTADOS	

**CURVA GRANULOMÉTRICA**

ABERTURA MALLA (mm)

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**

HUMEDAD (%)

NÚMERO DE GOLPES

OBSERVACIONES: - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

**RICCARDO FRANCESCO DÁVILA RÍOS**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 203356

938 385 323 / 955 088 036  
r.diaz@jrgeoconsultores.com  
jr.geoconsultores@gmail.com  
j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
San Martín de Porres - Lima

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**  
**ASTM D 1557-02 / NTP 339.141:1999**  
**MTC E 115 - 2000 / AASHTO T-180**

Informe N° : JR 2019 - 163  
 Fecha de Emisión : 31/05/2019  
 Realizado por : Tec. José L. Quispe M.  
 Revisado por : Ing. Riccardo F. Dávila  
 Certificado N° : LEM - 02-20/163

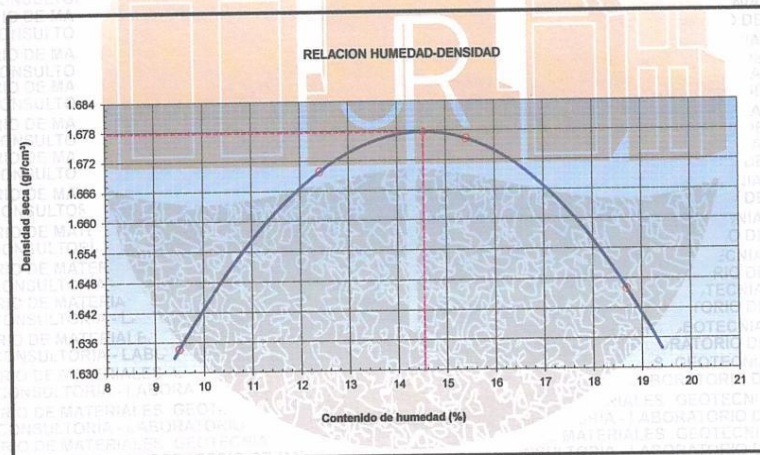
PROYECTO : APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCÓN 2019

SOLICITANTE : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.

UBICACIÓN : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCÓN - LIMA.

IDENTIFICACIÓN : C-1/M-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m  
 CLASF. (SUCS) : SP  
 Material Natural  
 CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)  
 DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada

		Metodo A				
		1	2	3	4	5
Numero de Ensayo						
Peso suelo + molde	gr	3651.00	3734.00	3789.00	3807.00	
Peso molde	gr	1949.00	1949.00	1949.00	1949.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1702.00	1785.00	1840.00	1858.00	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	951.00	951.00	951.00	951.00	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.790	1.877	1.935	1.954	
Recipiente N°		35	137	146	202	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	272.50	275.40	321.10	613.70	
Peso del suelo seco + tara	gr	254.30	249.20	284.20	523.50	
Tara	gr	62.50	38.00	44.90	41.00	
Peso de agua	gr	18.20	26.20	36.90	90.20	
Peso del suelo seco	gr	191.80	211.20	239.30	482.50	
Contenido de agua	%	9.49	12.41	15.42	18.69	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.635	1.670	1.676	1.646	
					Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.678
					Humedad óptima (%)	14.5



REFERENCIA :  
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb/ft<sup>3</sup> (2700 kN-m/m<sup>3</sup>)

OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

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

RICCARDO FRANCESCO  
 DÁVILA RÍOS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jr.geoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.  
ASTM D 1883 - MTC E 132**

Informe N° : JR 2019 - 163  
 Fecha de Emisión : 31/05/2019  
 Realizado por : Tec. José L. Quispe M.  
 Revisado por : Ing. Riccardo F. Dávila  
 Certificado N° : LEM - 03-20/163

PROYECTO : "APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCÓN 2019"  
 UBICACIÓN : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.  
 UBICACIÓN : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCÓN - LIMA.

IDENTIFICACIÓN : C-1/M-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m  
 Material Natural  
 DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada

CLASF. (SUCS) : SP  
 CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)

	1		3		2	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8383.00	8157.00	8053.10			
Peso de molde (g)	4179.00	4175.00	4224.00			
Peso del suelo húmedo (g)	4204.00	3982.00	3829.10			
Volumen del molde (cm³)	2194.71	2180.71	2186.71			
Densidad húmeda (g/cm³)	1.916	1.826	1.751			
Tara (N°)	170	32	10			
Peso suelo húmedo + tara (g)	401.20	364.60	378.20			
Peso suelo seco + tara (g)	356.80	324.30	336.20			
Peso de tara (g)	46.30	50.30	48.20			
Peso de agua (g)	44.40	40.30	42.00			
Peso de suelo seco (g)	310.50	274.00	288.00			
Contenido de humedad (%)	14.3	14.7	14.6			
Densidad seca (g/cm³)	1.876	1.692	1.528			

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/05/2019	08:00	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
08/05/2019	08:06	24	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
09/05/2019	08:12	48	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
10/05/2019	08:18	72	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
11/05/2019	08:24	96	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 1						MOLDE N° 3						MOLDE N° 2											
		CARGA		CORRECCION				CARGA		CORRECCION				CARGA		CORRECCION									
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%												
0.000		0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0							
0.635		27.3	30.5			19.7	22.9			14.1	17.3			41.8	44.7			69.2	72.2						
1.270		80.5	83.5			57.9	61.0			41.8	44.7			134.0	136.8			96.5	99.5						
1.905		134.0	136.8			96.5	99.5			69.2	72.2			200.5	203.1	196.9	13.8	144.3	147.1	142.7	10.0	103.6	106.5	103.5	7.3
2.540	70.5	200.5	203.1	196.9	13.8	144.3	147.1	142.7	10.0	103.6	106.5	103.5	7.3	318.0	320.2			228.9	231.4			164.3	167.0		
3.810		318.0	320.2			228.9	231.4			164.3	167.0			436.0	437.8	440.9	20.7	313.9	316.1	318.4	14.9	225.2	227.7	229.4	10.8
5.080	105.7	436.0	437.8	440.9	20.7	313.9	316.1	318.4	14.9	225.2	227.7	229.4	10.8	657.0	658.4			401.0	402.9			287.7	290.0		
6.350		657.0	658.4			401.0	402.9			287.7	290.0			648.0	649.1			466.5	468.2			334.7	336.8		
7.620		648.0	649.1			466.5	468.2			334.7	336.8			756.0	756.7			544.2	545.6			390.5	392.5		
10.160		756.0	756.7			544.2	545.6			390.5	392.5														

REFERENCIA : ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb/ft³ (2700 kN-m/m³)

OBSERVACIONES : - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

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

  
**RICCARDO FRANCESCO DÁVILA RÍOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355

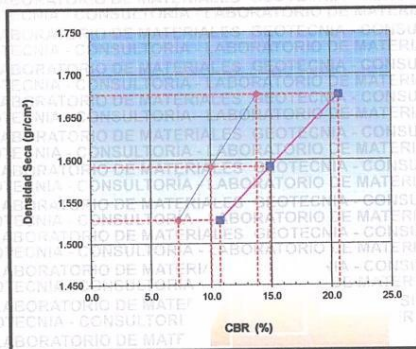
938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrggeoconsultores.com  
 jr.geoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrggeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.  
ASTM D 1883 - MTC E 132**

**Informe N°** : JR 2019 - 163  
**Fecha de Emisión** : 31/05/2019  
**Realizado por** : Tec. José L. Quipe M.  
**Revisado por** : Ing. Riccardo F. Dávila  
**Certificado N°** : LEM - 04-20/163

**PROYECTO** : "APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCON 2019"  
**UBICACIÓN** : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.  
**UBICACIÓN** : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCON - LIMA.

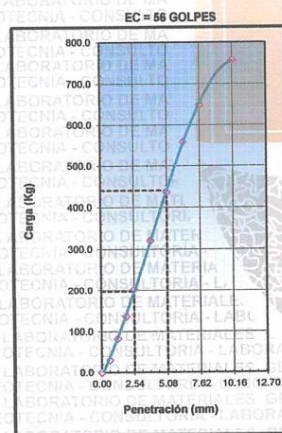
**IDENTIFICACIÓN** : C-1/M-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m **CLASF. (SUCS)** : SP  
**Material Natural**  
**DESCRIPCIÓN** : Arena pobremente gradada **CLASF. (AASHTO)** : A-3 (0)



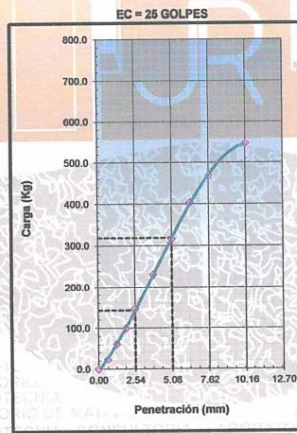
<b>METODO DE COMPACTACION</b> : ASTM D1557				
<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)</b> : 1.678				
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> : 14.5				
<b>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)</b> : 1.594				
<b>DENSIDAD INSITU (g/cm3)</b> :				
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	13.8	0.2"	20.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	10.0	0.2"	14.9

**RESULTADOS CBR a 1"**  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **10.0 (%)**

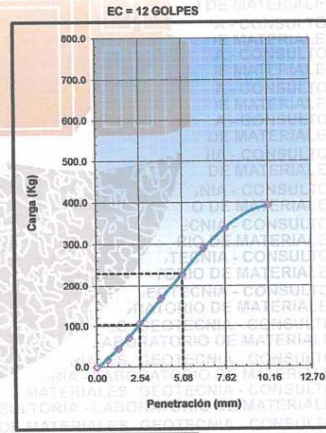
**OBSERVACIONES:**



**CBR (0.1")** : 0.5%  
**CBR (0.2")** : 20.7%



**CBR (0.1")** : 10.0%  
**CBR (0.2")** : 14.9%



**CBR (0.1")** : 7.3%  
**CBR (0.2")** : 10.8%

**REFERENCIA** :  
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb/m³ (2700 kN-m/m³)

**OBSERVACIONES** :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

**RICCARDO FRANCESCO DÁVILA RÍOS**  
 INGENIERO CNIL  
 Reg. CIP N° 203355

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

938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jr.geoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima

<b>RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. ASTM D 1883 - MTC E 132</b>		Informe N° : JR 2019 - 163
		Fecha de Emisión : 31/05/2019
		Realizado por : Tec. José L. Quispe M.
		Revisado por : Ing. Riccardo F. Dávila
		Certificado N° : LEM - 05-20163

PROYECTO : "APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCÓN 2019"

UBICACIÓN : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.

UBICACIÓN : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCÓN - LIMA.

IDENTIFICACIÓN : C-1/M-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m CLASF. (SUCS) : SP  
 Material Natural + 6% de caucho CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)

DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada

	4		6		5	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8337.00		8191.00		7527.00	
Peso de molde (g)	4129.00		4194.00		4160.00	
Peso del suelo húmedo (g)	4208.00		3997.00		3767.00	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2168.71		2190.71		2181.71	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.923		1.825		1.727	
Tara (N°)	26		44		51	
Peso suelo húmedo + tara (g)	367.10		399.40		316.80	
Peso suelo seco + tara (g)	328.30		358.20		284.20	
Peso de tara (g)	50.30		56.20		54.70	
Peso de agua (g)	40.80		43.20		32.80	
Peso de suelo seco (g)	276.00		300.00		229.50	
Contenido de humedad (%)	14.8		14.4		14.2	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.675		1.695		1.512	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/05/2019	08:30	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
08/05/2019	08:36	24	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
09/05/2019	08:42	48	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
10/05/2019	08:48	72	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
11/05/2019	08:54	96	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00

PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 4				MOLDE N° 6				MOLDE N° 5			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		30.2	33.4			21.6	24.8			15.5	18.7		
1.270		89.1	92.1			64.1	67.2			46.0	49.1		
1.905		149.3	152.1			107.3	110.2			77.0	80.0		
2.540	70.5	222.4	224.9	218.3	15.4	159.8	162.5	157.9	11.1	114.7	117.6	114.3	8.0
3.810		353.6	355.7			254.1	256.5			182.3	185.0		
5.080	105.7	483.3	484.9	488.5	22.9	347.7	349.8	352.4	16.5	249.5	251.9	253.9	11.9
6.350		617.1	618.3			444.2	446.0			318.7	320.9		
7.620		718.2	719.0			516.9	518.4			370.9	372.9		
10.160		838.3	838.7			603.2	604.4			432.9	434.7		

REFERENCIA : ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb/ft<sup>3</sup> (2700 kN-m/m<sup>3</sup>)

OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

  
 RICCARDO FRANCESCO  
 DÁVILA RÍOS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355

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

938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jr.geoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.  
 ASTM D 1883 - MTC E 132**

**Informe N°** : JR 2019 - 163  
**Fecha de Emisión** : 31/05/2019  
**Realizado por** : Tec. José L. Quispe M.  
**Revisado por** : Ing. Riccardo F. Dávila  
**Certificado N°** : LEM - 06-20/163

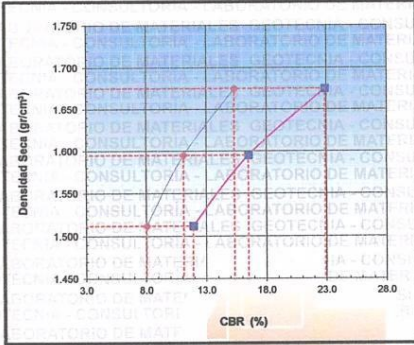
**PROYECTO** : "APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCÓN 2019"

**UBICACIÓN** : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.

**UBICACIÓN** : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCÓN - LIMA.

**IDENTIFICACIÓN** : C-1/M-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m  
 Material Natural + 6% de caucho  
**DESCRIPCIÓN** : Arena pobremente gradada

**CLASF. (SUCS)** : SP  
**CLASF. (AASHTO)** : A-3 (0)

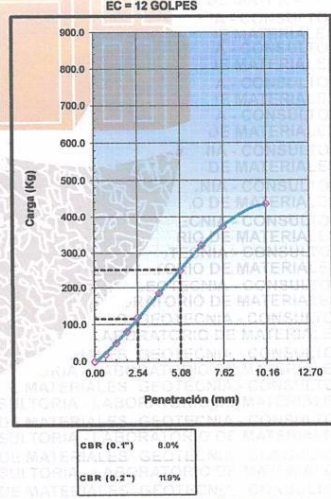
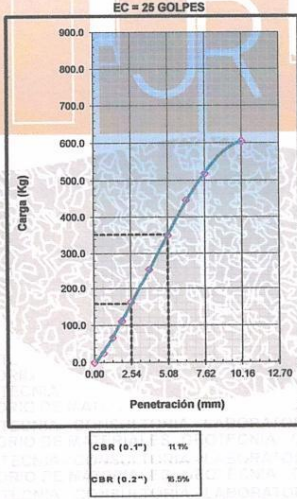
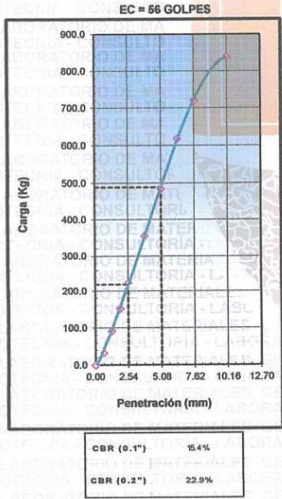


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 1.678  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 14.5  
**95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 1.594  
**DENSIDAD INSITU (g/cm³)** :

CBR	0.1"	0.2"
al 100% de M.D.S. (%)	15.4	22.9
al 95% de M.D.S. (%)	11.1	16.5

**RESULTADOS CBR a 1"**  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 11.1 (%)

**OBSERVACIONES:**



**REFERENCIA** :  
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/m<sup>3</sup> (2700 kN-m/m<sup>3</sup>)

**OBSERVACIONES** :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

*Riccardo F. Dávila*  
**RICCARDO FRANCESCO DÁVILA RÍOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355

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

938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jr.geoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima







**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.  
ASTM D 1883 - MTC E 132**

Informe N° : JR 2019 - 163  
 Fecha de Emisión : 31/05/2019  
 Realizado por : Tec. José L. Quispe M.  
 Revisado por : Ing. Riccardo F. Dávila  
 Certificado N° : LEM - 09-20163

PROYECTO : "APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCÓN 2019"  
 UBICACIÓN : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.  
 UBICACIÓN : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCÓN - LIMA.

