



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Diseño de Base Granular con Emulsión CSS-1H, usando material de  
canteras de la región Lambayeque

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

Ingeniero Civil

**AUTOR :**

Tello Arroyo, David Serge (ORCID: 0000-0001-6197-5248)

**ASESOR:**

Mg. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo ( ORCID: 0000-0003-0254-301X )

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**CHICLAYO – PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

A mi padre, gracias por tu sabiduría, por enseñarme  
a trabajar y confiar en mí, eres mi mente.

A mi madre, gracias por ser la mujer fuerte  
y determinada que me enseñó a amar la literatura, eres mi corazón.

## **Agradecimiento**

Esta tesis es el resultado del esfuerzo de toda mi familia, mis padres, y mis hijos, que incondicionalmente me brindaron tiempo y amor para poder concluir este reto profesional.

Agradezco a la Universidad Cesar Vallejo por estos años en sus aulas , a mis compañeros de clase y a mi asesor que con sus acertadas indicaciones he podido culminar esta investigación.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	19
3.2. Variables y Operacionalización:.....	19
3.3 Población Muestra y Muestreo.....	20
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5 Procedimientos: .....	21
3.6. Método de análisis de datos:.....	22
3.7 Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS .....	23
V. DISCUSIÓN.....	41
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. RECOMENDACIONES .....	45
REFERENCIAS.....	46
ANEXOS.....	50

## Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de Emulsiones Asfálticas en Perú .....	12
Tabla 2. Requerimientos de la Emulsion CSS-1H .....	14
Tabla 3. Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento .....	15
Tabla 4. Ensayos.....	17
Tabla 5. Cantidad de bricketas por cantera.....	20
Tabla 6. Resumen de ensayos de la cantera Huancas .....	23
Tabla 7. Resumen de ensayos de la cantera Josmar.....	23
Tabla 8. Resumen de ensayos de la cantera Tres Tomas .....	23
Tabla 9. California Bearing Ratio (CBR), 2% .....	24
Tabla 10. California Bearing Ratio (CBR), 3% .....	24
Tabla 11. California Bearing Ratio (CBR), 4% .....	24
Tabla 12. Resumen de ensayo CBR de la cantera Huancas .....	24
Tabla 13. California Bearing Ratio (CBR), 2% .....	25
Tabla 14. California Bearing Ratio (CBR), 3% .....	25
Tabla 15. California Bearing Ratio (CBR), 4% .....	25
Tabla 16. Resumen de ensayo CBR de la cantera Josmar.....	26
Tabla 17. California Bearing Ratio (CBR), 2% .....	26
Tabla 18. California Bearing Ratio (CBR), 3% .....	27
Tabla 19. California Bearing Ratio (CBR), 4% .....	27
Tabla 20. Resumen de ensayo CBR de la cantera Tres Tomas .....	27
Tabla 21. Resumen del ensayo CBR 100 % de 0.1'' de las tres canteras .....	28
Tabla 22. Ensayo Marshall, 2%, .....	29
Tabla 23. Ensayo Marshall, 3%, .....	30
Tabla 24. Ensayo Marshall, 4%, .....	30
Tabla 25. Resumen Ensayos Marshall en la Cantera Huancas .....	30
Tabla 26. Ensayo Marshall, 2%, .....	31
Tabla 27. Ensayo Marshall, 3%, .....	32
Tabla 28. Ensayo Marshall, 4%, .....	32
Tabla 29. Resumen de Ensayos Marshall en la cantera Josmar .....	32
Tabla 30. Ensayo Marshall, 2%, .....	33
Tabla 31. Ensayo Marshall, 3%, .....	33

Tabla 32. Ensayo Marshall, 4%, .....	34
Tabla 33. Resumen de Ensayos Marshall de las cantera Tres Tomas .....	34
Tabla 34. Resumen de los Ensayos Marshall .....	35
Tabla 35. ANOVA de CBR , de dos factores sin repetición .....	37
Tabla 36. ANOVA de de Ensayo Marshall , de dos factores sin repetición .....	38
Tabla 37. Valor de Coeficiente Estructural .....	39

## Índice de figuras

Figura 1. Imagen de Sección Típica .....	14
Figura 2. Gráfico relacionando el número estructural y el soporte de ejes equivalente .....	16
Figura 3. CBR vs Base Granular Cantera Huancas + CSS-1H.....	25
Figura 4. CBR vs Base Granular Cantera Josmar + CSS-1H .....	26
Figura 5. CBR vs Base Granular Cantera Tres Tomas + CSS-1H.....	28
Figura 6. CBR vs Base Granular + CSS-1H.....	29
Figura 7. Gráfica de Ensayos Marshall en la cantera Huancas.....	31
Figura 8. Gráfica de Ensayos Marshall en la cantera Josmar .....	33
Figura 9. Gráfica de Ensayos Marshall en la cantera Tres Tomas .....	35
Figura 10. Resumen de los Ensayos Marshall.....	36

## Resumen

El presente trabajo, se centró en diseñar una base granular con adición de emulsión asfáltica CSS-1H usando canteras de la región Lambayeque en proporción de 2%, 3% y 4% de su peso.

Para ello se ha procedido a acopiar material de las canteras Huancas, Josmar y Tres Tomas. Se han llevado a un laboratorio de suelos y pavimentos para determinar sus propiedades y compararlos con la normatividad peruana.

Luego las pruebas mecánicas que se emplearon para analizar los materiales de las canteras son dos: el California Bearing Ratio y el Ensayo Marshall, ambos ensayos normados en Perú y también internacionalmente. Según el análisis estadístico de ANOVA nos mostró una evolución positiva de los materiales granulares con adición de CSS-1H. Al compararlo con lo mínimo requerido por el Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, encontré que la mínima cantidad requerida es 3% de emulsión asfáltica para el diseño de la base granular.

Como se sabe, el uso de esta tecnología de bases granulares tratadas con emulsiones asfálticas, es novedoso a nivel nacional, y obtener un análisis con materiales regionales generará conocimiento nuevo que a la postre podrá ser usado en proyectos locales y puestas de servicio con mejor calidad.

.

**Palabras clave:** Emulsión asfáltica, diseño, base granular.

## **Abstract**

The present work focused on designing a granular base with addition of CSS-1H asphalt emulsion using quarries in the Lambayeque region in a proportion of 2%, 3% and 4% of its weight.

For this, material has been collected from the Huancas, Josmar and Tres Tomas quarries. They have been taken to a soil and pavement laboratory to determine their properties and compare them with Peruvian regulations.

Then the mechanical tests that were used to analyze the materials from the quarries are two: the California Bearing Ratio and the Marshall Test, both tests regulated in Peru and internationally. According to the statistical analysis of ANOVA, it showed us a positive evolution of the granular materials with the addition of CSS-1H. When comparing it with the minimum required by the Manual of Soils Geology, Geotechnics and Pavements, I found that the minimum amount required is 3% of asphalt emulsion for the design of the treated base.

As is known, the use of this technology of granular bases treated with asphalt emulsions is novel at the national level and obtaining an analysis with regional materials will generate new knowledge that can ultimately be used in local projects and commissioning with better quality.

.

**Keywords:** Asphalt Emulsion, design, granular base.

## **I. INTRODUCCIÓN**

A nivel internacional mejorar la capa base de un pavimentos siempre a sido un aporte tecnologico que se ha hecho con diferentes tipos de materiales, pero para la estabilización de suelos las emulsiones pueden trabajar a temperatura ambiente, disminuyendo el riesgo de accidentes y al usar agua, como uno de los principales compuestos y no gasóleos, evita daños ambientales. El uso de emulsiones asfálticas como estabilizadores, fueron introducidos en USA desde 1950, tienen muchas ventajas, empezando por su mejor eficiencia, mayor aporte estructural y menor consumo de energía. En cambio, los asfaltos diluidos representan un daño energético irreparable con la evaporación de solventes de petróleo. (Caparo, 2015). Poder usar emulsiones en el mejoramiento del diseño de las bases granulares es una tecnología muy comúnmente usada ya que de el material en formar natural, difícilmente se encuentra en estado optimo. Por ello en América y Europa, siempre se han usado los estabilizadores que van desde químicos pasando por el Cemento Portland y asfalto en presentación de emulsiones o espumado. Esto permitiría mejorar el diseño de las bases granulares mejorando sus propiedades mecánicas.

A nivel nacional sabemos que la aplicación como estabilizante con material en pavimento de concreto asfáltico en frio esta normado en Perú (MTC, 2013) aunque su uso no muy difundido. Las Bases estabilizadas con bitúmenes no sufren del fenómeno de “agrietamiento y rotura” que si sufren las bases estabilizadas con cemento. A diversas carreteras se les aplica un mejoramiento estructural , pero debido a la geografía tan variada del Peru y de la diversidad de sus canteras debemos ser bastante regionalistas con los estudios y diseños que se desarrollen, ya que por obvias razones, el diseño que funcione en la región costa no podrá hacerlo en sierra o selva.

Por eso el presente trabajo, se inclinará en lograr un análisis sobre canteras de la Región Lambayeque, para diseñar una base granular de acuerdo a la normatividad vigente , ya que esto supondra un punto de partida para su utilizacion en proyectos locales y con una tecnologia que deberia ser mucho mas extensiva en su uso.

Pero primero para una correcta estabilización de suelos debemos determinar el material que tenemos y sus características. Luego lograr su optimo diseño y mejorar las características mecánicas del mismo dando mejor performance con menor espesor de capa (Vera, 2015).

Primero determinaremos, la calidad del material de Base Granular, y en este trabajo, analizaremos los porcentajes a un 2%, 3% y 4%, a los que le haremos ensayo de CBR y el Ensayo Marshall.

Entonces podemos formularnos el problema: ¿Qué efecto tiene al diseñar la base granular, la emulsión CSS-1H en una base granular con material de canteras de la región Lambayeque?

La justificación técnica, es la necesidad que se tiene de estudiar a profundidad los materiales de la propia región Lambayeque para facilitar el uso de esta tecnología de mejoramiento con emulsión asfáltica .

La justificación social, del presente trabajo es lograr el diseño de una base granular con aditivo de emulsión asfáltica que puede mejorar sus propiedades estructurales y por ende alargar la puesta de servicio que contribuye al tránsito local en la comunidad.

En cuanto a la justificación económica vamos a destacar que el uso de emulsión asfáltica va a permitir reducir el costo en la elaboración de bases granulares, así como permitir potenciar propiedades estructurales, que alargarían la vida útil de los pavimentos.

Y podríamos agregar una justificación ambiental ya que la emulsión asfáltica al tener por gran parte de su composición de agua, es una alternativa ecológicamente amigable y seguro contra los asfaltos de base a gasóleos.

El objetivo general será: Diseñar una base granular con adición de emulsión CSS-1H usando canteras de la región Lambayeque.

Y por los objetivos específicos son los siguientes:

Diagnosticar la calidad de materiales obtenidos de tres canteras de la región Lambayeque .

Realizar pruebas de CBR con el 2,% 3% y 4% de proporción de emulsión CSS1H.

Realizar el ensayo Marshall con el 2,% 3% y 4% de proporción de emulsión CSS1H.

Diseñar el óptimo contenido de emulsión CSS-1H en la base granular.

La hipótesis planteada es que se puede diseñar una base tratada con emulsión CSS-1H usando material granular de las canteras de la región Lambayeque .

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Revisión de trabajos previos**

Oluyemi-Ayibiowu, en su estudio “Stabilization of lateritic soils with asphalt-emulsion” para la revista Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH) del 2019 tuvo como objetivo : Proveer una investigación experimental que provea de soluciones a la construcción de highways y su mantenimiento, llegando a concluir que : los materiales granulares que se usan como insumo en highways, son bajo el ensayo de California Bearing Ratio (CBR) y analizados con la adición de emulsión al 2%, 4%,6% y 8%, se ve un progresivo incremento del mismo (sus propiedades estructurales se benefician), y dependiendo del tipo de material sitúa óptimos entre un 4% y 6%.

Francois, Ali y Mehta, en su investigación en el 2017 “Evaluating the impact of different types of stabilized bases on the overall performance of flexible pavements”.Tuvieron como objetivo principal analizar la adición de diversos productos para estabilizar la capa de base de un pavimento flexible, estos productos fueron: emulsión asfáltica, cloruro de calcio (CaCL<sub>2</sub>), cemento portland y una geo malla. Y llegando a concluir que tuvo resultados similares en los productos con una significativa mejora en las propiedades físicas de la base. Destacó el uso de cemento portland en los ensayos realizados.

Iwariski, Chomicz-Kowalsa en su investigación “Application of the foamed bitumen and bitumen emulsion to the road base mixes in the deep cold recycling technology” del 2016 . En su investigación tuvo como objetivo principal comparar la relación de incremento de propiedades mecánicas de asfalto reciclado con la adición de: emulsión asfáltica y asfalto espumado; con las propiedades mecánicas que se logran mejorar. Uso proporciones del 2%,2.5%,3% y 3.5%. Al final concluyó que usando pruebas estadísticas de comparación ANOVA, logro ver mejoras progresivas entre las muestras que tuvieron adición de emulsión asfáltica o asfalto espumado.

Andavan y Maneesh en su investigación “Case study on soil stabilization by using bitumen emulsions” del 2019 , tuvieron como objetivo principal, analizar el impacto que tiene la adición de emulsión asfáltica en suelos arenosos de fundación de infraestructuras. Llegando a concluir que el CBR se incrementa a medida que sube

el porcentaje de emulsión asfáltica pero debido al alto coste que implica este insumo, recomienda diseñar lo óptimo necesario para cada proyecto.

Kamran, Basavarajappa, Bala y Hashemia en su investigación de “Performance Evaluation of Stabilized Base Course using Asphalt Emulsion and Asphaltenes Derived from Alberta Oil Sands” de año 2021 en su investigación se centraron en analizar los materiales que obtienen cerca de la ciudad de la provincia de Alberta para poder estabilizarlos y lograr mejores diseños en las puestas de servicio de sus vías. Logrando concluir que si existe relación entre la adición de emulsión asfáltica y asfaltenos a los materiales granulares para su performance mecánica, en algunos casos duplicando su fuerza a la compresión a los 25 grados Celsius y con porcentajes de 1% y 2%.

Dantas, Farias, Aragão en su investigación “Stabilization of sandy soil with high content of asphalt emulsion” del 2020 tuvo como objetivo de su investigación, analizar la correlación del contenido de emulsión asfáltica en un material granular para estabilizarlo, recalando que la mejora de esto es una mezcla que no lleva a modificar de las propiedades químicas, sino físicas. Entre sus principales conclusiones encontramos que observan mejoras en los ensayos de material con emulsión asfáltica que esta acorde con su hipótesis que si afecta positivamente la adición de emulsión asfáltica en los materiales granulares.

Sanchez, Shoji, Lazo, en su investigación de Conf. Series: “Materials Science and Engineering Stabilization of Pavement Granular Layer using Foamed and Emulsified Asphalt under Critical Low Temperature Conditions” del 2019, tuvieron como objetivo estudiar las propiedades estructurales de asfalto espumado y emulsión asfáltica en la estabilización de suelos a más de 4000 m.s.n.m., en la región de Puno, Perú. Y en una proporción del 2% de ambos productos sobre el peso de las muestras, lograron concluir que se ven mejoras significativas a unos 7 grados Celsius, llegando por esto a recomendar su aplicación.

Murcia, Fonseca en su investigación: “Evaluación del índice de CBR de un suelo arenoso limoso con adición de emulsión asfáltica de rompimiento lento y tirillas de polisombra” del 2017 En su investigación tiene como objetivo analizar el CBR de

un material de arena limosa con un porcentaje de emulsión asfáltica y polisombra al mismo. Llegando a concluir que el CBR disminuye con la adición de estos materiales y recomienda realizar un análisis de las características de los materiales granulares ( que no sean reactivas o no compatibles ) .

Zambrano, Tejeda, Alonso en su investigación “Materiales granulares mejorados con emulsión asfáltica catiónica para subbase de pavimentos” del 2019 . En su investigación tienen como objetivo demostrar que la adición de emulsión asfálticas a un material granular altamente plástico (IP), puede ayudarle a mejorar su índice CBR. Y entre sus conclusiones evalúan el material granular que tiene una plasticidad IP de 10.8%, un Coeficiente de Desgaste de los Ángeles de 19%, Limite Liquido de 35.4% y con una adición del 5% de emulsión, logran cumplir su objetivo estabilizante en calidad de subbase. Y es de destacar que la ventaja técnica – económicas que constituyen el uso de emulsiones son evidentes desde un punto de vista del proceso constructivo y medioambiental.

Nanthavisit, Jitsangiam, Pichayapan en su investigación “Influence of cement and asphalt emulsion ratios on cement-asphalt emulsion mortar” del 2019 tiene como principal objetivo estudiar el efecto del uso de cemento y emulsión asfáltica (los dos a la vez) para estabilizar suelos. En sus conclusiones podemos observar que si obtiene resultados que indiquen que puede servir como estabilizador pero sin una excesiva cantidad de emulsión ya que al estar compuesta por agua actúa en detrimento del cemento.

Baghini, Ismail, Bin Karim en su investigación “Evaluation of cement-treated mixtures with slow setting bitumen emulsion as base course material for road pavements” del 2015 En su investigación tiene como objetivo estudiar los efectos de la adición de bitúmenes emulsionados y cemento portland en el desempeño a largo plazo de una base de carretera. Para esto uno de sus indicadores es el California Bearing Ratio. Concluyendo que el máximo desempeño que logran obtener es al 4% de Cemento Portland y al 3% de emulsión asfáltica.

Cubas y Quiroz en su tesis del 2018 “Influencia de la estabilización con 1.5%, 3.0%, 4.5% y 6.0% de emulsión asfáltica en las propiedades de un material

afirmado para el diseño de la vía el Pallar – Shalar, La Libertad” . En esta investigación tuvo como objetivo estudiar la adición de emulsión asfáltica en diversas proporciones para estabilizar material de afirmado en el distrito de Pallar y entre sus conclusiones logro investigar y ahondar en la utilización de material de calidad de afirmado adicionandole emulsión como estabilizante pudiendo observar que las propiedades de compresión , incluido el factor de CBR del suelo mejora significativamente. En esta investigación se uso material traído de la cantera el Pallar y la emulsión de rotura lenta CSS-1H con proporciones del 1.5%, 3%, 4.5% y 6% con respecto al peso. Esta investigación es una tesis para la obtención de grado . Se usaron ensayos CBR y los normados por la ASTM D1883 y ASTM D2166.

Stolle, Guo y Emery en su investigación “Mechanical properties of reclaimed asphalt pavement—natural aggregate blends for granular base” del 2014. Entre sus objetivos es del analizar el asfalto reciclado RAP para ser usado como base reciclada, para ser usada como base y subbase, para lo que usan el CBR para evaluar sus propiedades mecánicas. Ya que el CBR es un análisis estándar para evaluar las capas estructurales de los pavimentos flexibles. Entre sus conclusiones podemos ver que recomienda usar el CBR mas otros ensayos complementarios para tener una vision mas amplia de las futuras investigaciones .

Liu y Lyu en su artículo “Characterization of Asphalt Treated Base Course Material” del 2010 tiene como objetivos principales : investigar los efectos de la emulsión en la fatiga de de diversos materiales de la región (Alaska) y dar recomendaciones para el diseño de de mejoramientos con emulsión asfáltica. En sus conclusiones puede afirmar que los materiales con mejoramiento de emulsión asfáltica si logran mejores propiedades mecánicas. Entre los porcentajes que destacan son de 3.5% y 4.5% de adición de emulsión asfáltica, con una proporción de 2.5% no logra pasar satisfactoriamente las pruebas.

Berthelot, Marjerison, Gorlick, Podborochynski, Fair, Stuber en su investigación “Field investigation of granular base rehabilitation project incorporating a woven geotextile separation layer, sand, and cement stabilization para la Canadian Journal of Civil Engineering en el 2009” . En esta investigación se tiene como objetivo analizar mediante la prueba de California Bearing Ratio, CBR, las propiedades

mecánicas es usado como ensayo principal ya que es la primera propiedad de cualquier material granular así como lo especifican en la American Society for Testing and Materials, ASTM estándar D1883. Llegando a concluir que el CBR brinda información sobre las propiedades mecánicas pero debe ser acompañado por más indicadores .

Cong en su investigación “High performance granular base and subbase materials incorporating reclaimed asphalt concrete pavement” del 2014. En su investigación tiene como objetivo estudiar el efecto de usar RAP (Reclaimed Asphalt Concrete Pavement ) y uno de los principales ensayos es el de California Bearing Ratio, CBR que nos dice que es en la ingeniería de pavimentos es un parámetro de evaluación muy usado para determinar el módulo de resiliencia de capas de base y sub-base . Llegando a concluir que se puede decir que a mayor valor de CBR, mayor será la performance de la estructura de pavimentos.

Rosero en su tesis “Bases estabilizadas con Emulsión Asfáltica para pavimentos (Aplicación calle Nogales Parroquia Nayon L=1.0 Km)”. del, 2013 tuvo como objetivo principal mejorar las bases granulares cercanas a la ciudad de Quito , adicionando emulsión asfáltica y pudo concluir que al utilizar bases estabilizadas con emulsión asfáltica podemos comprobar que son una gran alternativa para la pavimentación y repavimentación de vías, entre las múltiples ventajas que tenemos destacan: Reducción de costos en comparación a los demás estabilizantes, la aplicación es en corto tiempo, reducción de impacto ambiental.

Almeida y Sanchez en su tesis “Estabilización de suelos con el uso de emulsiones asfálticas catiónicas de rotura lenta. Caso de estudio vía las Mercedes - Puerto Nuevo, provincia de Santo Domingo de los Tsachilas” del 2011 tuvo entre sus objetivos estudiar la estabilización con emulsión CSS-1H de los suelos en el tramo “Las Mercedes – Puerto Nuevo” Llegando a concluir que los resultados si cumplen con las especificaciones técnicas de la normatividad ecuatoriana así también las normas internacionales (ASTM y del Asphalt Institute ) y se observa que impacta positivamente en las propiedades estructurales de los suelos .

De la Torre, en su tesis “Evaluación del diseño de pavimentos estabilizados con emulsión asfáltica y cemento portland para el proyecto de conservación vial Puno Tacna tramo Tarata –Capazo –Mazocruz” del 2018 . Tuvo como objetivo principal,

hacer una comparativa entre las bases granuladas estabilizadas con emulsión asfáltica y con cemento portland bajo el método AASHTO 1993 , obteniendo conclusiones de que entre el cemento y las emulsiones estas ultimas obtienen mejores indicadores. Así mismo, hace notar que proporciones menores al 1% no s afectan significativamente las propiedades físicas de los materiales granulares.

Gallarreta y Llenque en su tesis “Influencia de la adición de emulsión asfáltica en la estabilidad de los suelos del centro poblado de Villa Hermosa en el distrito La Esperanza” del 2019. Tiene como objetivos analizar la adición de emulsión catiónica en los suelos del distrito de La Esperanza, y determinar el porcentaje de emulsión y su CBR . Llegando a concluir que la emulsión puede estabilizar suelos arenosos pero que se debe medir cuidadosamente su concentración hasta lo mínimo aceptable ya que es un insumo costoso.

Hammer en su tesis “Optimización de espesores de pavimentos utilizando emulsión asfáltica, caso de estudio: vía de ingreso a la Universidad Peruana Unión - filial Juliaca” del año 2018. Plantea como objetivo principal que se pueden optimizar los espesores en la estructura del pavimento utilizando emulsiones asfálticas en la vía de ingreso del campus. Llegando a concluir que si podemos notar una mejora significativa en el coeficiente estructural adicionando emulsión asfáltica y esto nos va a permitir reducir los espesores ya que se obtienen mejores coeficientes estructurales .

Sivapriya y Ganesh-Kumar en su investigación “Functional and cost- benefits of geosynthetics as subgrade reinforcement in the design of flexible pavement del 2019”. Tienen como objetivo analizar las propiedades estructurales de capas de base en el pavimento usando el CBR como principal indicador y entre sus conclusiones podemos observar que hay un incremento de las bondades mecánicas que otorgan diversos geosintéticos a superficies estructurales de los pavimentos.

Sandoval, Rivera en su investigación “Correlación del CBR con la resistencia a la compresión inconfiada. Ciencia e Ingeniería Neogranadina” del 2019. Tuvo como objetivo usar el ensayo CBR como indicar principal de analisis estructural de capas granulares de un pavimento flexible y entre sus conclusiones nos hace énfasis que el CBR (California Bearing Ratio) no solo es un ensayo estándar y

confiable, sino que además es económico y puede demostrarnos características mecánicas de los materiales granulares

De León, De León y Esparza en su investigación “Consideraciones, procedimientos y conceptos para la realización de un proyecto geométrico de carreteras. Cultura Científica y Tecnológica” del 2015. Tuvo como objetivo documentar puntos básicos para el planteo geométrico de una carretera y entre sus conclusiones se resalta que considera que debido a que las vías y carreteras están históricamente relacionadas con el avance y progreso de las civilizaciones. Es muy importante la buena realización, con tecnologías adecuadas, mejorarlas y darles mantenimiento para el bien social de las poblaciones.

Chien-Wei, H.; Tsung-Han, Y.; Guan-Bo, L. en su investigación “The Evaluation of Short- and Long-Term Performance of Cold-Mix Asphalt Patching Materials” del 2020. Tuvieron como principal objetivo encontrar la correlación de un ensayo Marshall y propiedades físicas de asfaltos en frío y pudieron concluir si es un buen ensayo ya que muchos de los ensayos realizados están ligados a los resultados obtenidos y analizados con el ensayo Marshall.

Vera en su tesis “Mejoramiento con emulsiones asfálticas de bases granulares, para pavimento en la región Lambayeque” del 2015. Tuvo como objetivo analizar diversas canteras de la región Lambayeque para ver el comportamiento del mejoramiento con emulsión asfáltica llegando a concluir que si es afín la emulsión CSS-1H con algunas canteras de la región Lambayeque y que se notan mejoras significativas en las propiedades estructurales de las bases granulares.

## **2.2. Fundamentación teórica**

### **2.2.1. Canteras de estudio**

Cantera Tres Tomas , Ferreñafe, Ubicación de la muestra 6°37'55.9"S 79°41'55.2"W. La cantera Tres Tomas se encuentra ubicada a en el distrito de Manuel Mesones Muro, en la ciudad de Ferreñafe. Los propietarios de la cantera Tres Tomas son la Asociación de Trabajadores del Sector 4 de mayo. Los materiales para construcción que pueden ser extraídos de esta son: material de base, sub-base granular, agregado del tipo grueso para mezcla de concreto y material de relleno; teniendo diferentes rendimientos para cada uno de los mencionados usando en su mayoría para el uso de base, luego el siguiente uso para subbase, también en relleno es una parte importante y finalmente en concreto. Como se mencionó anteriormente, esta cantera es una de las más importantes en la región, no sólo por el potencial de estrato que posee, sino también por la calidad de material que se puede extraer de la misma, siendo la única que llega a cumplir con las exigencias técnicas del manual de ensayos de materiales para carreteras del MTC. Los suelos que se tienen en esta cantera, normalmente entran dentro de la clasificación de gravas limosas, siendo esta una mezcla de grava, arena y limo, con baja plasticidad, con forma angulosa a semi-angular.

Cantera Huancas o la Cría, Ubicación de la muestra -6°43'40.0"S 79°32'24.6"W. La cantera Huancas o también denominada La Cría se encuentra a la altura del km 40 de la carretera 6 A ( Chiclayo – Chongoyape). Es una cantera, relativamente nueva donde se extrae material de base, afirmado y piedra de base . Pertenece al circuito de canteras que se encuentra alrededor del distrito de Patapo, Lambayeque. Las nuevas concesiones de canteras que se están otorgando en la región Lambayeque, están correlacionadas con el crecimiento constante del rubro de construcción de los últimos quince años de la región y la creciente necesidad de cubrir canteras con cierto tiempo que tienden a agotar sus recursos. Es por ello que esta cantera de la que se tomó muestra de material de base tiene un gran potencial como proveedora de materiales para los proyectos locales.

Cantera Josmar. Ubicación de la muestra 6°36'52.9"S 79°40'57.0"W, Km 16+850 Carretera Tambo Real – Conchucos, Distrito Mesones Muro -Ferreñafe – Lambayeque. Mesones Muro es un distrito de la Provincia de Ferreñafe, ubicada en el Departamento de Lambayeque, este distrito provee minerales no

metálicos (afirmado, hormigón, ripio, piedra base, over) por lo que diversas empresas asentadas; siendo uno de ellas la empresa Mabeisa SAC, la cual cuenta con un área de mil hectáreas que tiene a su cargo la cantera Josmar (Mundaca, 2017)

### **2.2.2 Emulsión asfáltica CSS-1H**

Las emulsión asfáltica son dispersiones continuas de lo que se llama droplet de tamaña 1 a 10  $\mu\text{m}$  en su diámetro, ha sido elaborado por un molino coloidal con insumos como son el cemento asfáltico (40 % a 80% ), agua y emulsificante. Obviamente este material tiene menor viscosidad que el cemento asfáltico mismo y puede ser aplicado a menores temperaturas por ello se usa menos energía para su uso y no tiene emisiones de gasóleos como en los cementos cut backs o en el asfalto en caliente. Según diversos estudios Podemos afirmar que a nivel mundial el uso de asfalto en su forma de asfalto emulsionado puede ser el 9% del total. En mayor medida como aplicaciones de sello y asfaltos en frio . (Takamura, et al., 2015)

Ejemplos cotidianos de emulsiones serian : la mayonesa, la leche , las cremas de reposteria. Ejemplos industriales serian : las pinturas base agua, algunos pesticidas entre otros.

En las emulsiones se definen claramente dos fases, como vemos en la figura anterior, la fase dispersa y la fase continua. Las emulsiones asfálticas cuyos principales componentes son el cemento asfáltico o PEN ( fase dispersas) se va a emulsificar con agua , ( fase continua ). A diferencia de los productos de gasoleos, donde el PEN, no se emulsifica, se diluye en un compuesto afin, como puede ser el kerosene.

