



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**Diseño de micropavimento con mezcla asfáltica
añadiendo caucho reciclado y reemplazando
parcialmente la arena chancada por escoria de acero**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autores

Bach. Fernandez Viera, Jean Pierre

<https://orcid.org/0000-0003-1626-9285>

Bach. Gonzales Carranza, Jeiner Fernando

<https://orcid.org/0000-0001-6125-9524>

Asesor

Dr. Chilon Muñoz, Carmen

<https://orcid.org/0000-0002-7644-4201>

Línea de Investigación

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel – Perú

2023

**DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA AÑADIENDO
CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA
CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO**

Aprobación del jurado

MG. SALINAS VASQUEZ, NESTOR RAUL

Presidente del Jurado de Tesis

MG. RUIZ SAAVEDRA, NEPTON DAVID

Secretario del Jurado de Tesis

MG. CHAVEZ COTRINA, CARLOS OVIDIO

Vocal del Jurado de Tesis

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos egresado (s) del Programa de Estudios de **Ingeniería civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Fernandez Viera, Jean Pierre	DNI: 71585007	
Gonzales Carranza, Jeiner Fernando	DNI: 71741405	

Pimentel, 26 de noviembre de 2023.

NOMBRE DEL TRABAJO

FeDiseño de micro pavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando la arena

AUTOR

Jean Pierre - Jeiner Fernando Fernández Viera - Gonzales Carranza

RECuento DE PALABRAS

18974 Words

RECuento DE CARACTERES

93969 Characters

RECuento DE PÁGINAS

80 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.6MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 8, 2023 7:55 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 8, 2023 7:56 AM GMT-5

● **16% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 14% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

Dedicatoria

Dedico la presente investigación a mis padres Elida Viera Almeida y Román Fernandez Olaya, por haber estado en todo mi proceso de formación académica, por ser un apoyo incondicional y haber aportado enormemente en el logro de este objetivo de ser Ingeniero Civil.

Jean Pierre Fernandez Viera.

El presente trabajo de investigación, es dedicado a mi madre, quien ha sido mi sustento y motivación con sus enseñanzas para lograr esta meta.

Jeiner Fernando Gonzales Carranza.

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios, por haberme permitido llegar hasta aquí y ser mi guía en todo momento, por haberme ayudado a sobresalir en todo problema.

Seguido, a mis padres por ser mi sustento en todo momento y a mis hermanos por todo el apoyo incondicional que me han brindado.

Jean Pierre Fernandez Viera.

Agradezco mis docentes, con los cuales a lo largo de mi vida universitaria fui adquiriendo no solo conocimiento si no un nuevo estilo de vida y las ganas de siempre saber algo más, por que como siempre decían uno nunca termina de aprender y la capacitación debe ser constante.

Jeiner Fernando Gonzales Carranza.

Índice

Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	x
Resumen	i
Abstract.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del problema	25
1.3. Hipótesis	25
1.4. Objetivos	25
Objetivo general.....	25
Objetivos específicos	26
1.5. Teorías relacionadas al tema	26
II. MATERIALES Y MÉTODO	36
2.1. Tipo y diseño de la investigación.....	36
2.2. Variable, Operacionalización	37
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección	41
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	42
2.5. Procedimiento de análisis de datos	44
2.6. Criterios éticos.....	46
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
3.1. Resultados	47
3.2. Discusión	85
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
4.1. Conclusiones.....	89
4.2. Recomendaciones.....	90
REFERENCIAS	91
ANEXOS.....	100