IDENTIFICACIÓN : C-1M-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m CLASF. (SUCS) : SP DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES  
 Material Natural + 10% de caucho CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)  
 DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada

Molde N°	10	11	12
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8401.00	8414.00	7788.00
Peso de molde (g)	4190.00	4482.00	4064.00
Peso del suelo húmedo (g)	4211.00	3932.00	3704.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2197.71	2153.05	2141.02
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.916	1.828	1.730
Tara (N°)	235	16	46
Peso suelo húmedo + tara (g)	309.70	291.10	374.00
Peso suelo seco + tara (g)	278.19	259.70	332.60
Peso de tara (g)	59.40	46.20	45.20
Peso de agua (g)	30.60	31.40	41.40
Peso de suelo seco (g)	216.70	213.50	287.40
Contenido de humedad (%)	14.1	14.7	14.4
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.679	1.592	1.512

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/05/2019	09:30	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
08/05/2019	09:36	24	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
09/05/2019	09:42	48	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
10/05/2019	09:48	72	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
11/05/2019	09:54	96	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 10				MOLDE N° 11				MOLDE N° 12			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION				
0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
0.635		32.3	35.5	23.0	26.2	16.5	19.7						
1.270		95.2	98.2	88.4	71.5	49.1	52.2						
1.905		159.6	162.3	114.5	117.4	82.1	85.1						
2.540	70.5	237.5	240.0	232.9	16.4	170.6	173.3	168.4	11.8	122.4	125.3	121.8	8.6
3.810		377.2	379.2	271.4	273.8	194.7	197.3						
5.080	105.7	515.4	516.9	520.4	24.4	370.7	372.7	375.4	17.6	285.0	288.4	270.4	12.7
6.350		657.1	658.1	472.9	474.6	339.4	341.5						
7.620		785.2	785.9	550.7	552.1	385.2	397.1						
10.160		893.3	893.5	642.8	643.9	461.3	463.0						

REFERENCIA :  
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb/ft<sup>3</sup> (2700 kN-m/m<sup>3</sup>)

OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

  
**RICCARDO FRANCESCO**  
 DAVILA RIOS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355

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

938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jr.geoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima



## Anexo 6. Ensayos de laboratorio realizados en la calicata C-2 (Granulometría por tamizado, Contenido de Humedad, Proctor Modificado y ensayo de CBR).

<b>LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>	Informe N°	: JR 2019 - 163
	Fecha de Emisión	: 31/05/2019
	Realizado por	: Tec. José L. Quijse M.
	Revisado por	: Ing. Ricardo F. Dávila
	Certificado N°	: LEM - 11-20/163

PROYECTO : "APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCON 2019"

SOLICITANTE : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.

UBICACIÓN : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCON - LIMA.

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-2M-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m

PESO DE MUESTRA RECEP. : 43,182,0 g T. MÁXIMO DEL ESTRATO (Pulg.) : 1 1/2"

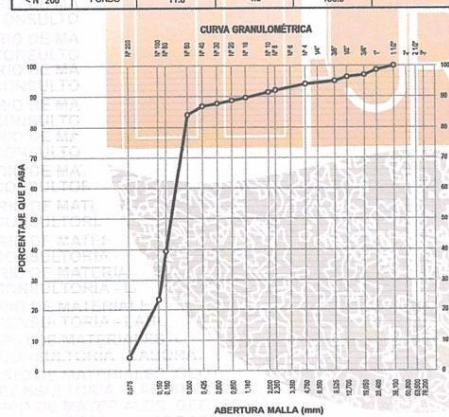
PESO MUESTRA DE ENSAYO : 567,0 g

SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	7.4	1.3	1.3	98.7
3/4"	19.050	9.6	1.7	3.0	97.0
1/2"	12.700	4.0	0.7	3.7	96.3
3/8"	9.525	7.4	1.3	5.0	95.0
N° 4	4.750	5.7	1.0	6.0	94.0
N° 8	2.360	5.2	2.0	8.0	92.0
N° 10	2.000	1.6	0.6	8.6	91.4
N° 16	1.180	4.7	1.8	10.4	89.6
N° 20	0.850	2.4	0.9	11.3	88.7
N° 30	0.600	2.4	0.9	12.2	87.8
N° 40	0.425	2.4	0.9	13.1	86.9
N° 60	0.300	7.3	2.8	15.9	84.1
N° 80	0.180	117.0	44.7	60.6	39.4
N° 100	0.150	42.4	16.2	76.8	23.2
N° 200	0.075	48.9	18.7	95.5	4.5
< N° 200	FONDO	11.8	4.5	100.0	

Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	(g)	902.8
Peso del Recipiente + Suelo Seco	(g)	597.8
Peso del Agua	(g)	5.0
Peso del Recipiente	(g)	105.8
Peso de Suelo Seco	(g)	492.0
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	1.0
<b>FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS DE MUESTRA ENSAYO</b>		
Tamaño Máximo	(mm-pulg)	1 1/2"
Porcentaje de Grava 3" > N° 4	(%)	6.0
Porcentaje de Arena N° 200 < N° 4	(%)	89.5
Porcentaje que Pasa la Malla N° 200	(%)	4.5

Peso Seco antes del Lavado + Tarro (Fracción Fina < N° 4)	(g)	298.9
Peso Seco después del Lavado + Tarro	(g)	287.2
Peso del Tarro	(g)	52.9
PASANTE TAMIZ DE 75 µm (N° 200)	(%)	4.5

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		DESCRIPCIÓN DEL SUELO
USCS	ASTM D 2487-05 : SP	arena pobremente graduada
AASHTO	ASTM D 2082 : A-3 (8)	Buena



LÍMITE LÍQUIDO (%)		LÍMITE PLÁSTICO (%)	
Suelo Húmedo + Peso de Cápsula	--	--	--
Peso de Cápsula + Suelo Seco	--	--	--
Peso del Agua	--	--	--
Peso de la Cápsula	--	--	--
Peso de Suelo Seco	--	--	--
Contenido de Humedad	--	--	--
Número de golpes	--	--	--
RESULTADOS	NP	NP	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)			



OBSERVACIONES:  
- Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

  
**RICARDO FRANCESCO**  
 CIVIL RIOS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355  
 938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jr.geoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima



**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.  
ASTM D 1883 - MTC E 132**

Informe N° : JR 2019 - 163  
 Fecha de Emisión : 31/05/2019  
 Realizado por : Tec. José L. Quispe M.  
 Revisado por : Ing. Riccardo F. Dávila  
 Certificado N° : LEM - 13-20/163

PROYECTO : "APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCÓN 2019"  
 UBICACIÓN : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.  
 UBICACIÓN : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCÓN - LIMA.

IDENTIFICACIÓN : C-2/M-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m CLASF. (SUCS) : SP  
 Material Natural CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)  
 DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada

Molde N°	15		13		14	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	6533.00		7594.00		8216.00	
Peso de molde (g)	4530.00		3670.00		4533.00	
Peso del suelo húmedo (g)	4103.00		3924.00		3682.00	
Volumen del molde (cm³)	2132.99		2148.04		2133.49	
Densidad húmeda (g/cm³)	1.924		1.827		1.728	
Tara (N°)	25		203		164	
Peso suelo húmedo + tara (g)	365.60		335.80		310.30	
Peso suelo seco + tara (g)	326.50		301.40		276.50	
Peso de tara (g)	55.20		57.30		54.60	
Peso de agua (g)	38.80		34.40		31.40	
Peso de suelo seco (g)	271.60		244.10		224.30	
Contenido de humedad (%)	14.3		14.1		14.0	
Densidad seca (g/cm³)	1.683		1.601		1.514	

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/05/2019	10:00	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
08/05/2019	10:06	24	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
09/05/2019	10:12	48	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
10/05/2019	10:18	72	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
11/05/2019	10:24	96	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 15				MOLDE N° 13				MOLDE N° 14			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		28.2	31.4			20.2	23.4			14.5	17.7		
1.270		84.6	87.6			60.5	63.6			43.4	46.5		
1.905		139.3	142.1			100.1	103.0			71.8	74.8		
2.540	70.5	209.2	211.8	205.3	14.4	160.4	153.2	148.4	10.4	108.0	110.9	107.5	7.6
3.810		331.4	333.6			238.3	240.8			171.0	173.7		
5.080	105.7	453.2	454.9	458.1	21.5	325.4	327.6	330.3	15.5	233.5	236.0	238.0	11.2
6.350		579.2	580.5			416.1	418.0			298.6	300.9		
7.620		672.1	673.1			483.7	485.3			347.1	349.2		
10.160		786.3	786.9			565.8	567.2			406.0	407.9		

REFERENCIA :  
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb/ft³ (2700 kN-m/m³)

OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

  
 RICCARDO FRANCESCO  
 DÁVILA RÍOS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355

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

938 385 323 / 955 088 036

r.diaz@jrgeoconsultores.com

jrgeoconsultores@gmail.com

j.oyarce@jrgeoconsultores.com

Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen

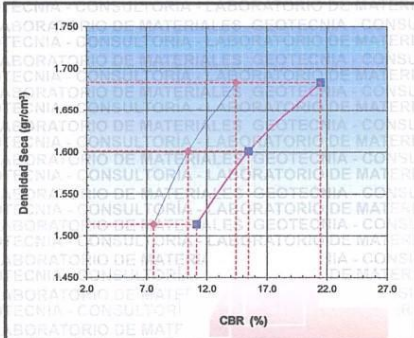
San Martín de Porres - Lima

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.  
ASTM D 1883 - MTC E 132**

Informe N° : JR 2019 - 163  
 Fecha de Emisión : 31/05/2019  
 Realizado por : Tec. José L. Qulspe M.  
 Revisado por : Ing. Riccardo F. Dávila  
 Certificado N° : LEM - 14-20/163

PROYECTO : APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCON 2019\*  
 UBICACIÓN : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.  
 UBICACIÓN : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCON - LIMA.

IDENTIFICACIÓN : C-2/M-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m CLASF. (SUCS) : SP  
 Material Natural  
 DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)

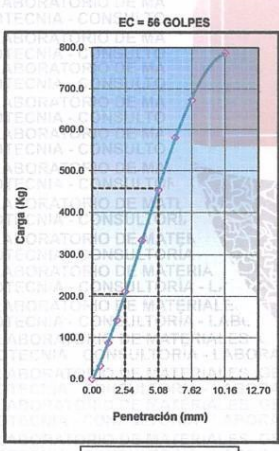


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.685  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.0  
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.600  
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

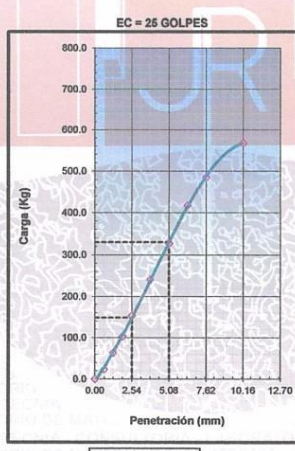
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	14.4	0.2"	21.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	10.4	0.2"	15.5

RESULTADOS CBR a 1":  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 10.4 (%)

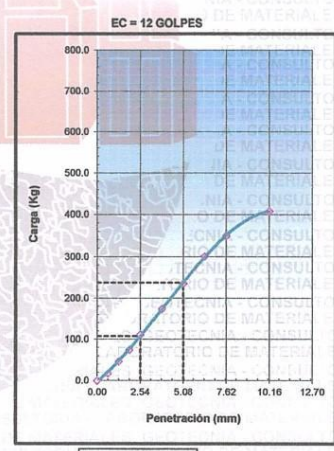
OBSERVACIONES:



CBR (0.1")	14.4%
CBR (0.2")	21.5%



CBR (0.1")	10.4%
CBR (0.2")	15.5%



CBR (0.1")	7.6%
CBR (0.2")	11.2%

REFERENCIA :  
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/m<sup>3</sup> (2700 kN-m/m<sup>3</sup>)

OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

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

**RICCARDO FRANCESCO  
DAVILA RIOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jrgeoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima



**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.  
ASTM D 1883 - MTC E 132**

Informe N° : JR 2019 - 163  
 Fecha de Emisión : 31/05/2019  
 Realizado por : Tec. José L. Quispe M.  
 Revisado por : Ing. Riccardo F. Dávila  
 Certificado N° : LEM - 15-20/163

PROYECTO : "APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCÓN 2019"  
 UBICACIÓN : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.  
 UBICACIÓN : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCÓN - LIMA.

IDENTIFICACIÓN : C-2/M-1, L, Prof. 0,00m - 1,50m CLASF. (SUCS) : SP  
 Material Natural + 6% de terrazyme CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)  
 DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada

Molde N°	16		18		17	
	5	5	5	5	5	5
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8518.00	8959.00	8197.00	4522.00		
Peso de molde (g)	4549.00	4949.00	3675.00			
Peso del suelo húmedo (g)	4059.00	3910.00	2121.96			
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2118.45	2144.53	1.732			
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.921	1.823	1.732			
Tara (N°)	222	174	85			
Peso suelo húmedo + tara (g)	336.70	363.20	322.20			
Peso suelo seco + tara (g)	302.60	326.90	289.70			
Peso de tara (g)	62.60	64.10	59.20			
Peso de agua (g)	34.10	36.30	32.50			
Peso de suelo seco (g)	240.10	262.80	230.50			
Contenido de humedad (%)	14.2	13.8	14.1			
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.682	1.602	1.518			

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/05/2019	10:30	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
08/05/2019	10:36	24	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
09/05/2019	10:42	48	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
10/05/2019	10:48	72	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
11/05/2019	10:54	96	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 16				MOLDE N° 18				MOLDE N° 17			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		56.3	59.4			40.3	43.4			28.9	32.1		
1.270		125.1	128.0			90.0	93.0			64.6	67.7		
1.905		210.4	213.0			151.2	154.0			108.5	111.4		
2.540	70.5	284.3	286.6	281.5	19.8	204.4	207.0	203.4	14.3	146.7	149.5	147.0	10.3
3.810		415.2	417.1			299.7	301.0			214.4	217.0		
5.080	105.7	536.3	537.8	535.0	25.1	385.8	387.8	385.9	18.1	276.9	279.2	277.9	13.0
6.350		633.5	634.6			455.7	457.4			327.0	329.2		
7.620		705.2	706.1			507.5	509.1			364.2	366.2		
10.160		765.1	765.8			550.7	552.1			395.2	397.1		

REFERENCIA :  
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2700 kN-m/m<sup>3</sup>)

OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

  
**RICCARDO FRANCESCO DÁVILA RÍOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355

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

938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jr.geoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.  
ASTM D 1883 - MTC E 132**

Informe N° : JR 2019 - 163  
 Fecha de Emisión : 31/05/2019  
 Realizado por : Tec. José L. Quispe M.  
 Revisado por : Ing. Riccardo F. Dávila  
 Certificado N° : LEM - 16-20/163

PROYECTO : "APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCÓN 2019"

UBICACIÓN : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.