Tipos de Emulsiones : En Peru tenemos la norma EG 2013 que clasifica las emulsiones asfálticas de acuerdo a sus propiedades huelga decir que el tipo de emulsificante y sobre todo el tipo de PEN utilizado influye en el tipo de emulsión obtenida y sus propiedades normadas las clasifica

Tabla 1. Clasificación de Emulsiones Asfálticas en Perú

ESPECIFICACIONES PARA EMULSIONES CATIONICAS														
TIPO	ROTURA RÁPIDA				ROTURA MEDIA				ROTURA LENTA				ROTURA RÁPIDA	
GRADO	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2H		CSS-1		CSS-1H		COS-1H	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Prueba sobre emulsiones														
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C	---	---	---	---	---	---	---	---	20	100	20	100	20	100
Viscosidad Saybolt Furol a 50°C	20	100	100	400	50	450	50	450	---	---	---	---	---	---
Estabilidad de Almacenamiento, 24h , %(**)		1		1		1		1		1		1		1
Demulsibilidad, 35 cm <sup>3</sup> , 0.8% Dioctisulfosuccinato sodico %	40	---	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Revestimiento y resistencia al agua:														
Revestimiento agregado seco					Bueno		Bueno							
Revestimiento, agregado seco despues del rociado					Aceptable		Aceptable							
Revestimiento agregado humedo					Aceptable		Aceptable							
Revestimiento, agregado humedo despues del rociado					Aceptable		Aceptable							
Carga de particula	Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo	
Prueba de Tamiz %	---	0.1	---	0.1	---	0.1	---	0.1	---	0.1	---	0.1	---	0.1
Mezcla de Cemento %									---	20	---	20		
Destilacion														
Destilacion de aceite por volumen de emulsion	---	3	---	3	---	12	---	12						
% de residuo	60	---	65	---	65	---	65	---	57	---	57	---	57	---

Pruebas sobre el Residuo de Destilacion														
Penetracion , 25 °C , 100 g, 5s	100 <sup>a</sup>	250 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	250 <sup>a</sup>	100	250	40	90	100	250	40	90	40	90
	50 <sup>a</sup>	150 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	150 <sup>a</sup>										
Ductibilidad , 25 °C , 5 c/min, cm	40		40		40		40		40		40		40	
Solubilidad en Tricloretoano, %	97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5	

Fuente : Manual EG-2013 , MTC

Usaremos emulsion de rotura lenta CSS-1H ya es la mas comercial y el cemento asfáltico empleado en las pruebas sobre el residuo asfaltico que vemos en la tabla anterior la penetracion es mas consistente que la CSS -1(40,90 contra 100,250).

Tabla 2. Requerimientos de la Emulsion CSS-1H

REQUERIMIENTO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIONICA			
CARACTERISTICAS	ENSAYO	CSS-1h	
		Min	Max
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C	MTC E 403	20	100
Estabilidad de Almacenamiento, 24 -h , %*	MTC E 404		1
Carga de particula	MTC E 407	Positivo	
Prueba de Tamiz %	MTC E 405		0.1
Mezcla por Cemento %	ASTM D-6935		2.0
Destilación : Residuo %	MTC E 401	57	
Pruebas sobre el Residuo de Destilacion			
Penetracion , 25 °C , 100 g, 5s	MTC E 304	40	90
Ductibilidad , 25 °C , 5 c/min, cm	MTC E 306	40	
Solubilidad en Tricloretoano, %	MTC E 302	97.5	

Fuente : Manual EG-2013 , MTC

### 2.3.3 Fundamentación teórica

Pavimentos y Pavimentos Flexibles, el pavimento es una estructura compuestas por múltiples capas que se construye sobre la subrasante del camino, que tiene como finalidad soportar el transito , brindando condiciones de seguridad , comodidad y fiabilidad . Esta conformado por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura. Como podemos apreciarlo en la siguiente

Figura 1. Imagen de Sección Típica



Fuente: (Guevara, y otros, 2021)

Capa de Rodadura, es la parte visible superior de toda la estructura del pavimento, puede ser construida con material bituminoso en este caso se llamaría Pavimento Flexible, o con concreto, en este caso se denominaría Pavimento Rígido. También podemos encontrar adoquines.

Base, inmediatamente luego de la capa de rodadura puede encontrar la primera capa que se encarga de sostener la estructura y distribuir las cargas. Se conforma por material granular con especificaciones determinadas, su grosor y aditivos son parte del diseño y está ligada al número estructural obtenido .

Tabla 3. Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento

<b>BASE</b>			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.052/c m	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 10'000,000$ EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.054/c m	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 10'000,000$ EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a2	0.115/c m	Capas recomendadas para todo tipo de tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	a2	0.070 cm	Capas recomendadas para todo tipo de tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	a2	0.080 cm	Capas recomendadas para todo tipo de tráfico

Fuente: (Manual de Geología Geotecnia y Pavimento, MTC, 2014 )

Esta capa será de material granular drenante (CBR  $\geq 80\%$ ), como vemos en la tabla anterior el número estructural en una Base granular es dos veces mayor en una base tratada con asfalto siempre que cumpla la condición que tenga una Estabilidad Marshall mayor a 1500 lb

El Número Estructural está relacionado con el espesor de las capas de estructuras de los pavimentos y se puede transformar a espesor efectivo de una por una las capas del pavimento flexible, mediante el uso de coeficientes estructurales como vemos en la siguiente fórmula del Manual de Geología Geotecnia y Pavimento.

Fórmula

$$SN = a1*d1 + a2*d2*m2 + a3*d3*m3$$

Donde:

SN = Espesor de la capa estructura

a1, a2, a3 = Coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase respectivamente

m2, m3 = Coeficientes drenaje para de las capas: superficial, base y subbase respectivamente

El SN (o espesor de la capa ) no tiene una solución única valedera, puede tener diversas, de acuerdo al diseño del proyectista ya las múltiples combinaciones de tecnologías que se planteen . Entonces esta en potestad del ingeniero proyectista plantear diversas soluciones optimas que mejoren los niveles de servicio, que sean funcionales y mejoren las capacidades estructurales de acuerdo con el trafico soportado. (MTC, 2014)

Figura 2. Gráfico relacionando el número estructural y el soporte de ejes equivalente



Fuente: (Manual de Geología Geotecnia y Pavimento, MTC, 2014 )

Subbase: Es la capa de material granular inmediatamente después de la capa base debe de tener dependiendo del diseño un (CBR ≥ 40%) y tratada con asfalto, cal o cemento.

Pavimentos Flexibles, es una estructura que comprende las capas granulares de base, subbase, y en su superficie de rodadura es aglutinante de material granular y bituminoso, de las que podemos enumerar como son, la bicapa, el slurry seal, mezclas asfálticas en frío o en caliente.

El manual nos recalca siempre que el dimensionamiento de las estructuras de la capas de pavimento, que son propuestas en este documento nunca sustituyen la decisión del Ingeniero Responsable (MTC, 2014), sobre la estructura de pavimento adoptado de acuerdo a su criterio, estudios y plenamente justificada y sustentada técnicamente. En el presente estudio vamos a realizar un estudio exhaustivo de como afecta la emulsión CSS-1H a la capa de base granular.

Tabla 4. Ensayos

<b>ENSAYO</b>	<b>ESTANDAR</b>	<b>EG 2013</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
Ensayo Granulométrico	MTC E 204	_____	Mediante una a serie de pasantes de malla cuadrada de abertura cuadrada, se contabiliza la distribución y conformación del material del tipo grueso , del tipo fino . Importante que las muestras estén libres de humedad.
Índice Plástico	MTC E111	4% Max	Determinar en el laboratorio el límite plástico que hay en el suelo y mediante el cálculo del Índice de plasticidad (I.P.) si se conocemos el límite líquido (L.L.) de la misma muestra
Límite Líquido	MTC E110	25% Max	La cantidad de humedad, expresada en tantos por ciento, por ello se observa en cuales el materiales puede pasar de estado líquido al estado plástico.
Equivalente Arena	MTC E114	35% Min	Vamos a observar es indicar, bajo condiciones controladas , la correlación entre suelos arcillosos o tel tipo finos plásticos que logren pasar el tamiz N.4

			(4.75 mm). Se le conoce como "equivalente de arena " porque es en teoría lo deseable en el tipo de material grueso y fino que estén acorde con los ensayos correspondientes
CBR	MTC E132	80 % Min	Es un procedimiento, mediante el cual se ve la resistencia de los suelos con un número que se denomina el CBR (California Bearing Ratio). E mecánica de suelos se usa mucho para evaluar las resistencia de subbase y material de base . En esta investigación el número de CBR es parte fundamental de la determinación de las calidades.
Ensayo Marshall	MTC E 504	_____	Podemos decir que el ensayo Marshall es uno de los mas conocidos y fundamentales en la mecánica de suelos moderna , por este ensayo se evalúan características estables de las principales mezclas asfálticas. En su mayoría mezclas en caliente, pero en esta investigación será determinante para , con el porcentaje de emulsión, ver la resistencia agregada a los materiales de las canteras .

Fuente : (Manual de Ensayos de Materiales , MTC, 2016)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

La clasificación por tipo de estudio va a ser aplicada ya que se pretende llegar a una conclusión que pueda optimizar un problema real (las propiedades de bases granulares en la región Lambayeque ) y mejorarlo para potenciar sus características físicas y mecánicas.

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, se va a recolectar datos para contrastar la hipótesis mediante instrumentos de medición.

Y el diseño de la investigación es Estudio Experimental – Puro, tendremos una muestra patrón que será el material puro en la canteras: Huancas, Josmar y de Tres Tomas y le adicionaremos emulsión asfáltica CSS1H en proporciones de 2%, 3% y 4%, de tres bricketas cada uno y luego realizaremos los correspondientes ensayos Marshall y CBR para las tres canteras de la región Lambayeque.

Grupo Testigo	Sin estímulo (0%)	0X --- O1
Grupo Experimental 1	Estímulo de intensidad (2%)	2X-----O2
Grupo Experimental 2	Estímulo de intensidad (3%)	3X-----O3
Grupo Experimental 3	Estímulo de intensidad (4%)	4X-----O4

Dónde:

O<sub>i</sub> = Medición mediante análisis de laboratorio

X = Estímulo o condición experimental (% de Emulsión CSS 1H)

#### 3.2. Variables y Operacionalización:

##### 3.2.1. Variables

Variable Independiente: Diseño de Base Granular

Variable Dependiente: Emulsión Asfáltica CSS-1H

##### 3.2.2. Operacionalización:

###### Dimensiones variables Independiente:

- Ensayo Granulométrico
- Limite Líquido
- Limite Plástico
- Equivalente de Arena
- Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

- Ensayo Marshall

**Dimensiones variable Dependiente:**

Cantidad de CSS-1H (% Dosificación) x(peso)

**3.3 Población Muestra y Muestreo**

**3.3.1 Población**

La población está compuesta por 63 bricketas para los ensayos de CBR y Marshall y muestra patrón.

**3.3.2 Muestra:**

Para el análisis de la muestra patrón se tomará material de base granular de cada cantera .

Para el Análisis de CBR se tendrán 12 bricketas con 0%( muestra patrón), 2%,3% y 4%, de adición respectivamente.

Para el análisis de Ensayo Marshall se usarán 9 bricketas, con 2%,3% y 4%, de adición respectivamente.

Tabla 5. Cantidad de bricketas por cantera

<b>Cantidad de CSS1H x Peso</b>	<b>Ensayo CBR</b>	<b>Ensayo Marshall</b>	<b>SUB-TOTAL</b>
0%	3	0	3
2%	3	3	6
3%	3	3	6
4%	3	3	6
<b>TOTAL</b>			<b>21</b>

Fuente: Elaboración propia.

En las tres canteras emplearemos, 63 bricketas en total.

**3.3.3 Muestreo:**

Para la muestra patrón 0%, tenemos solamente 3 bricketas para el ensayo CBR, ya que no se puede realizar Ensayo Marshall que es un ensayo aplicable solo a mezclas con asfaltos, pero servirá para validar la capacidad portante .

Para la muestra de 2%, tenemos 6 bricketas para cada uno de los ensayos, luego se hará un promedio rectificado de cada ensayo y obtener un resultado comparativo.

Para la muestra de 3%, tenemos 6 bricketas para cada uno de los ensayos, luego se hará un promedio rectificado de cada ensayo y obtener un resultado comparativo.

Para la muestra de 4%, tenemos 6 bricketas para cada uno de los ensayos, luego se hará un promedio rectificado de cada ensayo y obtener un resultado comparativo. Esto se repetira en cada una de las tres canteras .

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas**

La presente investigación se centra en la observación y acumulación de datos respecto a las variaciones de las muestras, además, en forma controlada, realizaremos similares ensayos para medir sus variaciones. Como técnicas de recopilación de datos he aplicado la observación y estadísticamente se compararán los ensayos teniendo en cuenta el material del marco teórico, bibliografía, normas peruanas y fichas técnicas.

#### **3.4.2. Instrumentos de laboratorio**

Se han procesado las muestras con instrumentos normados y estandarizados de los respectivos ensayos como son:

- Tamices
- Balanzas
- Utensilios de laboratorio
- Prensa CBR
- Prensa Marshall

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

Se realizará una prueba de hipótesis para poder constatar estadísticamente los resultados obtenidos.

La confiabilidad de la presente investigación se basa en el cumplimiento de la normatividad peruana, el apego a la metodología planteada y la comparación estadística de los resultados.

### **3.5 Procedimientos:**

Primero he recolectado las muestras en cada cantera, lo he acopiado en el local del laboratorio de suelos y pavimentos . Durante dos semanas se han realizado los ensayos y luego de ser procesdos se han elaborado los cuadros comparativos y el

procesamiento estadístico para poder contrastar la hipótesis de la presente investigación

### **3.6. Método de análisis de datos:**

Se ha recolectado una muestra de material granular de tres catneras de Lambayeque y se ha comprado emulsión CSS-1H. Con dichos materiales hemos ido a un laboratorio de suelos y pavimentos para poder realizar los ensayos correspondientes que se encuentran en la sección anexos. Para la creación de tablas y gráficos se ha empleado Excel 2019 para el procesamiento estadístico se ha empleado Anaconda3 11.2021 para el uso Notebooks de Jupyter que soporta lenguaje Python3.8 y paquete estadístico SciPy 1.7.2 .

### **3.7 Aspectos éticos**

La realización de los ensayos de laboratorio se rige a la actual normatividad peruana y los resultados pueden asegurar que es 100% confiable en la presente investigación se sigue el código de ética del derecho de autor de la Universidad Cesar Vallejo en el Código de Ética de la UCV, 2017.

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1. Diagnóstico de los materiales de las canteras

Tabla 6. Resumen de ensayos de la cantera Huancas

<b>ENSAYO</b>	<b>Estándar</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Requerido EG 2013</b>
Ensayo Granulométrico	MTC E204	ARENA POBREMENTE GRADADA CON LIMO Y ARENA	
Limite Liquido	MTC E110	21.1%	25% Max
Índice Plástico	MTC E111	3.8%	4% Max
Equivalente Arena	MTC E114	34.00%	35% Min
CBR al 100% 0.1"	MTC E132	80.8	80 Min

Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 7. Resumen de ensayos de la cantera Josmar

<b>ENSAYO</b>	<b>Estándar</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Requerido EG 2013</b>
Ensayo Granulométrico	MTC E204	GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARENA	
Limite Liquido	MTC E110	19.7%	25% Max
Índice Plástico	MTC E111	2.7%	4% Max
Equivalente Arena	MTC E114	39.00%	35% Min
CBR al 100% 0.1"	MTC E132	85.4	80 Min

Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 8. Resumen de ensayos de la cantera Tres Tomas

<b>ENSAYO</b>	<b>Estándar</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Requerido EG 2013</b>
Ensayo Granulométrico	MTC E204	ARENA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA Y GRAVA	
Limite Liquido	MTC E110	24.60%	25% Max

Índice Plástico	MTC E111	6.90%	4% Max
Equivalente Arena	MTC E114	28.00%	35% Min
CBR al 100% 0.1"	MTC E132	62	80 Min

Fuente: Análisis de Laboratorio

## 4.2 CBR con adición de emulsión asfáltica CSS-1H

### 4.2.1 Cantera Huancas

Tabla 9. California Bearing Ratio (CBR), 2%

<b>CBR AI 100% de M.D.S</b>	0.1": 85.7	0.2": 111.4
<b>CBR AI 95 % de M.D.S</b>	0.1" 59.5	0.2" 77.2

Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 10. California Bearing Ratio (CBR), 3%

<b>CBR AI 100% de M.D.S</b>	0.1": 89.1	0.2": 115.8
<b>CBR AI 95 % de M.D.S</b>	0.1" 70.9	0.2" 89.4

Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 11. California Bearing Ratio (CBR), 4%

<b>CBR AI 100% de M.D.S</b>	0.1": 94.0	0.2": 120.0
<b>CBR AI 95 % de M.D.S</b>	0.1" 66.1	0.2" 82.6

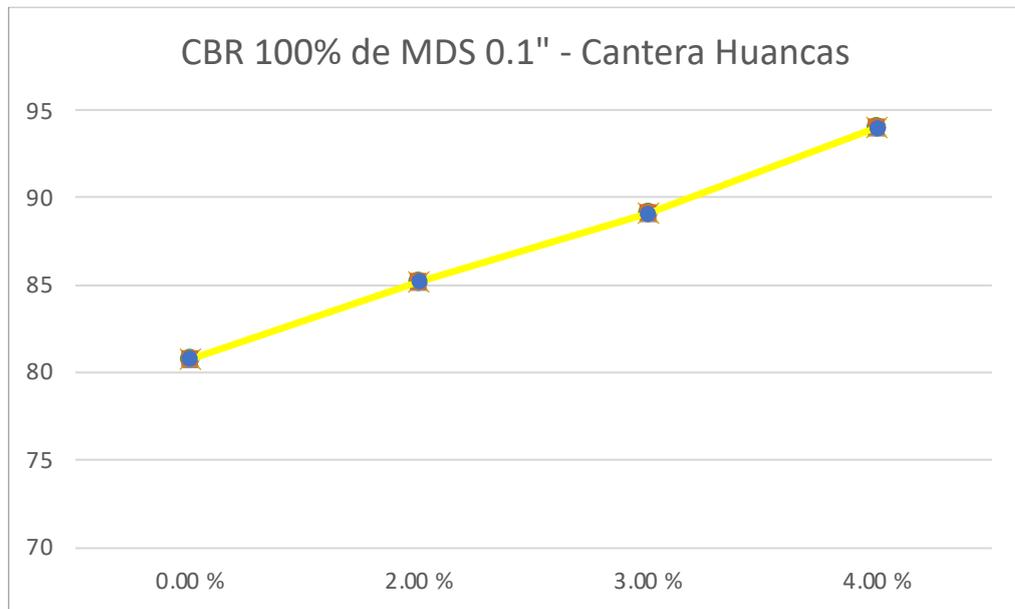
Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 12. Resumen de ensayo CBR de la cantera Huancas

<b>CBR al 100% de MDS 0.1"</b>	
<b>0.00 %</b>	80.8
<b>2.00 %</b>	85.2
<b>3.00 %</b>	89.1
<b>4.00 %</b>	94

Fuente: Análisis de Laboratorio

Figura 3. CBR vs Base Granular Cantera Huancas + CSS-1H



Fuente: Análisis de Laboratorio

#### 4.2.2 Cantera Josmar

Tabla 13. California Bearing Ratio (CBR), 2%

<b>CBR AI 100% de M.D.S</b>	0.1": 91.0	0.2": 117.2
<b>CBR AI 95 % de M.D.S</b>	0.1" 70.2	0.2" 89.0

Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 14. California Bearing Ratio (CBR), 3%

<b>CBR AI 100% de M.D.S</b>	0.1": 94.9	0.2": 120.6
<b>CBR AI 95 % de M.D.S</b>	0.1" 62.3	0.2" 80.8

Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 15. California Bearing Ratio (CBR), 4%

<b>CBR AI 100% de M.D.S</b>	0.1": 99.5	0.2": 128.0
<b>CBR AI 95 % de M.D.S</b>	0.1" 69.3	0.2" 89.4

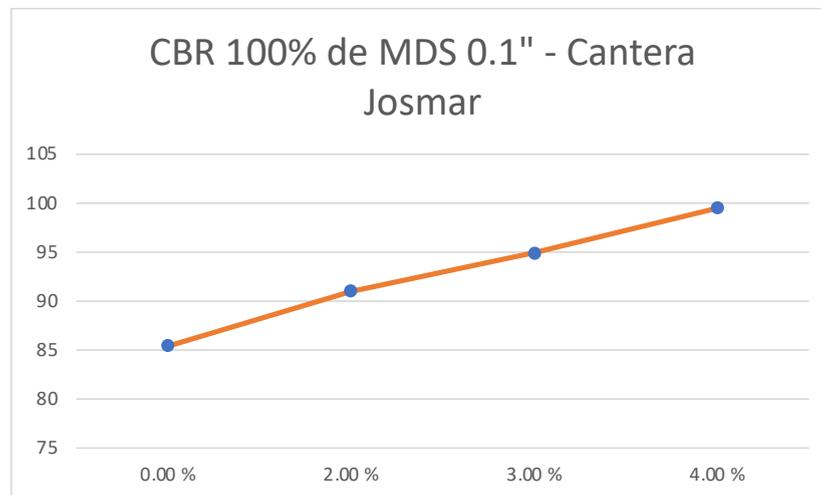
Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 16. Resumen de ensayo CBR de la cantera Josmar

<b>CBR al 100% de MDS 0.1"</b>	
<b>0.00 %</b>	85.4
<b>2.00 %</b>	91
<b>3.00 %</b>	94.9
<b>4.00 %</b>	99.5

Fuente: Análisis de Laboratorio

Figura 4. CBR vs Base Granular Cantera Josmar + CSS-1H



Fuente: Análisis de Laboratorio

#### 4.2.3 Cantera Tres Tomas

Tabla 17. California Bearing Ratio (CBR), 2%

<b>CBR Al 100% de M.D.S</b>	0.1": 65.2	0.2": 84.7
<b>CBR Al 95 % de M.D.S</b>	0.1" 49.3	0.2" 64.3

Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 18. California Bearing Ratio (CBR), 3%

<b>CBR Al 100% de M.D.S</b>	0.1": 71.1	0.2": 90.6
<b>CBR Al 95 % de M.D.S</b>	0.1" 50.9	0.2" 66.0

Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 19. California Bearing Ratio (CBR), 4%

<b>CBR Al 100% de M.D.S</b>	0.1": 81.4	0.2": 107.1
<b>CBR Al 95 % de M.D.S</b>	0.1" 61.2	0.2" 78.9

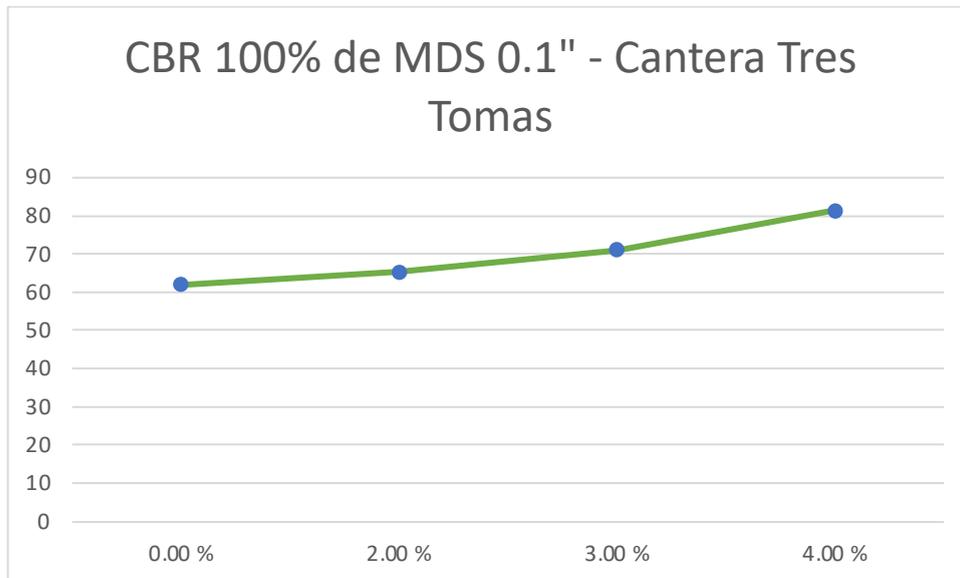
Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 20. Resumen de ensayo CBR de la cantera Tres Tomas

<b>CBR al 100% de MDS 0.1"</b>	
<b>0.00 %</b>	62
<b>2.00 %</b>	65.2
<b>3.00 %</b>	71.1
<b>4.00 %</b>	81.4

Fuente: Análisis de Laboratorio

Figura 5. CBR vs Base Granular Cantera Tres Tomas + CSS-1H



Fuente: Análisis de Laboratorio

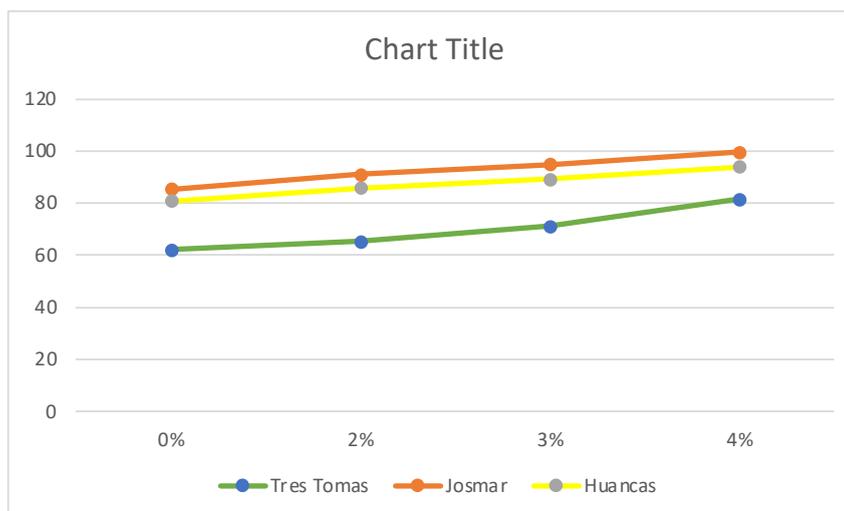
El California Bearing Ratio (CBR), es un análisis normado para materiales granulares, pero para demostrar si existe una mejora del mismo, se ha realizado una comparativa con bricketas al 2%, 3% y 4%. Y podemos ver una tendencia creciente al aumento de propiedades mecánicas de la base granular.

Tabla 21. Resumen del ensayo CBR 100 % de 0.1'' de las tres canteras

<b>CBR</b>	<b>Tres Tomas</b>	<b>Josmar</b>	<b>Huancas</b>
<b>0%</b>	62	85.4	80.8
<b>2%</b>	65.2	91	85.7
<b>3%</b>	71.1	94.9	89.1
<b>4%</b>	81.4	99.5	94

Fuente: Análisis de Laboratorio

Figura 6. CBR vs Base Granular + CSS-1H



Fuente: Análisis de Laboratorio

Podemos ver un incremento sostenido correlacionando la adición de emulsión CSS-1H y el CBR.

### 4.3 Ensayo Marshall

Al adicionar asfalto con la emulsión asfáltica CSS 1H, obtenemos una base granular tartada , por ello podemos usar el Ensayo Marshall que no se puede realizar en un material granular sin asfalto. Pero nos permitirá ver la capacidad portante de la mezcla para asignarle su número estructural (a1).