Índice de tablas

Tabla 1. Requerimientos de los ensayos de la emulsión asfáltica.....	29
Tabla 2. Propiedades de los agregados para el diseño de micro pavimento.....	30
Tabla 3. Granulometría de los agregados pétreos para micro pavimentos en frío.	30
Tabla 4. Requerimientos de los agregados pétreos para micro pavimentos en frío.	31
Tabla 5 Operacionalización de Variable Dependiente.....	38
Tabla 6 Operacionalización de Variable Independiente 1	39
Tabla 7 Operacionalización de Variable Independiente 2	40
Tabla 8 Muestreo.....	41
Tabla 9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	43
Tabla 10. Resultados de arena chancada - Chancadora Asfalpaca.....	49
Tabla 11. Resultados de los ensayos a los agregados Chancadora Las Palmas – Ferreñafe.	50
Tabla 12. Resultados de los ensayos a los agregados Chancadora Sicán – Ferreñafe.	50
Tabla 13. Propiedades de los agregados para el diseño de micro pavimento. Normas ISSA A-143.	52
Tabla 14. Ensayos sometidos a la emulsión asfáltica.	52
Tabla 15. Ensayos sobre el residuo de la emulsión asfáltica.	53
Tabla 16. Resultados del ensayo de rueda cargada LWT de mezcla patrón.....	54
Tabla 17. Resultados del ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla patrón.....	55
Tabla 18. Resultados del ensayo de rueda cargada LWT de mezcla con 5% CR.....	55
Tabla 19. Resultados del ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla con 5% CR..	56
Tabla 20. Resultados del ensayo de rueda cargada LWT de mezcla con 8% CR.....	57
Tabla 21. Resultados del ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla con 8% CR..	58
Tabla 22. Resultados del ensayo de rueda cargada LWT de mezcla con 10% CR.....	59
Tabla 23. Resultados del ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla con 10% CR.	59
Tabla 24. Resultados del ensayo de rueda cargada LWT de mezcla con 12% CR.....	60
Tabla 25. Resultados del ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla con 12% CR.	61
Tabla 26. Ensayo de rueda cargada LWT de mezcla sustituyendo 5% SS por los agregados	64
Tabla 27. Ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla reemplazando 5% de SS por agregados.....	64
Tabla 28. Ensayo de rueda cargada LWT de mezcla sustituyendo 10% SS por los agregados.	65

Tabla 29. Ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla reemplazando 10% de SS por agregados.....	66
Tabla 30. Ensayo de rueda cargada LWT de mezcla sustituyendo 15% SS por los agregados.	67
Tabla 31. Ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla reemplazando 15% de SS por agregados.....	67
Tabla 32. Ensayo de rueda cargada LWT de mezcla sustituyendo 20% SS por los agregados.	68
Tabla 33. Ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla reemplazando 20% de SS por agregados.....	69
Tabla 34. Resultados de ensayos WTAT Y LWT en MP de micro pavimento.	73
Tabla 35. Resultados de los ensayos realizados con el contenido óptimo de emulsión asfáltica.....	74
Tabla 36. Resultados del ensayo Schulze	77
Tabla 37. Resultados del ensayo Breuer and Ruck	78
Tabla 38. Criterio de clasificación.	78
Tabla 39. Resultado total.	78
Tabla 40. Resultados de ensayos de WTAT Y LWT en mezcla con 10% escoria de acero de micro pavimento.....	79
Tabla 41. Resultados de ensayos realizados con el contenido óptimo de emulsión asfáltica y escoria de acero.	80
Tabla 42. Ensayo de Schulze Breuer and Ruck de la mezcla con 10% de escoria de acero.	82
Tabla 43. Resultados de ensayo.....	83
Tabla 44. Resultado total.....	83
Tabla 45. Diseño de mezcla.	83

Índice de figuras

Fig. 1. Patrón de textura de caucho granulado	32
Fig. 2. Patrón de textura de escoria de acero	32
Fig. 3. Diagrama de flujo de procesos.....	45
Fig. 4. Ubicación de cantera Asfalpaca - Tres Tomas – Ferreñafe.....	48
Fig. 5. Ubicación de cantera Chancadora Las Palmas.....	48
Fig. 6. Ubicación de la cantera Chancadora Sicán – Ferreñafe.	49
Fig. 7. Curva granulométrica de los agregados.....	51
Fig. 8. Resultados de ensayo LWT con mezcla patrón.	54
Fig. 9. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla patrón.....	55
Fig. 10. Resultados de ensayo LWT con mezcla con adición de 5% de CR.	56
Fig. 11. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla con adición de 5% de CR.	57
Fig. 12. Resultados de ensayo LWT con mezcla con adición de 8% de CR.	58
Fig. 13. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla con adición de 8% de CR.	58
Fig. 14. Resultados de ensayo LWT con mezcla con adición de 10% de CR.	59
Fig. 15. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla con adición de 10% de CR.	60
Fig. 16. Resultados de ensayo LWT con mezcla con adición de 12% de CR.	61
Fig. 17. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla con adición de 12% de CR.	61
Fig. 18. Procesamiento de resultados ensayo WTAT	62
Fig. 19. Procesamiento de resultados ensayo LWT.....	63
Fig. 20. Resultados de ensayo LWT con mezcla sustituyendo el 5% de SS por los agregados.	64
Fig. 21. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla sustituyendo 5%SS por agregados... 65	65
Fig. 22. Resultados de LWT con mezcla sustituyendo el 10% de SS por los agregados. .. 66	66
Fig. 23. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla sustituyendo 10%SS por agregados. 66	66
Fig. 24. Resultados de LWT con mezcla sustituyendo el 15% de SS por los agregados. .. 67	67
Fig. 25. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla sustituyendo 15%SS por agregados. 68	68
Fig. 26. Ensayo LWT con mezcla sustituyendo el 20% de SS por los agregados. 68	68
Fig. 27. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla sustituyendo 20%SS por agregados. 69	69
Fig. 28. Procesamiento de resultados ensayo WTAT.	70
Fig. 29. Procesamiento de resultados ensayo LWT.....	71
Fig. 30. Intersección de curvas - Contenido óptimo de emulsión asfáltica.	73
Fig. 31. Curva de cohesión	75
Fig. 32. Intersección de curvas - Contenido óptimo de emulsión asfáltica.	79
Fig. 33. Curva de cohesión	80
Fig. 34. Especímenes de la mezcla luego de ser sometida a ensayos.	84