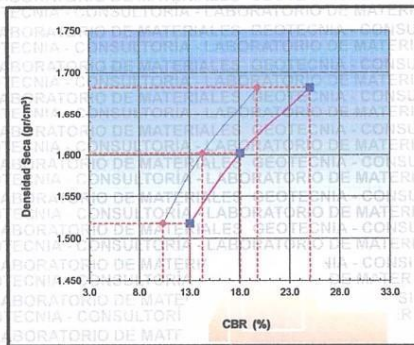
UBICACIÓN : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCÓN - LIMA.

IDENTIFICACIÓN : C-2M-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m  
 Material Natural + 6% de terrazyme

CLASF. (SUCS) : SP

DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada

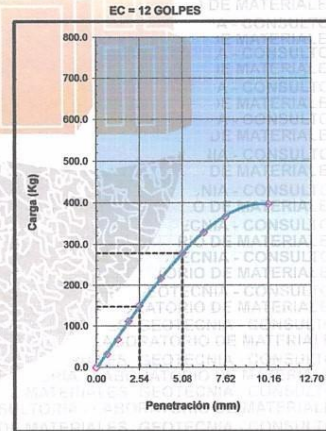
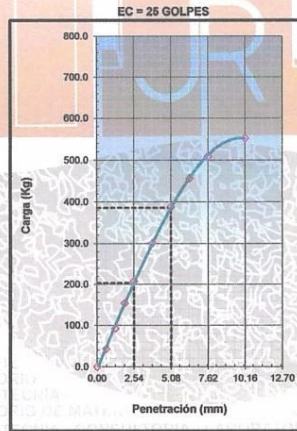
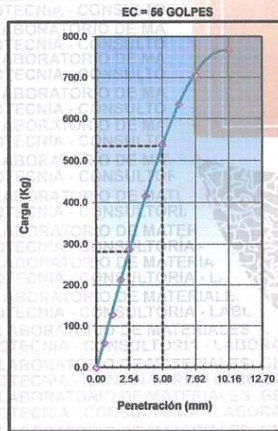
CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)



C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	19.8	0.2"	25.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	14.3	0.2"	18.1

RESULTADOS CBR a 1":  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 14.3 (%)

**OBSERVACIONES:**



REFERENCIA :  
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/3 (2700 kN-m/m³)

OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

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

**RICCARDO FRANCESCO  
DAVILA RIOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jr.geoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.  
ASTM D 1883 - MTC E 132**

Informe N° : JR 2019 - 163  
 Fecha de Emisión : 31/05/2019  
 Realizado por : Tec. José L. Quispe M.  
 Revisado por : Ing. Riccardo F. Dávila  
 Certificado N° : LEM - 17-20/163

PROYECTO : "APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCÓN 2019"  
 UBICACIÓN : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.  
 UBICACIÓN : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCÓN - LIMA.  
 IDENTIFICACIÓN : C-2/M-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m CLASF. (SUCS) : SP  
 Material Natural + 8% de terrazyme CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)  
 DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada

Molde N°	19	20	21
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8072.00	8894.00	8250.00
Peso de molde (g)	5015.00	4993.00	4567.00
Peso del suelo húmedo (g)	4057.00	3901.00	3683.00
Volumen del molde (cm³)	2109.42	2134.00	2130.49
Densidad húmeda (g/cm³)	1.923	1.828	1.729
Tara (N°)	44	95	74
Peso suelo húmedo + tara (g)	376.90	408.00	364.00
Peso suelo seco + tara (g)	339.70	364.80	326.30
Peso de tara (g)	69.70	64.90	54.80
Peso de agua (g)	38.20	43.20	37.70
Peso de suelo seco (g)	269.00	299.90	271.50
Contenido de humedad (%)	14.2	14.4	13.9
Densidad seca (g/cm³)	1.684	1.598	1.518

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/05/2019	11:00	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
08/05/2019	11:06	24	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000
09/05/2019	11:12	48	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000
10/05/2019	11:18	72	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000
11/05/2019	11:24	96	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000

**PENETRACION**

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 19				MOLDE N° 20				MOLDE N° 21			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		69.5	69.5			47.5	50.6			34.1	37.3		
1.270		146.2	149.0			105.1	108.0			75.4	78.4		
1.905		246.3	248.7			177.1	179.8			127.1	130.0		
2.540	70.5	332.3	334.5	328.4	23.1	239.0	241.5	237.2	16.7	171.5	174.2	171.2	12.0
3.810		485.2	486.8			349.1	351.2			250.5	252.9		
5.080	105.7	625.5	626.7	624.0	29.2	449.9	451.7	450.0	21.1	322.8	325.0	323.9	15.2
6.350		739.1	739.9			532.0	533.5			381.7	383.7		
7.620		823.3	823.8			592.4	593.7			425.1	426.9		
10.160		892.1	892.4			642.1	643.2			460.8	462.5		

REFERENCIA :  
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/m<sup>3</sup> (2700 kN-m/m<sup>3</sup>)

OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

  
**RICCARDO FRANCESCO  
DÁVILA RÍOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355

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

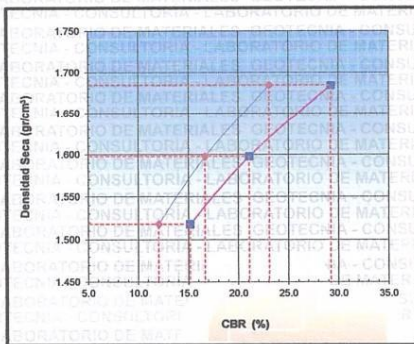
938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jrgeoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.  
ASTM D 1883 - MTC E 132**

Informe N° : JR 2019 - 163  
 Fecha de Emisión : 31/05/2019  
 Realizado por : Tec. José L. Quispe M.  
 Revisado por : Ing. Riccardo F. Dávila  
 Certificado N° : LEM - 18-20/163

PROYECTO : "APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCÓN 2019"  
 UBICACIÓN : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.  
 UBICACIÓN : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCÓN - LIMA.

IDENTIFICACIÓN : C2/M-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m CLASF. (SUCS) : SP  
 Material Natural + 8% de terrazyme  
 DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)

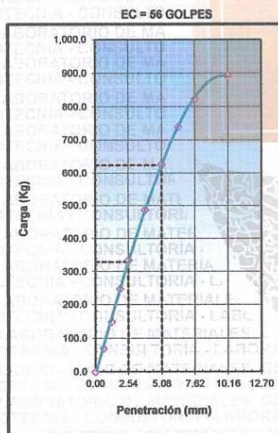


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.678  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.5  
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.594  
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

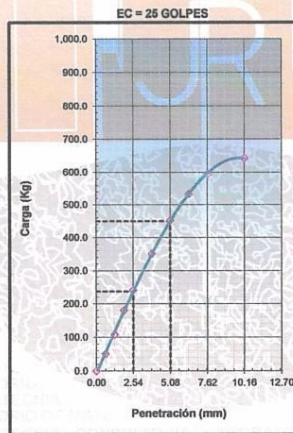
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	23.1	0.2"	29.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	16.7	0.2"	21.1

RESULTADOS CBR a 1":  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 16.7 (%)

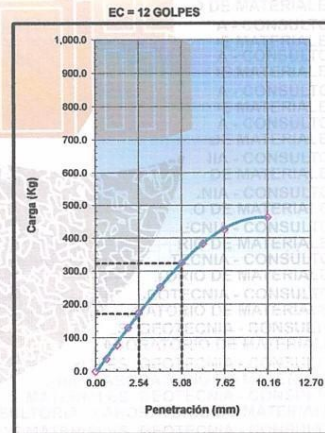
OBSERVACIONES:



CBR (0.1")	23.1%
CBR (0.2")	29.2%



CBR (0.1")	6.7%
CBR (0.2")	21.1%



CBR (0.1")	2.0%
CBR (0.2")	5.2%

REFERENCIA :  
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb/m³ (2700 kN-m/m³)

OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

*Riccardo F. Dávila*  
 RICCARDO FRANCESCO  
 DÁVILA RÍOS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203356

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

938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jr.geoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.  
ASTM D 1883 - MTC E 132**

Informe N° : JR 2019 - 163  
 Fecha de Emisión : 31/05/2019  
 Realizado por : Tec. José L. Quispe M.  
 Revisado por : Ing. Riccardo F. Dávila  
 Certificado N° : LEM - 19-20/H63

PROYECTO : "APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCÓN 2019"  
 UBICACIÓN : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.  
 UBICACIÓN : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCÓN - LIMA.

IDENTIFICACIÓN : C-2/M-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m CLASF. (SUCS) : SP  
 Material Natural + 10% de terrazyme CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)  
 DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada

Molde N°	24		22		23	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	6260.00		8410.00		7885.00	
Peso de molde (g)	4169.00		4524.00		4171.00	
Peso del suelo húmedo (g)	4091.00		3886.00		3714.00	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2123.97		2135.00		2139.01	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.926		1.820		1.736	
Tara (N°)	32		214		89	
Peso suelo húmedo + tara (g)	364.77		379.48		379.51	
Peso suelo seco + tara (g)	326.60		341.80		330.60	
Peso de tara (g)	55.90		66.80		62.10	
Peso de agua (g)	38.17		37.68		39.71	
Peso de suelo seco (g)	270.70		275.00		277.70	
Contenido de humedad (%)	14.1		13.7		14.3	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.688		1.601		1.519	

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/05/2019	11:30	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
08/05/2019	11:36	24	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
09/05/2019	11:42	48	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
10/05/2019	11:48	72	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00
11/05/2019	11:54	96	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00	0.0	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 24				MOLDE N° 22				MOLDE N° 23			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		77.0	80.0			55.4	58.5			39.8	42.9		
1.270		170.0	172.7			122.4	125.3			87.8	90.8		
1.905		285.0	287.3			205.2	207.8			147.2	150.0		
2.540	70.5	386.0	388.0	380.2	26.7	277.9	280.2	274.8	19.3	199.4	202.0	198.1	13.9
3.810		562.0	563.4			404.6	406.5			290.3	292.6		
5.080	105.7	725.0	725.8	722.8	33.9	521.9	523.4	521.3	24.4	374.5	376.5	375.1	17.6
6.350		857.0	857.4			516.9	518.1			442.7	444.5		
7.620		954.0	954.0			686.7	687.6			492.8	494.4		
10.160		1034.0	1033.8			744.3	745.1			534.1	535.6		

REFERENCIA :  
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb/ft<sup>3</sup> (2700 kN-m/m<sup>3</sup>)

OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

  
**RICCARDO FRANCESCO  
DÁVILA RÍOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. DIP N° 203355

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

938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jr.geoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.  
ASTM D 1883 - MTC E 132**

Informe N° : JR 2019 - 163  
 Fecha de Emisión : 31/05/2019  
 Realizado por : Tec. José L. Quispe M.  
 Revisado por : Ing. Riccardo F. Dávila  
 Certificado N° : LEM - 20-20/163

PROYECTO : "APLICACIÓN DEL CAUCHO GRANULAR PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE - ANCÓN 2019"

UBICACIÓN : BECERRA GONZALES, IRVING DAVID.

UBICACIÓN : A. H. EL OASIS, CALLE C, ANCÓN - LIMA.

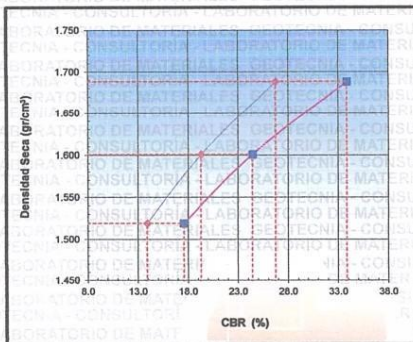
IDENTIFICACIÓN : C-2/III-1, L., Prof. 0,00m - 1,50m

CLASF. (SUCS) : SP

Material Natural + 10% de terrazyme

DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada

CLASF. (AASHTO) : A-3 (0)

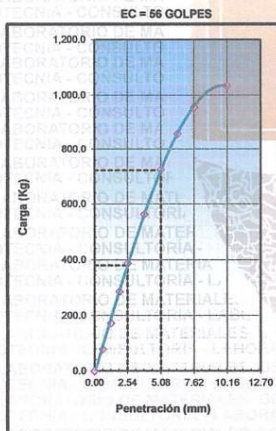


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.678  
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 14.5  
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.594  
 DENSIDAD INSITU (g/cm³) :

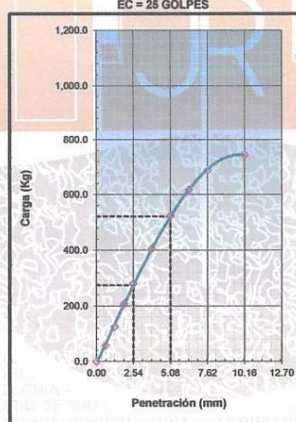
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	26.7	0.2"	33.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	19.3	0.2"	24.4

RESULTADOS CBR a 1":  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 19.3 (%)

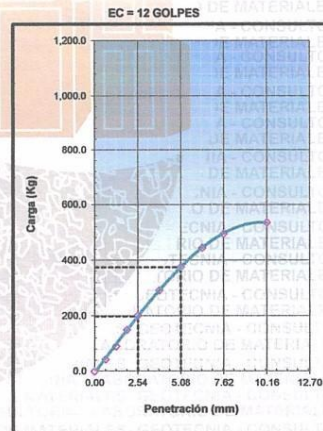
**OBSERVACIONES:**



CBR (0.1")	26.7%
CBR (0.2")	33.9%



CBR (0.1")	19.3%
CBR (0.2")	24.4%



CBR (0.1")	9.9%
CBR (0.2")	17.6%

REFERENCIA :  
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils  
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/m<sup>3</sup> (2700 MN-m/m<sup>3</sup>)

OBSERVACIONES :  
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

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

**RICCARDO FRANCESCO  
 DAVILA RIOS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036  
 r.diaz@jrgeoconsultores.com  
 jr.geoconsultores@gmail.com  
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com  
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen  
 San Martín de Porres - Lima

## Anexo 7. Certificados de Calibración de Instrumentos de laboratorio.

### EQUIPOS:



## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 877 - 2018

Página: 1 de 3

Expediente : T 404-2018  
Fecha de Emisión : 2018-10-12

**1. Solicitante** : JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.  
**Dirección** : CAL.MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019 MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA

**2. Instrumento de Medición** : **BALANZA**  
**Marca** : **OHAUS**  
**Modelo** : **R31P30**  
**Número de Serie** : **8337090625**  
**Alcance de Indicación** : **30000 g**  
**División de Escala de Verificación ( e )** : **10 g**  
**División de Escala Real ( d )** : **1 g**  
**Procedencia** : **NO INDICA**  
**Identificación** : **B-01**  
**Tipo** : **ELECTRÓNICA**  
**Ubicación** : **LABORATORIO**  
**Fecha de Calibración** : **2018-10-11**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

#### 3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del SNM-INDECOPI.

#### 4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.  
CAL.MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019 MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 153631

PT-05.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 877 - 2018

Página: 2 de 3

### 5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,6 °C	20,7 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

### 6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1 y F2)	M-0660-2018
		LM-323-2018 / LM-324-2018
		LM-325-2018 / LM-356-2018
		LM-093-2018 / LM-094-2018
		LM-095-2018

### 7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

### 8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición	Carga L1= 15 000 g			Carga L2= 30 000 g		
	I(g)	ΔI(g)	E(g)	I(g)	ΔI(g)	E(g)
1	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,6	-0,1
2	15 000	0,7	-0,2	30 001	0,3	1,2
3	15 000	0,5	0,0	30 000	0,8	-0,3
4	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,5	0,0
5	15 000	0,8	-0,3	30 001	0,4	1,1
6	15 000	0,6	-0,1	30 001	0,5	1,0
7	15 001	0,4	1,1	30 000	0,8	-0,3
8	15 001	0,5	1,0	30 000	0,7	-0,2
9	15 000	0,8	-0,3	30 001	0,4	1,1
10	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,9	-0,4
Diferencia Máxima			1,5	1,6		
Error máximo permitido ±			20 g	30 g		