#### 4.3.1 Cantera Huancas

Tabla 22. Ensayo Marshall, 2%,

ENSAYO MARSHALL						
Briquetas	N.	1	2		3	Promedio
CSS 1H en Peso de la mezcla	%	2	2		2	2

<b>Estabilidad sin corregir</b>	kg	675.8	676.3		674. 5	
<b>Estabilidad Corregida</b>	kg	676	676		675	676
<b>Estabilidad Corregida</b>	lb	1487.2	1487.2		1485	<b>1486.46</b>

Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 23. Ensayo Marshall, 3%,

<b>ENSAYO MARSHALL</b>					
<b>Briquetas</b>	N.	1	2	3	Promedio
<b>Cemento Asfáltico en Peso de la mezcla</b>	%	3	3	3	3
<b>Estabilidad sin corregir</b>	kg	751.5	754.5	760	
<b>Estabilidad Corregida</b>	kg	752	755	760	755.66
<b>Estabilidad Corregida</b>	lb	1654. 4	1661	1672	<b>1662.45</b>

Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 24. Ensayo Marshall, 4%,

<b>ENSAYO MARSHALL</b>					
<b>Briquetas</b>	N.	1	2	3	Promedio
<b>Cemento Asfáltico en Peso de la mezcla</b>	%	4	4	4	4
<b>Estabilidad sin corregir</b>	kg	845.9	851.2	844.5	
<b>Estabilidad Corregida</b>	kg	846	851	845	847
<b>Estabilidad Corregida</b>	lb	1861.2	1872.2	1859	<b>1864.13</b>

Fuente: Análisis de Laboratorio

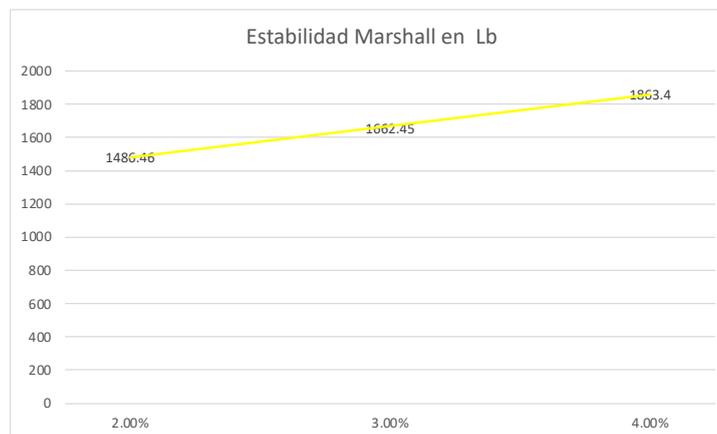
Tabla 25. Resumen Ensayos Marshall en la Cantera Huancas

<b>Adición CSS 1H</b>	<b>Estabilidad Marshall en Kg</b>	<b>Estabilidad Marshall en Lb</b>
<b>2.00%</b>	676	1486.46

<b>3.00%</b>	755.66	1662.45
<b>4.00%</b>	847	1864.13

Fuente: Análisis de Laboratorio

Figura 7. Gráfica de Ensayos Marshall en la cantera Huancas



Fuente: Análisis de Laboratorio

#### 4.3.2 Cantera Josmar

Tabla 26. Ensayo Marshall, 2%,

<b>ENSAYO MARSHALL</b>						
<b>Briquetas</b>	N.	1	2		3	Promedio
<b>CSS 1H en</b>	%	2	2		2	2
<b>Peso de la mezcla</b>						
<b>Estabilidad sin corregir</b>	kg	686.9	690		685. 2	
<b>Estabilidad Corregida</b>	kg	687	690		685	687
<b>Estabilidad Corregida</b>	lb	1511.4	1518		1507	<b>1511.4</b>

Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 27. Ensayo Marshall, 3%,

<b>ENSAYO MARSHALL</b>					
<b>Briquetas</b>	N.	1	2	3	Promedio
<b>Cemento Asfáltico en Peso de la mezcla</b>	%	3	3	3	3
<b>Estabilidad sin corregir</b>	kg	824.5	818.5	815.2	
<b>Estabilidad Corregida</b>	kg	825	819	815	819
<b>Estabilidad Corregida</b>	lb	1815	1801.8	1793	<b>1801.8</b>

Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 28. Ensayo Marshall, 4%,

<b>ENSAYO MARSHALL</b>					
<b>Briquetas</b>	N.	1	2	3	Promedio
<b>Cemento Asfáltico en Peso de la mezcla</b>	%	4	4	4	4
<b>Estabilidad sin corregir</b>	kg	886.6	890.5	885.5	
<b>Estabilidad Corregida</b>	kg	887	891	886	888
<b>Estabilidad Corregida</b>	lb	1951.4	1960.2	1949.2	<b>1953.6</b>

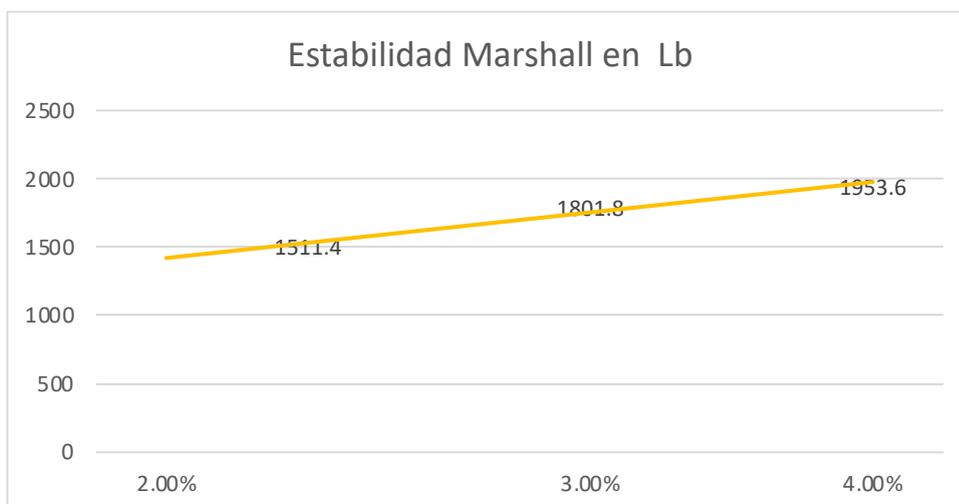
Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 29. Resumen de Ensayos Marshall en la cantera Josmar

<b>Adición CSS 1H</b>	<b>Estabilidad Marshall en Kg</b>	<b>Estabilidad Marshall en Lb</b>
2.00%	687	1511.4
3.00%	819	1801.8
4.00%	888	1953.6

Fuente: Análisis de Laboratorio

Figura 8. Gráfica de Ensayos Marshall en la cantera Josmar



Fuente: Análisis de Laboratorio

### 4.3.3 Cantera Tres Tomas

Tabla 30. Ensayo Marshall, 2%,

Briquetas	N.	1	2	3	Promedio
CSS-1H en Peso de la mezcla	%	2	2	2	2
Estabilidad sin corregir	kg	631.5	615.5	605.6	
Estabilidad Corregida	kg	632	616	606	618
Estabilidad Corregida	lb	1390	1355	1333	<b>1359.6</b>

Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 31. Ensayo Marshall, 3%,

Briquetas	N.	1	2	3	Promedio
Cemento Asfáltico en Peso de la mezcla	%	3	3	3	3
Estabilidad sin corregir	kg	686	702.1	694.5	
Estabilidad Corregida	kg	686	702	695	694
Estabilidad Corregida	lb	1509	1544	1529	<b>1526.8</b>

Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 32. Ensayo Marshall, 4%,

<b>Briquetas</b>	<b>N.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Promedio</b>
<b>Cemento Asfáltico en Peso de la mezcla</b>	%	4	4	4	4
<b>Estabilidad sin corregir</b>	kg	797.6	777.5	816.9	
<b>Estabilidad Corregida</b>	kg	798	778	817	797
<b>Estabilidad Corregida</b>	lb	1756	1712	1797	<b>1753.4</b>

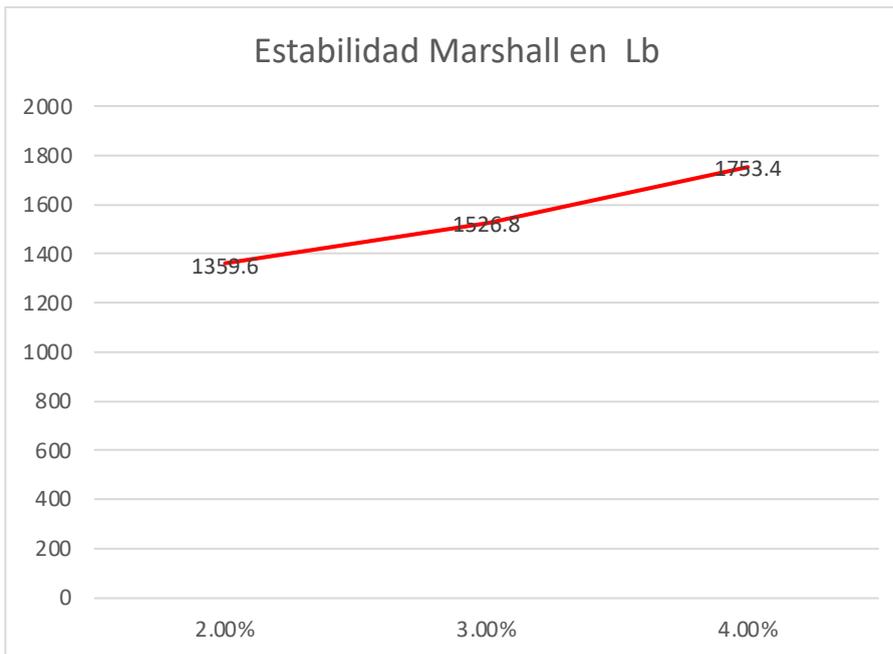
Fuente: Análisis de Laboratorio

Tabla 33. Resumen de Ensayos Marshall de las cantera Tres Tomas

<b>Adición CSS 1H</b>	<b>Estabilidad Marshall en Kg</b>	<b>Estabilidad Marshall en Lb</b>
2.00%	618	1359.6
3.00%	694	1526.8
4.00%	797	1753.4

Fuente: Análisis de Laboratorio

Figura 9. Gráfica de Ensayos Marshall en la cantera Tres Tomas



Fuente: Análisis de Laboratorio

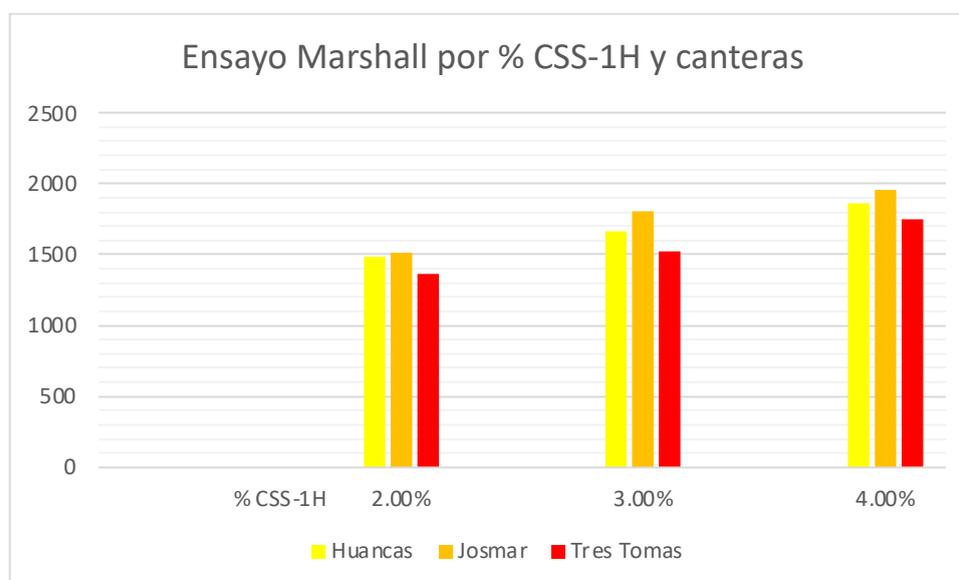
#### 4.3.4 Cuadro resumen de los Ensayos Marshall

Tabla 34. Resumen de los Ensayos Marshall

CANTERA	Huancas	Josmar	Tres Tomas
<b>% CSS-1H</b>			
2.00%	1486.46	1511.4	1359.6
3.00%	1662.45	1801.8	1526.8
4.00%	1864.13	1953.6	1753.4

Fuente: Análisis de Laboratorio

Figura 10. Resumen de los Ensayos Marshall



Fuente: Análisis de Laboratorio

Al igual que el ensayo CBR vemos una tendencia de progresión de la estabilidad Marshall, cuando la estabilidad Marshall supere las 1500 Lb, se podrá asignar de 0.115/cm lo que es el doble de una Base Granular 0.054/cm (MTC, 2014)

#### 4.4 Diseño de Base Granular con emulsión CSS - 1H

##### 4.4.1 Prueba de Hipotesis para los porcentajes CBR obtenidos

En la tabla 21 podemos ver un resumen de los CBR obtenidos, vamos a realizar el análisis estadístico ANOVA de dos factores para determinar similitudes o diferencias en las medias tanto a nivel de porcentajes y muestra patrón.

$H_0$  = Las medias son iguales por lo tanto no hay evidencia de mejoras en el CBR con la adición de emulsión CSS-1H a las bases granulares de canteras de la región Lambayeque.

$H_1$  = Las medias son diferentes por lo tanto hay evidencia de mejoras en el CBR con la adición de emulsión CSS-1H a las bases granulares de canteras de la región Lambayeque.

Nivel de significancia

Z = 0.05

Aceptamos  $H_0$  si  $F < F$  crítico

Rechazamos  $H_0$  si  $F > F$  crítico

Tabla 35. ANOVA de CBR , de dos factores sin repetición

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
0%	3.00	228.20	76.07	153.69
2%	3.00	241.90	80.63	185.66
3%	3.00	255.10	85.03	154.01
4%	3.00	274.90	91.63	86.10
Tres Tomas	4.00	279.70	69.93	72.73
Josmar	4.00	370.80	92.70	35.75
Huancas	4.00	349.60	87.40	30.97

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	395.62	3.00	131.87	34.82	0.00	4.76
Columns	1136.22	2.00	568.11	150.00	0.00	5.14
Error	22.73	6.00	3.79			
Total	1554.57	11.00				

Fuente: Análisis propio

F, Rows  $(34.83) > F$  crítico $(4.76)$ , rechazamos  $H_0$

F, Columns  $(150) > F$  crítico $(5.14)$ , rechazamos  $H_0$

Por lo tanto si existe evidencia de mejoras en el CBR con la adición de emulsión CSS-1H a las bases granulares de canteras de la región Lambayeque (F Rows). También vemos que el CBR por canteras es diferente (F Columns).

#### 4.4.2 Prueba de Hipotesis para los porcentajes Ensayos Marshall

En la tabla 29 vemos el resumen de valores Marshall en Lb, vamos a realizar el análisis estadístico ANOVA de dos factores para determinar similitudes o diferencias en las medias tanto a nivel de canteras o de porcentajes.

$H_0$  = Las medias son iguales por lo tanto no hay evidencia de mejoras en los Ensayos Marshall con la adición de emulsión CSS-1H a las bases granulares de canteras de la región Lambayeque.

$H_1$  = Las medias son diferentes por lo tanto hay evidencia de mejoras en los Ensayos Marshall con la adición de emulsión CSS-1H a las bases granulares de canteras de la región Lambayeque.

Nivel de significancia

$$Z = 0.05$$

Aceptamos  $H_0$  si  $F < F$  crítico

Rechazamos  $H_0$  si  $F > F$  crítico

Tabla 36. ANOVA de de Ensayo Marshall , de dos factores sin repetición

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
2%	3	4357.47	1452.49	6626.68
3%	3	4991.05	1663.68	18907.39
4%	3	5571.13	1857.04	10057.68
Tres Tomas	3	4639.80	1546.60	39063.64
Josmar	3	5266.80	1755.60	50486.04
Huancas	3	5013.05	1671.02	35712.42

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	245655.481	2.00	122827.74	100.91	0.00	6.94
Columns	66314.7587	2.00	33157.38	27.24	0.00	6.94
Error	4868.7283	4	1217.18208			
Total	316838.968	8				

Fuente: Análisis propio

F, Rows (100.91) > F crítico (6.94), rechazamos  $H_0$

F, Columns (27.24) > F crítico(6.94), rechazamos  $H_0$

Por lo tanto si existe evidencia de mejoras en el Ensayo Marshall, con la adición de emulsión CSS-1H a las bases granulares de las canteras de la región Lambayeque (F Rows). También vemos que el Ensayo Marshall en las canteras es diferente (F Columns) .

#### 4.4.3 Asignar el Valor Coeficiente Estructural $a_1$ (cm)

Tabla 37. Valor de Coeficiente Estructural

<b>Manual de Carreteras Suelos, Geología , Geotécnica y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos</b>	
<b>Base</b>	<b>Valor Coeficiente Estructural <math>a_1</math> (cm)</b>
Base Granular CBR 100% compactada al 100% de la MDS	0.054cm
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500lb)	0.115cm

Fuente: ( Manual de Carreteras Suelos, Geología , Geotécnica y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos, 2014)

La tabla 37, cuyos datos son extraídos del Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos, de la normatividad peruana, nos muestra que una Base Tratada con Asfalto, si es que logra una Estabilidad Marshall de 1500 lb, puede asignarse un  $a_1 = 0.115$  cm . Como vemos en la Figura 10, es lo que obtenemos en con una adición del 3% y 4%, en las tres canteras analizadas, entonces el valor estructural va a ser más del doble que de una Base Granular lo que por ejemplo nos daría la posibilidad de poder diseñar

capas que soporten mayor cantidad de Ejes Equivalentes con menor espesor.  
Como hemos visto en la figura 2.

## V. DISCUSIÓN

Según las tablas 6, 7 Y 8 hemos logaron hacer el diagnostico y analisis de los materiales granulares de las muestras de las canteras : Huancas, Josmar y Tres Tomas. Encontrando que la cantera Josmar y Huancas cumplen con todos ensayos: Ensayo Granulométrico, Limite Liquido, Limite Plástico, Equivalente de Arena y CBR al 100% 0.1". Pero la cantera Tres Tomas no cumple con los ensayos de Índice Plástico (Mínimo 4%) y de CBR (Mínimo 80) (MTC, 2013), pero los resultados son de mejora, lo que tampoco debería descartarse, porque no todos los tipos de construcciones viales necesitan, materiales de calidad de base, esto, está determinado por el índice medio de vehículos diarios.

Luego al analizar el incremento de CBR según vemos en la tabla 21 y figura 6 vemos que existe una relación directa entre la adición de emulsión asfáltica y la mejora de propiedades de los materiales, para esto se puede usar como indicador el California Bearing Ratio o CBR (Oluyemi-Ayibiowu, 2019). El CBR es un ensayo que en forma estándar nos va a permitir determinar la calidad del material respecto a la penetración, lo que nos permitirá determinar la rigidez que se obtiene. Así mismo tambien se hizo el Ensayo Marshall que es otro de los indicadores principales para a poder cumplir la normatividad vigente en cuestión de Bases Granulares con adición de emulsión asfáltica (MTC, 2014).

En el resumen de los Ensayos Marshall tabla 34 y figura 10 vemos que se ha logrado cumplir con la Estabilidad Marshall que se requiere a partir del 3% de adición de emulsión asfáltica, lo que nos otorga en el diseño un numero estructural mayor ( $a_1$ ). Seria de 0.115 cm vs 0.54 cm de una base granular (MTC, 2014).Lo que nos plantea que una capa soportará muchas mayor cantidad de Ejes Equivalentes a partir de la adición de emulsión asfáltica al 3% o 4%. El impacto económico no solo va a ser en el ahorro de material granular, sino también en la aceleración del proceso constructivo y por ende gastos generale, que facilmente puede ser materia de otra investigación. Tomar de referencia los resultados de laboratorio y comparar sus impacto en un proyecto con todas las partidas

implicadas. Analizar el impacto económico no solo ampliará la visión general de estos resultados obtenidos, sino que complementará los resultados obtenidos.

Con más de 3% de emulsión asfáltica se pueden obtener resultados viables (Oluyemi-Ayibiowu, 2019), pero la emulsión asfáltica no es un insumo barato los proyectos se tornan inviables si no se ajustan a un determinado presupuesto. (S. Andavan, B. Maneesh Kumar, 2019).

Finalmente para el diseño de la base granular se ha realizado las pruebas estadísticas con ANOVA al igual que Application of the foamed bitumen and bitumen emulsion to the road base mixes in the deep cold recycling technology del 2016 (Iwanski, y otros, 2016) Y vemos significativa diferencia en las medias, esto nos permite afirmar que, efectivamente, la emulsión CSS 1H mejora las propiedades mecánicas del material granular empleado .

La normatividad peruana en el Manual de Suelos Geología y Pavimentos, nos dice que una Base Granular con asfalto debe alcanzar los 1500 lbs de Estabilidad Marshall, para poder asignarle el factor estructural. Menos de este número no podríamos aceptarlo, y si a eso le sumamos el análisis granulométrico hecho en el material de la presente investigación que nos arroja indicadores altos de plasticidad (IP más del 4 % en la cantera Tres Tomas), no clasificaría como material granular de Calidad de Base (MTC, 2013), sino como material de Calidad de Afirmado . Por lo que los materiales viables para usar serían los proveídos por la cantera Huancas y la cantera Josmar que si cumplen. Es un punto importante de la investigación , poder identificar los materiales , plausibles de uso ya que esto da más posibilidades de uso a los futuros proyectos que se puedan diseñar .

Es por ello que la muestra de las canteras de la región Lambayeque y de la cual se extrae material granular para la capa de base de pavimentos flexibles (Vera, 2015) y con la experiencia de otras investigaciones , se usó la gradación en : 2%,3%,4%. Logrando un diseño de base tratada, a partir de 3% de adición de emulsión CSS-1H, de las canteras: Huancas, Josmar, lo que puede tener un impacto positivo en la estructura de pavimentos flexible. Con esto nos ajustamos al Manual de Geología Geotécnica y Pavimentos, y al MTC EG-2013. Concidiendo con llas conclusiones

de porcentaje de adición de CSS-1H admisibles de “Characterization of Asphalt Treated Base Course Material. 2010”. (Li, y otros, 2010). Así se ha identificado la gradación mínima viable que aprueba la normatividad y poder usarse en el proceso constructivo de diseño de base granular, ya que la ingeniería no solo es tecnología e implementación, sino también el aprovechamiento eficiente de los recursos por eso fue importante determinar la gradación de emulsión asfáltica ya que en los proyectos es importante el impacto económico del mismo (Maneesh, y otros, 2019). Al no reaccionar químicamente, sino ser un aglutinante que potencia las propiedades mecánicas, podemos realizar mejor distribución de cargas en el diseño de la base granular. La emulsión empleada CSS-1H, es una de las más comerciales y usadas en la costa peruana debido a que trabaja con el cemento asfáltico de alta viscosidad y debido a sus propiedades puede usarse a menos de 3500 m.s.n.m. Al tener en buena medida agua es fácilmente manipulable en el proceso constructivo, en el transporte y almacenaje del mismo. No tiene químicos, peligrosos ni se debe usar a altas temperaturas para realizar la mezcla, lo que en el factor de seguridad puede ser una gran alternativa, además de lo fácil de manejar por lo que no se tienen que usar máquinas especiales para el proceso constructivo. Esto es muy importante de considerar porque puede significar costos en diversas partidas no solo de construcción sino también de seguridad, lo que generaría un impacto positivo hacia la adopción de esta tecnología.

En la presente investigación se han realizado estudios en las canteras: Huancas, Josmar y Tres Tomas, pero debemos tener en cuenta que es necesario mapear cada una de las canteras en una región, que hay muchas más, obviamente. Ya que los diversos proyectos tienen diferentes impactos de acuerdo a la logística empleada. Cabe resaltar que la extracción de materiales de lugares más cercanos puede tener un impacto significativo, por ello, el uso de materiales que pueden mejorarse sus propiedades

Un estudio exhaustivo de las mismas en futuros trabajos, logrará catalogar el comportamiento de los diversos materiales, con esta tecnología (mejoramiento con emulsión asfáltica CSS-1H) que permitiría usarlos en los diversos proyectos de la región.

Para finalizar la discusión podemos resumir que el estudio de las canteras se ha centrado en el análisis de las propiedades físicas y sus mejoras que se han comprobado si afectan positivamente. La constatación estadística, también nos ha permitido, ver la significación de las muestras, demostrando que son comparaciones validas, y que es totalmente relevante la adición de emulsión CSS-1H, a las bases granulares, y notando que son solo tres canteras de las múltiples canteras que tenemos en a la región, lo que abre las posibilidades de mejora de los procesos constructivos.

## VI. CONCLUSIONES

- El material granular que se analizó se ajusta mucho mejor a la calidad de bases granulares son de las canteras Huancas y Josmar, ya que de la cantera Tres Tomas, no cumple con el índice IP y el CBR al 100% 0.1” .
- Los ensayos CBR muestran una mejora progresiva y significativa con la adición de emulsión asfáltica CSS-1H y sigue subiendo conforme se aumenta la proporción.
- Los Ensayos Marshall también muestran una mejora progresiva y significativa pero es a partir del 3% que logra cumplirse las 1500 lb que el Manual de Geología Geotecnia y Pavimento norma, para poder asignarle un Numero Estructural(a1) que dobla al de una Base Granular CBR 100% compactada al 100% de la MDS .
- Se concluyó que el porcentaje de diseño óptimo para esta investigación es a partir del 3% de las canteras Josmar y Huancas, logrando obtener un Numero Estructural (a1 ) de 0.115cm .

## VII. RECOMENDACIONES

- Este estudio se ha centrado en analizar solo tres canteras de la región Lambayeque, pero realizar los mismos pasos para analizar canteras diferentes generarán nuevo conocimiento y ayudarán a tener un registro del potencial uso de bases con adición de emulsión CSS-1H. Ya que los diversos proyectos en la región Lambayeque, en diferentes puntos, se encontrarán a distancias significativas que podrían tener impacto en los costes logísticos.
- Se ha logrado ver un incremento del CBR conforme se aumenta el porcentaje de emulsión CSS-1H, pero debemos tener en cuenta que si sigue esta tendencia y aumentamos con proporciones mayores (5%,6%), podemos encontrarnos con mezclas demasiado costosas y además demasiado rígidas.
- El Ensayo Marshall nos muestra que a partir del 3% logramos cumplir, según la normatividad, la asignación del Número Estructural (a1), pero para diseño en proyectos se debe dejar una holgura , creo como investigador que una proporción a partir del 3.5% será satisfactorio .
- Se debe resaltar que el Manual de Geología Geotecnia y Pavimento del MTC, invita a realizar las investigaciones de diseño correspondientes a los Ingenieros Proyectistas para lograr mejores asignaciones de recursos.

## REFERENCIAS

SANCHEZ, N. 2011. El modelo de gestión y su incidencia en la provisión de los servicios de agua potable y alcantarillado en la municipalidad de tena. Ambato,ecuador : s.n., 2011.

MTC. 2013. Manual de Carreteras. Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. EG-2013. 2013.

GROUP, Wirtgen. 2012. Wirtgen Cold Recycling Technology. 2012.

VERA, J. 2015. Mejoramiento con emulsiones asfálticas de bases granulares, para pavimento en la región Lambayeque. 2015.

OLUYEMI-AYIBIOWU, B. 2019. Stabilization of lateric soils with asphalt-emulsion. 2019.

MANEESH, B. y Andavan, S. 2019. Case study on soil stabilization by using bitumen emulsions. 2019.

IWANSKI, M. y Chomicz-Kowalska, A. 2016. Application of the foamed bitumen and bitumen emulsion to the road base mixes in the deep cold recycling technology. 2016.

FRANCOIS, A., Ali, A. y Mehat, Y. 2017. Evaluating the impact of different types of stabilised bases on the overall performance of flexible pavements para la International Journal of Pavement Engineering. 2017.

CAPARO, E. 2015. Estabilización de Suelos con Emulsión Asfáltica In Situ en la Av. Prolongación Andrés Avelino Cáceres, Análisis Comparativo. 2015.

KAMRAN, F., y otros. 2021. Performance Evaluation of Stabilized Base Course using Asphalt Emulsion and Asphaltenes Derived from Alberta Oil Sands. 2021.

DANTAS, S., Farias, C. y Abreu, A. 2020. Stabilization of sandy soil with high content of asphalt emulsion. 2020.

SANCHEZ, J., Shoji, N. y Lazo, G. 2018. Stabilization of Pavement Granular Layer using Foamed and Emulsified Asphalt under Critical Low Temperature Conditions. 2018.

MURCIA, C. y Fonseca, I. 2017. Evaluación del índice de CBR de un suelo areno limoso con adición de emulsión asfáltica de rompimiento lento y tirillas de polisombra. 2017.

ZAMBRANO, I. , Alonso, A. y Tejeda, E. 2020. Materiales granulares mejorados con emulsión asfáltica catiónica para subbases de pavimentos. 2020.

NANTHAVISIT, P., Jitsangiam, P. y Pichayapan, P. 2019. Influence of cement and asphalt emulsion ratios on cement-asphalt emulsion mortar. 2019.

BAGHINI, M., Ismail, A. y Bin Karim, M. 2015. Evaluation of cement-treated mixtures with slow setting bitumen emulsion as base course material for road pavements. 2015.

CUBAS, V. y Quiroz, A. Influencia de la estabilización con 1.5%, 3.0%, 4.5% y 6.0% de emulsión asfáltica en las propiedades de un material afirmado para el diseño de la vía el Pallar – Shalar, La Libertad.

STOLLE, D., Guo, P. y Emery, J. 2014. Mechanical properties of reclaimed asphalt pavement—natural aggregate blends for granular base. 2014.

LI, P. y Liu, J. 2010. Characterization of Asphalt Treated Base Course Material. 2010.

BERTHELOT, C., y otros. Field investigation of granular base rehabilitation project incorporating a woven geotextile separation layer, sand, and cement stabilization.

CONG, L. 2014. High performance granular base and subbase materials incorporating reclaimed asphalt concrete pavement. 2014.

ROSERO, F. 2013. Bases estabilizadas con Emulsión Asfáltica para pavimentos (Aplicación calle Nogales Parroquia Nayon L=1.0 Km). 2013.

ALMEIDA, F. y Sanchez, E. 2011. Estabilización de suelos con el uso de emulsiones asfálticas catiónicas de rotura lenta. Caso de estudio vía las Mercedes - Puerto Nuevo, provincia de Santo Domingo de los Tsachilas. 2011.

TORRE, M. 2018. Evaluación del diseño de pavimentos estabilizados con emulsión asfáltica y cemento portland para el proyecto de conservación vial Puno Tacna tramo Tarata –Capazo –Mazocruz. 2018.

GALARRETA, W. y Llenque, S. 2019. Influencia de la adición de emulsión asfáltica en la estabilidad de los suelos del centro poblado de Villa Hermosa en el distrito La Esperanza. 2019.

HAMMER, C. 2018. Optimización de espesores de pavimentos utilizando emulsión asfáltica, caso de estudio: vía de ingreso a la Universidad Peruana Unión - filial Juliaca. 2018.

BOTIA, W. 2015. Functional and cost- benefits of geosynthetics as subgrade reinforcement in the design of flexible pavement. 2015.

SANDOVAL-VALLEJO, E. y Rivera-Mena, W. 2019. Correlación del CBR con la resistencia a la compresión confinada. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. 2019.

DE LEON, J., De Leon, D. y Esparza, A. 2015. Consideraciones, procedimientos y conceptos para la realización de un proyecto geométrico de carreteras. Cultura Científica y Tecnológica. 2015.

Chien-Wei, H., Tsung-Han , Y. y Guan-Bo, L. 2020. The Evaluation of Short- and Long-Term Performance of Cold-Mix Asphalt Patching Materials. 2020.

Mundaca, P. 2017. Diseño de un Sistema de Gestión de Seguridad Y Salud Ocupacional para Minimizar Accidentes Laborales en la Cantera Josmar – Empresa Mabeisa Sac - Ferreñafe. 2017.

Takamura, K. y James, A. 2015. Advances in Asphalt Materials. 2015.

Vera, J. 2015. Mejoramiento con Emulsiones Asfálticas de Bases Granulares, para pavimento en la región Lambayeque. Lambayeque. 2015.

MTC. 2014. Manula de Carreteras , Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014.

Guevara, J. y Salazar, L. 2021. Comparación técnica y económica de base granular estabilizada con cemento Portland Tipo I y Emulsión Asfáltica para el camino de bajo volumen de transito de la Ruta Li-113, distrito de Charat, Usquil, Huaranchal, Otuzco, La Libertad. 2021.