Resumen

La necesidad de promover la reutilización de materia prima en la construcción ha adquirido una importancia fundamental en la promoción del progreso hacia la sostenibilidad. Actualmente, está siendo examinado el desempeño de caucho reciclado (CR) y escoria de acero (SS) en combinaciones asfálticas, con el objetivo de proponer alternativas sostenibles para micro-pavimentos. En esta investigación, se han creado muestras de CR con adiciones del 5%, 8%, 10% y 12%, así como de SS como sustituto del agregado en proporciones del 5%, 10%, 15% y 20%. Los resultados muestran que las combinaciones asfálticas que presentan un 5% de CR y un 10% de SS presentan el mejor rendimiento. En la fase de diseño, se han planteado tres escenarios: la combinación de control (convencional), la combinación con un 10% de SS como sustituto del agregado, y la combinación óptima con los porcentajes ideales de CR y SS, respectivamente. Se concluye que las dos primeras propuestas cumplen con los estándares de la guía ISSA, pero la tercera propuesta no muestra un comportamiento favorable en el ensayo de abrasión en húmedo.

Palabras Clave: Desarrollo sostenible; combinaciones asfálticas; escoria de acero; caucho reciclado.

Abstract

The need to reuse materials in construction is a determining factor of sustainable development. Currently, the behavior of recycled rubber (CR) and steel slag (SS) in asphalt mixtures is being evaluated. This research evaluates proposals for sustainable development in micro-surfacing with CR and SS. For this, there are CR specimens with addition of 5%, 8%, 10% and 12%, and SS as a replacement for the aggregate at 5%, 10%, 15% and 20%. The best performance results in asphalt mixtures with CR and SS were 5% and 10% respectively. Three scenarios are presented in the design stage. Control mix (conventional), mix with SS as a substitute for the aggregate at 10% and mix with optimal CR and SS percentages respectively. It is concluded that the first two proposals meet the requirements of the ISSA guide, however, the third proposal does not have a favorable behavior in the wet abrasion test.

Keywords: Sustainable design; asphalt mixes; steel slag; recycled rubber.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

Actualmente, se están desarrollando investigaciones que se centran en el uso de materiales reciclados en las composiciones de combinaciones asfálticas en frío, debido a la gran necesidad de fomentar construcciones sostenibles en ingeniería civil [1], En los últimos años, el costo de las combinaciones asfálticas ha experimentado un aumento, principalmente atribuido al alto costo de los áridos, y a ello se ha sumado una mala gestión en el control de calidad de estos mismos [2]. Por otro lado, se sostiene que en un año a nivel mundial mil neumáticos alcanzan su fin de la vida útil, y al final estos suelen ser desechados o en el peor de los casos quemados, trayendo consigo un principal agente de la contaminación ambiental [3]. De la misma manera, en la industria siderúrgica sucede una situación no muy ajena, al producir acero, en ello se cuenta con residuos de acero bruto, lo cual se conoce como escoria de acero (SS), que hablando de porcentaje este resulta ser en un rango de 10%-15% del acero bruto producido, provocando una gran demanda de recursos energéticos; es por ello que la reutilización de este material dentro de las combinaciones asfálticas, principalmente en frío, es materia de investigación [4]. Otro problema que abunda en la actualidad es el deterioro de capas superficiales de pavimentos, debido a una falta de mantenimiento, estos suelen tener grietas, con el tiempo se desprecian y resultan inservibles [5]. En Irán, en una investigación señala que, mayormente los pavimentos nuevos se construyen por encima de un pavimento antiguo y que esto genera que la vida de los pavimentos sea corta, es por ello que debe buscar soluciones que nos permitan contrarrestar esta problemática [6]. Como resultado, la exploración de enfoques y metodologías innovadoras en la industria de la construcción recientemente ha ganado relevancia. La industria de la construcción se ha convertido en un indicador crucial para el aumento del Producto Bruto Interno (PBI) en el Perú.