  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152231

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
 www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com





Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LB - 877 - 2018  
Página: 3 de 3



Vista Frontal

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>g</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	f(g)	ΔL(g)	E <sub>g</sub> (g)	Carga (g)	f(g)	ΔL(g)	E(g)	E <sub>c</sub> (g)
1	10	10	0,6	-0,1	10 000	10 000	0,8	-0,3	-0,2
2		10	0,8	-0,3		10 000	0,5	0,0	0,3
3		10	0,9	-0,4		10 000	0,3	0,2	0,6
4		10	0,6	-0,1		10 000	0,4	0,1	0,2
5		10	0,8	-0,3		10 001	0,5	1,0	1,3

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 20 g

### ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	f(g)	ΔL(g)	E(g)	E <sub>c</sub> (g)	f(g)	ΔL(g)	E(g)	E <sub>c</sub> (g)	
10	10	0,6	-0,1	-0,2	10	0,6	-0,1	0,0	10
20	20	0,8	-0,3	-0,2	20	0,7	-0,2	-0,1	10
100	100	0,9	-0,4	-0,3	100	0,6	-0,1	0,0	10
500	500	0,7	-0,2	-0,1	500	0,6	-0,1	0,0	10
1 000	1 000	0,8	-0,3	-0,2	1 000	0,6	-0,1	0,0	10
5 000	5 000	0,9	-0,4	-0,3	5 000	0,8	-0,3	-0,2	10
10 000	10 000	0,3	0,2	0,3	10 000	0,6	-0,1	0,0	20
15 000	15 000	0,8	-0,3	-0,2	15 000	0,3	0,2	0,3	20
20 000	20 000	0,4	0,1	0,2	20 001	0,4	1,1	1,2	20
25 000	25 001	0,5	1,0	1,1	25 001	0,5	1,0	1,1	30
30 000	30 000	0,9	-0,4	-0,3	30 000	0,9	-0,4	-0,3	30

(\*\*) error máximo permitido

#### Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000104 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,727 \text{ g}^2 + 0,00000000471 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>c</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP Nº 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
 www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 881 - 2018

Página: 1 de 3

Expediente : T 404-2018  
Fecha de Emisión : 2018-10-12

**1. Solicitante** : JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.  
**Dirección** : CAL.MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019 MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA

**2. Instrumento de Medición** : BALANZA

**Marca** : OHAUS  
**Modelo** : NO INDICA  
**Número de Serie** : NO INDICA  
**Alcance de Indicación** : 6000 g  
**División de Escala de Verificación ( e )** : 1 g  
**División de Escala Real ( d )** : 0,1 g  
**Procedencia** : NO INDICA  
**Identificación** : L-02  
**Tipo** : ELECTRÓNICA  
**Ubicación** : LABORATORIO  
**Fecha de Calibración** : 2018-10-11

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

**3. Método de Calibración**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del SNM-INDECOPI.

**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.  
CAL.MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019 MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 881 - 2018

Página: 2 de 3

### 5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22,0 °C	22,0 °C
Humedad Relativa	65 %	66 %

### 6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1 y F2)	M-0660-2018
		LM-323-2018 / LM-324-2018
		LM-325-2018 / LM-356-2018
		LM-093-2018

### 7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

### 8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 22,0			Final 21,9		
	Carga L1= 3 000,0 g			Carga L2= 6 000,0 g		
	I(g)	ΔL(g)	E(g)	I(g)	ΔL(g)	E(g)
1	3 000,0	0,06	-0,01	5 999,8	0,03	-0,18
2	3 000,0	0,06	-0,03	6 000,0	0,08	-0,03
3	3 000,0	0,06	-0,01	6 000,0	0,06	-0,01
4	3 000,0	0,09	-0,04	6 000,0	0,09	-0,04
5	3 000,0	0,05	0,00	5 999,9	0,05	-0,10
6	3 000,0	0,08	-0,03	5 999,9	0,04	-0,09
7	3 000,0	0,07	-0,02	6 000,0	0,08	-0,03
8	3 000,0	0,06	-0,01	6 000,0	0,06	-0,01
9	3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,08	-0,03
10	3 000,0	0,09	-0,04	6 000,0	0,08	-0,03
Diferencia Máxima	0,04			0,17		
Error máximo permitido ±	3 g			± 3 g		



  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
[www.puntodeprecision.com](http://www.puntodeprecision.com) E-mail: [info@puntodeprecision.com](mailto:info@puntodeprecision.com) / [puntodeprecision@hotmail.com](mailto:puntodeprecision@hotmail.com)

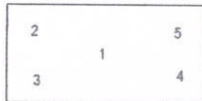


Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 881 - 2018

Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>2</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(g)	Eo(g)	Carga (g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	Ec(g)
1	1,0	1,0	0,09	-0,04	2 000,0	2 000,0	0,09	-0,04	0,00
2		1,0	0,06	-0,01		2 000,0	0,08	-0,03	-0,02
3		1,0	0,05	0,00		2 000,0	0,06	-0,01	-0,01
4		1,0	0,08	-0,03		1 999,8	0,05	-0,20	-0,17
5		1,0	0,07	-0,02		1 999,7	0,04	-0,29	-0,27

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 2 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	ΔL(g)	E(g)	Ec(g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	Ec(g)	
1,0	1,0	0,09	-0,04						1
2,0	2,0	0,06	-0,01	0,03	2,0	0,07	-0,02	0,02	1
50,0	50,0	0,08	-0,03	0,01	49,9	0,05	-0,10	-0,06	1
100,0	100,0	0,07	-0,02	0,02	100,0	0,07	-0,02	0,02	1
500,0	500,0	0,08	-0,03	0,01	500,0	0,08	-0,03	0,01	1
1 000,0	1 000,0	0,05	0,00	0,04	1 000,0	0,05	0,00	0,04	2
2 000,0	1 999,8	0,03	-0,18	-0,14	1 999,9	0,06	-0,11	-0,07	2
3 000,0	3 000,0	0,05	0,00	0,04	3 000,0	0,05	0,00	0,04	3
4 000,0	3 999,8	0,04	-0,19	-0,15	4 000,0	0,09	-0,04	0,00	3
5 000,0	5 000,0	0,05	0,00	0,04	4 999,9	0,03	-0,08	-0,04	3
6 000,0	6 000,0	0,04	0,01	0,05	6 000,0	0,04	0,01	0,05	3

(\*\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,0000154 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,00639 \text{ g}^2 + 0,00000000289 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>2</sub>: Error en cero    E<sub>2</sub>: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO



*[Signature]*  
Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 882 - 2018

Página: 1 de 3

Expediente	: T 404-2018	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
Fecha de Emisión	: 2018-10-12	
<b>1. Solicitante</b>	: <b>JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.</b>	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  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 reglamentaciones vigentes.  PUNTO DE PRECISIÓN 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.
Dirección	: CAL.MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019 MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA	
<b>2. Instrumento de Medición</b>	: <b>BALANZA</b>	
Marca	: <b>OHAUS</b>	
Modelo	: <b>NO INDICA</b>	
Número de Serie	: <b>NO INDICA</b>	
Alcance de Indicación	: <b>400 g</b>	
División de Escala de Verificación ( e )	: <b>0,1 g</b>	
División de Escala Real ( d )	: <b>0,01 g</b>	
Procedencia	: <b>NO INDICA</b>	
Identificación	: <b>L-03</b>	
Tipo	: <b>ELECTRÓNICA</b>	
Ubicación	: <b>LABORATORIO</b>	
Fecha de Calibración	: <b>2018-10-11</b>	
<b>3. Método de Calibración</b>		
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del SNM-INDECOPI.		
<b>4. Lugar de Calibración</b>		
LABORATORIO de JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L. CAL.MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019 MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA		



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capche  
Reg. CIP N° 152831

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

**PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LB - 882 - 2018

Página: 2 de 3

**5. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	20,4 °C	20,5 °C
Humedad Relativa	65 %	65 %

**6. Trazabilidad**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	M-0660-2018

**7. Observaciones**

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**8. Resultados de Medición**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición Nº	Carga L1= 200,00 g			Carga L2= 400,00 g		
	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)
1	200,00	6	-1	400,00	8	-3
2	200,00	9	-4	400,00	9	-4
3	200,00	8	-3	400,00	8	-3
4	200,01	4	11	400,00	9	-4
5	200,00	8	-3	400,00	7	-2
6	200,00	9	-4	400,01	4	11
7	200,01	5	10	400,00	8	-3
8	200,01	4	11	400,00	9	-4
9	200,00	8	-3	400,01	3	12
10	200,00	9	-4	400,01	5	10
Diferencia Máxima			15	16		
Error máximo permitido ±			200 mg	± 300 mg		



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP Nº 152631

PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

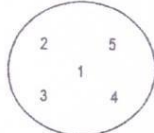
Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

**PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 882 - 2018  
Página: 3 de 3



Vista Frontal

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>g</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(mg)	E <sub>o</sub> (mg)	Carga (g)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	0,10	0,10	6	-1	120,00	119,99	8	-13	-12
2		0,10	5	0		119,99	5	-10	-10
3		0,10	8	-3		120,00	6	-1	2
4		0,10	8	-3		120,01	4	11	14
5		0,10	6	-1		119,98	9	-24	-23

Temp. (°C) Inicial: 20,4 Final: 20,4

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 200 mg

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
0,10	0,10	6	-1						100
0,20	0,20	5	0	1	0,20	8	-3	-2	100
1,00	1,00	9	-4	-3	1,00	5	0	1	100
5,00	5,00	8	-3	-2	5,00	8	-3	-2	100
10,00	10,00	7	-2	-1	10,00	7	-2	-1	100
25,00	25,00	8	-3	-2	25,00	8	-3	-2	100
50,00	50,00	5	0	1	50,00	9	-4	-3	100
100,00	100,01	4	11	12	100,00	8	-3	-2	200
200,00	200,00	9	-4	-3	200,01	4	11	12	200
300,00	300,01	3	12	13	300,01	5	10	11	300
400,00	400,00	6	-1	0	400,00	6	-1	0	300

Temp. (°C) Inicial: 20,4 Final: 20,5

(\*\*) error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000269 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,0000836 \text{ g}^2 + 0,0000000671 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>o</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capch  
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 884 - 2018

Página: 1 de 3

Expediente : T 404-2018  
Fecha de Emisión : 2018-10-12

**1. Solicitante** : JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.  
**Dirección** : CAL.MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019 MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA

**2. Instrumento de Medición** : **BALANZA**

**Marca** : **OHAUS**

**Modelo** : **T21P**

**Número de Serie** : **8036070229**

**Alcance de Indicación** : **100 kg**

**División de Escala de Verificación ( e )** : **0,01 kg**

**División de Escala Real (d)** : **0,005 kg**

**Procedencia** : **CHINA**

**Identificación** : **B-04**

**Tipo** : **ELECTRÓNICA**

**Ubicación** : **LABORATORIO**

**Fecha de Calibración** : **2018-10-11**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.


#### 3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del SNM-INDECOP.

#### 4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.  
CAL.MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019 MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capche  
Reg. CIP N° 175521

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com





Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 884 - 2018

Página: 2 de 3

### 5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,2 °C	20,9 °C
Humedad Relativa	65 %	65 %

### 6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1, F2 y M2)	M-0660-2018
		LM-323-2018 / LM-324-2018
		LM-325-2018 / LM-093-2018
		LM-094-2018 / SGM-A-1435-2017

### 7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

### 8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	21,2			21,2		
	Carga L1= 50,000 kg			Carga L2= 100,001 kg		
	I(kg)	ΔL(g)	E(g)	I(kg)	ΔL(g)	E(g)
1	50,000	4,5	-2,0	100,000	3,5	-2,0
2	50,000	3,5	-1,0	100,000	4,0	-2,5
3	50,000	2,0	0,5	100,005	2,5	4,0
4	50,000	4,0	-1,5	100,000	4,0	-2,5
5	50,005	2,5	5,0	100,000	3,0	-1,5
6	50,000	3,0	-0,5	100,000	4,0	-2,5
7	50,000	4,0	-1,5	100,005	2,5	4,0
8	50,000	3,5	-1,0	100,005	2,0	4,5
9	50,005	2,0	5,5	100,000	3,5	-2,0
10	50,000	4,5	-2,0	100,000	4,0	-2,5
Diferencia Máxima				7,5		
Error máximo permitido ±	30 g			± 30 g		



  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 162831

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
[www.puntodeprecision.com](http://www.puntodeprecision.com) E-mail: [info@puntodeprecision.com](mailto:info@puntodeprecision.com) / [puntodeprecision@hotmail.com](mailto:puntodeprecision@hotmail.com)

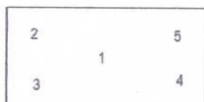


Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LB - 884 - 2018

Página: 3 de 3



Vista Frontal

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>g</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (kg)	l(kg)	ΔL(g)	E <sub>g</sub> (g)	Carga (kg)	l(kg)	ΔL(g)	E(g)	E <sub>c</sub> (g)
1	0,050	0,050	3,5	-1,0	30,000	30,000	4,0	-1,5	-0,5
2		0,050	4,0	-1,5		30,005	2,5	5,0	6,5
3		0,050	3,0	-0,5		30,000	3,0	-0,5	0,0
4		0,050	2,5	0,0		30,000	4,0	-1,5	-1,5
5		0,050	4,0	-1,5		30,000	3,0	-0,5	1,0

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 30 g

### ENSAYO DE PESAJE

Carga L(kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(kg)	ΔL(g)	E(g)	E <sub>c</sub> (g)	l(kg)	ΔL(g)	E(g)	E <sub>c</sub> (g)	
0,050	0,050	4,5	-2,0						10
0,100	0,100	3,5	-1,0	1,0	0,100	4,5	-2,0	0,0	10
1,000	1,000	4,0	-1,5	0,5	1,000	3,5	-1,0	1,0	10
5,000	5,000	2,0	0,5	2,5	5,000	4,0	-1,5	0,5	10
10,000	10,000	3,5	-1,0	1,0	10,000	2,5	0,0	2,0	20
20,000	20,000	3,0	-0,5	1,5	20,000	3,5	-1,0	1,0	20
40,000	40,000	4,5	-2,0	0,0	40,000	4,0	-1,5	0,5	30
50,000	50,000	2,0	0,5	2,5	50,000	3,5	-1,0	1,0	30
60,000	60,000	3,0	-0,5	1,5	60,005	2,0	5,5	7,5	30
80,000	80,005	2,5	5,0	7,0	80,005	2,5	5,0	7,0	30
100,001	100,000	4,0	-2,5	-0,5	100,000	4,0	-2,5	-0,5	30

(\*\*) error máximo permitido

#### Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000351 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,0000168 \text{ kg}^2 + 0,00000000666 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>c</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en kg

FIN DEL DOCUMENTO



Jere de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP Nº 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
 www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 385 - 2018

Página : 1 de 4

Expediente : T 404-2018  
Fecha de emisión : 2018-10-12

1. Solicitante : JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.

Dirección : CAL MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181  
MZO19 MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN -  
SAN MARTIN DE PORRES - LIMA

2. Instrumento de Medición : ESTUFA

Indicación : DIGITAL

Marca del Equipo : RUMISTONE

Modelo del Equipo : NO INDICA

Capacidad del Equipo : 82 L

Marca de indicador : AUTONICS

Modelo de indicador : TZN4S

Temperatura calibrada : 110 °C

Código de Identificación : H-01

El instrumento de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión 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.

#### 3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.  
11 - OCTUBRE - 2018

#### 4. Método de Calibración

La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC-018 del Servicio Nacional de Metrología del Indecopi.