## ANEXOS

### ANEXO 01: Matriz de Operacionalización de Variables

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de Variables, Variables Independiente

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimension	Indicador	Escala de medición
Diseño de Base Granular Diseño de Base Granular V. <i>Independiente</i>	Es la dosificación del material granular(más un mejorador de propiedades o no) mezcla arena y piedra que sirve para elaborar la capa de la estructura de un Pavimento Flexible , denominado base granular . (MTC, 2013)	Se adicionara CSS 1H al material granular de las canteras como un aditivo mejorador de sus propiedades mecánicas	Análisis Granulométrico	Tipo de suelo	NOMINAL
			Indice Líquido	IL	RAZÓN
			Indice Plástico	IP	RAZÓN
			Equivalente de Arena	Porcentaje	RAZÓN
			CBR	2%, 3%, 4%	RAZON:
			Ensayo Marshall	2%, 3%, 4%	RAZON:

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2. Matriz de Operacionalización de Variables, Variables Dependiente

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimension</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala de medición</b>
Emulsión CSS 1H <i>V.Ddependiente</i>	La emulsión CSS-1H es una dispersión de cemento asfaltico en agua con un porcentaje mínimo de aditivos químicos. (Vera, 2015)	Analizaremos el porcentaje de emulsión y el incremento en capacidad portante	Cantidad de CSS-1H (% Dosificación) x(peso)	2%, 3%, 4%	RAZON:

Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO 2: Matriz de Consistencia

Tabla 1. Matriz de Consistencia Variable independiente

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS
¿Qué efecto tiene al diseñar la base granular, la emulsión CSS-1H en una base granular con material de canteras de la región Lambayeque?	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	La hipótesis planteada es que se puede diseñar una base tratada con emulsión CSS-1H usando material granular de las canteras de la región Lambayeque .	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>De acuerdo al fin que persigue:</b>	La población está compuesta por 63 bricketas para los ensayos de CBR y Marshall y muestra patrón.	La presente investigación se centra en la observación y acumulación de datos respecto a las variaciones de las muestras, además, en forma controlada, realizaremos similares ensayos para medir sus variaciones.	Para el análisis de la muestra patrón se tomará material de base granular de cada cantera . Para el Análisis de CBR se tendrán 12 bricketas con 0%( muestra patrón), 2%,3% y 4%, de adición respectivamente. Para el análisis de Ensayo Marshall se usarán 9 bricketas, con 2%,3% y 4%, de adición respectivamente.
	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		Variable Independiente: Diseño de Base Granular	<b>De acuerdo a la técnica de contrastación:</b>			
	-Diagnosticar la calidad de materiales obtenidos de tres canteras de la			Estudio Experimental – Puro,			

	<p>región Lambayeque .</p> <p>-Realizar pruebas de CBR con el 2,% 3% y 4% de proporción de emulsión CSS1H.</p> <p>-Realizar el ensayo Marshall con el 2,% 3% y 4% de proporción de emulsión CSS1H.</p> <p>Diseñar el óptimo contenido de emulsión CSS-1H en la base granular.</p>			<p><b>De acuerdo al régimen de investigación:</b></p> <p>Investigación Libre.</p>			
--	---	--	--	---	--	--	--

Fuente: Elaboración Propia

### ANEXO 3: Instrumentos de Recolección de Datos.

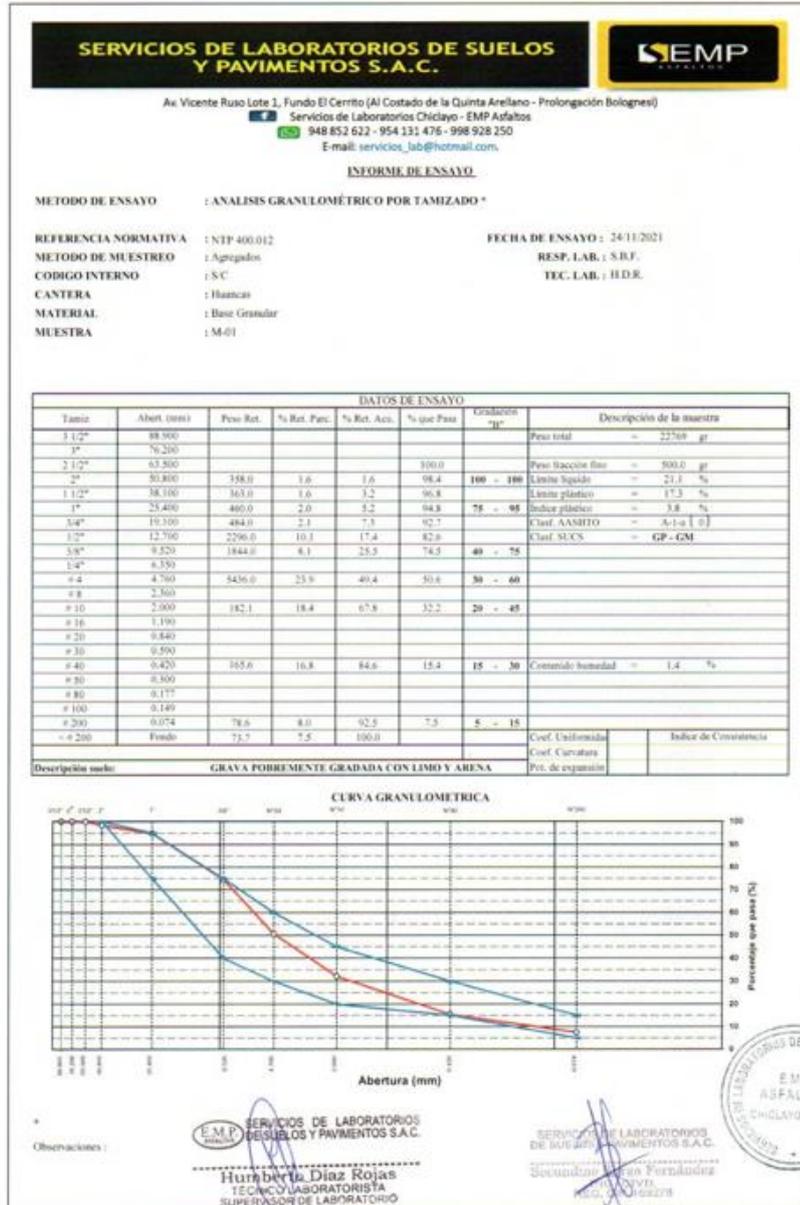
Tabla 1. Instrumentos de Recolección de Datos.

INDICADOR	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Tipo de suelo Índice líquido Índice plástico Porcentaje Porcentaje 2%,3%,4% Índice Marshall	Estudios laboratorio	- Formato para los ensayos necesarios de Laboratorio:  1. Análisis granulométrico 2. Índice plástico 3. Índice líquido 4. Coeficiente CBR 5. Índice Marshall

Fuente: Elaboración propia

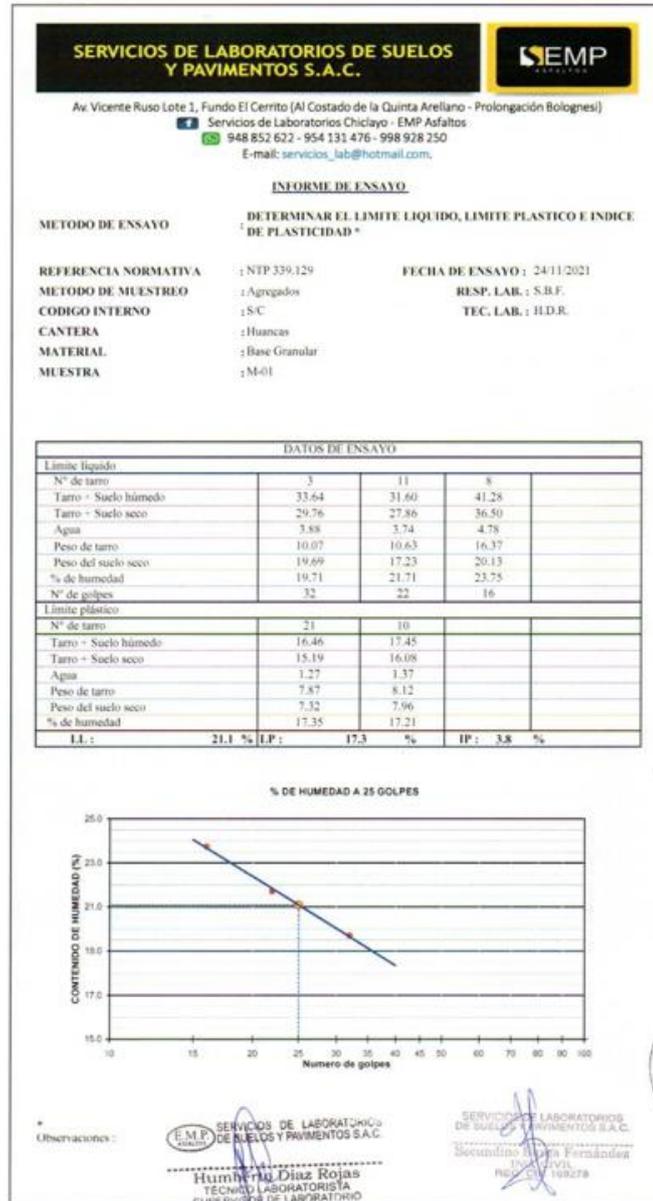
# ANEXO 4: Validez y Confiabilidad de los Instrumentos de Recolección de Datos

Figura 1. Análisis granulométrico por tamizado, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 2. Determinación del limite liquido, limite plástico e índice de plasticidad Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 3. Ensayo de abrasión, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.



**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : ENSAYO DE ABRASION ( MAQUINA DE LOS ANGELES )

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 400.019

**METODO DE MUESTREO** : Agregados

**CODIGO INTERNO** : S-C

**CANTERA** : Huancas

**MATERIAL** : Base Granular

**MUESTRA** : M-01

**FECHA DE ENSAYO** : 24/11/2021

**RESP. LAB.** : S.B.F.

**TEC. LAB.** : H.D.R.

**DATOS DEL ENSAYO**

Tamiz		A	B	C	D
Pasa	Retiene				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"	1250			
1"	3/4"	1250			
3/4"	1/2"	1250			
1/2"	3/8"	1250			
3/8"	1/4"				
1/4"	Nº4				
Nº4	Nº8				
Peso total		5000			
Peso retenido tamiz Nº12		3505			
Pérdida después del ensayo		1495			
Nº de esferas		12			
Peso de las esferas		4944			
Tiempo de rotación (m)		15			
Porcentaje de desgaste (%)		29.9			

Observaciones :



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Humberto Díaz Rojas

TECNICO LABORATORISTA

SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundaria de Ingeniería Permisión de Ejercicio

CIVIL

Nº SUP. 100278



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 4. Equivalente de arena , Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.



INFORME DE ENSAYO

**METODO DE ENSAYO** : EQUIVALENTE DE ARENA

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 339.146, MTC E 114

**METODO DE MUESTREO** : Agregados

**CODIGO INTERNO** : S.C

**CANTERA** : Huancas

**MATERIAL** : Base Granular

**MUESTRA** : M-01

**FECHA DE ENSAYO** : 24/11/2021

**RESP. LAB.** : S.B.F.

**TEC. LAB.** : H.D.R.

DATOS DEL ENSAYO				
Muestra	01	02	03	
Hora de entrada	11:35	11:37	11:39	
Hora de salida	11:45	11:47	11:49	
Hora de entrada	11:47	11:49	11:51	
Hora de salida	12:07	12:09	12:11	
Altura de nivel Material fino (A)	8.4	8.3	8.2	
Altura de nivel Arena (B)	2.9	2.8	2.7	
Equivalente de arena (B x 100/A)	34.5%	33.7%	32.9%	
Promedio		34%		

Observaciones :



**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

**Humberto Diaz Rojas**  
TECNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO



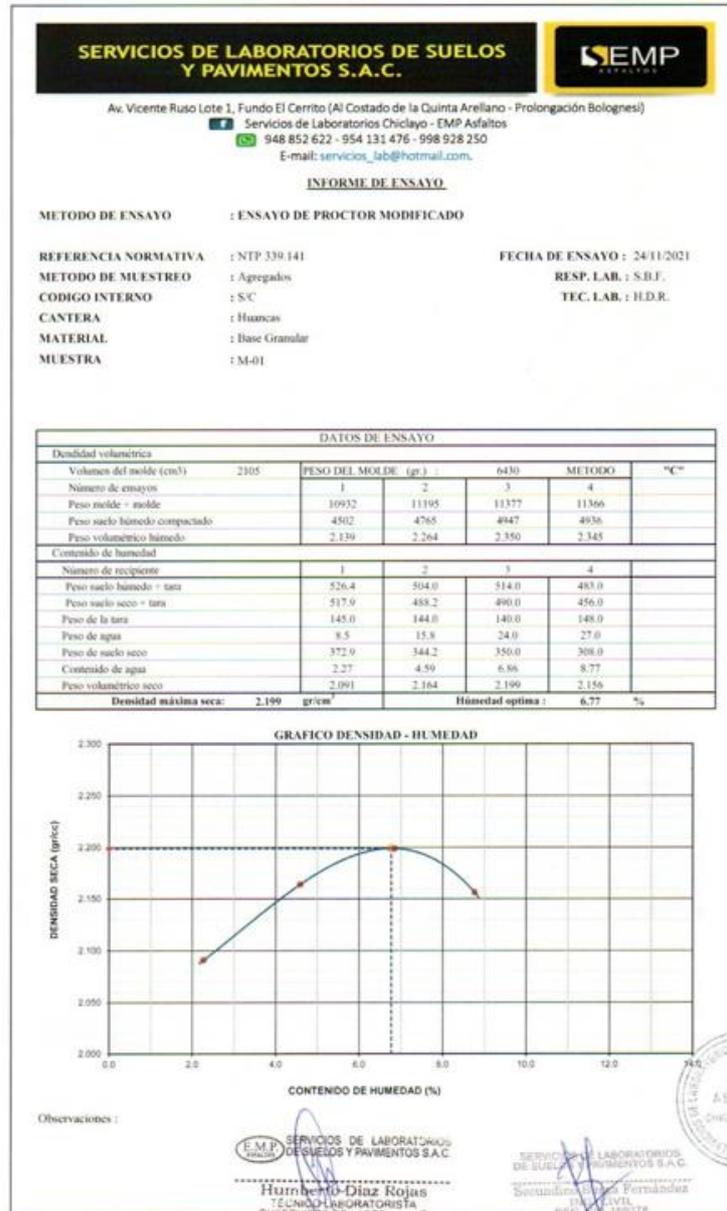
**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

**Humberto Diaz Rojas**  
TECNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

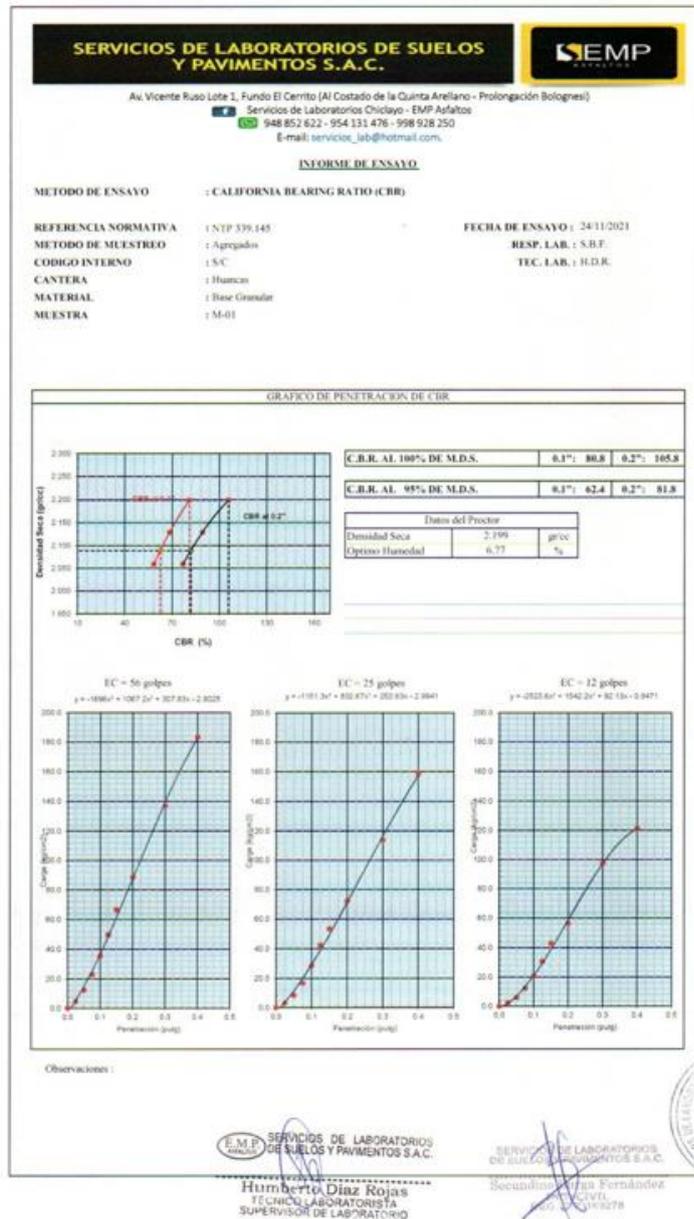
Figura 5. Ensayo de proctor modificado , Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

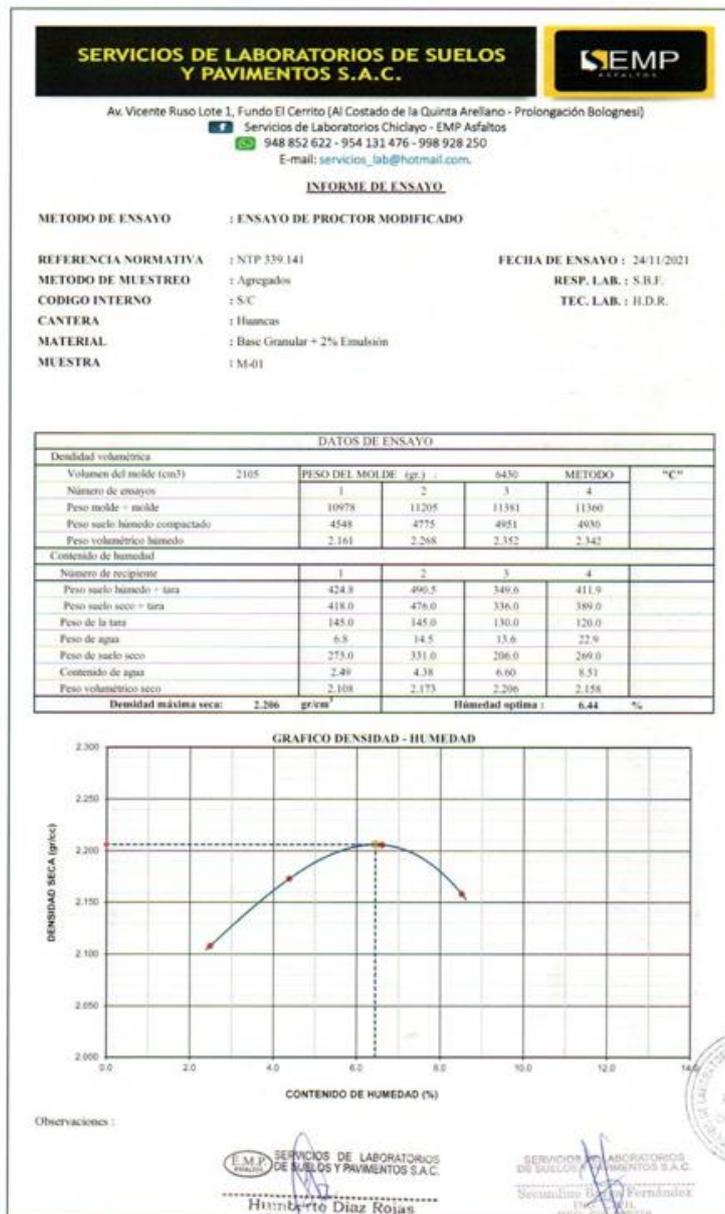


Figura 7. California bearing ratio, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 8. Ensayo de proctor modificado, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 9. California bearing ratio, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

**SEMP**

Av. Vicente Razo Lote 3, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO :** CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

**REFERENCIA NORMATIVA :** NTP 339.145  
**METODO DE MUESTREO :** Agregados  
**CODIGO INTERNO :** S-C  
**CANTERA :** Huanca  
**MATERIAL :** Base Granulada + 2% Emulsión  
**MUESTRA :** M-01

**FECHA DE ENSAYO :** 24/11/2021  
**RESP. LAB. :** S.B.F.  
**TEC. LAB. :** H.D.R.

DATOS DE ENSAYO											
<b>Densidad volumétrica</b>											
N° de molde	3		4		20						
N° capas	5		3		3						
Golpes por capa N°	20		25		12						
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado					
Peso molde + suelo húmedo	13096	13126	12790	12742	11710	11944					
Peso de molde	8125	8125	7844	7844	7071	7071					
Peso de suelo húmedo	4971	5001	4746	4898	4639	4873					
Volumen del molde	2114	2114	2086	2086	2106	2106					
Densidad húmeda	2.331	2.380	2.279	2.348	2.260	2.314					
% de humedad	6.58	8.34	6.51	10.77	6.64	12.47					
Densidad seca	2.200	2.197	2.136	2.127	2.086	2.067					
<b>Contenido de humedad</b>											
N° de tarro	-		-		-						
Tarro + suelo húmedo	542.2	542.2	560.9	560.9	600.0	600.0					
Tarro + suelo seco	518.0	512.0	535.5	522.3	572.0	550.1					
Peso de agua	24.2	30.2	25.4	38.6	28.0	49.9					
Peso de tarro	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0					
Peso del suelo seco	368.0	362.0	385.5	372.3	422.0	400.1					
% de humedad	6.58	8.34	6.51	10.77	6.64	12.47					
<b>Expansión</b>											
Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											
<b>Penetración</b>											
Penetración mm	Carga Stand. kg/cm2	Molde N° 3			Molde N° 4			Molde N° 20			
		Carga	Corrección	%	Carga	Corrección	%	Carga	Corrección	%	
0.000		0.0	0		0.0	0		0.0	0		
0.025		68.8	5		83.8	4		82.8	3		
0.050		248.7	13		348.8	8		302.3	5		
0.075		508.8	20		560.6	15		546.7	6		
0.100	70.3	648.7	33	60.2	85.7	42.2	21	45.6	64.9	22.5	
0.125		968.8	49		1021.1	32		1011.1	24	39.4	
0.150		1321.8	67		1373.8	44		1322.8	30		
0.200	105.3	1738.8	90	117.5	111.4	131.4	65	87.2	82.7	981.8	
0.300		2781.3	140		3032.4	99		3061.3	89		
0.400		3988.4	172		4081.9	136		4241.8	114		
0.500											

Observaciones :



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

**Humberto Díaz Rojas**  
 TÉCNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

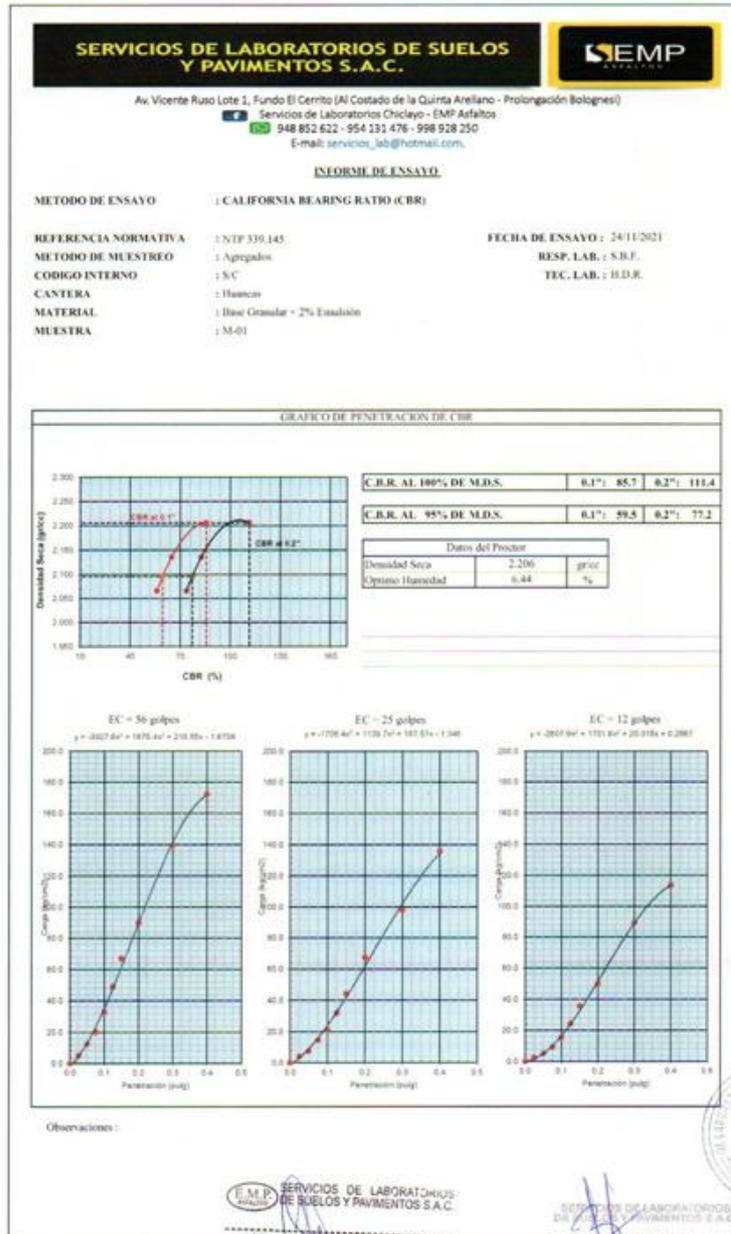


SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

**Ing. J. P. C. CIVIL**  
 N° 199278

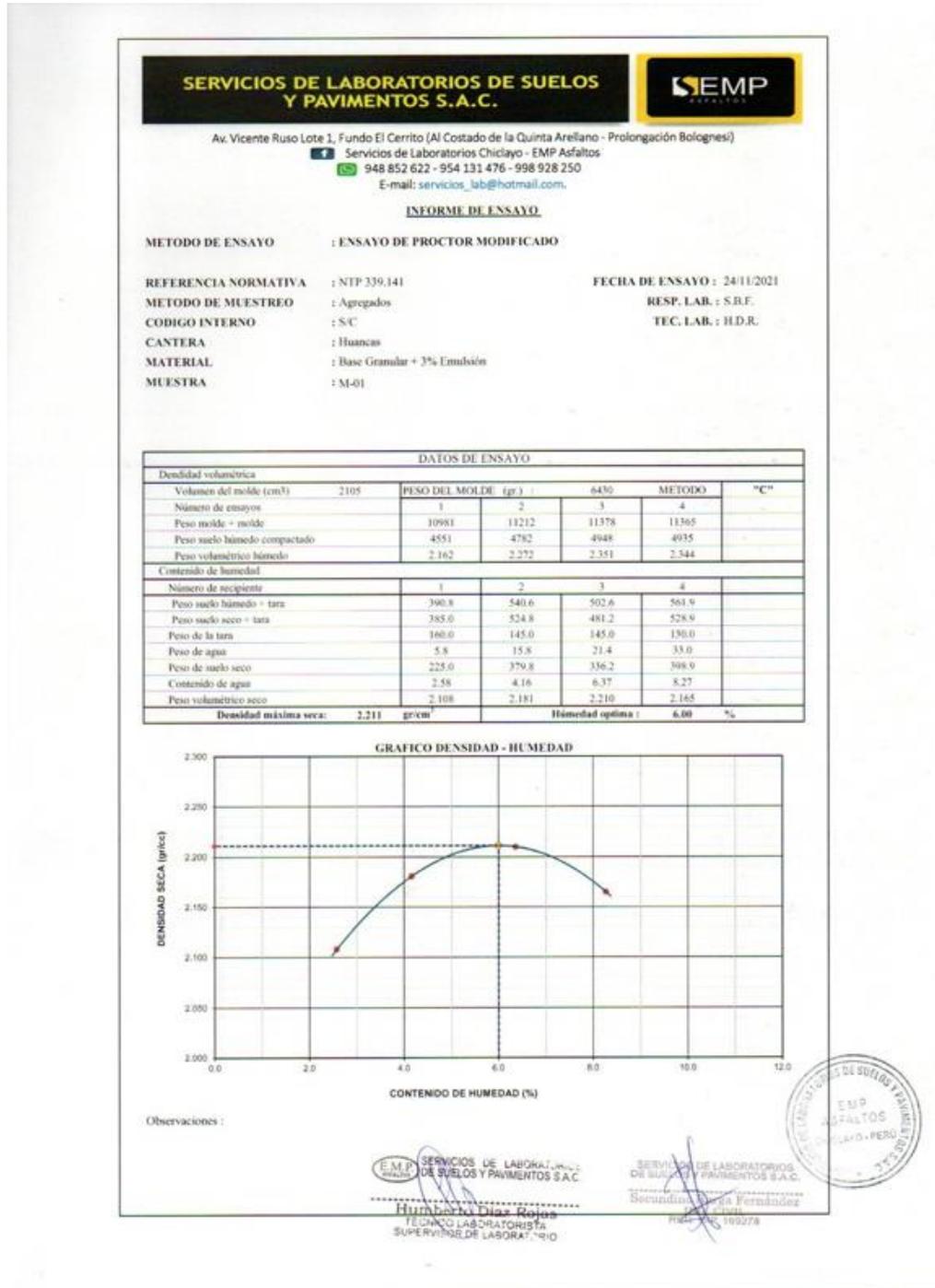
Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 10. California bearing ratio, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 11. Ensayo de proctor modificado, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 12. California bearing ratio, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Riso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

**EMP**

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 339.145  
**METODO DE MUESTREO** : Agregados  
**CODIGO INTERNO** : S.C  
**CANTERA** : Huancayo  
**MATERIAL** : Base Granular + 3% Emulsión  
**MUESTRA** : (M-0)

**FECHA DE ENSAYO** : 24/11/2021  
**RESP. LAB.** : S.B.F.  
**TEC. LAB.** : J.L.D.R.

DATOS DE ENSAYO											
<b>Densidad volumétrica</b>											
N° de molde	2		3		11						
N° capas	5		5		5						
Golpes por capa N°	56		25		12						
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado					
Peso molde + suelo húmedo	12998	13081	12823	12900	12992	13248					
Peso de molde	8053	8055	8031	8031	8299	8299					
Peso de suelo húmedo	4945	5026	4792	4869	4693	4949					
Volumen del molde	2108	2108	2110	2110	2134	2134					
Densidad húmeda	2.346	2.385	2.271	2.350	2.199	2.319					
% de humedad	8.33	8.29	6.06	10.32	6.17	12.48					
Densidad seca	2.211	2.202	2.141	2.130	2.071	2.062					
<b>Contenido de humedad</b>											
N° de tarro	-	-	-	-	-	-					
Tarro + suelo húmedo	381.1	381.3	370.5	370.5	401.1	401.1					
Tarro + suelo seco	356.0	347.7	346.2	336.7	471.0	482.7					
Peso de agua	25.1	33.4	24.3	33.8	20.1	30.4					
Peso de tarro	145.0	145.0	145.0	145.0	145.0	145.0					
Peso del suelo seco	401.0	402.7	401.2	383.7	326.0	367.7					
% de humedad	6.33	8.29	6.06	10.32	6.17	12.48					
<b>Expansión</b>											
Fecha	Hora	Tiempo Hs.	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											
<b>Penetración</b>											
Penetración mm	Carga Stand. kg/cm2	Molde N° 2			Molde N° 3			Molde N° 11			
		Carga	Corrección	%	Carga	Corrección	%	Carga	Corrección	%	
0.000	0.0	0			0.0	0			0.0	0	
0.025	10.0	3			10.0	3			10.0	3	
0.050	20.0	13			20.0	9			20.0	7	
0.075	40.0	21			39.0	17			39.0	14	
0.100	70.0	33	62.8	39.1	69.0	27	53.9	76.6	49.0	24	47.2
0.125	100.0	40			99.0	38			97.0	34	
0.150	130.0	47			127.0	44			125.0	40	
0.200	180.0	53	122.1	113.8	173.0	50	102.8	97.5	139.0	51	88.8
0.300	280.0	64			269.0	61			263.0	60	
0.400	360.0	71			350.0	68			341.0	67	
0.500	450.0	77			430.0	74			419.0	72	