En los últimos años se han realizados grandes obras de vías pavimentadas, pero muchas de ellas no cumplen los estándares de diseño. Una alternativa de mantenimiento preventivo de pavimento, con la finalidad de incrementar el rendimiento del mismo y tener una mejor textura de la superficie de rodadura; el uso de micro pavimento es una de las técnicas mencionadas las cuales en la actualidad son implementadas, debido al ahorro de costos, energía y tiempo. A ello se suma un notorio incremento al deslizamiento del pavimento y un retraso el periodo de deterioro del pavimento [7].

En Lima, una investigación resalta que el alto crecimiento de vehículos, ha traído como consecuencias un incremento de cargas muy significativo, por lo que, muchas vías se han visto afectadas porque en su mayoría han sido diseñadas para cargas livianas y que como consecuencia se han ocasionado innumerables daños estructurales en los pavimentos, como es el caso de del tramo de la carretera que se encuentra en el kilómetro 27 ½ de la panamericana en el distrito de puente Piedra [8]. Asimismo, otra investigación brinda aportes de las últimas décadas, la implementación de pavimentos con materiales convencionales, debido al incremento de tráfico de vehículos han traído consigo el colapso de estructuras pavimentadas y el deslice de carreteras, es por ello que se viene desarrollando e impulsando el reciclaje, debido a esta situación en Moquegua se optó por desarrollar y mejorar los pavimentos, realizando modificaciones en la combinación asfáltica al añadirle material reciclado de neumáticos, de tal forma que nuestro país cuente con una infraestructura vial que vaya acorde a nuestros tiempos actuales [9]. La falta de calidad en las infraestructuras viales la cual ha sido ocasionada no solo por el incremento de cargas debido al aumento de tránsito de vehículos, sino también, por el poco mantenimiento y la deficiencia que se muestran en el diseño de los pavimentos, como el uso de reforzamientos para darle una solución a esta problemática, tal es el caso de que el uso de micro pavimentos no ha sido utilizado como reforzamiento a la capa superficial de pavimentos. Asimismo, otro aporte, en

una investigación en la ciudad de Lima se cuenta con muchas vías principales y secundarias de acceso las cuales conectan a diversas regiones productivas generando un movimiento económico considerable, por tal motivo es vital que las vías cuenten con eficiente servicio para evitar que la economía se vea afectada. Estas vías atraviesan diferentes zonas por lo que son expuestas a diferentes temperaturas, por esta razón, se está explorando la sustitución de la combinación asfáltica de control por una variante modificada que incluya caucho reciclado, debido a su sensibilidad al cambio de temperatura [10]. Por otro lado, en Trujillo, una de las ciudades que representa uno de los sectores más importante de desarrollo económico de nuestro País, presenta uno de los problemas más grandes de la infraestructura vial, ya que, muchas carreteras de esta ciudad presentan grandes fallas en su estructura, a consecuencia de no llevar un correcto diseño o el mantenimiento adecuado para éstas [11]. Abordando las consideraciones en el diseño de micro pavimentos en el cual suele pasar por alto al efectuar su diseño, la selección de materiales granulométricos, lo cual muchas veces pasa desapercibido por diferentes profesionales encargados del diseño. Por otro lado, la pobreza extrema también es uno de los problemas que se da a causa de, debido a que su potencial económico no se aprovecha por la falta comunicación vial que hay en los pueblos abandonados de Lima [12, 13]. Por último, otra problemática abordada en Pisco es el índice de producción de escoria de acero la cual es del 10% al 15% por tonelada de acero producido, resultando este índice un tanto elevado por lo que en busca de la reutilización de dicho material se propone el diseño de carreteras afirmadas con escoria de acero [14].

En Lambayeque, Perú, no existen registros precisos sobre la cantidad de llantas desechadas en vertederos y calles. Esto se debe a la ausencia de un marco legal específico para gestionar residuos sólidos especiales, como los neumáticos fuera de uso (NFU). Como solución a ellos, se plantea el desarrollo de una planta de reciclaje de neumáticos. Además de disminuir la contaminación al medio ambiente, esta planta contribuiría a la introducción de nuevas tecnologías en pavimentación, como la incorporación de neumáticos reciclados en el diseño de combinaciones asfálticas [15]. La falta de cultura de residuos sólidos en este caso

particular el caucho de los neumáticos que generan una gran contaminación en Chiclayo y en todo el Perú, se busca incluir en las combinaciones asfálticas las partículas de caucho desechadas realizando así nuevos diseños [16]. Por otro lado, tenemos que los pavimentos de Chiclayo se han deteriorado de manera permanente por diversos factores, lo cual genera un impacto económico negativo por el mantenimiento y reparaciones que se tienen que realizar, debido a esto se propone el análisis que generará la incorporación del caucho reciclado como agregado fino en cierta cantidad [17]. Para finalizar, existe una necesidad en el mercado interno y externo con infraestructuras viales, que mejoren las condiciones de vida de las carreteras del distrito de la Victoria de la ciudad de Chiclayo [18].