#### 5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT - 075 - 2018	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0747 - 2017	INACAL - DM

#### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,8	22,9
Humedad %	72	72


#### 7. Conclusiones

La estufa se encuentra dentro de los rangos 110 °C ± 5 °C para la realización de los ensayos de laboratorio según la norma ASTM.

#### 8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión S.A.C

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 385 - 2018

Página : 2 de 4

CALIBRACIÓN PARA 110 °C

Tiempo (min.)	Ind. (°C) Temperatura del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom. (°C)	ΔTMax. - TMin. (°C)
		NIVEL INFERIOR					NIVEL SUPERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110,0	108,5	109,1	108,2	108,4	109,0	107,3	109,2	109,2	107,7	108,2	108,5	1,9
2	110,0	108,4	109,1	108,3	108,5	109,0	107,4	109,2	109,3	107,8	108,2	108,5	2,3
4	110,0	108,5	109,1	108,2	108,3	109,1	107,2	109,3	109,5	107,8	108,3	108,5	1,9
6	109,9	108,5	109,2	108,2	108,5	109,2	107,3	109,2	109,3	107,3	108,2	108,5	2,0
8	110,0	108,3	109,5	108,1	108,4	109,3	107,2	109,3	109,2	107,6	108,2	108,5	2,3
10	110,0	108,6	109,3	108,3	108,2	109,2	107,2	109,2	109,3	107,9	108,2	108,5	2,1
12	109,6	108,5	109,6	108,2	108,6	109,3	107,5	109,1	109,2	107,8	108,3	108,6	2,1
14	110,0	108,4	109,5	108,2	108,3	109,2	107,2	109,2	109,3	107,7	108,2	108,5	2,3
16	110,0	108,5	109,4	108,5	108,2	109,1	107,3	109,3	109,2	107,8	108,1	108,5	2,1
18	109,7	108,5	109,6	108,2	108,5	109,2	107,2	109,5	109,2	107,9	108,1	108,6	2,4
20	110,0	108,5	109,5	108,3	108,4	109,3	107,4	109,3	109,3	107,6	108,3	108,6	2,1
22	109,6	108,4	109,2	108,2	108,5	109,3	107,2	109,2	109,1	107,8	108,2	108,5	2,1
24	110,0	108,2	109,2	108,4	108,2	109,2	107,5	109,3	109,2	107,5	108,2	108,5	1,8
26	110,0	108,6	109,2	108,2	108,2	109,3	107,3	109,3	109,3	107,6	108,3	108,5	2,0
28	109,5	108,5	109,2	108,3	108,3	109,1	107,2	109,2	109,2	107,8	108,2	108,5	2,0
30	110,0	108,5	109,3	108,1	108,1	109,2	107,2	109,3	109,3	107,9	108,4	108,5	2,1
32	109,5	108,4	109,2	108,3	108,0	109,3	107,3	109,2	109,2	107,7	108,2	108,5	2,0
34	110,0	108,6	109,1	108,3	108,0	109,2	107,2	109,4	109,3	107,0	108,3	108,4	2,4
36	109,8	108,5	109,3	108,2	108,2	109,3	107,4	109,1	109,2	107,8	108,2	108,5	1,9
38	110,0	108,5	109,2	108,4	108,3	109,3	107,5	109,2	109,2	107,6	108,3	108,6	1,8
40	110,0	108,8	109,5	108,2	108,2	109,3	107,2	109,3	109,3	107,8	108,2	108,6	2,3
42	109,9	108,5	109,3	108,3	108,0	109,2	107,1	109,2	109,0	107,6	108,4	108,5	2,2
44	109,8	108,6	109,2	108,2	108,3	109,3	107,0	109,3	109,0	107,9	108,2	108,5	2,3
46	110,0	108,4	109,3	108,3	108,6	109,6	107,0	109,2	109,2	107,7	108,3	108,6	2,6
48	110,0	108,5	109,2	108,2	108,2	109,2	107,2	109,3	109,1	107,8	108,2	108,5	2,1
50	109,6	108,6	109,1	108,3	108,1	109,5	107,3	109,1	109,3	107,6	108,0	108,5	2,2
52	110,0	108,5	109,2	108,2	108,2	109,3	107,2	109,2	109,2	107,8	108,3	108,5	2,1
54	110,0	108,5	109,3	108,3	108,3	109,4	107,3	109,3	109,3	107,6	108,1	108,5	2,1
56	110,0	108,6	109,2	108,2	108,3	109,2	107,2	109,2	109,1	107,8	108,1	108,5	2,0
58	110,0	108,3	109,3	108,5	108,2	109,6	107,3	109,3	109,2	107,6	108,3	108,6	2,3
60	110,0	108,4	109,2	108,4	108,1	109,3	107,2	109,2	109,3	107,7	108,4	108,5	2,1
T. PROM	109,9	108,5	109,3	108,3	108,3	109,3	107,3	109,2	109,2	107,7	108,2	108,5	
T. MAX	110,0	108,8	109,6	108,5	108,6	109,6	107,5	109,5	109,5	107,9	108,4		
T. MIN	109,5	108,2	109,1	108,1	108,0	109,0	107,0	109,1	109,0	107,0	108,0		
DTT		0,5	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,9	0,4	

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	109,6	0,4
Mínima Temperatura Medida	107,0	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,9	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,0	0,3
Estabilidad Media (±)	0,45	0,02
Uniformidad Media	2,6	0,1

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición  
 Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.  
 La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k =2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 153631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
 www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



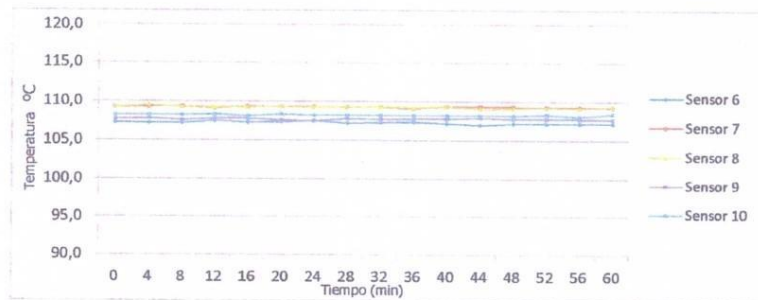
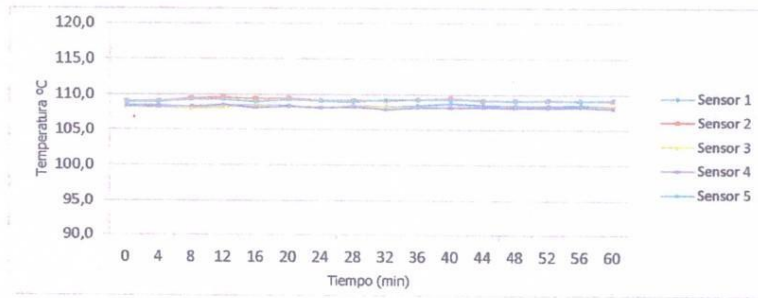
Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 385 - 2018

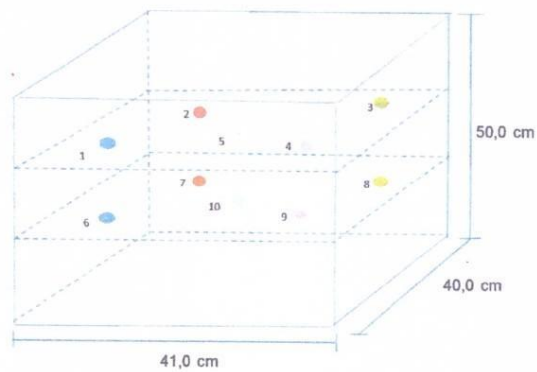
Página : 3 de 4

## TEMPERATURA DE TRABAJO 110 °C



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Luayza Capcha  
RUC: 2010152001

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.

FIN DEL DOCUMENTO



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 877 - 2018

Página: 1 de 3

Expediente : T 404-2018  
Fecha de Emisión : 2018-10-12

**1. Solicitante** : JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.  
**Dirección** : CAL.MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019 MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA

**2. Instrumento de Medición** : BALANZA  
**Marca** : OHAUS  
**Modelo** : R31P30  
**Número de Serie** : 8337090625  
**Alcance de Indicación** : 30000 g  
**División de Escala de Verificación ( e )** : 10 g  
**División de Escala Real ( d )** : 1 g  
**Procedencia** : NO INDICA  
**Identificación** : B-01  
**Tipo** : ELECTRÓNICA  
**Ubicación** : LABORATORIO  
**Fecha de Calibración** : 2018-10-11

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

**3. Método de Calibración**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del SNM-INDECOPI.

**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.  
CAL.MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019 MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LB - 877 - 2018

Página: 2 de 3

### 5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,6 °C	20,7 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

### 6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1 y F2)	M-0660-2018
		LM-323-2018 / LM-324-2018
		LM-325-2018 / LM-356-2018
		LM-093-2018 / LM-094-2018
		LM-095-2018

### 7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


### 8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Temp. (°C)					
	Inicial 20,6			Final 20,7		
	Carga L1= 15 000 g			Carga L2= 30 000 g		
	f(g)	ΔL(g)	E(g)	f(g)	ΔL(g)	E(g)
1	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,6	-0,1
2	15 000	0,7	-0,2	30 001	0,3	1,2
3	15 000	0,5	0,0	30 000	0,8	-0,3
4	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,5	0,0
5	15 000	0,8	-0,3	30 001	0,4	1,1
6	15 000	0,6	-0,1	30 001	0,5	1,0
7	15 001	0,4	1,1	30 000	0,8	-0,3
8	15 001	0,5	1,0	30 000	0,7	-0,2
9	15 000	0,8	-0,3	30 001	0,4	1,1
10	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,9	-0,4
Diferencia Máxima						
Error máximo permitido ±	20 g			± 30 g		



  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP Nº 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



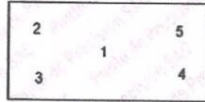


Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 877 - 2018

Página: 3 de 3



Vista Frontal

## ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	Δl(g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga (g)	l(g)	Δl(g)	E(g)	E <sub>c</sub> (g)
1	10	10	0,6	-0,1	10 000	10 000	0,8	-0,3	-0,2
2		10	0,8	-0,3		10 000	0,5	0,0	0,3
3		10	0,9	-0,4		10 000	0,3	0,2	0,6
4		10	0,6	-0,1		10 000	0,4	0,1	0,2
5		10	0,6	-0,3		10 001	0,5	1,0	1,3

Temp. (°C) Inicial Final  
20,7 20,7

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 20 g

## ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	Δl(g)	E(g)	E <sub>c</sub> (g)	l(g)	Δl(g)	E(g)	E <sub>c</sub> (g)	
10	10	0,6	-0,1						10
20	20	0,8	-0,3	-0,2	20	0,6	-0,1	0,0	10
100	100	0,9	-0,4	-0,3	100	0,7	-0,2	-0,1	10
500	500	0,7	-0,2	-0,1	500	0,6	-0,1	0,0	10
1 000	1 000	0,8	-0,3	-0,2	1 000	0,6	-0,1	0,0	10
5 000	5 000	0,9	-0,4	-0,3	5 000	0,8	-0,3	-0,2	10
10 000	10 000	0,3	0,2	0,3	10 000	0,6	-0,1	0,0	20
15 000	15 000	0,8	-0,3	-0,2	15 000	0,3	0,2	0,3	20
20 000	20 000	0,4	0,1	0,2	20 001	0,4	1,1	1,2	20
25 000	25 001	0,5	1,0	1,1	25 001	0,5	1,0	1,1	30
30 000	30 000	0,9	-0,4	-0,3	30 000	0,9	-0,4	-0,3	30

Temp. (°C) Inicial Final  
20,7 20,7

(\*\*) error máximo permitido

### Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000104 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,727 \text{ g}^2 + 0,00000000471 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    Δl: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>c</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



*[Signature]*  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 339 - 2018

Página : 1 de 2

Expediente : T 404-2018  
Fecha de emisión : 2018-10-12

1. Solicitante : JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.

Dirección : CAL.MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019  
MZA. MZ. LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN  
MARTIN DE PORRES - LIMA

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR

Marca de Prensa : NO INDICA

Marca de Celda : KELI

Modelo de Celda : AS-FED

Serie de Celda : AQS 9202

Capacidad de Celda : 5 t

Identificación de Celda : S-01

Marca de indicador : HIGH WEIGHT

Modelo de Indicador : 315-X2

Serie de Indicador : 0283996

Identificación del Indicador : I-01

3. Lugar y fecha de Calibración  
LABORATORIO DE JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.  
11 - OCTUBRE - 2018

4. Método de Calibración  
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

### 5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 090-2018	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,6	22,6
Humedad %	69	69

### 7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

### 8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 339 - 2018

Página : 2 de 2

**TABLA N° 1**

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	504,20	503,80	-0,84	-0,76	504,00	-0,79	0,08
1000	1001,25	1003,25	-0,13	-0,33	1002,25	-0,22	-0,20
1500	1504,35	1499,90	-0,29	0,01	1502,13	-0,14	0,30
2000	2003,25	2002,80	-0,16	-0,14	2003,03	-0,15	0,02
2500	2500,15	2500,70	-0,01	-0,03	2500,43	-0,02	-0,02
3000	3000,20	3000,50	-0,01	-0,02	3000,35	-0,01	-0,01
3500	3499,25	3498,65	0,02	0,04	3498,95	0,03	0,02
4000	4000,55	4000,20	-0,01	0,00	4000,38	-0,01	0,01

**NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN**

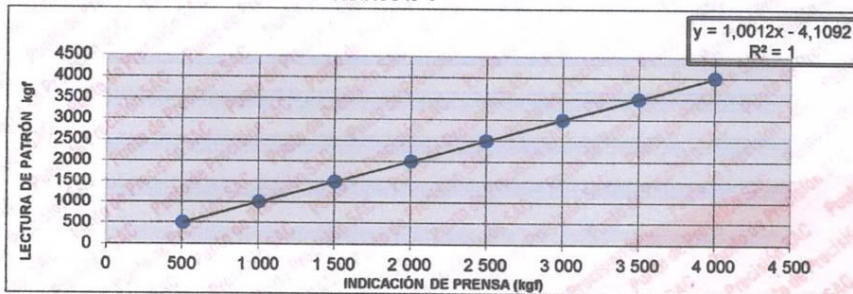
- 1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \qquad Rp = Error(2) - Error(1)$$
- 2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- 3.- Coeficiente Correlación:  $R^2 = 1$

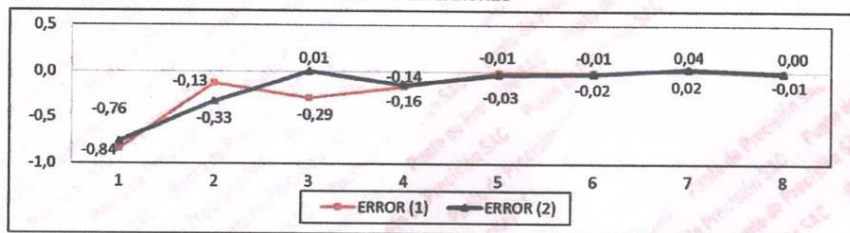
Ecuación de ajuste :  $y = 1,0012x - 4,1092$

Donde: x : Lectura de la pantalla  
y : Fuerza promedio (kgf)

**GRÁFICO N° 1**



**GRÁFICO DE ERRORES**



FIN DEL DOCUMENTO

Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

**TAMIZ DE BRONCE DE 8 PULGADAS DE DIÁMETRO CON MALLA N°4**



**TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE**

P.O. BOX 608  
Loveland, CO 80539-0608  
In USA 1-800-323-1242  
Worldwide (970) 663-9780  
Fax: (970) 663-9781  
E-mail: [solitest@eleusa.com](mailto:solitest@eleusa.com)  
Website: [www.eleusa.com](http://www.eleusa.com)