Observaciones:

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

**Humberto Díaz Rojas**  
TÉCNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

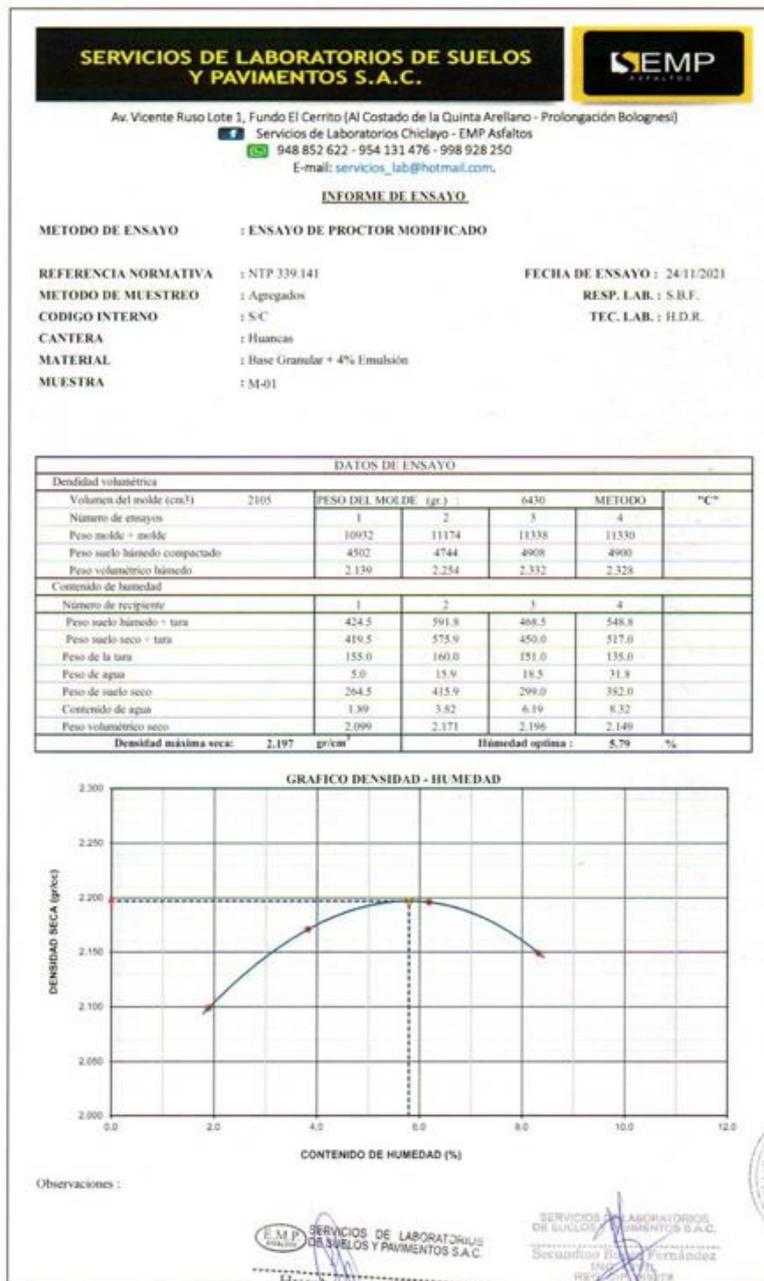
SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

**Sebastián Cordero Fernández**  
TÉCNICO LABORATORISTA

Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC



Figura 13. Ensayo de proctor modificado, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 14. California bearing ratio, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Riso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

**EMP**

INFORME DE ENSAYO

**METODO DE ENSAYO** : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 339.145  
**METODO DE MUESTREO** : Agregados  
**CODIGO INTERNO** : S/C  
**CANTERA** : Huanca  
**MATERIAL** : Base Granular + 4% Emulsión  
**MUESTRA** : M-01

**FECHA DE ENSAYO** : 24/11/2021  
**RESP. LAB.** : S.B.F.  
**TEC. LAB.** : H.D.R.

DATOS DE ENSAYO													
<b>Densidad volumétrica</b>													
N° de molde	18		30		8								
N° capa	5		5		5								
Golpes por capa N°	36		25		12								
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado							
Peso molde + suelo húmedo	12918	12979	12649	12812	12558	12766							
Peso de molde	7971	7971	7910	7910	7979	7979							
Peso de suelo húmedo	4947	5007	4739	4902	4580	4789							
Volumen del molde	2127	2127	2109	2109	2105	2105							
Densidad húmeda	2.326	2.354	2.247	2.324	2.176	2.275							
% de humedad	5.89	7.67	5.62	9.93	5.77	11.31							
Densidad seca	2.197	2.186	2.127	2.116	2.057	2.044							
<b>Contenido de humedad</b>													
N° de tarro	-		-		-								
Tarro + suelo húmedo	516.6	519.6	462.2	462.2	430.6	430.6							
Tarro + suelo seco	496.2	490.5	445.6	434.2	415.3	402.1							
Peso de agua	20.4	29.1	16.6	28.0	15.3	28.5							
Peso de tarro	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0							
Peso del suelo seco	346.2	340.5	295.6	284.2	265.3	252.1							
% de humedad	5.89	7.67	5.62	9.93	5.77	11.31							
<b>Expansión</b>													
Fecha	Hora	Tempo	Expansión			Expansión			Expansión				
		Hr.	Días	mm	%	Días	mm	%	Días	mm	%		
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>Penetración</b>													
Penetración mm	Carga Stand. kg/cm2	Molde N° 18				Molde N° 30				Molde N° 8			
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección				
0.050	0.0	0		0.0	0		0.0	0		0.0	0		
0.025	92.8	3		87.4	4		83.8	3		80.2	3		
0.050	294.3	13		260.2	8		247.2	7		234.2	6		
0.075	468.9	24		430.8	14		403.8	9		377.2	9		
0.100	703.3	36	66.3	64.0	472.8	24	52.5	54.7	302.8	15	42.4		
0.125	887.9	50			796.8	36			472.8	24			
0.150	1342.5	65			965.8	51			732.3	37			
0.200	1954.5	103	126.6	120.0	1502.2	76	98.3	93.2	1134.8	58	76.7		
0.300	2842.5	144			2113.0	107			1592.2	86			
0.400	3512.6	178			2761.9	140			2023.8	103			

Observaciones :



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Humberto Díaz Rojas  
SUPERVISOR DE LABORATORIO



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

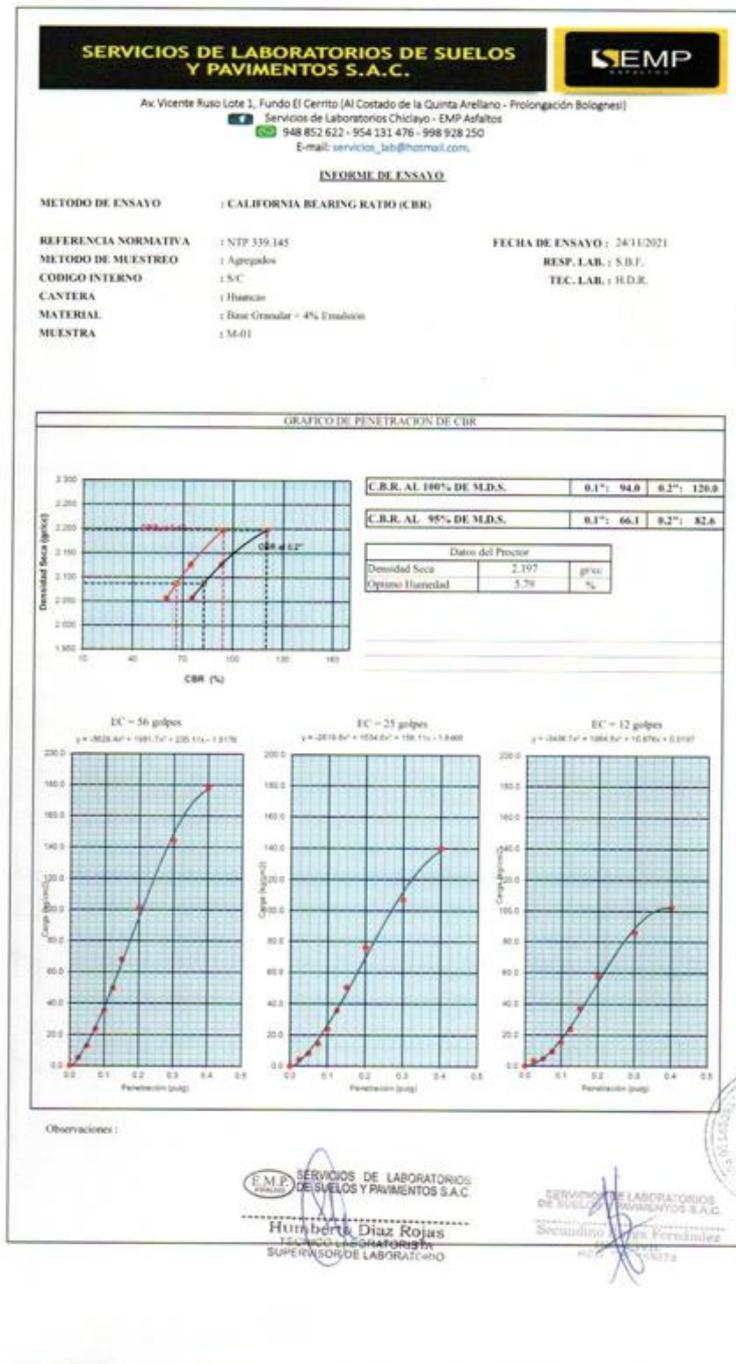
Secundino Vega Fernández  
ING. CIVIL



EMP ASALTOS  
CHICLAYO - PERU

Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 15. California bearing ratio, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 15. Ensayo marshall , 2% de emulsión asfáltica, Chiclayo 2021

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.		EMP ASPALTO				
Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)						
Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos						
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250						
E-mail: servicios_lab@hotmail.com						
<b>ENSAYO MARSHALL</b> (MTC E-504, ASTM D-1559)						
PROYECTO :				RESP. LAB. : S.B.F.		
DESCRIPCIÓN :				TÉC. LAB. : C.A.D.S.		
MATERIAL : Base Granular + 2% Emulsión				FECHA : 25/11/2021		
PROCEDENCIA :						
SOLICITANTE :						
<b>DISEÑO MAC-02</b>						
<b>DATOS DEL ENSAYO</b>						
Briquetas	N°	1	2	3	Promedio	Especific.
1 Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	2.00	2.00	2.00	2.00	
2 Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	40.55	40.55	40.55		
3 Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	57.45	57.45	57.45		
4 Filler en peso de la mezcla	%					
5 Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.021	1.021	1.021		
6 Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.675	2.675	2.675		
7 Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.594	2.594	2.594		
8 Peso específico del filler - aparente	gr/cc					
9 Peso de la briqueta al aire	gr	1225.6	1231.2	1226.6		
10 Peso de la briqueta al aire sup. Seca	gr	1231.5	1236.9	1234.5		
11 Peso de la briqueta en agua	gr	690.0	693.0	692.0		
12 Volumen de briqueta (10-11)	c.c.	541.5	543.9	542.5		
13 Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14 Volumen de la parafina (13-Pe.parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (12-14)	c.c.	541.5	543.9	542.5		
16 Peso específico Bulk de la briqueta (9/15)	gr/cc	2.263	2.264	2.261	2.263	
17 Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/cc	2.428	2.428	2.428		
18 Vacíos (17-16)*100/17	%	6.8	6.8	6.9	6.8	
19 Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/(2.6)+(3.7)+(4.8)	gr/cc	2.627	2.627	2.627		
20 V.M.A. 100*(2+3+4)/(16/19)	%	15.6	15.6	15.7	15.6	
21 Vacíos llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	56.4	56.5	56.1	56.3	
22 Peso específico del agregado total (2+3+4)/(100/17)-(1/5)	gr/cc	2.498	2.498	2.498		
23 Cemento asfáltico absorbido por el agregado tota (100*5*(22-19)/(22*19)	%	-2.00	-2.00	-2.00		
24 Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	3.96	3.96	3.96		
25 Flujo	mm	2.03	2.03	2.29	2.12	
26 Estabilidad sin corregir	kg	675.8	676.3	674.5		
27 Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00		
28 Estabilidad corregida	kg	676	676	675	676	
29 Estabilidad - Flujo	kg/cm	3326	3328	2951	3202	
<b>Observaciones :</b>						

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Hiramerto Díaz Rojas  
 TÉCNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 25/11/2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 16. Ensayo marshall , 3% de emulsión asfáltica, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.



**ENSAYO MARSHALL**

(MTC E-504, ASTM D-1559)

**PROYECTO :**

**DESCRIPCIÓN :**

**MATERIAL :** Base Granular + 3% Emulsión

**PROCEDENCIA :**

**SOLICITANTE :**

**RESP. LAB. :** S.B.F.  
**TÉC. LAB. :** C.A.D.S.  
**FECHA :** 25/11/2021

**DISEÑO MAC-02**

**DATOS DEL ENSAYO**

Bríquetas	N°	1	2	3	Promedio	Específic.	
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	3.00	3.00	3.00	3.00	
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	40.14	40.14	40.14		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	56.86	56.86	56.86		
4	Filler en peso de la mezcla	%					
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/ce	1.021	1.021	1.021		
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/ce	2.675	2.675	2.675		
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/ce	2.594	2.594	2.594		
8	Peso específico del filler - aparente	gr/ce					
9	Peso de la briqueta al aire.	gr	1216.5	1215.5	1213.3		
10	Peso de la briqueta al aire sup. Seca	gr	1222.3	1221.3	1220.5		
11	Peso de la briqueta en agua	gr	689.5	690.0	690.0		
12	Volumen de briqueta (10-11)	c.c.	532.8	531.3	530.5		
13	Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14	Volumen de la parafina (13/Pe,parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (12-14)	c.c.	532.8	531.3	530.5		
16	Peso específico Bulk de la briqueta (9/15)	gr/ce	2.283	2.288	2.287	2.286	
17	Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/ce	2.432	2.432	2.432		
18	Vacios (17-16)*100/17	%	6.1	5.9	6.0	6.0	
19	Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/((2/8)+(3/7)+(4/8))	gr/ce	2.627	2.627	2.627		
20	V.M.A. 100*(2+3+4)/(16/19)	%	15.7	15.5	15.5	15.6	
21	Vacios llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	61.0	61.8	61.7	61.5	
22	Peso específico del agregado total (2+3+4)/((100/17)+(1/5))	gr/ce	2.541	2.541	2.541		
23	Cemento asfáltico absorbido por el agregado tota (100*5*(22-19))/22*19	%	-1.32	-1.32	-1.32		
24	Cemento asfáltico efectivo 1-23*(2+3+4)/100	%	4.28	4.28	4.28		
25	Flujo	mm	2.03	2.03	2.29	2.12	
26	Estabilidad sin corregir	kg	751.5	754.5	760		
27	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00		
28	Estabilidad corregida	kg	752	755	760	755	
29	Estabilidad - Flujo	kg/cm	3698	3713	3325	3579	

**Observaciones :**



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Humberto Díaz Rojas  
INGENIERO CIVIL  
SUPERVISOR DE LABORATORIO



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino J. Fernández  
INGENIERO CIVIL  
095378



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

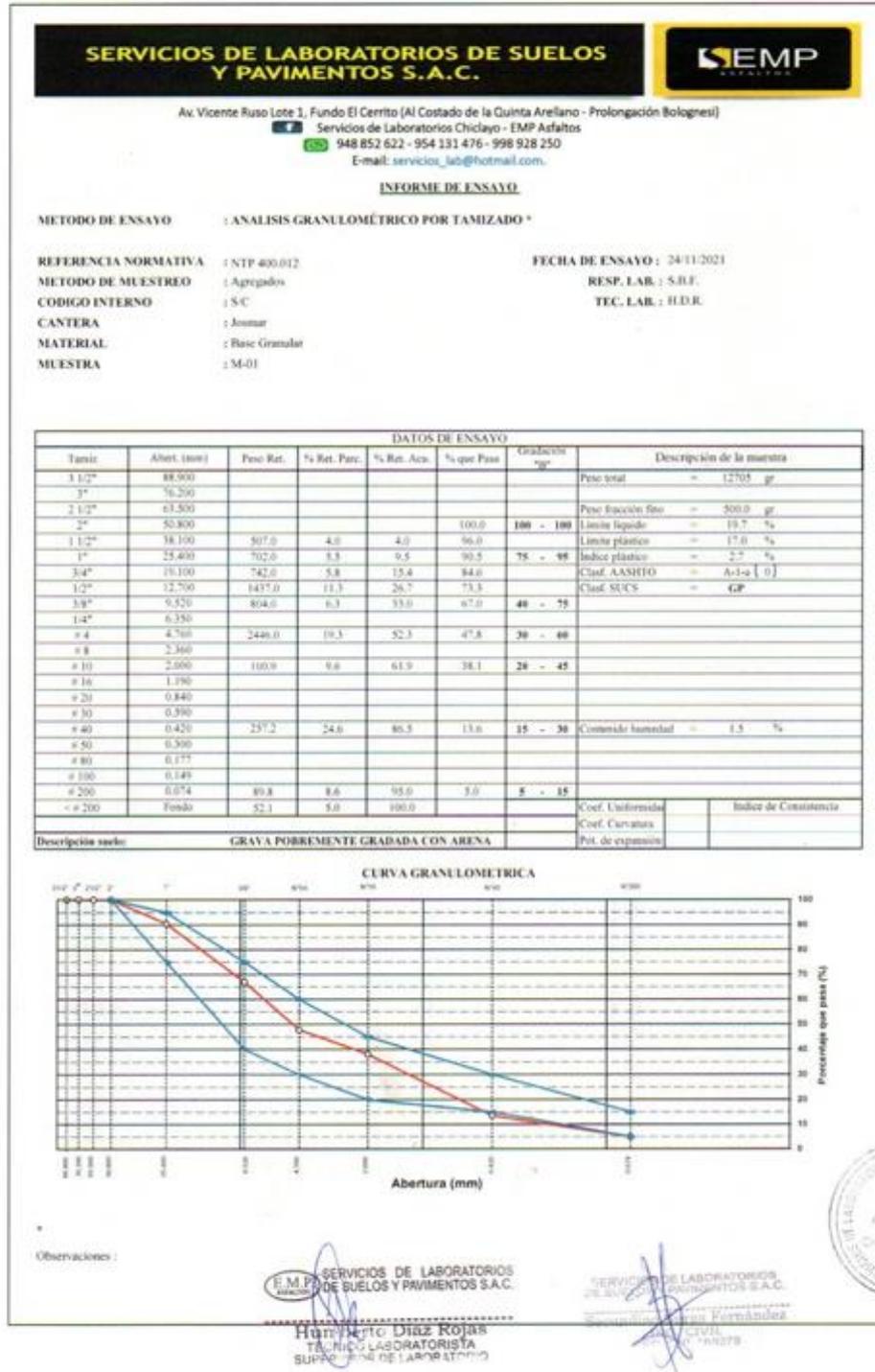
Figura 17. Ensayo marshall , 4% de emulsión asfáltica, Chiclayo 2021

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.		EMP				
Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)						
Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos						
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250						
E-mail: servicios_lab@hotmail.com						
<b>ENSAYO MARSHALL</b>						
(MTC E-504, ASTM D-1559)						
PROYECTO :						
DESCRIPCIÓN :						
MATERIAL : Base Granular - 4% Emulsión	RESP. LAB. : S.B.F.					
PROCEDENCIA :	TÉC. LAB. : C.A.D.S					
SOLICITANTE :	FECHA : 25/11/2021					
<b>DISEÑO MAC-02</b>						
<b>DATOS DEL ENSAYO</b>						
Briquetas	N°	1	2	3	Promedio	Especif.
1. Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.00	
2. Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	39.72	39.72	39.72		
3. Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	56.28	56.28	56.28		
4. Filler en peso de la mezcla	%					
5. Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/ce	1.021	1.021	1.021		
6. Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/ce	2.675	2.675	2.675		
7. Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/ce	2.594	2.594	2.594		
8. Peso específico del filler - aparente	gr/ce					
9. Peso de la briqueta al aire	gr	1213.6	1210.1	1214.5		
10. Peso de la briqueta al aire sup. Seca	gr	1221.6	1218.8	1224.5		
11. Peso de la briqueta en agua	gr	693.9	694.0	697.0		
12. Volumen de briqueta (10-11)	c.c.	527.7	524.8	527.5		
13. Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14. Volumen de la parafina (13/Pc parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15. Volumen de la briqueta por desplazamiento (12-14)	c.c.	527.7	524.8	527.5		
16. Peso específico Bulk de la briqueta (9/15)	gr/ce	2.300	2.306	2.302	2.303	
17. Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/ce	2.431	2.431	2.431		
18. Vacíos (17-16)*100/17	%	5.4	5.1	5.3	5.3	
19. Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/(2.6)+(3.7)+(4.8%)	gr/ce	2.627	2.627	2.627		
20. V.M.A. 100*(2+3+4)/(16/19)	%	16.0	15.7	15.9	15.8	
21. Vacíos llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	66.2	67.3	66.6	66.7	
22. Peso específico del agregado total (2+3+4)/(100/17)+(1.5)	gr/ce	2.579	2.579	2.579		
23. Cemento asfáltico absorbido por el agregado tota (100*(5*(22-19))/(22*19)	%	-0.72	-0.72	-0.72		
24. Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	4.69	4.69	4.69		
25. Flujo	mm	2.03	2.03	2.29	2.12	
26. Estabilidad sin corregir	kg	845.9	851.2	844.5		
27. Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.00	1.00		
28. Estabilidad corregida	kg	846	851	845	847	
29. Estabilidad * Flujo	kg/cm	4163	4189	3694	4015	
<b>Observaciones :</b>						

Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

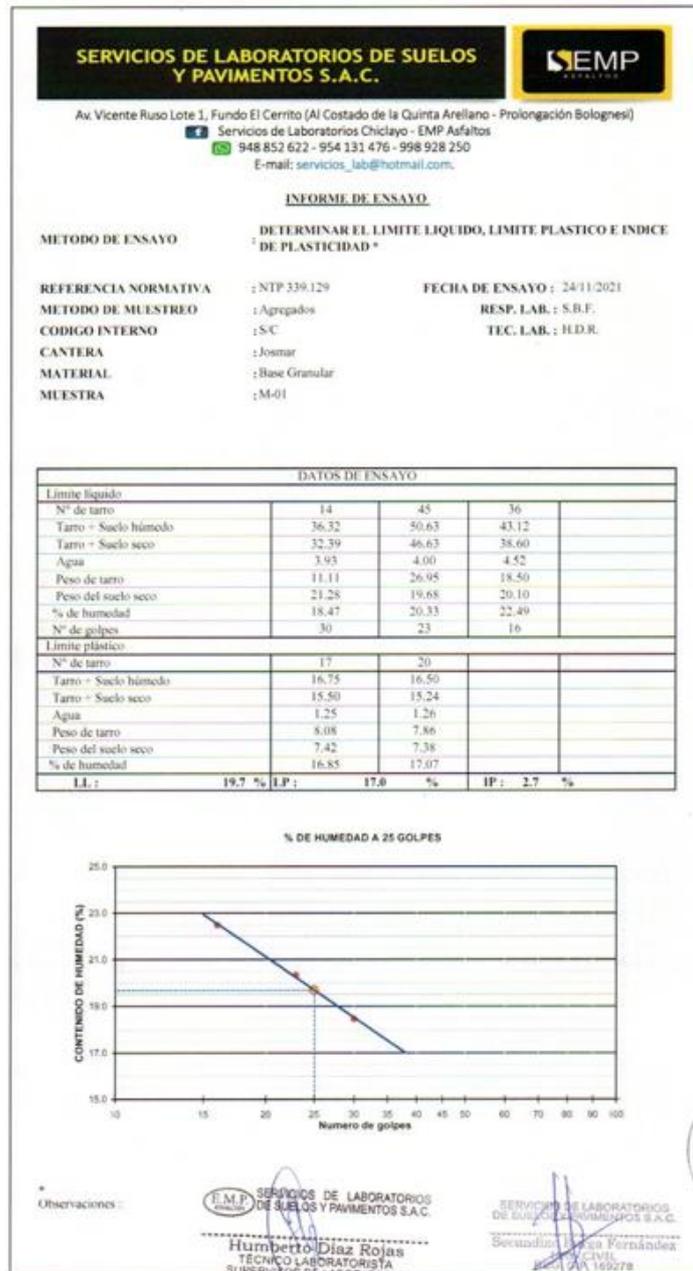


Figura 19. Análisis granulométrico por tamizado, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 20. Determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 21. Ensayo de abrasión, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com



**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : ENSAYO DE ABRASION ( MAQUINA DE LOS ANGELES )

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 400.019      **FECHA DE ENSAYO** : 24/11/2021

**METODO DE MUESTREO** : Agregados      **RESP. LAB.** : S.B.F.

**CODIGO INTERNO** : S/C      **TEC. LAB.** : H.D.R.

**CANTERA** : Josmar

**MATERIAL** : Base Granular

**MUESTRA** : M-01

DATOS DEL ENSAYO					
Tamiz		A	B	C	D
Pasa	Retiene				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"	1250			
1"	3/4"	1250			
3/4"	1/2"	1250			
1/2"	3/8"	1250			
3/8"	1/4"				
1/4"	Nº4				
Nº4	Nº8				
Peso total		5000			
Peso retenido tamiz Nº12		3686			
Pérdida después del ensayo		1314			
Nº de esferas		12			
Peso de las esferas		4944			
Tiempo de rotación (m)		15			
Porcentaje de desgaste (%)		26.3			

Observaciones :



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Humberto Diaz Rojas

TECNICO LABORATORISTA

SUPERVISOR DE LABORATORIO



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Seccióndel Ing. Humberto Diaz Rojas

REC. Nº 109278

Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 22. Equivalente de arena, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**INFORME DE ENSAYO**

<b>METODO DE ENSAYO</b>	: EQUIVALENTE DE ARENA	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 24/11/2021
<b>REFERENCIA NORMATIVA</b>	: NTP 339.146, MTC E 114	<b>RESP. LAB.</b>	: S.B.F.
<b>METODO DE MUESTREO</b>	: Agregados	<b>TEC. LAB.</b>	: H.D.R.
<b>CODIGO INTERNO</b>	: S/C		
<b>CANTERA</b>	: Josmar		
<b>MATERIAL</b>	: Base Granular		
<b>MUESTRA</b>	: M-01		

DATOS DEL ENSAYO				
Muestra	01	02	03	
Hora de entrada	11:33	11:35	11:37	
Hora de salida	11:43	11:45	11:47	
Hora de entrada	11:45	11:47	11:49	
Hora de salida	12:05	12:07	12:09	
Altura de nivel Material fino (A)	7.8	7.9	7.7	
Altura de nivel Arena (B)	3.0	3.1	3.0	
Equivalente de arena (B x 100/A)	38.5%	39.2%	39.0%	
Promedio		39%		

Observaciones :

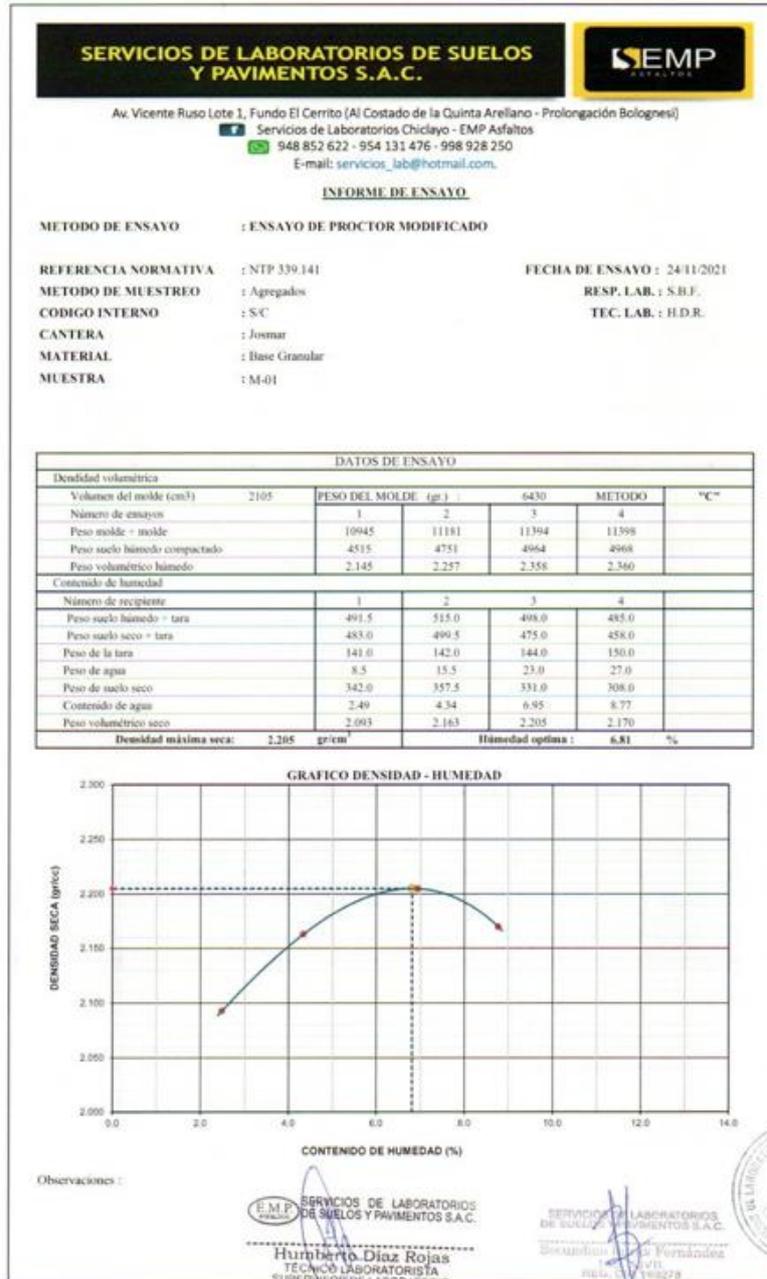


SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
**Humberto Diaz Rojas**  
 TECNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 23. Ensayo de proctor modificado, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 24. California bearing ratio, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Riso Lete 1, Fundo El Cerro (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