En referencia a las antecedentes internaciones Nanjegowda y Biligiri [19] en su artículo científico “Reciclabilidad del caucho en sistemas de carreteras asfálticas: una revisión de la investigación aplicada y los avances en tecnología” El objetivo principal es proporcionar un panorama actualizado con respecto a la materia prima utilizada en las combinaciones asfálticas, tomando al caucho como una técnica de reciclaje. Se emplea una metodología experimental en las investigaciones, donde se establece que las partículas de caucho no deben exceder los 2,36 mm. Se varía el porcentaje de caucho entre el 8% y el 20%, y los resultados indican que, en una de las investigaciones, un 10% de caucho en la combinación asfáltica produce condiciones óptimas en las propiedades termorreológicas. Además, se observa que el porcentaje de caucho es directamente proporcional a la viscosidad de la combinación. Como conclusión, se afirma que el caucho, como agente modificador, mejora tanto las propiedades reológicas como mecánicas del asfalto cauchutado. Li et al [20] en su artículo científico “Activación de superficie de caucho triturado de llantas de desecho para mejorar la compatibilidad del asfalto cauchutado” el cual tiene como objetivo hacer una comparación de métodos de activación superficial del caucho reciclado como modificador de asfalto para mejorar la compatibilidad del asfalto cauchutado, teniendo una metodología de búsqueda de investigaciones que a través de métodos experimentales se analice el comportamiento de esta variable; en los resultados de una de las investigaciones abordadas

se tiene que con un 10% de CR en peso total a la combinación asfáltica se logra alcanzar las óptimas condiciones de propiedades mecánicas de la combinación cauchutada, concluyendo en la mayoría de investigaciones que el uso de CR en la combinación asfáltica, es una buena alternativa ambiental y reológica, sumándole a ello los beneficios en sus propiedades mecánicas. Monteiro et al [3] en su artículo científico “Análisis de energía y carbono del ciclo de vida de una barrera de seguridad vial producida con caucho de neumáticos reciclados” Analiza los beneficios en términos de reducción del consumo de energía y emisiones de dióxido de carbono (CO₂) al reutilizar caucho reciclado (CR) en contraste con el uso de caucho sintético virgen y polipropileno (PP) en las combinaciones asfálticas. Los resultados revelan una reducción del 47% en el uso de energía primaria no renovable y una reducción del 38% en las emisiones de CO₂ en comparación con la utilización de caucho sintético convencional. De la misma manera, Picado et al [21] en su artículo de revisión “Combinaciones asfálticas de caucho granulado: una revisión de la literatura” la que tiene como fin abordar en tres técnicas de uso del caucho reciclado en la combinación asfáltica, utilizando una metodología de revisión bibliográfica en donde se abordan investigaciones experimentales de uso de caucho, en el cual en una de las investigaciones abordadas dan como resultado que con un porcentaje de 20 % de caucho reciclado se muestra una resistencia mucho mejor que en una combinación bituminosa convencional, dado que, un porcentaje de caucho superior al mencionado, reflejaba una reducción considerable a la densidad de la combinación y un aumento en el contenido de vacíos; concluyendo que el uso de caucho reciclado en la combinación asfáltica, mejora las propiedades mecánicas y los beneficios también se ven expresados en términos de impacto ambiental y de agotamientos de recursos.

Bilema et al [22] en su artículo científico “Influencia del tamaño de las partículas de caucho granulado sobre el daño por humedad y la resistencia de la combinación asfáltica en caliente” El propósito de esta investigación fue evaluar cómo el tamaño de las partículas de caucho afecta el daño por humedad y la resistencia a la tracción (ITS) en combinaciones asfálticas. Se empleó una metodología experimental que incluyó 60 muestras, de las cuales