Chartmoor Road, Chantwell Business Park  
Leighton Buzzard  
Bedfordshire, LU7 8WG, England  
Phone: +44 1525 249200  
Fax: +44 1525 249249  
E-mail: [ele@eleint.co.uk](mailto:ele@eleint.co.uk)  
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565  
ISO 3310-1

BS  
410

Serial Number: 144914915

TAMIZ DE BRONCE DE 8 PULGADAS DE DIÁMETRO CON MALLA N° 6



TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

P.O. BOX 608  
Loveland, CO 80539-0608  
In USA 1-800-323-1242  
Worldwide (970) 663-9780  
Fax: (970) 663-9781  
E-mail: [soiltest@eleusa.com](mailto:soiltest@eleusa.com)  
Website: [www.eleusa.com](http://www.eleusa.com)

Chartmoor Road, Chantwell Business Park  
Leighton Buzzard  
Bedfordshire, LU7 8WG, England  
Phone: +44 1525 249200  
Fax: +44 1525 249249  
E-mail: [ele@eleint.co.uk](mailto:ele@eleint.co.uk)  
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565  
ISO 3310-1

BS  
410

Serial Number: 124417557

**TAMIZ DE BRONCE DE 8 PULGADAS DE DIÁMETRO CON MALLA N°8**



**TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE**

P.O. BOX 608  
Loveland, CO 80539-0608  
In USA 1-800-323-1242  
Worldwide (970) 663-9780  
Fax: (970) 663-9781  
E-mail: [soiltest@eleusa.com](mailto:soiltest@eleusa.com)  
Website: [www.eleusa.com](http://www.eleusa.com)

Chartmoor Road, Chantwell Business Park  
Leighton Buzzard  
Bedfordshire, LU7 8WG, England  
Phone: +44 1525 249200  
Fax: +44 1525 249249  
E-mail: [ele@eleint.co.uk](mailto:ele@eleint.co.uk)  
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565  
ISO 3310-1

BS  
410

Serial Number: 132026589

**TAMIZ DE BRONCE DE 8 PULGADAS DE DIÁMETRO CON MALLA N°10**



**TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE**

P.O. BOX 608  
Loveland, CO 80539-0608  
In USA 1-800-323-1242  
Worldwide (970) 663-9780  
Fax: (970) 663-9781  
E-mail: [soiltest@eleusa.com](mailto:soiltest@eleusa.com)  
Website: [www.eleusa.com](http://www.eleusa.com)

Chartmoor Road, Chantwell Business Park  
Leighton Buzzard  
Bedfordshire, LU7 8WG, England  
Phone: +44 1525 249200  
Fax: +44 1525 249249  
E-mail: [ele@eleint.co.uk](mailto:ele@eleint.co.uk)  
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

**ASTM E 11**

**ISO 565  
ISO 3310-1**

**BS  
410**

Serial Number: 143028171

TAMIZ DE BRONCE DE 8 PULGADAS DE DIÁMETRO CON MALLA N° 16



TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE

P.O. BOX 608  
Loveland, CO 80539-0608  
In USA 1-800-323-1242  
Worldwide (970) 663-9780  
Fax: (970) 663-9781  
E-mail: [soiltest@eleusa.com](mailto:soiltest@eleusa.com)  
Website: [www.eleusa.com](http://www.eleusa.com)

Chartmoor Road, Chantwell Business Park  
Leighton Buzzard  
Bedfordshire, LU7 8WG, England  
Phone: +44 1525 249200  
Fax: +44 1525 249249  
E-mail: [ele@eleint.co.uk](mailto:ele@eleint.co.uk)  
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565  
ISO 3310-1

BS  
410

Serial Number: 134712625



**TAMIZ DE BRONCE DE 8 PULGADAS DE DIÁMETRO CON MALLA N°20**



**TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE**

P.O. BOX 608  
Loveland, CO 80539-0608  
In USA 1-800-323-1242  
Worldwide (970) 663-9780  
Fax: (970) 663-9781  
E-mail: [soiltest@eleusa.com](mailto:soiltest@eleusa.com)  
Website: [www.eleusa.com](http://www.eleusa.com)

Chartmoor Road, Chantwell Business Park  
Leighton Buzzard  
Bedfordshire, LU7 8WG, England  
Phone: +44 1525 249200  
Fax: +44 1525 249249  
E-mail: [ele@eleint.co.uk](mailto:ele@eleint.co.uk)  
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565  
ISO 3310-1

BS  
410

Serial Number: 142221065

**TAMIZ DE BRONCE DE 8 PULGADAS DE DIÁMETRO CON MALLA N°30**



**TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE**

P.O. BOX 608  
Loveland, CO 80539-0608  
In USA 1-800-323-1242  
Worldwide (970) 663-9780  
Fax: (970) 663-9781  
E-mail: [soiltest@eleusa.com](mailto:soiltest@eleusa.com)  
Website: [www.eleusa.com](http://www.eleusa.com)

Chartmoor Road, Chantwell Business Park  
Leighton Buzzard  
Bedfordshire, LU7 8WG, England  
Phone: +44 1525 249200  
Fax: +44 1525 249249  
E-mail: [ele@eleint.co.uk](mailto:ele@eleint.co.uk)  
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565  
ISO 3310-1

BS  
410

Serial Number: 134611346

**TAMIZ DE BRONCE DE 8 PULGADAS DE DIÁMETRO CON MALLA N°40**



**TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE**

P.O. BOX 608  
Loveland, CO 80539-0608  
In USA 1-800-323-1242  
Worldwide (970) 663-9780  
Fax: (970) 663-9781  
E-mail: [soiltest@eleusa.com](mailto:soiltest@eleusa.com)  
Website: [www.eleusa.com](http://www.eleusa.com)

Chartmoor Road, Chantwell Business Park  
Leighton Buzzard  
Bedfordshire, LU7 8WG, England  
Phone: +44 1525 249200  
Fax: +44 1525 249249  
E-mail: [ele@eleint.co.uk](mailto:ele@eleint.co.uk)  
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565  
ISO 3310-1

BS  
410

Serial Number: 142119011

**TAMIZ DE BRONCE DE 8 PULGADAS DE DIÁMETRO CON MALLA N° 50**



**TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE**

P.O. BOX 608  
Loveland, CO 80539-0608  
In USA 1-800-323-1242  
Worldwide (970) 663-9780  
Fax: (970) 663-9781  
E-mail: [soiltest@eleusa.com](mailto:soiltest@eleusa.com)  
Website: [www.eleusa.com](http://www.eleusa.com)

Chartmoor Road, Chantwell Business Park  
Leighton Buzzard  
Bedfordshire, LU7 8WG, England  
Phone: +44 1525 249200  
Fax: +44 1525 249249  
E-mail: [ele@eleint.co.uk](mailto:ele@eleint.co.uk)  
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565  
ISO 3310-1

BS  
410

Serial Number: 133111484

**TAMIZ DE BRONCE DE 8 PULGADAS DE DIÁMETRO CON MALLA N° 80**



**TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE**

P.O. BOX 608  
Loveland, CO 80539-0608  
In USA 1-800-323-1242  
Worldwide (970) 663-9780  
Fax: (970) 663-9781  
E-mail: [soiltest@eleusa.com](mailto:soiltest@eleusa.com)  
Website: [www.eleusa.com](http://www.eleusa.com)

Chartmoor Road, Chantwell Business Park  
Leighton Buzzard  
Bedfordshire, LU7 8WG, England  
Phone: +44 1525 249200  
Fax: +44 1525 249249  
E-mail: [ele@eleint.co.uk](mailto:ele@eleint.co.uk)  
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565  
ISO 3310-1

BS  
410

Serial Number: 135116262

**TAMIZ DE BRONCE DE 8 PULGADAS DE DIÁMETRO CON MALLA N° 100**



**TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE**

P.O. BOX 608  
Loveland, CO 80539-0608  
In USA 1-800-323-1242  
Worldwide (970) 663-9780  
Fax: (970) 663-9781  
E-mail: [solitest@eleusa.com](mailto:solitest@eleusa.com)  
Website: [www.eleusa.com](http://www.eleusa.com)

Chartmoor Road, Chantwell Business Park  
Leighton Buzzard  
Bedfordshire, LU7 8WG, England  
Phone: +44 1525 249200  
Fax: +44 1525 249249  
E-mail: [ele@eleint.co.uk](mailto:ele@eleint.co.uk)  
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565  
ISO 3310-1

BS  
410

Serial Number: 132026609

**TAMIZ DE BRONCE DE 8 PULGADAS DE DIÁMETRO CON MALLA N° 200**



**TEST SIEVE CERTIFICATE OF COMPLIANCE**

P.O. BOX 608  
Loveland, CO 80539-0608  
In USA 1-800-323-1242  
Worldwide (970) 663-9780  
Fax: (970) 663-9781  
E-mail: [soiltest@eleusa.com](mailto:soiltest@eleusa.com)  
Website: [www.eleusa.com](http://www.eleusa.com)

Chartmoor Road, Chantwell Business Park  
Leighton Buzzard  
Bedfordshire, LU7 8WG, England  
Phone: +44 1525 249200  
Fax: +44 1525 249249  
E-mail: [ele@eleint.co.uk](mailto:ele@eleint.co.uk)  
<http://www.ele.com>

This Certificate of Compliance represents ELE's commitment to deliver testing sieves of the highest quality. Every test sieve conforms to the manufacturing requirements of the following specifications:

ASTM E 11

ISO 565  
ISO 3310-1

BS  
410

Serial Number: 143028181

**Anexo 8. Boleta de pago de los ensayos.**

**GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.**  
 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y ESTUDIO DE SUELOS PARA:  
 EDIFICACIÓN - DISEÑO DE PAVIMENTO - HABILITACIONES URBANAS  
 PLANTAS INDUSTRIALES - HOSPITALES - PUENTES  
 Av. Diagonal Norte N° 750 Int. 501  
 San Martín de Porres, Lima - Lima  
 Telef. 01 573 7804 / 983 600 099 / 982 840 339  
 E-mail: proyectos@jgeoconsultores.com / gerencia@jgeoconsultores.com  
 www.jgeoconsultores.com

**R.U.C. 20600792114**  
**BOLETA DE VENTA**  
 001. N° 000017

Sr. (es) Beretta Gonzalez Irving David Doc. Ident. 72107788  
 Dirección Av. Alta Urb. el Huelmo - Los Olivos

Cant.	DESCRIPCIÓN	P. Unit.	Importe
02	Clasificación de suelos	118.00	236.00
08	Proctor y CBR	295.00	590.00
02	CBR 6% (terrazyme y caucho)	212.40	424.80
02	CBR 8% (terrazyme y caucho)	212.40	424.80
02	CBR 10% (terrazyme y caucho)	212.40	424.80

**CANCELADO**  
 FIRMA *[Firma]*

**TOTAL S/ 2,100.40**  
 USUARIO

RODRIGUEZ ESQUIVEL RICARDO WILMER  
 R.U.C. 10257567888  
 Serie 0007 del 0001 al 1000  
 Aut. 1195839923 F.I. 23-11-2015



**Anexo 9. Ficha Técnica Estabilizador Químico Terrazyme.**



*NATUREplus, Inc.*

**Estabilizador de Suelos**

ISO - 9002

**CATALIZADOR NATURAL LIQUIDO PARA  
LA CONSTRUCCION, MANTENIMIENTO,  
REHABILITACION DE CARRETERAS Y  
CAMINOS EN GENERAL**

**DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO**

**LIMA - PERÚ**

Calle Cristóbal Lozada y Puga No 103  
URB. PANDO- SAN MIGUEL  
LIMA - PERU

Tel / Fax:(51-1) 452-1773  
email: [informacion@stasoil.com](mailto:informacion@stasoil.com)  
[www.stasoil.com](http://www.stasoil.com)

III.- ISO 9902.



# Certificate of Registration

KPMG Quality Registrar (A business unit of KPMG Peat Marwick LLP) Hereby Registers:

**Nature Plus, Inc.**

555 Lordship Boulevard, Stratford, Connecticut 06497

For its quality system described below under the American National Standards Institute  
American Society for Quality

Q9002 (ISO 9002:1994) Standard

The quality system is applicable to:

Ferment and produce cleaning, stabilizing and odor control products.

\*This registration is given subject to the conditions governing the use of this certificate as set forth in the agreement between KPMG Quality Registrar and the Registrant. Registration does not assure the effectiveness of or products produced by a quality system.



Certificate Number: 1441  
Effective Date: July 2, 1999  
Issue Date: July 31, 1998  
Expiration Date: July 1, 2001

Daniel L. Brennan, Partner  
KPMG Peat Marwick LLP  
Short Hills, NJ USA

## COMO ESTIMAR REQUERIMIENTOS DE CONCENTRADO DE TERRAZYME

### Dimensiones métricas

Nombre del Proyecto: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

A. Ancho del camino	(metros)	4 metros	6 metros
B. Longitud del camino	(1 km = 1 000 m)	1000 metros	1000 metros
C. Profundidad de la base	(15 cm = 0,15 m)	0,15 metros	0,15 metros
D. Volumen de la base	A x B x C	600 metros <sup>3</sup>	900 metros <sup>3</sup>
E. Esponjamiento 25%	25% de AxBxC	150 metros <sup>3</sup>	225 metros <sup>3</sup>
F. Volumen Total	Volumen de la base + 25% AxBxC	750 metros <sup>3</sup>	1125 metros <sup>3</sup>
G. TerraZyme®	Volumen Total / 33m <sup>3</sup>	22,73 litros TZ	34,09 litros TZ

### Estimación de volúmen de TerraZyme



	<u>Section 1</u>	<u>Section 2</u>
A. Ancho del camino (metros)	m	
B. Longitud del camino (1 km = 1 000 m)	m	
C. Profundidad de la base (15 cm = 0,15 m)	m	
D. Volumen de la base A x B x C	m <sup>3</sup>	
E. Esponjamiento % ..... % de AxBxC	m <sup>3</sup>	
F. Volumen Total Volumen de la base + Esponjamiento.....%	m <sup>3</sup>	
G. TerraZyme® Volumen Total / 33 (01 litro = 33m <sup>3</sup> )	lts. TZ	

**CALCULO DE REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA DILUIRLO CON EL ADITIVO Y POSTERIORMENTE COMO RIEGO.**

DATOS:	Volumen del suelo (Kg.)	=	_____	m3
	MDS	=	_____	Kg/m3
	OCH %	=	_____	%
	Humedad Natural (Hn) %	=	_____	%
	Ancho vía	=	_____	m
	Espesor	=	_____	m
	Longitud	=	_____	mL.

**PASO 1**

<b>A</b>	Diferencia (entre OCH - Hn)	=	_____	%
<b>B</b>	Porcentaje de agua requerida por peso ( MDS x <b>A</b> )	=	_____	Lt/m3
<b>C</b>	Litros de agua requerida para la sección total del camino (Vs x <b>B</b> )	=	_____	Lts.
<b>D</b>	Tomar 90% del agua requerida ( <b>C</b> x90%)	=	_____	Lts.

**APLICACION CON TERRAZYME**

Rangos:	1/500	a	1/2000	
	Húmedo	a	Seco	

NOTA: Según el tipo de suelo, sea más húmedo o seco, se debe aplicar el rango,

<b>E</b>	TerraZyme = Vs/R=33 m3	=	_____	Lts.
<b>F</b>	Dosificación TerraZyme con agua diluído ( <b>E</b> x Rango)	=	_____	Lts.
<b>G</b>	Adicionar agua simple para el óptimo. ( <b>D</b> - <b>E</b> )	=	_____	Lts.