☎ 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com



**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 339.143  
**METODO DE MUESTREO** : Agregados  
**CODIGO INTERNO** : SVC  
**CANTERA** : Jostuar  
**MATERIAL** : Base Granular  
**MUESTRA** : M-01

**FECHA DE ENSAYO** : 24/11/2021  
**RESP. LAB.** : S.B.F.  
**TEC. LAB.** : H.D.R.

DATOS DE ENSAYO													
<b>Densidad volumétrica</b>													
N° de molde	1		6		16								
N° capa	5		3		3								
Capas por capa N°	36		28		12								
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado							
Peso molde + suelo húmedo	12401	12484	12759	12888	12476	12695							
Peso de molde	5441	5441	5912	5912	5907	5907							
Peso de suelo húmedo	4967	5043	4823	4976	4671	4888							
Volumen del molde	2119	2119	2124	2124	2121	2121							
Densidad húmeda	2.344	2.356	2.271	2.345	2.202	2.305							
% de humedad	6.32	6.43	6.36	10.29	6.64	12.39							
Densidad seca	2.209	2.209	2.135	2.124	2.065	2.072							
<b>Control de humedad</b>													
N° de tarro	-		-		-								
Tarros + suelo húmedo	552.0	552.0	561.4	561.4	551.8	551.8							
Tarros + suelo seco	528.0	520.0	536.8	523.0	507.9	489.4							
Peso de agua	24.0	31.4	24.8	38.4	23.9	42.2							
Peso de tarro	148.0	148.0	148.0	148.0	148.0	148.0							
Peso del suelo seco	390.0	372.6	393.8	375.0	359.9	341.6							
% de humedad	6.32	8.43	6.36	10.29	6.64	12.39							
<b>Expansión</b>													
Fecha	Hora	Tempo Hr.	Expansión			Expansión			Expansión				
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%		
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>Penetración</b>													
Penetración pulg.	Carga Suelo kg/cm <sup>2</sup>	Molde N° 1				Molde N° 6				Molde N° 16			
		Carga	Corrección			Carga	Corrección			Carga	Corrección		
		Dial (dib.)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (dib.)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (dib.)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.050	0.0	0				0.0	0			0.0	0		
0.025	66.8	5				66.8	4			66.8	3		
0.050	204.5	15				182.8	9			180.8	9		
0.075	534.8	27				392.2	18			284.5	15		
0.100	70.3	762.8	39	60.1	83.4	804.2	31	53.7	76.4	489.8	25	47.8	67.9
0.125		1081.2	55			816.2	46			602.8	34		
0.150		1409.2	75			1154.7	57			801.1	48		
0.200	100.0	1888.8	97	117.7	111.8	1650.8	81	104.3	98.9	1468.8	71	81.2	86.5
0.300		2891.4	145			2423.1	129			2019.8	109		
0.400		3642.2	193			2648.8	150			2061.8	130		
0.500													

Observaciones :



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

**HUMBERTO DÍAZ ROJAS**  
TECNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

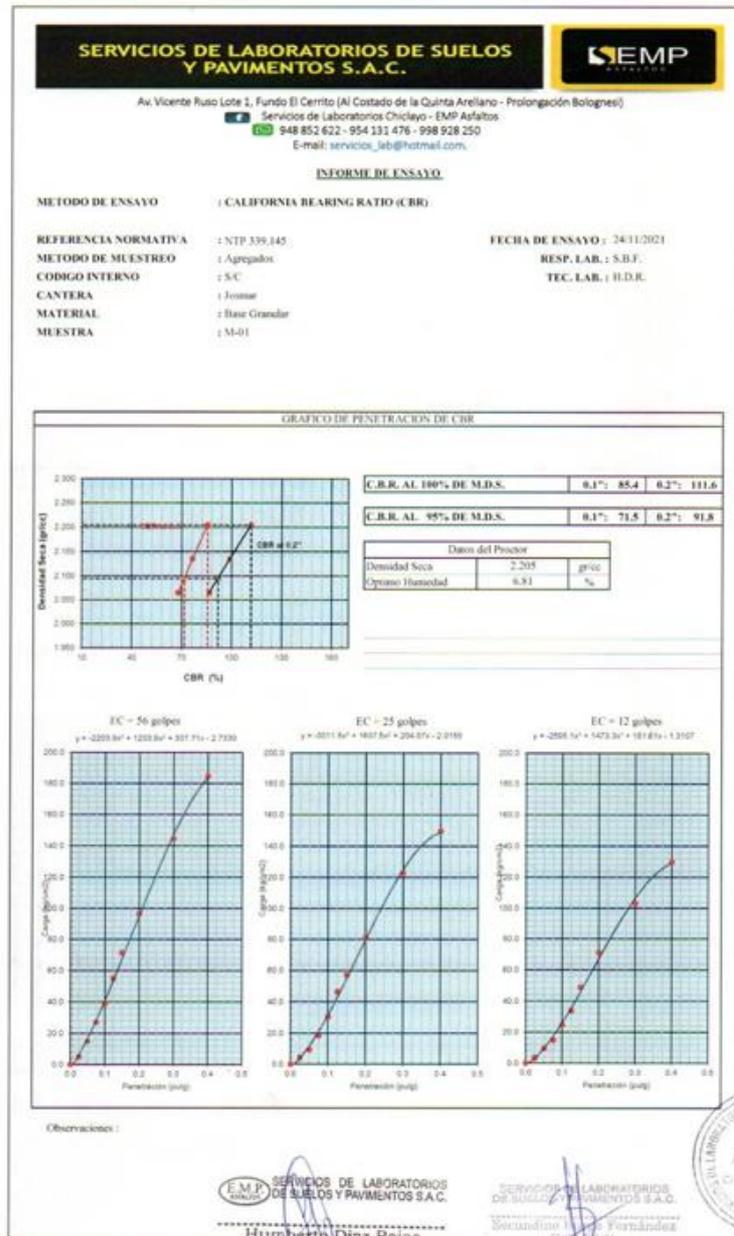


SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

CHICLAYO - PERU

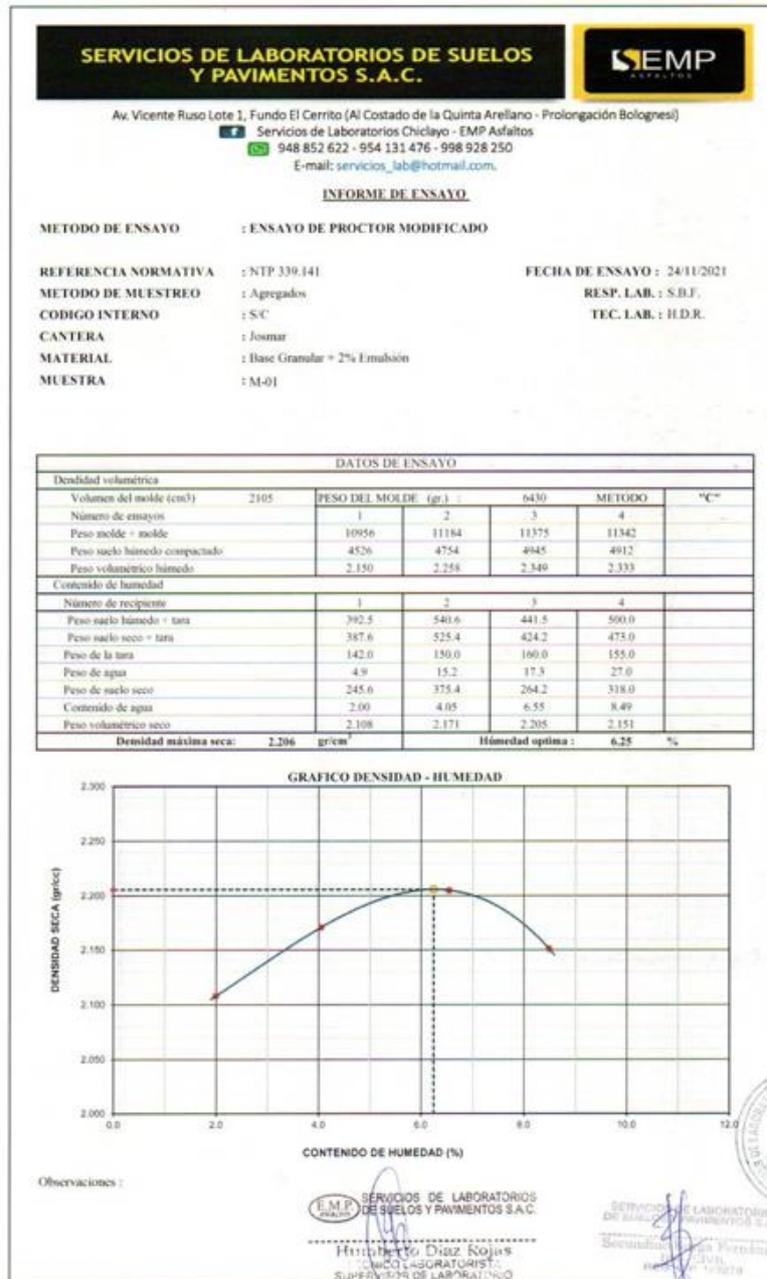
Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 25. California bearing ratio, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 26. Ensayo de proctor, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 27. California bearing ratio, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Raso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO :** CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

**REFERENCIA NORMATIVA :** NTP 339.145  
**METODO DE MUESTREO :** Agregados  
**CODIGO INTERNO :** I.S.C.  
**CANTERA :** Joncar  
**MATERIAL :** Base Granular + 2% Emulsión  
**MUESTRA :** M-01

**FECHA DE ENSAYO :** 24/11/2021  
**RESP. LAB. :** S.B.F.  
**TEC. LAB. :** J.L.D.R.

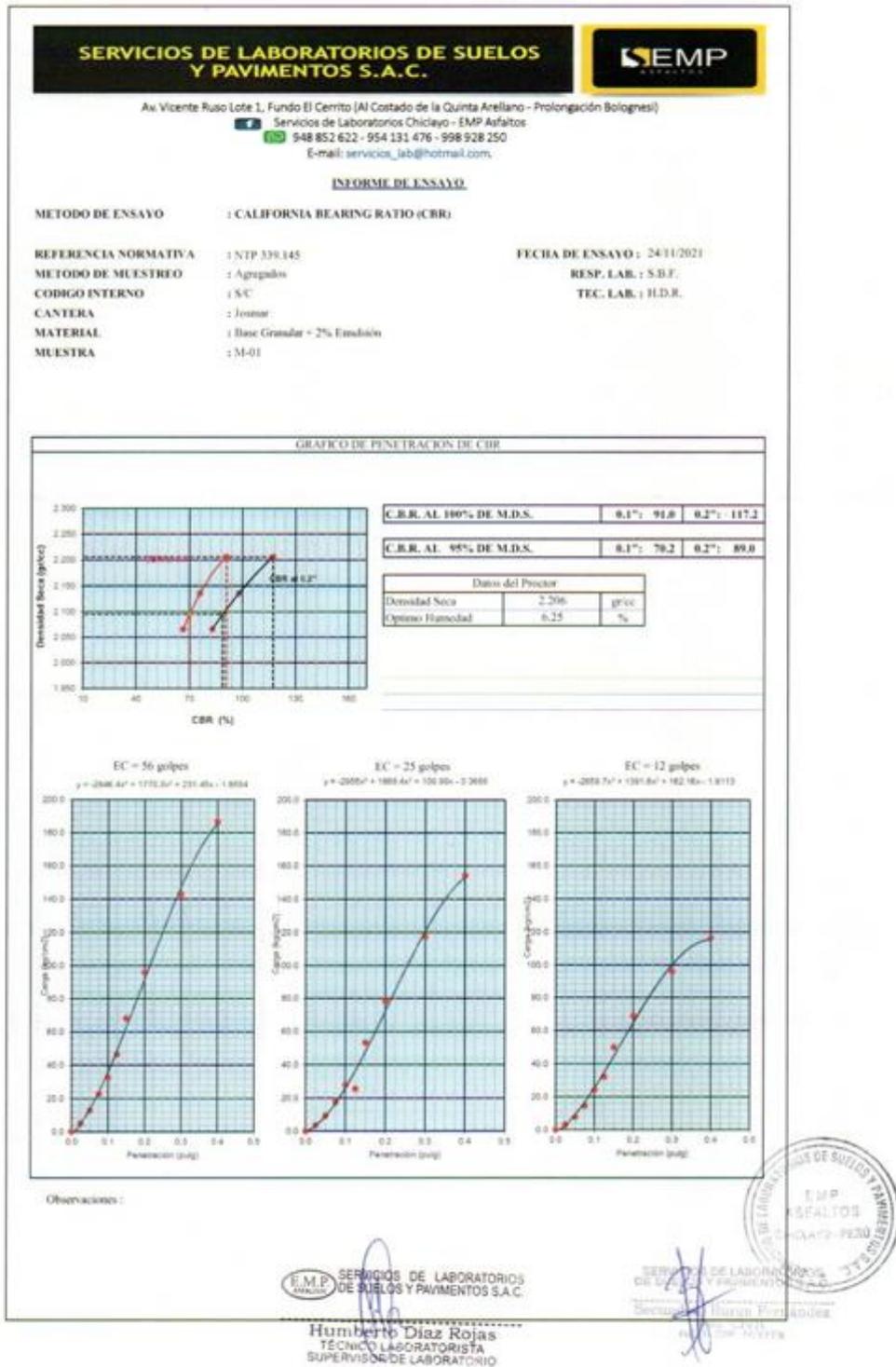
DATOS DE ENSAYO													
<b>Densidad volumétrica</b>													
N° de molde	13		18		7								
N° caga	5		3		8								
Cargas por caga N°	50		25		12								
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado							
Peso molde + suelo húmedo	12636	12729	12796	12966	12072	12238							
Peso de molde	7090	7090	7071	7071	7426	7426							
Peso de suelo húmedo	4966	5036	4823	4995	4646	4812							
Volumen del molde	2110	2110	2127	2127	2110	2110							
Densidad húmeda	2.347	2.380	2.269	2.348	2.189	2.271							
% de humedad	6.39	8.40	6.17	10.42	6.13	10.40							
Densidad seca	2.206	2.194	2.130	2.126	2.066	2.057							
<b>Contenido de humedad</b>													
N° de tarro	-		-		-								
Tarros + suelo húmedo	391.5	391.5	420.3	420.3	470.5	470.5							
Tarros + suelo seco	377.0	372.6	404.6	394.8	452.0	440.3							
Peso de agua	14.5	18.9	15.7	25.5	18.5	30.2							
Peso de tarro	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0							
Peso del suelo seco	227.0	222.6	254.6	244.8	302.0	290.5							
% de humedad	6.39	8.40	6.17	10.42	6.13	10.40							
<b>Expansión</b>													
Fecha	Hora	Tempo	Expansión			Expansión							
		Hr.	Dial	mm	%	Dial	mm	%					
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>Penetración</b>													
Penetración milí	Carga transd kg/cm2	Molde N° 13				Molde N° 18				Molde N° 7			
		Carga	Corrección			Carga	Corrección			Carga	Corrección		
	Dial (dial)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (dial)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (dial)	kg/cm2	kg/cm2	%	
0.000	0.0	0			0.0	0			0.0	0			
0.025	46.3	5			73.6	4			63.9	3			
0.050	203.9	13			186.8	9			152.8	8			
0.075	448.5	23			352.3	19			285.5	15			
0.100	70.3	64.5	33	64.0	91.0	85.6	29	53.5	76.9	47.8	24	46.8	
0.125	146.2	46			166.6	26			134.3	32			
0.150	192.1	68			189.9	33			167.8	36			
0.200	105.5	162.0	96	123.8	117.2	148.8	73	103.4	98.3	130.6	68	87.6	
0.300	189.0	143			231.2	117			182.8	96			
0.400	309.0	197			354.0	134			258.5	117			
0.500													

Observaciones :

**Humberto Diaz Rojas**  
 TECNICO LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO

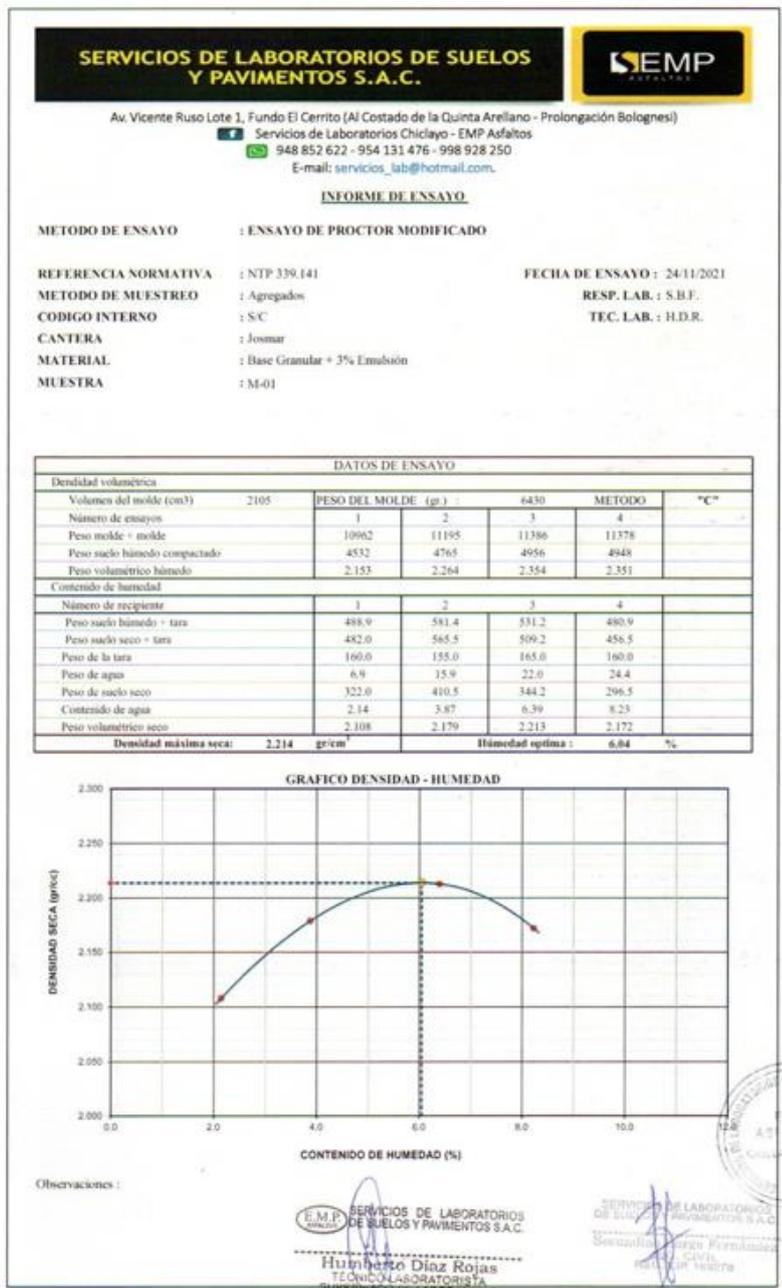
Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 28. California bearing ratio, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 28. Ensayo proctor modificado, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 28. Ensayo proctor modificado, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruiz Lote 1, Fundo El Carrizo (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfalto  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

**EMP**

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 339.145

**METODO DE MUESTREO** : Agregado

**CODIGO INTERNO** : 15/C

**CANTERA** : Jomarr

**MATERIAL** : Base Granular + 3% Emulsión

**MUESTRA** : M-01

**FECHA DE ENSAYO** : 24/11/2021  
**RESP. LAB.** : S.R.F.  
**TEC. LAB.** : H.D.R.

DATOS DE ENSAYO													
<b>Densidad volumétrica</b>													
N° de molde	9	21	37										
N° capas	3	5	3										
Golpes por capa N°	56	25	12										
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado							
Peso molde + suelo húmedo	12129	12209	12485	12640	12179	12432							
Peso de molde	7145	7145	7111	7111	7552	7532							
Peso de suelo húmedo	4984	5064	4774	4929	4627	4900							
Volumen del molde	2123	2123	2099	2099	2113	2113							
Densidad húmeda	2.344	2.365	2.274	2.351	2.199	2.319							
% de humedad	6.02	8.19	6.08	10.21	5.99	12.32							
Densidad seca	2.215	2.204	2.144	2.133	2.075	2.065							
<b>Contenido de humedad</b>													
N° de tarro	-	-	-	-	-	-							
Tarros + suelo húmedo	330.6	330.6	400.0	400.0	392.3	390.5							
Tarros + suelo seco	306.0	301.8	374.2	358.2	345.6	342.2							
Peso de agua	24.6	28.8	25.8	41.7	24.8	48.3							
Peso de tarro	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0							
Peso del suelo seco	359.0	351.8	424.2	408.2	415.6	362.2							
% de humedad	6.92	8.19	6.08	10.21	5.99	12.32							
<b>Expansión</b>													
Fecha	Hora	Tiempo H:	Españito			Españito			Españito				
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%		
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>Penetración</b>													
Penetración mm	Carga Stand. kg/cm <sup>2</sup>	Molde N° 9			Molde N° 21			Molde N° 37					
		Carga	Corrección	%	Carga	Corrección	%	Carga	Corrección	%			
0.050	0.0	0			0.0	0			0.0	0			
0.025	96.6	3			84.8	4			88.5	3			
0.050	381.8	13			150.8	8			102.8	5			
0.075	421.1	21			260.8	15			188.8	19			
0.100	70.3	681.8	35	66.7	94.9	430.8	22	49.5	70.4	324.8	16	45.4	37.5
0.125		888.7	50			881.8	35			434.3	22		
0.150		1408.0	74			972.7	46			718.9	36		
0.200	165.5	948.3	90	127.2	120.8	1421.8	72	64.7	89.8	884.8	50	79.6	73.5
0.300		2842.1	144			2285.8	106			1785.8	91		
0.400		5418.6	173			2781.4	141			2048.8	114		
0.500													

Observaciones :

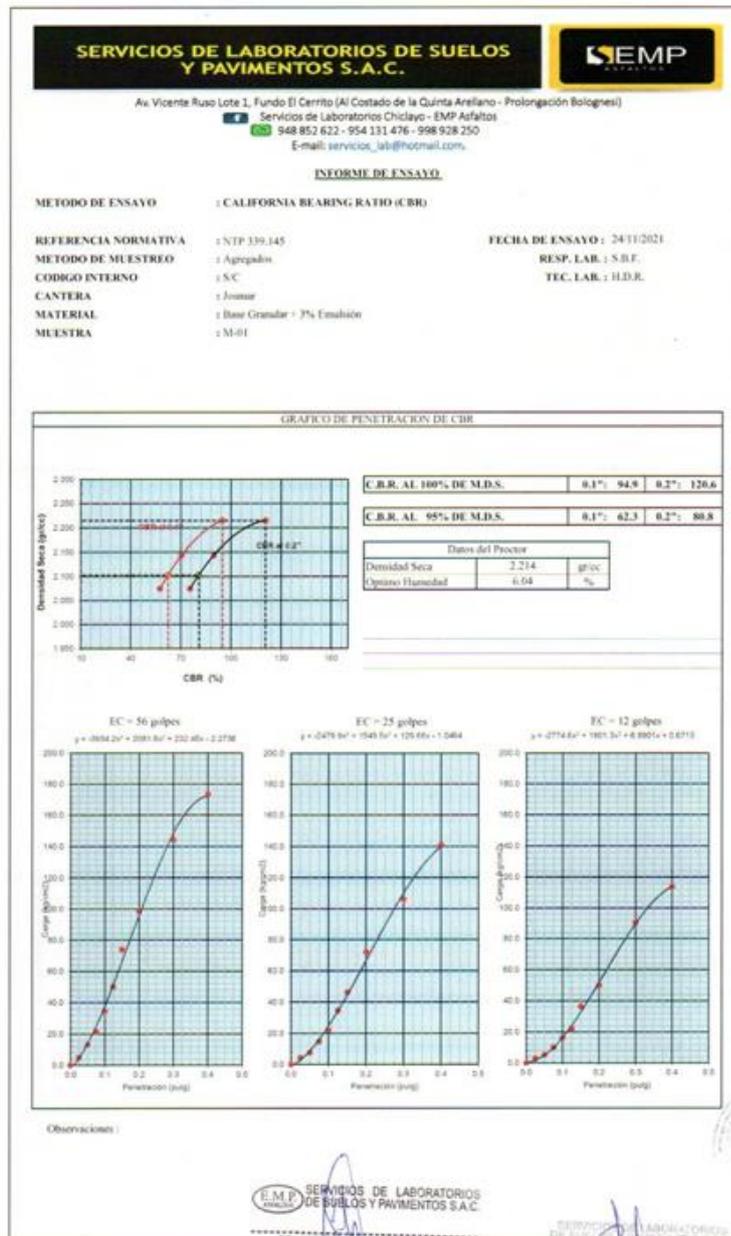
**EMP**  
SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Humberto Díaz Rojas  
INGENIERO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
CHICLAYO  
24/11/2021

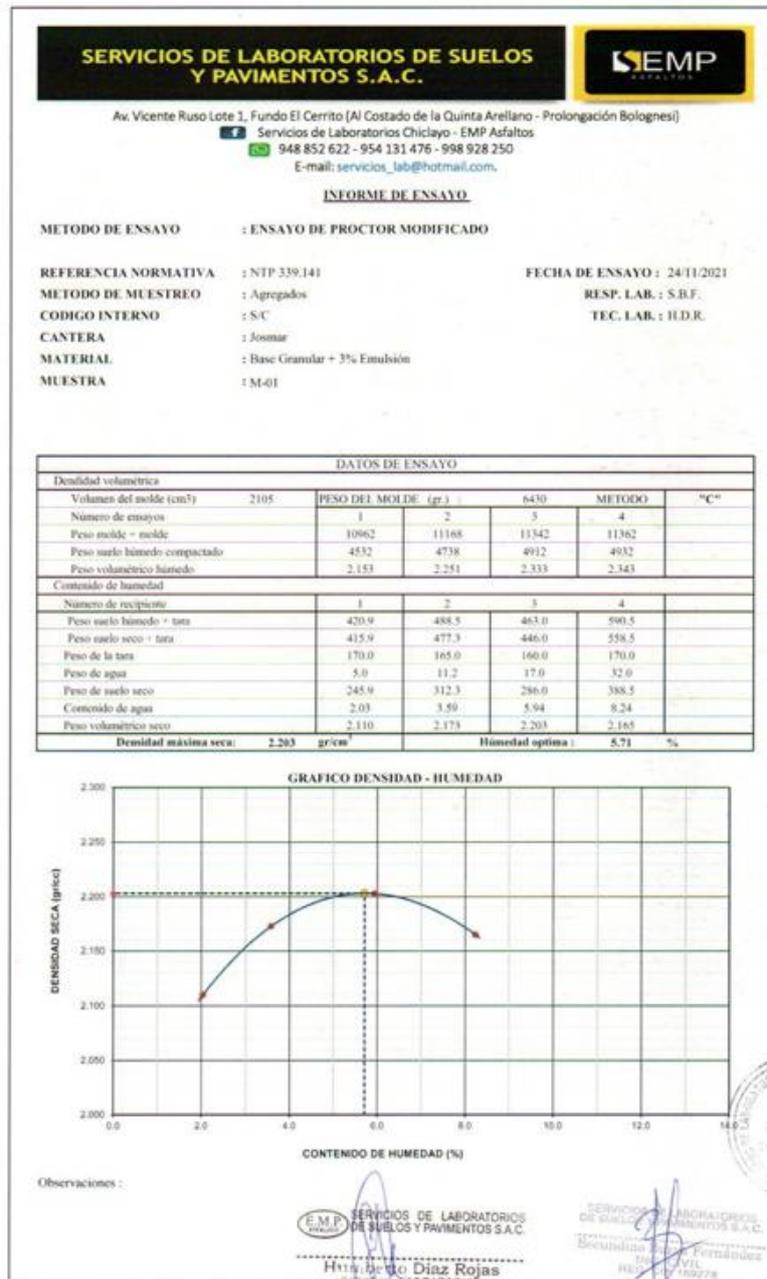
Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 29. California bearing ratio, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 30. Ensayo de proctor modificado, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 31. California bearing ratio, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

As. Vicente Riso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

**SEMP**

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO :** CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

**REFERENCIA NORMATIVA :** NTP 339.145  
**METODO DE MUESTREO :** Agregados  
**CODIGO INTERNO :** 15C  
**CANTERA :** 1 Jomar  
**MATERIAL :** Base Granular + 3% Emulsión  
**MUESTRA :** 1M-01