36 se destinaron a evaluar el rendimiento mecánico y 24 para determinar el contenido óptimo de ligante. Se utilizó un 5% de caucho, y se evaluaron tres tamaños de partículas: 0.075 mm, 0.15 mm y 0.3 mm. Los resultados mostraron que la combinación asfáltica con partículas de 0.075 mm de caucho aumentó la ITS en un 5.4% en comparación con la combinación asfáltica virgen. Con partículas de 0.15 mm, se logró un aumento del 9% en la ITS, y con partículas de 0.3 mm, el aumento fue del 12% en comparación con la combinación asfáltica virgen. Además, se descubrió que el porcentaje de caucho era inversamente proporcional a la resistencia al daño por humedad debido a un aumento en la relación de vacíos. En conclusión, se encontró que un mayor porcentaje de caucho aumenta la resistencia a la tracción, pero disminuye la resistencia al daño por humedad en la combinación asfáltica. Riekstins et al [23] en su artículo científico “Análisis económico y ambiental del asfalto modificado con caucho granulado” pretende analizar económicamente mediante una evaluación la vida útil de la combinación asfáltica usando en caucho triturado proveniente de llantas recicladas como modificador en comparación de un asfalto convencional, la metodología empleada es experimental en donde se realizaron diseños de tres combinaciones asfálticas con porcentajes de (15, 20 y 25), los resultados de esta investigación reflejan que las combinaciones asfálticas modificadas con caucho reciclado con los porcentajes en mención tienen al menos dos años más de vida útil que una combinación convencional, lo que se concluye que para que un pavimento con combinación asfáltica modificado con caucho resulte más económico se debe ver reflejado en la sostenibilidad, es decir que para que una combinación asfáltica modificada tenga costos anuales más bajos que una tradicional, debe durar por lo menos un año más en la práctica que se realizó en un pavimento. Por el mismo lado, Singh et al [24] en su artículo científico “Combinación asfáltica en caliente dispersa de caucho granulado intercalado con grafeno” El fin de esta investigación es analizar el rendimiento de una pavimentación flexible que utiliza una combinación asfáltica modificada con caucho, sometida a condiciones de agrietamiento y tráfico pesado. La metodología empleada se centró en analizar las propiedades físicas y mecánicas con respecto a la

combinación modificada mediante ensayos de propiedades Marshall, mientras que la comparación entre la combinación modificada y la combinación virgen se llevó a cabo a través de espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (FTIR) y microscopía electrónica de barrido (SEM). Los resultados indican que, para lograr la máxima estabilidad, el contenido óptimo de caucho en la combinación debe ser del 9.8%, con un valor de flujo de 3.39 mm. Con este porcentaje, se logra una resistencia a la penetración de 40 mm, un punto de ablandamiento de 54 °C (R&B) y una ductilidad de 65 cm. Estos resultados demuestran un progreso del betún modificado en comparación con otros porcentajes analizados e incluso con el betún virgen. En conclusión, se establece que un contenido de caucho del 9.8% del peso total de la combinación asfáltica logra una mayor resistencia al agrietamiento en comparación con el betún virgen.

Ahora bien Diaz-Pinoleta et al [25] en su artículo científico “Análisis integral de escoria siderúrgica como agregado para la construcción de carreteras: pruebas experimentales y evaluación de impacto ambiental” tiene como objetivo utilizar un 15 % de escoria de acero, para ser una sustitución del agregado grueso en la combinación asfáltica, así mismo realizar un análisis comparativo y evaluar la sostenibilidad de la combinación asfáltica, la cual se emplea un programa de diseño experimental en que primero se realiza una evaluación con respecto a los requisitos que deben cumplir las materias primas utilizadas en la combinación asfáltica, luego se realiza una prueba piloto de la combinación y del pavimento; finalmente, se miden los impactos en cada una de las combinaciones mediante un análisis de ciclo de vida; dentro del análisis de resultados tenemos que la escoria de acero tiene un coeficiente de los ángeles de 14, lo cual es menor que la caliza 25, el basalto 14.9, y lo que refleja que tiene buenas propiedades de tenacidad y abrasividad, concluyendo que cumple con los requisitos establecidos para los pavimentos más exigentes.

Adham Mohammed et al [26] en su artículo científico “Evaluación en laboratorio de combinaciones asfálticas modificadas con fibras incorporando agregados de escoria siderúrgica” presentó como objetivo, evaluar las propiedades mecánicas de la combinación

asfáltica modificada con escoria de acero como agregado, utilizando el método de revisión bibliográfica en donde se tomó como referencia diversos estudios experimentales de la adición de la escoria de acero en combinaciones asfálticas, por otro se decidió utilizar un 100% de escoria de acero, dado que dicho porcentaje resulta en la mejora de las propiedades mecánicas tales mayor resistencia al agrietamiento por fatiga, aumento del módulo resiliente y susceptibilidad a la humedad.