1 Gl. = 3,80 Lts.

## RESUMEN DE ESTABILIZACION DE LA CARRETERA CON TERRAZYME

### 1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Nombre del cliente: \_\_\_\_\_

Persona contactada: \_\_\_\_\_

Cargo de la persona contactada: \_\_\_\_\_

### 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Ubicación del sector: \_\_\_\_\_

Fecha del tratamiento: \_\_\_\_\_ Código del Producto \_\_\_\_\_

Dosificación del Tratamiento (litros/m<sup>3</sup>) \_\_\_\_\_ Clase de suelo \_\_\_\_\_

Largo (m) \_\_\_\_\_ Ancho (m) \_\_\_\_\_

Profundidad \_\_\_\_\_ Área (m<sup>2</sup>) \_\_\_\_\_

Volumen \_\_\_\_\_ % de Esponjamiento \_\_\_\_\_

Volumen Total de material suelto \_\_\_\_\_ Cantidad de producto \_\_\_\_\_

### 3. ÁREA DE TRATAMIENTO

- Base del camino
- Sub-base
- Reparación
- Berma

#### 1. ANÁLISIS DEL SUELO

Resultados	Muestra 1	Muestra 2
% de retención en tamiz de 50 mm.		
% de retención en tamiz de 25 mm.		
% de retención en tamiz de 12,5 mm.		
% de retención en tamiz de # 4 (4,75 mm)		
% de retención en tamiz de # 10 (2,0 mm)		
% de retención en tamiz de # 40 (0,425 mm)		
% de retención en tamiz de #100 (0,150 mm)		
% de retención en tamiz de # 200 (0,075 mm)		
% pasando por tamiz # 200 (0,075 mm)		
Límite líquido (LL) (suelo que pasa # 40)		
Límite Plástico (LP) (suelo que pasa # 40)		
Índice de plasticidad (%) IP = LL - LP		
pH del suelo		
Clasificación del suelo		
USC o AASHTO		
<b>Humedad Natural del suelo %</b>		
Punto de contenido Óptimo de Humedad -- Std. Proctor		
Máxima densidad seca -- Std. Proctor		
Resistencia a la compresión sin material colindante (UCS)		
Factor (de California) de Resistencia a la Carga (CBR)• Empapado Seco		

Nota: Es necesario que este resumen sea remitido al Departamento de Ingeniería de STASOIL SAC.

**Anexo 10. Espesores de Capa – Basado en el manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos MTC, 2013.**

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL ai (cm <sup>2</sup> .1)	OBSERVACIÓN	PRECIO
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>				
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	a1	0.170	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 470.00
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	a1	0.125	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE	S/. 314.00
Micropavimento 25mm	a1	0.130	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE	S/. 300.00
Tratamiento Superficial Bicapa	a1	0.25 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos	S/. 300.00
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	a1	0.15 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos	S/. 350.00
(*) Valor Global (no se considera el espesor)				
<b>BASE</b>				
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.052	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 5'000,000 EE	S/. 120.00
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.054	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE	S/. 120.00
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 500 lb)	a2a	0.115	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 180.00
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	a2b	0.070	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 155.00
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	a2c	0.080	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 165.00
<b>SUBBASE</b>				
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a3	0.047	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE	S/. 90.00
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	a3	0.050	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE	S/. 90.00

## Anexo 11. Panel fotográfico

### Trabajo de campo





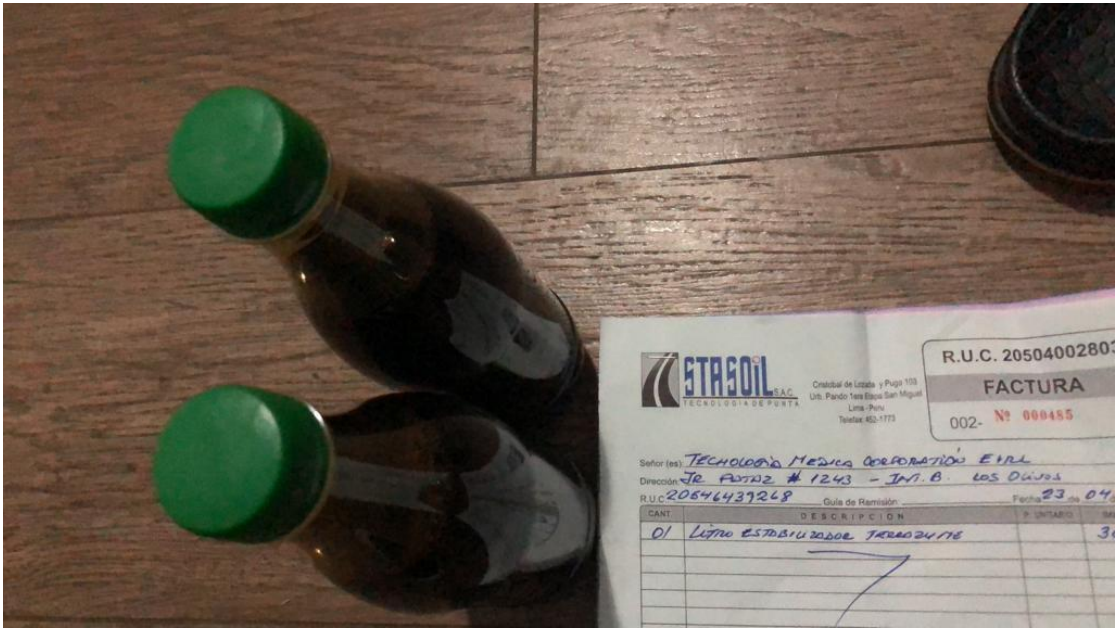
TRAMO: Calvín - Anzo  
Cuerpo: 03 (Palo Domingo)  
Subasta: 01 (Muestra 01)  
Profundidad: -15.0 m  
Coordenadas: (11889, 991105)











**ETASOL**  
S.A.C.  
TECNOLOGIA DE PORTA

Cristal de Lince y Puig 103  
Urb. Pando Tera Eiras San Miguel  
Lima Peru  
Teléfono 452-7773

R.U.C. 2050400280

**FACTURA**

002- N° 000455

Señor (es) **TECNOLOGIA MEDICA CORPORACION EIRL**

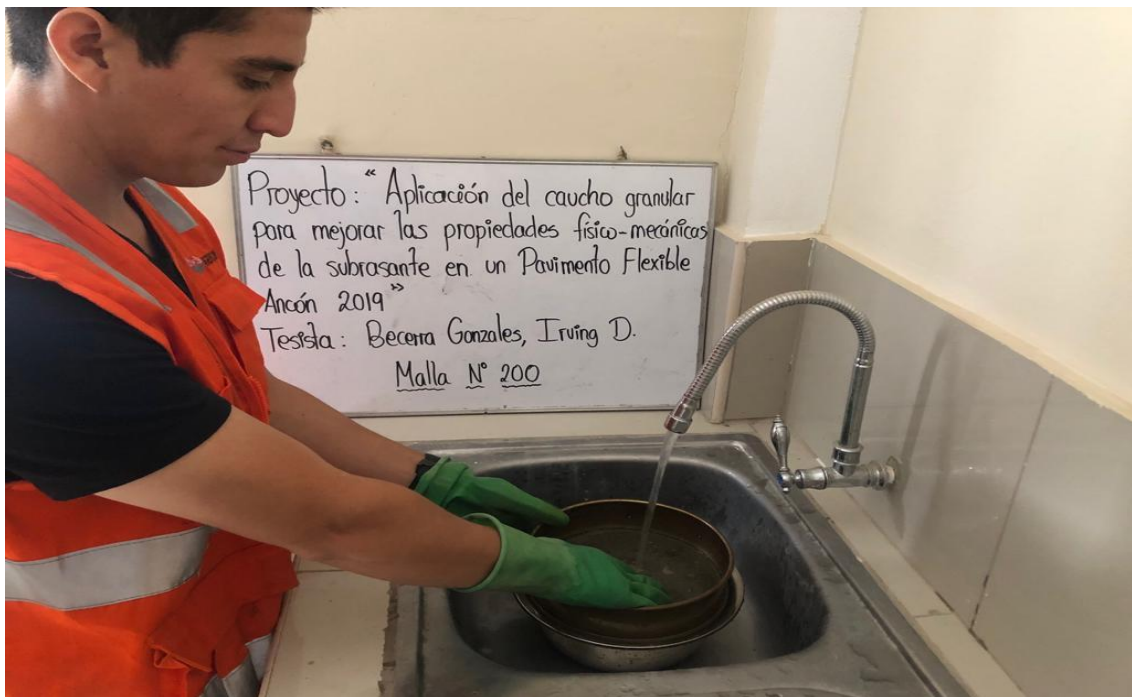
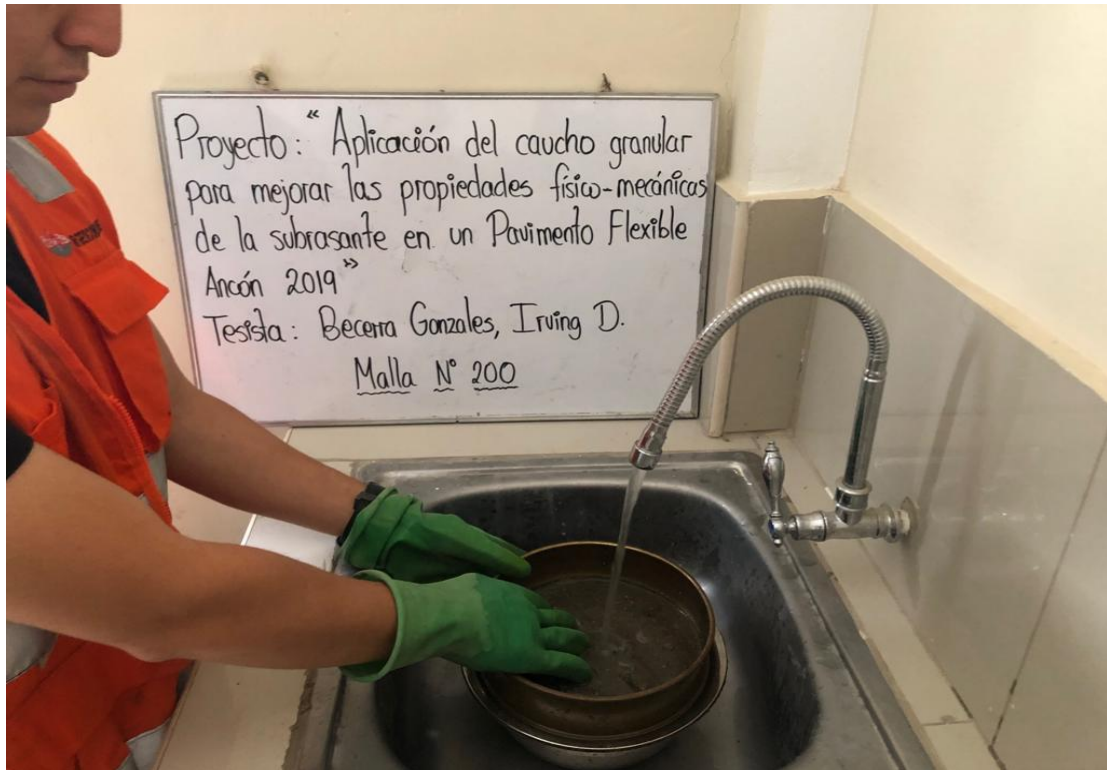
Dirección **CALLE AVIRAZ # 1243 - J.M.B. LOS OLIVOS**

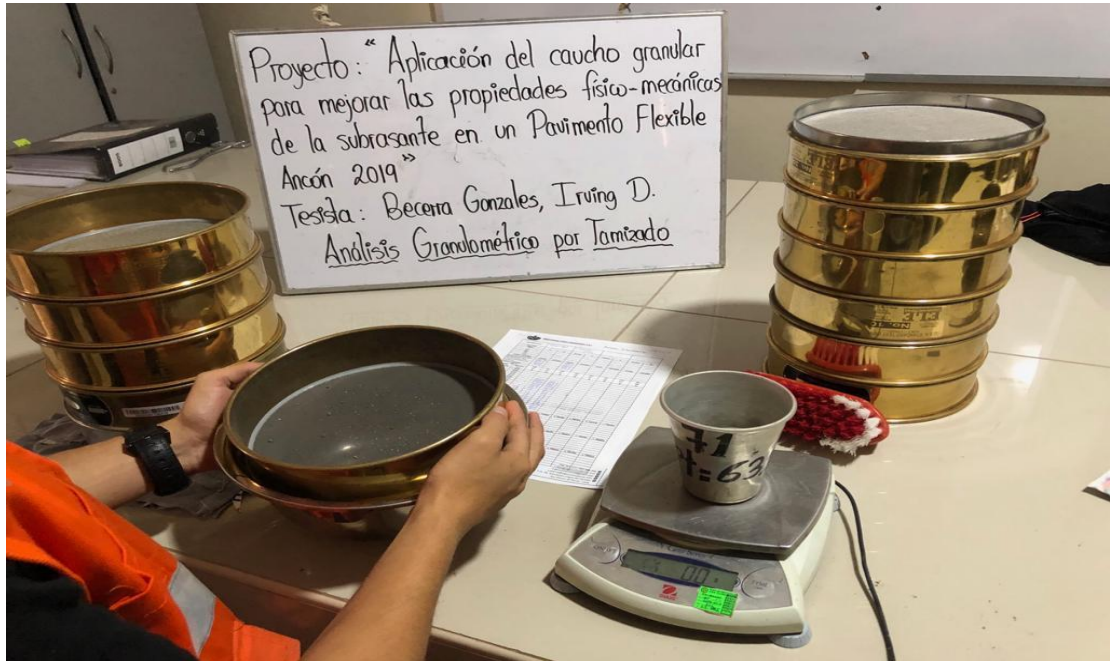
R.U.C. **20546439268** Cúpo de Remisión Fecha **23** de **04**