**FECHA DE ENSAYO :** 24/11/2021  
**RESP. LAB. :** S.B.F.  
**TEC. LAB. :** J.L.D.R.

DATOS DE ENSAYO													
<b>Densidad volumétrica</b>													
N° de molde	15		26		14								
N° capa	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		12								
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado							
Peso molde + suelo húmedo	12524	12588	12028	12178	12351	12388							
Peso de molde	7576	7576	7259	7259	7704	7704							
Peso de suelo húmedo	4948	5012	4769	4919	4647	4684							
Volumen del molde	2123	2123	2123	2123	2130	2130							
Densidad húmeda	2.331	2.361	2.256	2.326	2.182	2.203							
% de humedad	5.80	7.33	5.78	9.68	5.84	11.88							
Densidad seca	2.203	2.196	2.133	2.129	2.062	2.053							
<b>Contenido de humedad</b>													
N° de tarro	-		-		-								
Tarro + suelo húmedo	400.0	400.0	435.6	435.6	463.3	463.3							
Tarro + suelo seco	398.3	382.8	420.0	410.4	446.0	450.5							
Peso de agua	13.7	17.5	15.6	25.2	17.3	32.8							
Peso de tarro	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0							
Peso del suelo seco	236.5	232.5	270.0	260.4	298.0	280.5							
% de humedad	5.80	7.53	5.78	9.68	5.84	11.88							
<b>Expansión</b>													
Fecha	Hora	Tiempo	Expansión			Expansión			Expansión				
		Hr.	Día	mm	%	Día	mm	%	Día	mm	%		
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>Penetración</b>													
Penetración	Carga Stand	Molde N° 15				Molde N° 26				Molde N° 14			
		Carga	Corrección			Carga	Corrección			Carga	Corrección		
psf	kg/cm2	Dat (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dat (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dat (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000	0.0	0				0.0	0			0.0	0		
0.025	96.8	3				85.8	4			67.6	3		
0.050	193.6	15				168.8	13			135.2	9		
0.075	290.4	28				255.6	19			204.8	16		
0.100	387.2	40	60.8	99.3		342.4	32	55.1	78.4	204.8	26	44.3	83.0
0.125	484.0	56				429.2	46			291.6	36		
0.150	580.8	78				516.0	62			378.4	50		
0.200	774.4	105.5	2142.5	100	128.0	682.2	83	105.5	100.1	504.8	67	86.6	82.8
0.300	1161.6	158				1029.0	121			756.8	104		
0.400	1548.8	199				1380.0	144			1008.0	126		
0.500													

Observaciones :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

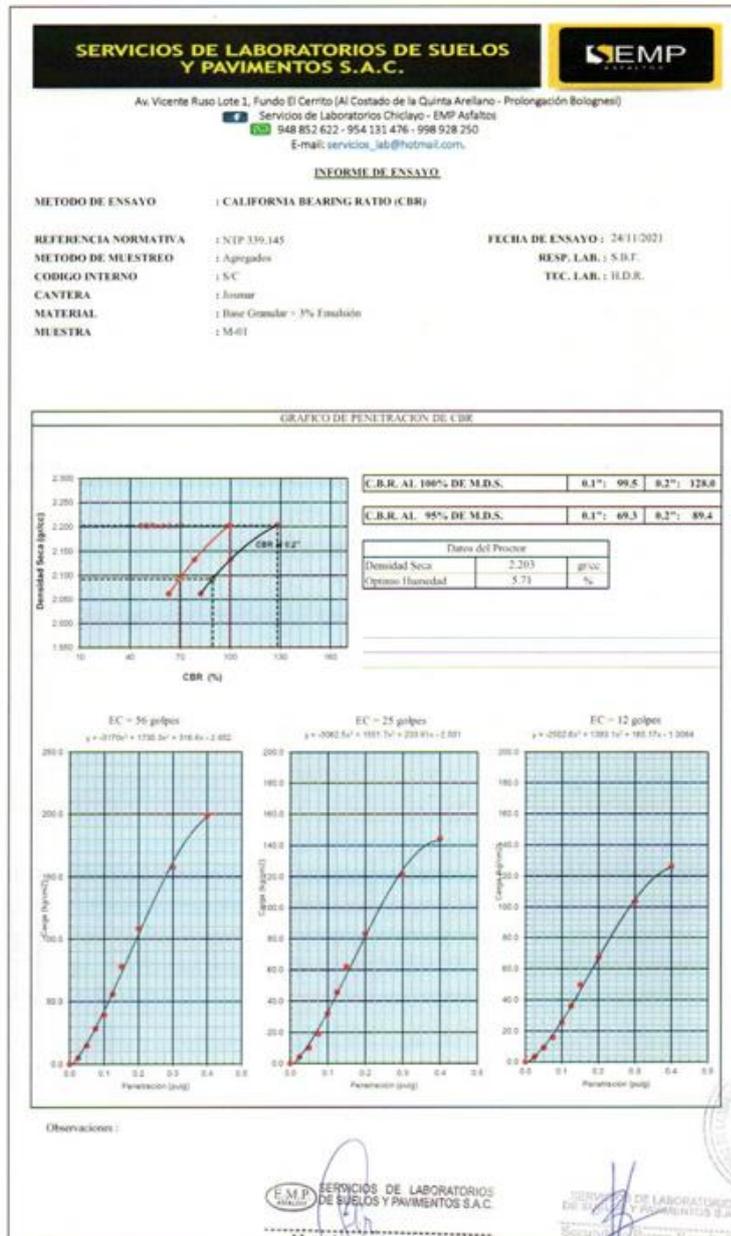
HENRIQUE DIAZ ROJAS  
INGENIERO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Secundino José Fernández

Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 32. California bearing ratio, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 32. Ensayo Marshall 2% de emulsión, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



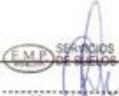
Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

**ENSAYO MARSHALL**  
(MTC E-504, ASTM D-1559)

PROYECTO :			
DESCRIPCIÓN :			
MATERIAL : Base Granular + 2% Emulsión			RESP. LAB. : S.D.F.
PROCEDENCIA :			TÉC. LAB. : C.A.D.S.
SOLICITANTE :			FECHA : 25/11/2021

DISEÑO MAC-02							
DATOS DEL ENSAYO							
Briquetas	Nº	1	2	3	Promedio	Especific.	
1 Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	2.00	2.00	2.00	2.00		
2 Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	40.55	40.55	40.55			
3 Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	57.45	57.45	57.45			
4 Filler en peso de la mezcla	%						
5 Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.021	1.021	1.021			
6 Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.675	2.675	2.675			
7 Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.594	2.594	2.594			
8 Peso específico del filler - aparente	gr/cc						
9 Peso de la briqueta al aire	gr	1210.1	1208.9	1210.1			
10 Peso de la briqueta al aire sup. Seca	gr	1216.8	1216.9	1218.5			
11 Peso de la briqueta en agua	gr	685.1	684.5	686.8			
12 Volumen de briqueta (10-11)	c.c.	531.7	532.4	531.7			
13 Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0			
14 Volumen de la parafina (13/Pc.parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0			
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (12-14)	c.c.	531.7	532.4	531.7			
16 Peso específico Bulk de la briqueta (9-15)	gr/cc	2.276	2.271	2.276	2.274		
17 Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/cc	2.434	2.434	2.434			
18 Vacíos (17-16)*100/17	%	6.5	6.7	6.5	6.6		
19 Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)(12.6)+(3.7)+(4.8)	gr/cc	2.627	2.627	2.627			
20 V.M.A. 100-(2+3+4)*(16/19)	%	15.1	15.3	15.1	15.2		
21 Vacíos llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	57.0	56.1	57.0	56.7		
22 Peso específico del agregado total (2+3+4)(100/17)+(1.5)	gr/cc	2.505	2.505	2.505			
23 Cemento asfáltico absorbido por el agregado tota 100*(22-19)/(22*19)	%	-1.90	-1.90	-1.90			
24 Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	3.86	3.86	3.86			
25 Flujo	mm	2.03	2.03	2.29	2.12		
26 Estabilidad sin corregir	kg	686.9	690	685.2			
27 Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00			
28 Estabilidad corregida	kg	687	690	685	687		
29 Estabilidad - Flujo	kg/cm	3380	3396	2997	3258		

Observaciones :



Humberto Diaz Rojas  
INGENIERO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO



Secundino Cruz Peralta  
INGENIERO CIVIL  
ANALISTA



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 33. Ensayo Marshall 3% de emulsión, Chiclayo 2021

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.		EMP				
Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)						
Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos						
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250						
E-mail: servicios_lab@hotmail.com						
<b>ENSAYO MARSHALL</b>						
(MTC E-504, ASTM D-1559)						
PROYECTO :						
DESCRIPCIÓN :						
MATERIAL :	Base Granular - 3% Emulsión	RESP. LAB. : S.B.F.				
PROCEDENCIA :		TÉC. LAB. : C.A.D.S.				
SOLICITANTE :		FECHA : 25/11/2021				
<b>DISEÑO MAC-02</b>						
<b>DATOS DEL ENSAYO</b>						
Briquetas	N°	1	2	3	Promedio	Especif.
1 Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	3.00	3.00	3.00	3.00	
2 Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	40.14	40.14	40.14		
3 Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	56.86	56.86	56.86		
4 Filler en peso de la mezcla	%					
5 Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.021	1.021	1.021		
6 Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.675	2.675	2.675		
7 Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.594	2.594	2.594		
8 Peso específico del filler - aparente	gr/cc					
9 Peso de la briqueta al aire	gr	1219.5	1219.5	1217.5		
10 Peso de la briqueta al aire sup. Seca	gr	1224.5	1224.5	1224.5		
11 Peso de la briqueta en agua	gr	691.0	692.0	692.3		
12 Volumen de briqueta (10-11)	c.c.	533.5	532.5	532.2		
13 Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14 Volumen de la parafina (13/Pe parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (12-14)	c.c.	533.5	532.5	532.2		
16 Peso específico Bulk de la briqueta (9-15)	gr/cc	2.284	2.290	2.288	2.287	
17 Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/cc	2.430	2.430	2.430		
18 Vacíos (17-16)*100/17	%	6.0	5.8	5.9	5.9	
19 Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/(2.6)+(3.7)+(4.80)	gr/cc	2.627	2.627	2.627		
20 V.M.A. 100*(2+3+4)*(16/19)	%	15.7	15.4	15.5	15.5	
21 Vacíos llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	61.6	62.7	62.3	62.2	
22 Peso específico del agregado total (2+3+4)/(100/17)*(1.53)	gr/cc	2.538	2.538	2.538		
23 Cemento asfáltico absorbido por el agregado tota (100*5*(22-19)/(22*19)	%	-1.36	-1.36	-1.36		
24 Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	4.32	4.32	4.32		
25 Flujo	mm	2.03	2.03	2.29	2.12	
26 Estabilidad sin corregir	kg	824.5	818.5	815.2		
27 Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00		
28 Estabilidad corregida	kg	825	819	815	819	
29 Estabilidad - Flujo	kg/cm	4058	4028	3566	3884	

**Observaciones :**



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Humberto Diaz Rojas  
TÉCNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Sociedad Jorge Fernández  
CIVIL  
RIP-188278

Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 34. Ensayo Marshall 4% de emulsión, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com



**ENSAYO MARSHALL**  
(MTC E-504, ASTM D-1559)

<b>PROYECTO :</b> <b>DESCRIPCIÓN :</b> <b>MATERIAL :</b> Base Granular - 4% Emulsión <b>PROCEDENCIA :</b> <b>SOLICITANTE :</b>	<b>RESP. LAB. :</b> S.B.F. <b>TÉC. LAB. :</b> C.A.D.S. <b>FECHA :</b> 25/11/2021
--	--

**DISEÑO MAC-02**

**DATOS DEL ENSAYO**

Briquetas	N°	1	2	3	Promedio	Especif.
1 Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.00	
2 Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	39.72	39.72	39.72		
3 Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	56.28	56.28	56.28		
4 Filler en peso de la mezcla	%					
5 Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.021	1.021	1.021		
6 Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.675	2.675	2.675		
7 Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.594	2.594	2.594		
8 Peso específico del filler - aparente	gr/cc					
9 Peso de la briqueta al aire	gr	1223.3	1225.6	1224.5		
10 Peso de la briqueta al aire sup. Seca	gr	1227.8	1230.2	1230.6		
11 Peso de la briqueta en agua	gr	696.6	697.8	700.0		
12 Volumen de briqueta (10-11)	c.c.	531.2	532.4	530.6		
13 Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14 Volumen de la parafina (13/Pc parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (12-14)	c.c.	531.2	532.4	530.6		
16 Peso específico Bulk de la briqueta (9/15)	gr/cc	2.303	2.302	2.308	2.304	
17 Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/cc	2.430	2.430	2.430		
18 Vacíos (17-16)*100/17	%	5.2	5.3	5.0	5.2	
19 Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/cc	2.627	2.627	2.627		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	15.8	15.9	15.7	15.8	
21 Vacíos llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	67.0	66.8	67.9	67.2	
22 Peso específico del agregado total (2+3+4)/((100/17)+(1/5))	gr/cc	2.578	2.578	2.578		
23 Cemento asfáltico absorbido por el agregado tota (100*(22-19)/(23*19)	%	-0.73	-0.73	-0.73		
24 Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	4.70	4.70	4.70		
25 Flujó	mm	2.03	2.03	2.29	2.12	
26 Estabilidad sin corregir	kg	886.6	890.5	885.5		
27 Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00		
28 Estabilidad corregida	kg	887	891	886	888	
29 Estabilidad - Flujó	kg/cm	4363	4382	3874	4206	

**Observaciones :**



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

**L. Díaz Rojas**  
LABORATORISTA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

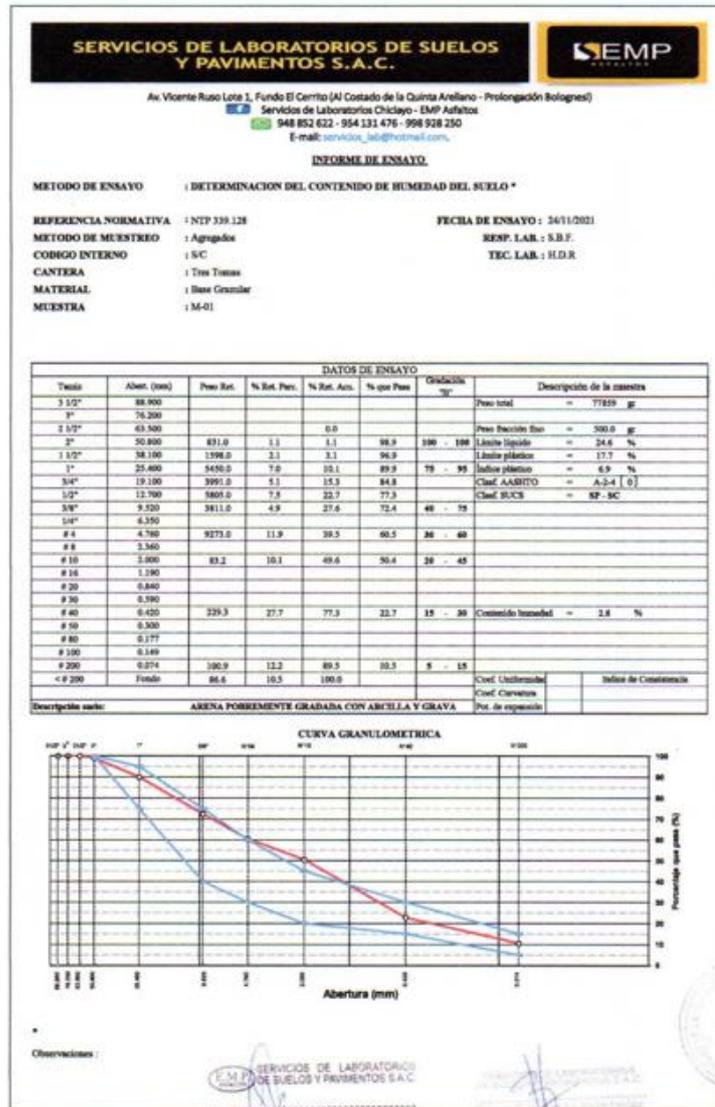
**Soledad Pizarro**  
LABORATORISTA



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

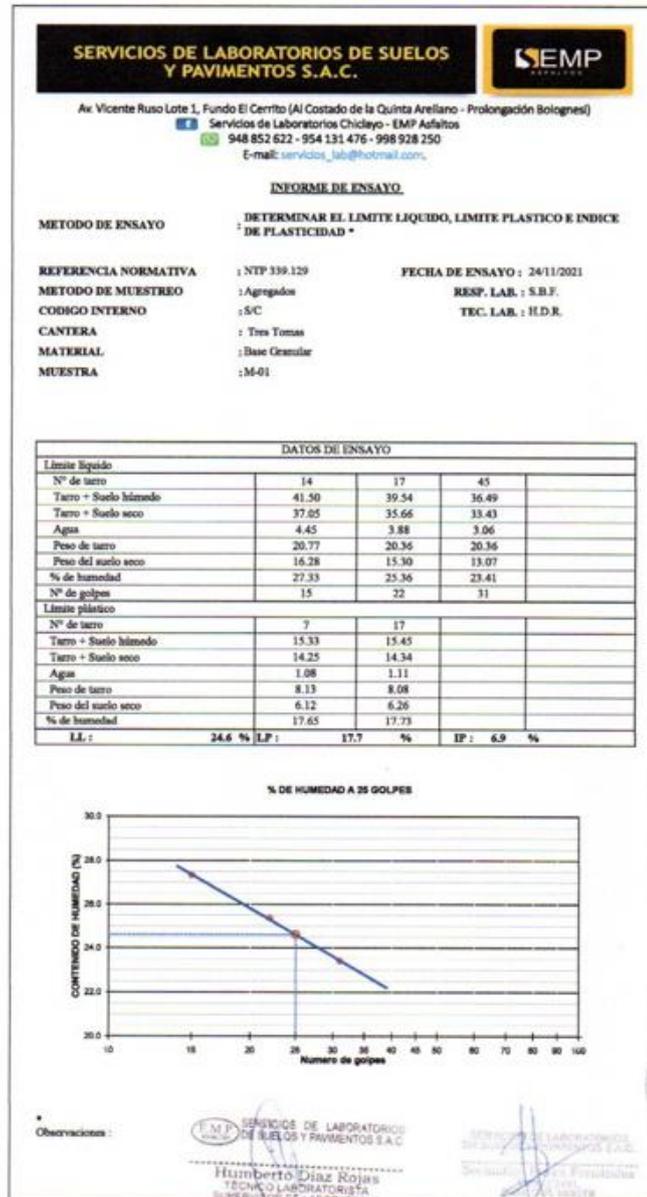


Figura 36. Determinación del contenido de humedad del suelo, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 37. Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 38. Ensayo de abrasión, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
E-mail: servicios\_lab@hotmail.com



**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : ENSAYO DE ABRASION ( MAQUINA DE LOS ANGELES )

<b>REFERENCIA NORMATIVA</b>	: NTP 400.019	<b>FECHA DE ENSAYO</b> : 24/1/2021
<b>METODO DE MUESTREO</b>	: Agregados	<b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.
<b>CODIGO INTERNO</b>	: S/C	<b>TEC. LAB.</b> : H.D.R.
<b>CANTERA</b>	: Tres Tomas	
<b>MATERIAL</b>	: Base Circular	
<b>MUESTRA</b>	: M-01	

DATOS DEL ENSAYO					
Tamiz		A	B	C	D
Pasa	Retiene				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"	1250			
1"	3/4"	1250			
3/4"	1/2"	1250			
1/2"	3/8"	1250			
3/8"	1/4"				
1/4"	Nº4				
Nº4	Nº8				
<b>Peso total</b>		5000			
<b>Peso retenido tamiz Nº12</b>		3819			
<b>Perdida después del ensayo</b>		1181			
<b>Nº de esferas</b>		12			
<b>Peso de las esferas</b>		4944			
<b>Tiempo de rotación (m)</b>		15			
<b>Porcentaje de desgaste (%)</b>		23.6			

**Observaciones :**



SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

.....  
HUIDBERTO DÍAZ ROJAS  
TÉCNICO LABORATORISTA  
SUPERVISOR DE LABORATORIO



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 38. Equivalente de arena, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS  
Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: [servicios\\_lab@hotmail.com](mailto:servicios_lab@hotmail.com)

**INFORME DE ENSAYO**

<b>METODO DE ENSAYO</b>	: EQUIVALENTE DE ARENA	
<b>REFERENCIA NORMATIVA</b>	: NTP 339.146, MTC E 114	<b>FECHA DE ENSAYO</b> : 24/11/2021
<b>METODO DE MUESTREO</b>	: Agregados	<b>RESP. LAB.</b> : S.B.F.
<b>CODIGO INTERNO</b>	: S/C	<b>TEC. LAB.</b> : H.D.R.
<b>CANTERA</b>	: Tres Tomas	
<b>MATERIAL</b>	: M-01	
<b>MUESTRA</b>		

DATOS DEL ENSAYO					
Muestra	01	02	03		
Hora de entrada	09:26	09:28	09:30		
Hora de salida	09:36	09:38	09:40		
Hora de entrada	09:38	09:40	09:42		
Hora de salida	09:58	10:00	10:02		
Altura de nivel Material fino (A)	7.6	7.7	7.9		
Altura de nivel Arena (B)	2.2	2.1	2.2		
Equivalente de arena (B x 100/A)	28.9%	27.5%	27.7%		
Promedio		28%			

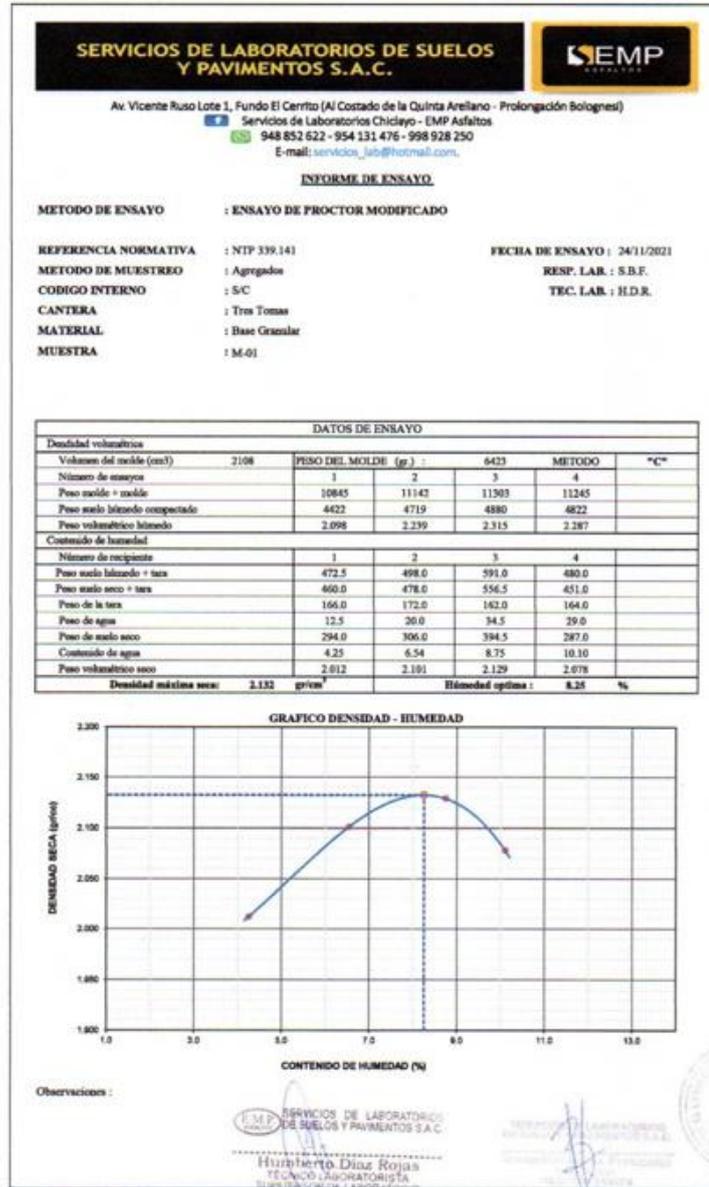
Observaciones :


 SERVICIOS DE LABORATORIOS  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Humberto Diaz Rojas  
 TECNICO LABORATORIO  
 SUPERVISOR DE LABORATORIO



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 39. Ensayo de proctor modificado, Chiclayo 2021



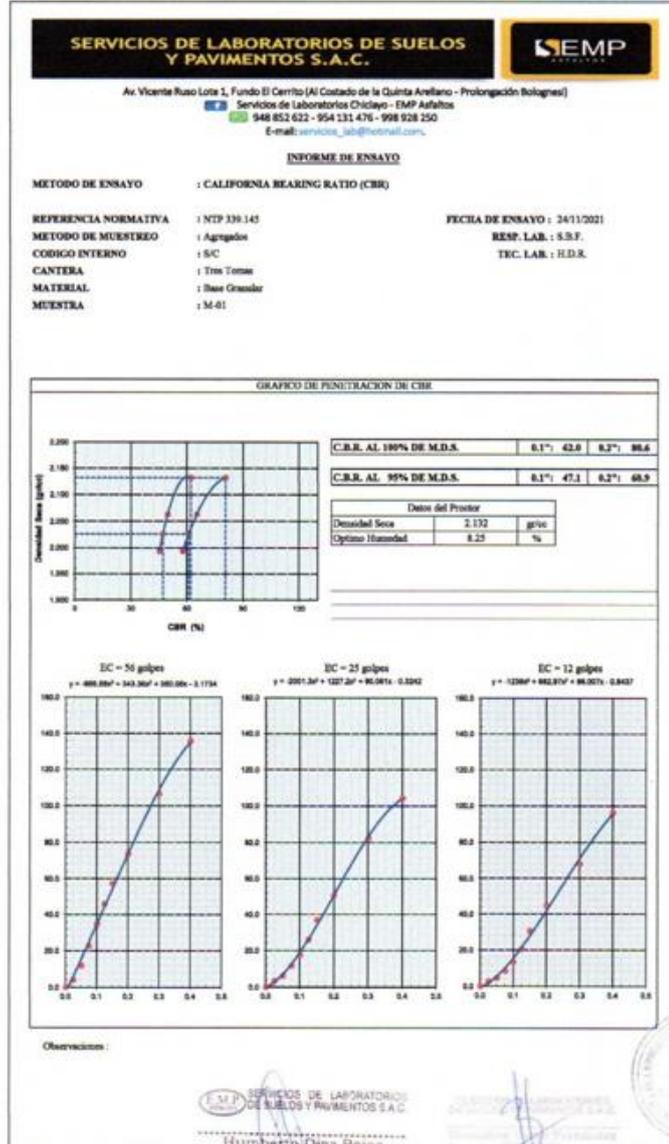
Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 40. California bearing ratio, Chiclayo 2021

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.		SEMP	
Av. Vicente Ruzo Lote 1, Fundo El Cerrito [Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Biolognes] Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250 E-mail: servicios_lab@hotmail.com			
<b>INFORME DE ENSAYO</b>			
<b>METODO DE ENSAYO</b>	: CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		
<b>REFERENCIA NORMATIVA</b>	: NTP 330.145	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 24/1/2021
<b>METODO DE MUESTREO</b>	: Agregados	<b>RESP. LAB.</b>	: S.B.F.
<b>CODIGO INTERNO</b>	: S/C	<b>TEC. LAB.</b>	: H.D.R.
<b>CANTERA</b>	: Trm Tarma		
<b>MATERIAL</b>	: Base Gravel		
<b>MUESTRA</b>	: M-01		
<b>DAOS DE ENSAYO</b>			
<b>Densidad volumetrica</b>			
N° de molde	12	32	35
N° caga	3	3	3
Cargas por caga N°	36	25	32
<b>Condición de la muestra</b>	No saturado	Saturado	No saturado
<b>Peso molde + suelo húmedo</b>	12436	12506	12676
<b>Peso de molde</b>	3517	7937	7957
<b>Peso de suelo húmedo</b>	4889	4969	4717
<b>Volumen del molde</b>	2121	2151	2110
<b>Densidad húmeda</b>	2.305	2.343	2.234
<b>% de humedad</b>	8.09	10.42	8.38
<b>Densidad seca</b>	2.132	2.122	2.063
<b>Centración de humedad</b>			
N° de tests	-	-	-
<b>Tarso + suelo húmedo</b>	308.0	308.0	601.0
<b>Tarso + suelo seco</b>	485.0	476.5	568.0
<b>Peso de agua</b>	28.0	31.5	33.0
<b>Peso de tarso</b>	174.0	174.0	174.0
<b>Peso del suelo seco</b>	309.0	302.5	379.0
<b>% de humedad</b>	8.09	10.42	8.38
<b>Exposición</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Exposición</b>
20/04/21	14:30	0	0.0
21/05/21	14:30	22	22.1
02/06/21	14:30	42	34.5
05/05/21	14:30	65	38.9
04/05/21	14:30	89	51.6
<b>Penetración</b>			
<b>Penetración</b>	<b>Carga</b>	<b>Molde N°</b>	<b>Molde N°</b>
0.000	0.0	0	0
0.025	81.8	4	66.9
0.050	206.8	12	121.2
0.075	447.0	23	231.0
0.100	801.4	35	348.8
0.125	962.8	46	419.8
0.150	1127.8	57	708.8
0.200	1481.8	74	868.8
0.300	2102.8	107	1623.0
0.400	2879.8	134	2064.4
0.500			
<b>Observaciones</b>			

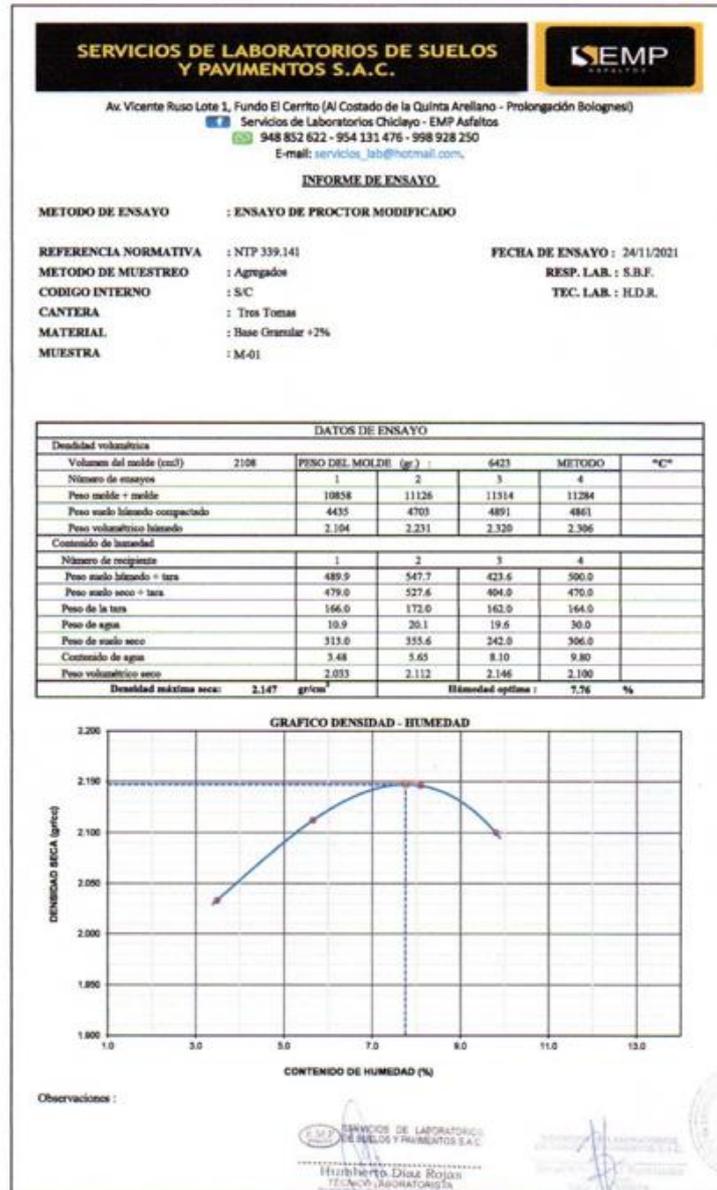
Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 41. California bearing ratio, Chiclayo 2021