Seyed et al [27] en su artículo científico “Evaluación del efecto de la escoria de acero del horno de arco eléctrico sobre el comportamiento mecánico dinámico y estático de combinaciones asfálticas calientes” en el cual sustituye el agregado retenido en el tamiz de 4.75 mm por la escoria de acero en porcentajes de 0% ,25%, 50%, 75 % en la combinación asfáltica, teniendo como indicador de evaluación el método Marshall, la resistencia a la tracción y el módulo resiliente, resultando como contenido optimo el 75 %, donde se logra una fluencia dinámica aumentada en 343% obteniéndose la mejoría más notable en las propiedades mecánicas. El comportamiento de la escoria de acero en el diseño de micro pavimento es materia de investigación en la actualidad, su aplicación consiste en sustituir el agregado triturado, Shaygan et al [28] en su artículo científico “Evaluación ambiental y de desempeño de una combinación de micro pavimentos utilizando el polvo de escoria de alto horno granulado (GBSP) como potencial relleno reciclado” analiza porcentajes de reemplazo de 0%, 2.5%, 5%. 7.5% y 10% en base al peso total de los agregados, realizando las pruebas de diseño, resultando como porcentaje optimo el 10% de SS, donde se provocó aumento de la cohesión, reducción del desplazamiento vertical y reducción del potencial de san-grado en un 35 %, 57 % y 48,5 %, respectivamente.

En el ámbito nacional, en la tesis de pregrado de Maguiña [10] la cual lleva como título “Caucho reciclado de llantas en la combinación de Asfalto a Compresión para mejorar las Propiedades Mecánicas” El fin de la investigación es evaluar las propiedades mecánicas de una modificación de asfalto mediante la incorporación de grano de caucho en comparación con un asfalto convencional. La metodología empleada consiste en ensayos de laboratorio,

centrándose en el método Marshall para evaluar las propiedades de la combinación asfáltica. Se realizaron adiciones de caucho en proporciones del 1%, 2% y 3%, con el fin de encontrar las proporciones adecuadas del caucho, considerando las propiedades mecánicas. Los resultados indican que la proporción adecuada del caucho es del 3%, con propiedades evaluadas que incluyen un VMA de 57.8, una fluencia de 2.8 y una relación de vacíos del 4%. Se observó una mejora del 37% en las propiedades mecánicas en comparación con una combinación asfáltica convencional. En conclusión, la investigación destaca que la adición de grano de caucho reciclado mejora significativamente las propiedades físico-mecánicas del asfalto convencional. Paco y Segovia [29] en su tesis de pregrado “Análisis del aprovechamiento de neumáticos reciclados usados como aditivo en el asfalto”, tiene como objetivo evaluar el comportamiento del caucho de neumático mediante su aplicación de aditivo en la combinación asfáltica y verificar si cumple con los requerimientos establecidos del MTC, la metodología empleada es experimental en la que se obtiene dos combinaciones asfálticas añadiendo un porcentaje de 3% y 5% de caucho de neumático reciclado en tamaños de 0.8 y 4 milímetros, mediante los procesos por vía caliente y seca dentro de los resultados se logra determinar que la combinación cumple con las exigencias del manual del Ministerio de Transporte y Carreteras; concluyendo que a partir de esta investigación experimental y utilizando el caucho con un material reciclado que además de aportar al medio ambiente, también se puede obtener grandes beneficios su aplicación en las carreteras. . Por otro lado, Santos y Lobato [30], en su tesis de pregrado “Evaluación del asfalto modificado a base de caucho reciclado de neumáticos en comparación del asfalto convencional” En su investigación, proporciona un análisis comparativo entre las combinaciones asfálticas que incorporan caucho reciclado y una combinación convencional. La metodología se basa en una revisión bibliográfica de estudios experimentales que han utilizado el caucho como modificador de propiedades en combinaciones asfálticas. Estos estudios consideran tres procesos: vía húmeda, vía seca y proceso en refinería. Los resultados revelan investigaciones que respaldan de manera positiva el uso del caucho en combinaciones asfálticas,

concluyendo que la incorporación de caucho proveniente de llantas en desuso mejora la calidad de la combinación asfáltica y puede significar un aumento considerable en la resistencia de la capa asfáltica.

Ramos-Huamán [31], en su tesis de postgrado “Gestión de la conservación y beneficios de la aplicación de micro pavimento en una concesión en el Perú”, en la que se tiene como fin evaluar los beneficios del uso de un micro pavimento en condiciones estructurales ya sea funcional y superficial de un pavimento que se encuentra a una altura superior a 3900 msnm, la metodología que se efectúa en la investigación es analítica, en el que se toman en consideración las condiciones mencionadas del pavimento, antes, durante y después; el procedimiento a llevar fue escoger un tramo de la carretera donde se encuentren fisuras o grietas del pavimento y aplicarle el micro pavimento y evaluar su comportamiento; los resultados obtenidos fueron favorables, obteniendo un rendimiento promedio de 1426 ml 983 ml para el sello de fisuras, concluyendo que la aplicación del micro pavimento ha sido adecuado para mitigar la expansión y severidad del daño. Asimismo, se propone otro material reciclable en la investigación de Figueroa y Mamani [14], en su tesis de pregrado “Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de la planta de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales”, El propósito de este estudio fue examinar el comportamiento de las escorias negras provenientes de la industria siderúrgica cuando se incorporan en las capas asfálticas de afirmado. Se utilizó una metodología experimental que implicó la creación de combinaciones asfálticas con distintos porcentajes de escoria de acero: 5%, 10% y 15%. Se evaluó el comportamiento mecánico de estas combinaciones según los requisitos establecidos en el manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Los resultados indicaron un incremento en las propiedades mecánicas cuando el contenido de escoria de acero fue del 15% en comparación con los otros porcentajes. Además, se observó que la combinación cumplió con los requisitos del manual del MTC. En conclusión, se determinó que la escoria de acero representa una alternativa viable para su utilización en las combinaciones asfálticas, considerando su impacto ambiental