CANT	DESCRIPCION	P. UNIDAD	IMP
01	LITRO ESTABILIZADOR TERAPEUTICO		31

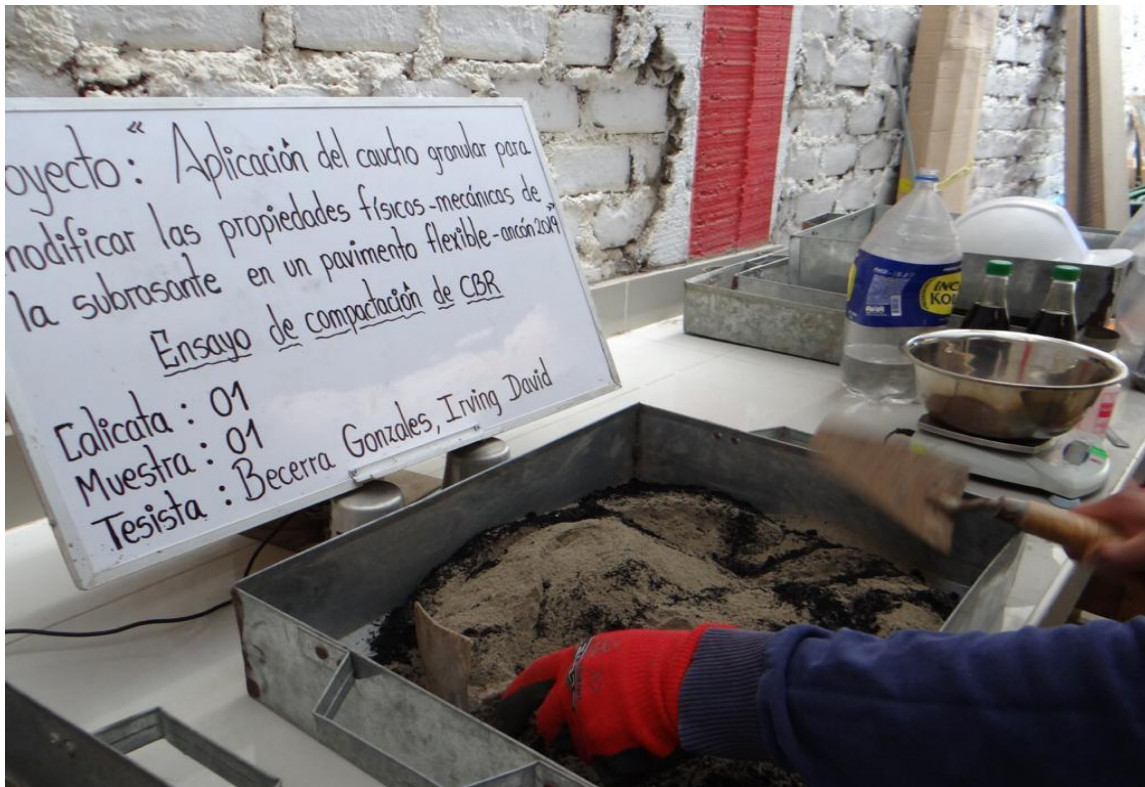
## Trabajo de Laboratorio

### a) Análisis Granulométrico



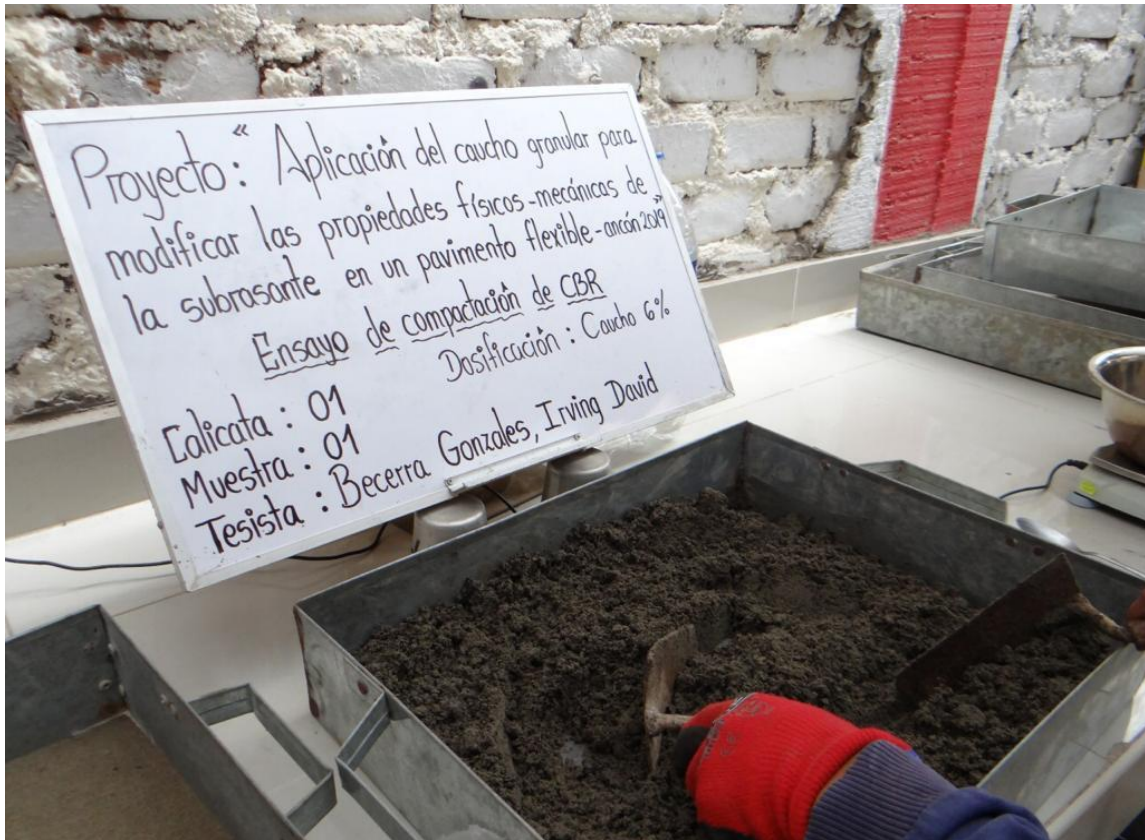


## b) Ensayo de Proctor Modificado y CBR





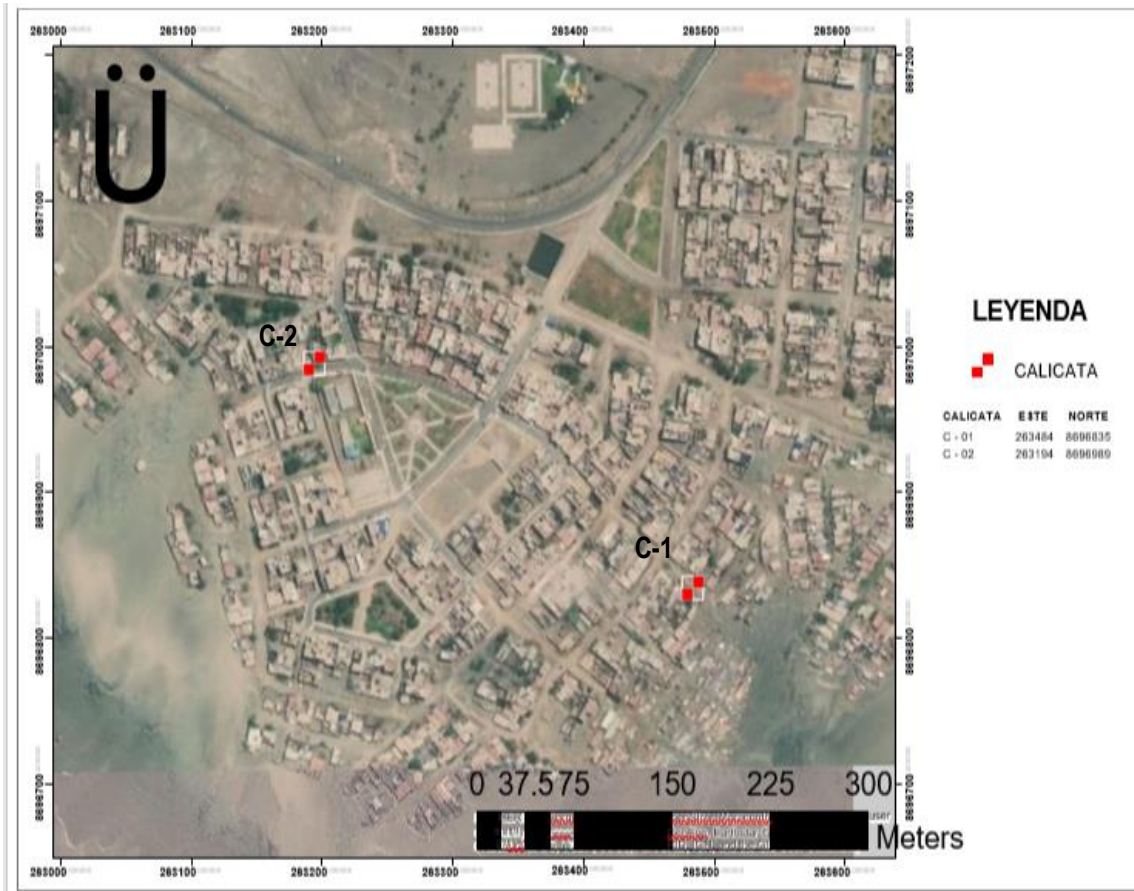








**Anexo 12. Plano de Progresiva de las calicatas C-1 y C-2.**



CALICATAS	COORDENADAS	
C - 1	263484.00 m E	8696835.00 m N
C - 2	263194.00 m E	8696989.00 m N

Anexo 13. Catálogo de números estructurales (SN) adoptados por tipo de tráfico y de subrasante – periodo de diseño 20 años.

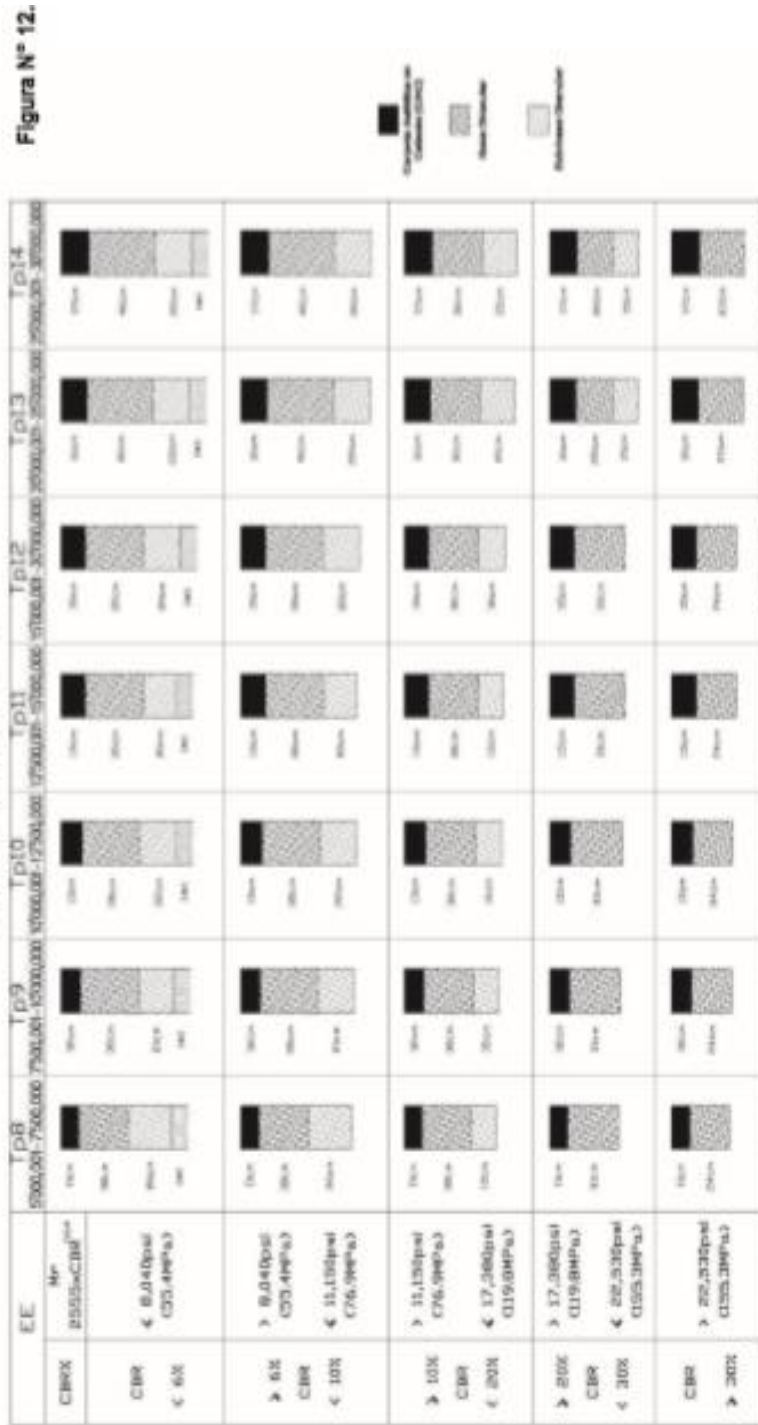
**CATÁLOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) ADOPTADOS POR TIPO DE TRÁFICO Y DE SUBRASANTE - Periodo de Diseño 20 años**  
Carpetas Asfálticas en Caliente + Base Granular + Sub Base Granular

TIPO DE SUBRASANTE	Inadecuada CBR < 3% (*)	Pobre 3% ≤ CBR < 6% (*)	Regular 6% ≤ CBR < 10%	Buena 10% ≤ CBR < 20%	Muy Buena 20% ≤ CBR < 30%	Excelente CBR ≥ 30%
CLASE TRÁFICO						
Tp0			2.150	1.850	1.630	1.530
75.000 < Rep. EE ≤ 150.000						
Tp1			2.475	2.210	1.852	1.800
150.000 < Rep. EE ≤ 300.000						
Tp2			2.745	2.372	2.008	1.850
300.000 < Rep. EE ≤ 500.000						
Tp3			2.982	2.594	2.178	1.970
500.000 < Rep. EE ≤ 750.000						
Tp4			3.192	2.764	2.348	2.140
750.000 < Rep. EE ≤ 1.000.000						
Tp5			3.459	3.105	2.658	2.296
1.000.000 < Rep. EE ≤ 1.500.000						
Tp6			3.911	3.431	2.882	2.570
1.500.000 < Rep. EE ≤ 3.000.000						
Tp7			4.218	3.757	3.198	2.844
3.000.000 < Rep. EE ≤ 6.000.000						
Tp8			4.682	4.135	3.482	3.118
6.000.000 < Rep. EE ≤ 7.500.000						
Tp9			4.847	4.305	3.632	3.288
7.500.000 < Rep. EE ≤ 10.000.000						
Tp10			5.134	4.582	3.884	3.506
10.000.000 < Rep. EE ≤ 13.000.000						
Tp11			5.287	4.765	4.054	3.676
13.000.000 < Rep. EE ≤ 15.000.000						
Tp12			5.388	4.922	4.224	3.846
15.000.000 < Rep. EE ≤ 20.000.000						
Tp13			5.914	5.327	4.613	4.178
20.000.000 < Rep. EE ≤ 25.000.000						
Tp14			6.084	5.497	4.783	4.348
25.000.000 < Rep. EE ≤ 30.000.000						

(\*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere Estabilización de Suelos, que será materia de Estudio Especial.  
- Con el Suelo Estabilizado la Estructura del Pavimento a Colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR(2%) a CBR(10%))

Anexo 14. Catálogo de estructuras de Pavimento Flexible con carpeta asfáltica en caliente – periodo de diseño 20 años.

**CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS**



Nota: 1. (1) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.  
 2. EE: Rango de Tráfico en Número de Trámites de Ejes Equivalidos en el carril y período de diseño.  
 3. En la etapa de Diseño y Construcción, se deberá considerar las siguientes especificaciones:  
 a) Estructuras Superficiales del pavimento: Inversión de Carreteras, se efectuará al menos una vez cada año;  
 b) Gradiente, al menos una vez cada cuatro años;  
 c) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Defensas, se efectuarán al menos una vez cada cuatro años.  
 d) Estructuras Superficiales periódicas mediante Solos asfálticos, previo tratamiento del Pavimento existente.

Fuente: Elaboración propia en base a estándares AASHTO

## Anexo 15. Presupuesto

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTI DAD	P. UNITARI O	MONTO
1	<b>RECURSOS HUMANOS:</b>				
	Ayudante de Campo:	Glb.	2		S/500.00
2	<b>MATERIALES:</b>				
	Material de Impresión	Glb.	1		S/50.00
	Material para trabajo de campo	Glb.	1		S/500.00
	Caucho y Terrazyme	Glb.	1		S/300.00
3	<b>EQUIPOS:</b>				
	Laptop	Glb.	1		S/1,000.00
	Ensayos de laboratorio de Suelos	Glb.	1		S/1,000.00
	Movilización de Muestras	Glb.	1		S/200.00
4	<b>SERVICIOS:</b>				
	Ploteo de planos	Glb.	1		S/50.00
	Fotocopias	Glb.	1		S/100.00
	Estudio de Suelos	Glb.	1		
	Viáticos y movilidad	Glb.	1		S/400.00
	Impresión final de Tesis	Glb.	1		S/100.00
	Servicios de Internet y PC	Glb.	1		S/100.00
	<b>TOTAL</b>				<b>S/4300.00</b>