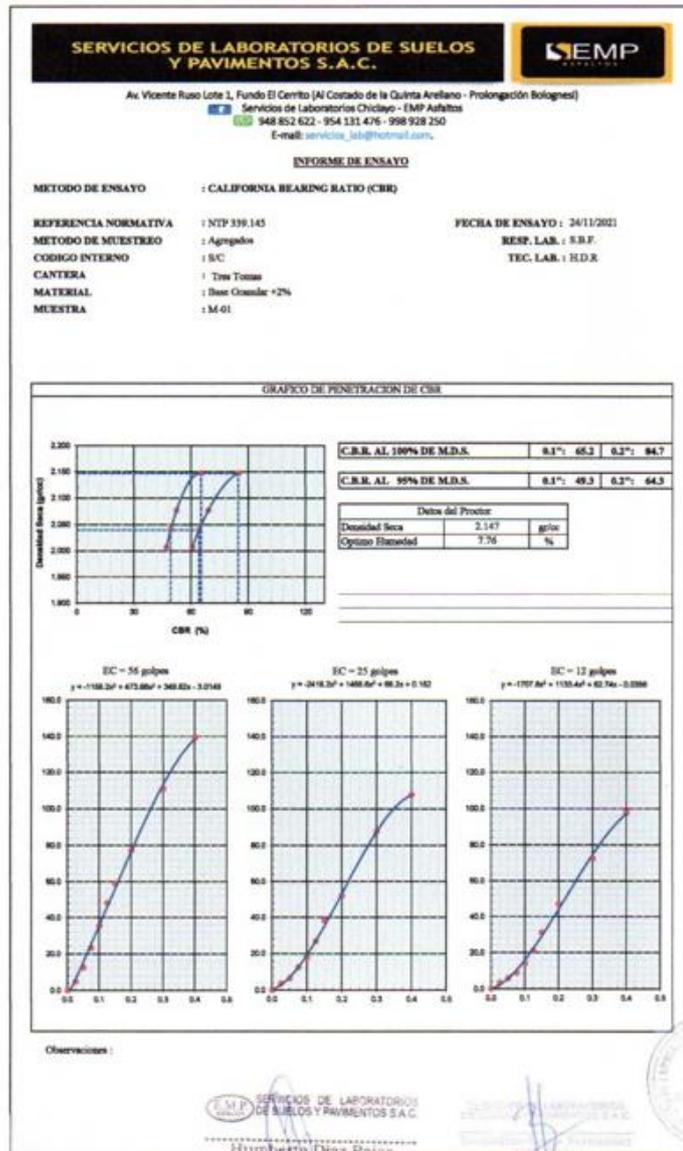
Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 42. Ensayo proctor modificado, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 43. California bearing ratio, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 44. California bearing ratio, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Raso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

☎ 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com



**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO :** CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

**REFERENCIA NORMATIVA :** NTP 339.145 **FECHA DE ENSAYO :** 24/11/2021

**METODO DE MUESTREO :** Agregados **RESP. LAB. :** S.B.F.

**CODIGO INTERNO :** 1 SC **TEC. LAB. :** H.D.R.

**CANTERA :** 2 Trm Tomas

**MATERIAL :** 7 Base Gravel + 2%

**MUESTRA :** 1 M-01

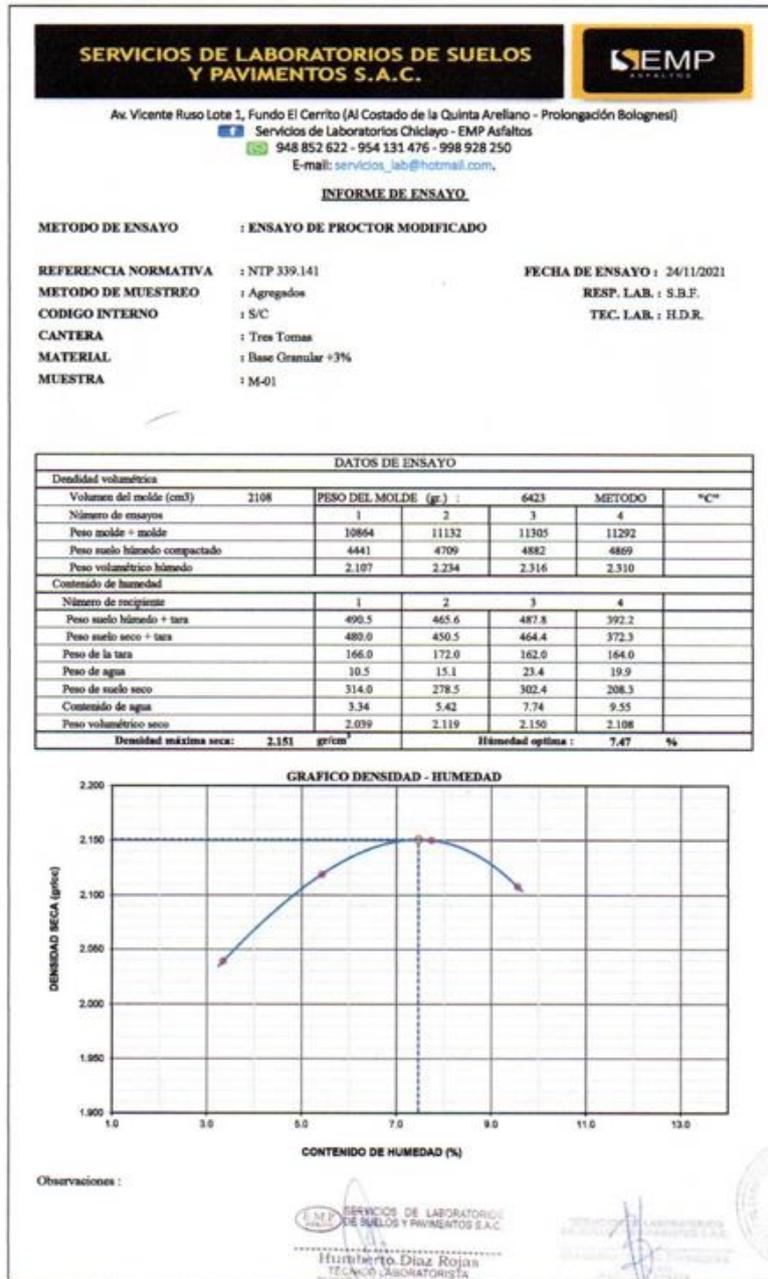


SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

SEMP  
SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
FONDO EL CERRITO - PROLONGACIÓN BOLOGNESI  
SUPERVISOR DE LABORATORIO

Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

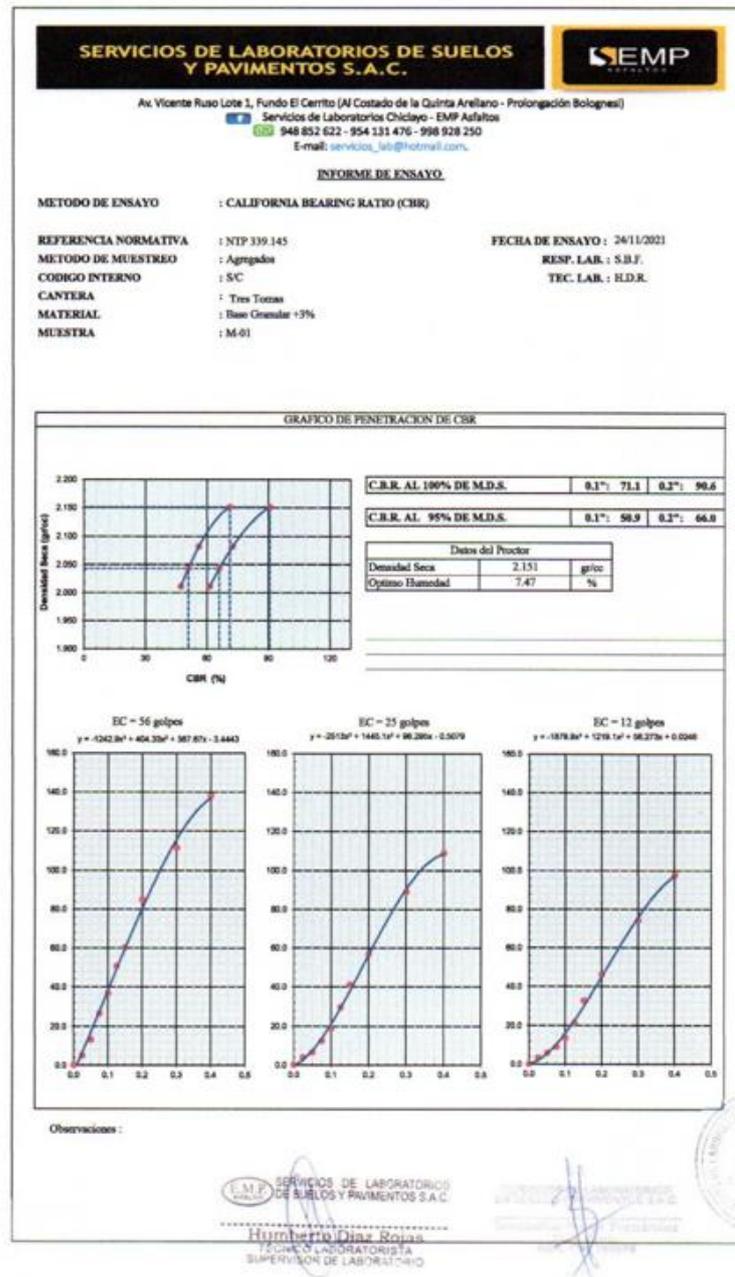
Figura 45. Ensayo proctor modificado, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

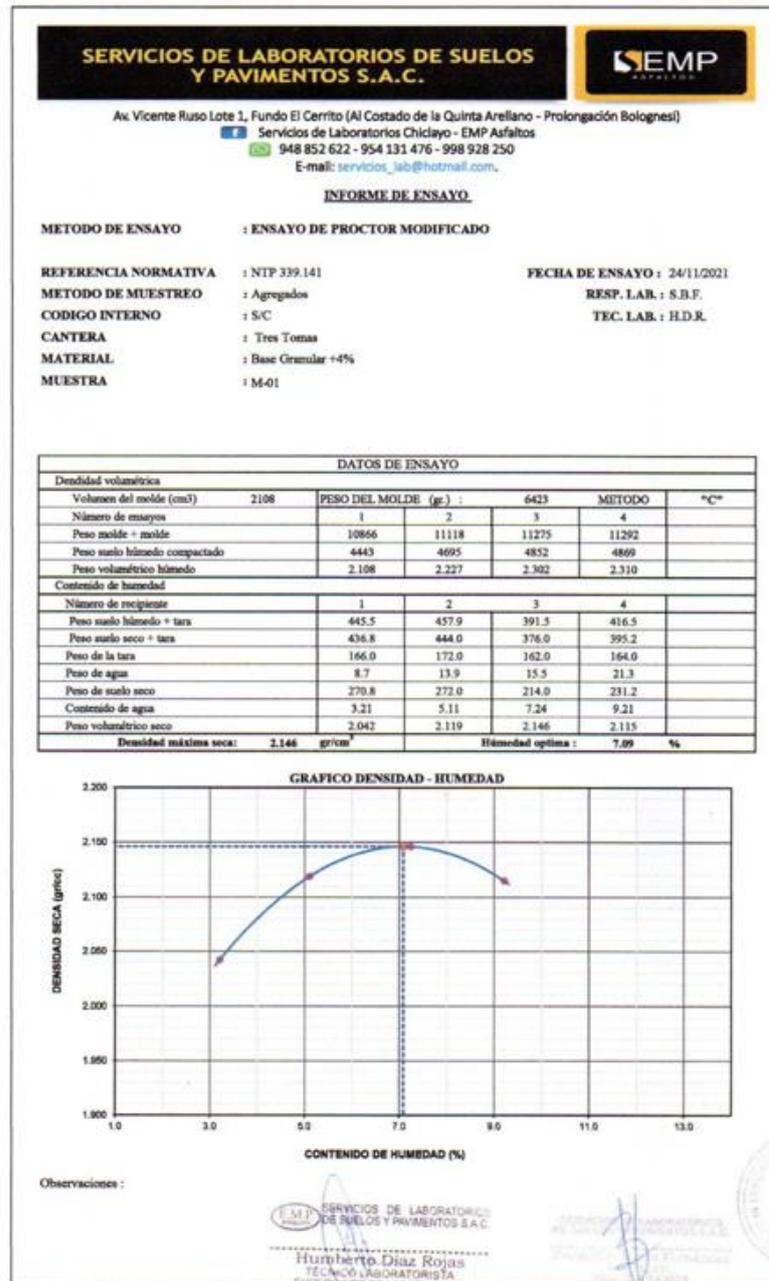


Figura 47. California bearing ratio, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 48. Ensayo de proctor modificado, Chiclayo 2021



Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 49. California bearing ratio, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com



**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO** : CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

**FECHA DE ENSAYO** : 24/11/2021

**REFERENCIA NORMATIVA** : NTP 339.145

**METODO DE MUESTREO** : Agregados

**RESP. LAB.** : S.B.F.

**CODIGO INTERNO** : 5/C

**TEC. LAB.** : H.D.R.

**CANTERA** : Tres Tomas

**MATERIAL** : Base Gravel +4%

**MUESTRA** : M-01

DATOS DE ENSAYO						
Cantidad volumétrica						
N° de molde	8		5		14	
N° capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condiciones de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso molde + suelo húmedo	12858	12934	12834	12992	12284	12522
Peso de zackle	7981	7981	8125	8125	7704	7704
Peso de suelo húmedo	4877	4953	4699	4867	4580	4818
Volumen del molde	2123	2123	2114	2114	2130	2130
Densidad húmeda	2.297	2.333	2.225	2.302	2.150	2.262
% de humedad	7.09	8.27	7.15	11.43	7.19	13.27
Densidad seca	2.145	2.135	2.075	2.066	2.008	1.997
Control de humedad						
N° de tarro	-		-		-	
Tarro + suelo húmedo	487.0	487.0	571.8	571.8	481.5	481.5
Tarro + suelo seco	466.0	460.1	545.0	530.6	460.6	445.0
Peso de agua	21.0	26.9	26.8	41.2	20.9	36.5
Peso de tarro	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0
Peso del suelo seco	296.0	290.1	375.0	340.6	290.6	275.0
% de humedad	7.09	8.27	7.15	11.43	7.19	13.27

Expansión											
Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%

Penetración													
Penetración pulg	Carga Steel kg/cm2	Molde N° 8				Molde N° 5				Molde N° 14			
		Carga		Corrosión		Carga		Corrosión		Carga		Corrosión	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000	0.0	0			0.0	0			0.0	0			
0.025	95.8	5			87.2	3			47.0	2			
0.050	242.9	12			181.8	9			118.8	6			
0.075	403.8	23			362.8	18			236.7	13			
0.100	608.9	35	57.3	81.4	562.7	29	45.9	66.6	423.4	21	40.0	56.9	
0.125	861.1	50			828.8	42			618.3	31			
0.150	1240.9	67			1062.1	54			808.6	43			
0.200	1796.8	89	113.0	107.1	1407.8	72	89.7	85.0	1043.2	58	78.2	74.2	
0.300	2708.8	140			2640.3	104			1828.8	93			
0.400	3828.8	170			2708.2	137			2281.8	114			
0.500													

Observaciones :



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito - Chiclayo

948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250

E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 50. California bearing ratio, Chiclayo 2021

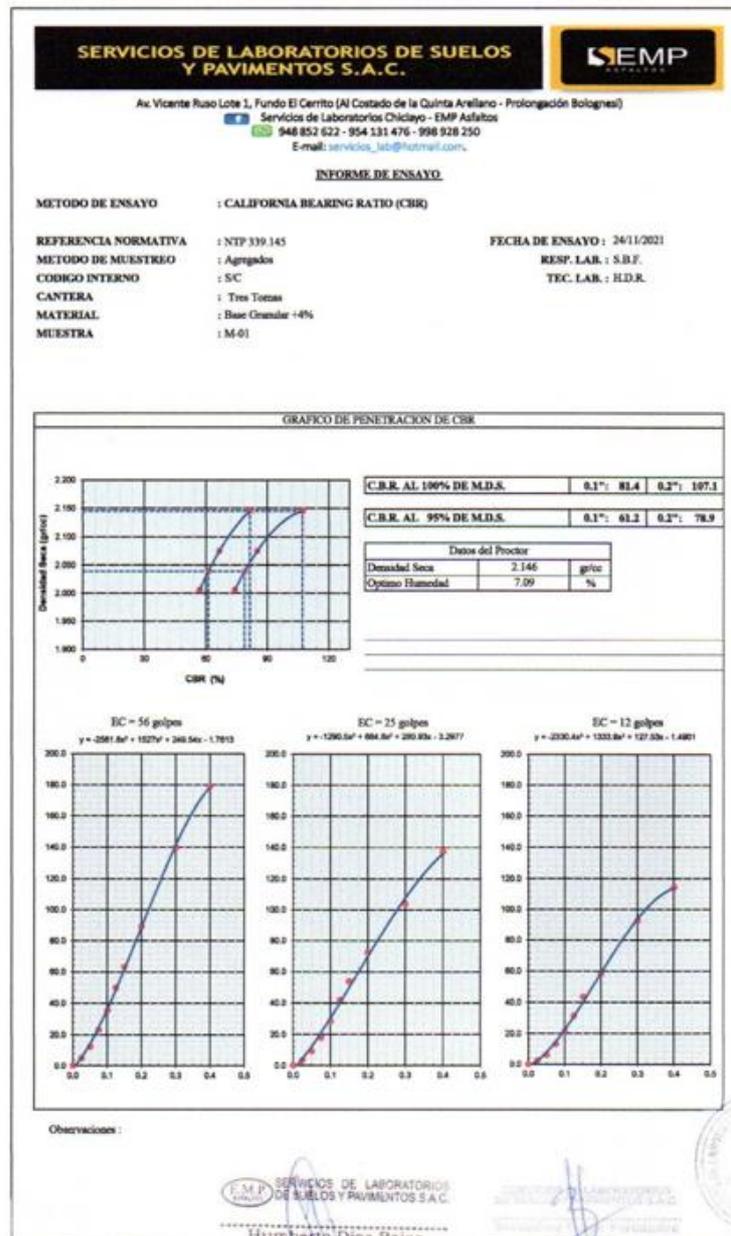


Figura 51. Ensayo Marshall con 2% de emulsión, Chiclayo 2021

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.		SEMP				
Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)						
Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos						
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250						
E-mail: servicios_lab@hotmail.com						
<b>ENSAYO MARSHALL</b> (MTC E-504, ASTM D-1559)						
PROYECTO : DISEÑO CON EMULSION CON MATERIAL DE BASE						
DESCRIPCIÓN : -						
MATERIAL : Agregados		RESP. LAB. : S.D.F.				
PROCEDENCIA : -		TÉC. LAB. : H.D.R.				
SOLICITANTE : -		FECHA : 24/11/2021				
<b>DISEÑO MAC-02</b>						
<b>DATOS DEL ENSAYO</b>						
Briqueetas	Nº	1	2	3	Promedio	Especif.
1 Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	2.00	2.00	2.00	2.00	
2 Agregado grueso en peso de la mezcla > Nº 4	%	38.67	38.67	38.67		
3 Agregado fino en peso de la mezcla < Nº 4	%	59.33	59.33	59.33		
4 Filler en peso de la mezcla	%					
5 Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.021	1.021	1.021		
6 Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.675	2.675	2.675		
7 Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.594	2.594	2.594		
8 Peso específico del filler - aparente	gr/cc					
9 Peso de la briqueeta al aire	gr	1221.5	1224.5	1218.9		
10 Peso de la briqueeta al aire sup. Seca	gr	1229.2	1235.3	1227.4		
11 Peso de la briqueeta en agua	gr	684.0	691.5	684.5		
12 Volumen de briqueeta (10-11)	c.c.	545.2	543.8	542.9		
13 Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14 Volumen de la parafina (13/Pc parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15 Volumen de la briqueeta por desplazamiento (12-14)	c.c.	545.2	543.8	542.9		
16 Peso específico Bulk de la briqueeta (9/15)	gr/cc	2.240	2.252	2.245	2.246	
17 Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/cc	2.434	2.434	2.434		
18 Vacíos (17-16)*100/17	%	7.9	7.5	7.7	7.7	
19 Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/cc	2.625	2.625	2.625		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	16.4	15.9	16.2	16.2	
21 Vacíos llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	51.5	53.1	52.2	52.3	
22 Peso específico del agregado total (2+3+4)/((100/17)-(1/5))	gr/cc	2.504	2.504	2.504		
23 Cemento asfáltico absorbido por el agregado tota (100*(22-19)/(22*19)	%	-1.88	-1.88	-1.88		
24 Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	3.84	3.84	3.84		
25 Flujo	mm	2.03	2.03	2.29	2.12	
26 Estabilidad sin corregir	kg	631.5	615.5	605.6		
27 Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00		
28 Estabilidad corregida	kg	632	616	606	618	
29 Estabilidad - Flujo	kg/cm	3108	3029	2649	2929	
Observaciones :						

Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 52. Ensayo Marshall con 3% de emulsión, Chiclayo 2021

**SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.**



Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com

**ENSAYO MARSHALL**  
(MTC E-504, ASTM D-1559)

<b>PROYECTO</b> : DISEÑO CON EMULSION CON MATERIAL DE BASE <b>DESCRIPCIÓN</b> : <b>MATERIAL</b> : Agregados <b>PROCEDENCIA</b> : <b>SOLICITANTE</b> :	<b>RESP. LAB.</b> : S.B.F. <b>TÉC. LAB.</b> : H.D.R. <b>FECHA</b> : 24/11/2021
---	--

**DISEÑO MAC-02**

DATOS DEL ENSAYO						
Briquetas	N°	1	2	3	Promedio	Específic.
1 Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.00	
2 Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	37.88	37.88	37.88		
3 Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	58.12	58.12	58.12		
4 Filler en peso de la mezcla	%					
5 Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/co	1.021	1.021	1.021		
6 Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/co	2.675	2.675	2.675		
7 Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/co	2.594	2.594	2.594		
8 Peso específico del filler - aparente	gr/co					
9 Peso de la briqueta al aire	gr	1228.9	1231.1	1230.2		
10 Peso de la briqueta al aire sup. Seoa	gr	1235.6	1236.8	1236.9		
11 Peso de la briqueta en agua	gr	692.9	693.1	694.1		
12 Volumen de briqueta (10-11)	e.e.	542.7	543.7	542.8		
13 Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14 Volumen de la parafina (13/Pe parafina)	e.e.	0.0	0.0	0.0		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (12-14)	e.e.	542.7	543.7	542.8		
16 Peso específico Bulk de la briqueta (9/15)	gr/co	2.264	2.264	2.266	2.265	
17 Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/co	2.407	2.407	2.407		
18 Vacíos (17-16)*100/17	%	5.9	5.9	5.8	5.9	
19 Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/co	2.625	2.625	2.625		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)*(16/19)	%	17.2	17.2	17.1	17.2	
21 Vacíos llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	65.6	65.6	65.9	65.7	
22 Peso específico del agregado total (2+3+4)/((100/17)-(1/5))	gr/co	2.551	2.551	2.551		
23 Cemento asfáltico absorbido por el agregado tota (100*5*(22-19))/(22*19)	%	-1.13	-1.13	-1.13		
24 Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	5.09	5.09	5.09		
25 Flujo	mm	3.30	3.85	3.30	3.22	
26 Estabilidad sin corregir	kg	797.6	777.5	816.9		
27 Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00		
28 Estabilidad corregida	kg	798	778	817	797	
29 Estabilidad - Flujo	kg/cm	2416	2551	2474	2480	

Observaciones :



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.

Hu: Alberto Díaz Rojas  
 LABORATORISTA  
 SUPERVISOR DE LABORATORIOS

Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

Figura 52. Ensayo Marshall con 4% de emulsión, Chiclayo 2021

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.		EMP				
Av. Vicente Ruso Lote 1, Fundo El Cerrito (Al Costado de la Quinta Arellano - Prolongación Bolognesi)						
Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos						
948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250						
E-mail: servicios_lab@hotmail.com						
<b>ENSAYO MARSHALL</b>						
(MTC E-504, ASTM D-1559)						
PROYECTO	DISEÑO CON EMULSION CON MATERIAL DE BASE					
DESCRIPCIÓN	-					
MATERIAL	Agregados					
PROCEDENCIA	-					
SOLICITANTE	-					
	RESP. LAB.	S.B.F.				
	TÉC. LAB.	C.A.D.S.				
	FECHA	24/11/2021				
<b>DISEÑO MAC-02</b>						
<b>DATOS DEL ENSAYO</b>						
Briqueetas	N°	1	2	3	Promedio	Especifc.
1 Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	3.00	3.00	3.00	3.00	
2 Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	38.28	38.28	38.28		
3 Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	58.72	58.72	58.72		
4 Filler en peso de la mezcla	%					
5 Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/oo	1.021	1.021	1.021		
6 Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/oo	2.675	2.675	2.675		
7 Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/oo	2.594	2.594	2.594		
8 Peso específico del filler - aparente	gr/oo					
9 Peso de la briqueeta al aire	gr	1216.5	1218.9	1217.5		
10 Peso de la briqueeta al aire sup. Seca	gr	1224.3	1226.3	1224.5		
11 Peso de la briqueeta en agua	gr	685.6	684.5	684.6		
12 Volumen de briqueeta (10-11)	e.o.	538.7	541.8	539.9		
13 Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14 Volumen de la parafina (13/Pe.parafina)	e.o.	0.0	0.0	0.0		
15 Volumen de la briqueeta por desplazamiento (12-14)	e.o.	538.7	541.8	539.9		
16 Peso específico Bulk de la briqueeta (9/15)	gr/oo	2.258	2.250	2.255	2.254	
17 Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/oo	2.407	2.407	2.407		
18 Vacíos (17-16)*100/17	%	6.2	6.5	6.3	6.3	
19 Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/oo	2.625	2.625	2.625		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)*(16/19)	%	16.6	16.9	16.7	16.7	
21 Vacíos llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	62.7	61.3	62.2	62.1	
22 Peso específico del agregado total (2+3+4)/((100/17)-(1/3))	gr/oo	2.512	2.512	2.512		
23 Cemento asfáltico absorbido por el agregado tota (100*(5*(22-19))/(22*19)	%	-1.75	-1.75	-1.75		
24 Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	4.70	4.70	4.70		
25 Flujo	mm	2.79	2.84	2.79	2.71	
26 Estabilidad sin corregir	kg	686	702.1	694.5		
27 Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00		
28 Estabilidad corregida	kg	686	702	695	694	
29 Estabilidad - Flujo	kg/cm	2455	2764	2486	2568	

Observaciones :

Fuente: Elaboración Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC

## ANEXO 05: Panel Fotográfico

Figura 1. Toma de muestras



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2- Toma de muestras



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3. Acopio de muestras en el laboratorio



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4. Inicio de análisis granulométrico



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.. Análisis granulométrico



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6. Análisis granulométrico



Fuente: Elaboración Propia

Figura 7. Análisis granulométrico



Fuente: Elaboración Propia

Figura 8. Pesado de muestras



Fuente: Elaboración Propia

Figura 9. Toma de anotaciones



Fuente: Elaboración Propia

Figura 10. Pesado de muestras individuales



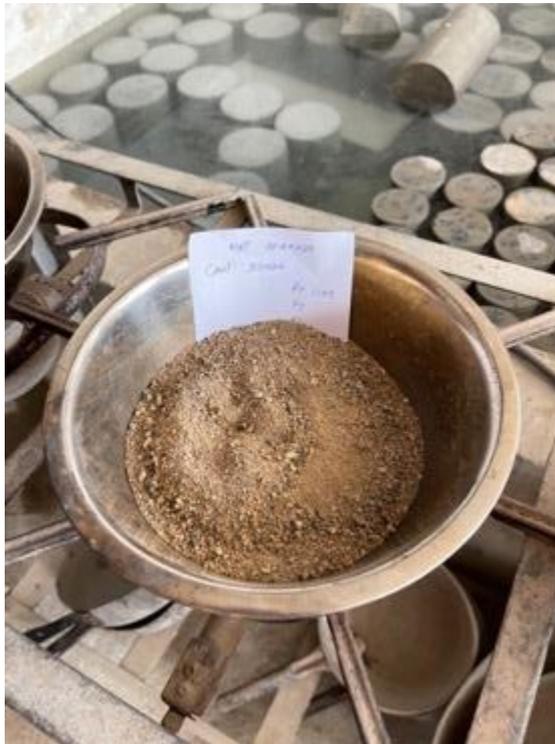
Fuente: Elaboración Propia

Figura 11. Secado de muestras



Fuente: Elaboración Propia

Figura 12. Ejemplo de etiqueta de muestra



Fuente: Elaboración Propia

Figura 13 - Elaboración de bricketas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 14. Compactación



Fuente: Elaboración Propia

Figura 15. Bricketa compactada



Fuente: Elaboración Propia

Figura 16. Muestra de bricketa compactada



Fuente: Elaboración Propia

Figura 17. Anotación de peso de bricketa



Fuente: Elaboración Propia

Figura 17. Determinación de peso de emulsión CSS 1H



Fuente: Elaboración Propia

Figura 18. Peso de emulsión CSS -1H



Fuente: Elaboración Propia

Figura 19. Dosificación de material con emulsión CSS-1H



Fuente: Elaboración Propia

Figura 21. Elaboración de bricketas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 23 - Desmoldado de bricketas para Ensayo Marshall



Fuente: Elaboración Propia

Figura 24. Colocación de bricketas en prensa



Fuente: Elaboración Propia

Figura 25. Ruptura de bricketas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 26. Operación de prensa



Fuente: Elaboración Propia

Figura 27. Toma de anotaciones



Fuente: Elaboración Propia

Figura 20 . Bricketas para CBR



Fuente: Elaboración Propia

Figura 21. Prueba de CBR



Fuente: Elaboración Propia

Figura 22. Toma de anotaciones



Fuente: Elaboración Propia