y su aprovechamiento en las capas de afirmado.

Lucen [32], en su tesis de pregrado “Aplicación de escoria siderúrgica para rehabilitar pavimentos flexibles en el Distrito de La Victoria – Lima 2018 Nivel” Con el propósito central de evaluar el impacto de la introducción de escoria siderúrgica en las propiedades de los pavimentos flexibles destinados a la rehabilitación, se llevó a cabo una metodología experimental. Este análisis se efectuó en muestras con incorporaciones de escoria de acero del 3%, 10% y 17%, mediante ensayos de Marshall para la combinación asfáltica y ensayos de características de agregados. Se logró obtener una mejor resistencia al esfuerzo y deformación al corte con la incorporación del 3% y 10% de escoria de acero. Además, este diseño cumplió con los requisitos estipulados por la norma ASTM D 3515. La conclusión extraída es que los porcentajes óptimos a considerar deben ser del 3% y 10%. Motevalizadeh et al [33], en su artículo científico “Propiedades de fractura de combinaciones asfálticas que contienen escoria de horno de arco eléctrico a temperaturas bajas e intermedias” , en su estudio tuvo como fin analizar las propiedades de fractura y susceptibilidad a la temperatura, utilizando el 100% de escoria de acero de horno de arco eléctrico (EAF), sin embargo mediante estudios experimentales se comparó el uso de escoria de acero como agregado grueso y agregado fino, llegando a obtener resultados como que el uso del 100% de EAF como agregado grueso tuvo un efecto sinérgico positivo en cuanto a las propiedades en estudio, mientras que el uso de EAF como agregado fino obtuvieron efectos sinérgicos bajos, llegando si a la conclusión en cuanto a porcentaje y uso de escoria de acero para obtener resultados positivos se debe de usar un 100% de escoria de acero como agregado grueso.

Con respecto al ámbito local, Carrasco y Rosillo [34], en su tesis de pregrado “ Diseño de pavimento flexible con utilización de caucho reciclado en avenida Venezuela, cuadras 26 - 59, distrito José Leonardo Ortiz, Lambayeque – 2021”, El propósito de esta investigación es llevar a cabo el diseño de un pavimento que incorpore caucho de neumático como aditivo en la combinación asfáltica. El método utilizado en la investigación es carácter experimental, donde se generaron combinaciones con adiciones de 0.5%, 1% y 1.5% de caucho en la

combinación. Los resultados revelaron que el contenido óptimo de caucho, determinado a través del ensayo Marshall, es de 0.5% y 1.0%. En cuanto a la estabilidad, se obtuvieron valores de 2961 kg/cm para la combinación con 0.5% y 2547 kg/cm para la muestra con 1.0%. En relación con la fluencia, se registraron valores de 3.39 mm para el 0.5% y 3.51 mm para el 1.0%. Además, se observaron porcentajes de vacíos de aire del 4.49% para la combinación con 0.5% y 4.93% para la de 1.0%. La conclusión a la que se llegó es que el comportamiento mecánico de la combinación satisface los requisitos mínimos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Por su parte Bravo y Montalvo [17], en su tesis de pregrado “Desarrollo de una combinación asfáltica en caliente con adición de caucho: caracterización del nuevo material” dan a conocer que realizaron combinaciones a 140° C, 130°C y 120°C con proporciones de 1%, 2% y 3% respectivamente mediante la metodología Marshall, dando por resultado que el % óptimo de asfalto es del 5%, en cuanto al caucho se define que mientras se trabaje mayor temperatura reaccionará de manera más eficaz en la combinación. Así también Quipusco y Villegas [35], en su tesis de pregrado “Efectos de sustituir agregado grueso convencional por siderúrgico en las propiedades físico-mecánicas de combinaciones asfálticas en caliente” El objetivo principal de este estudio fue identificar los impactos de reemplazar el agregado grueso convencional por escoria de acero en las propiedades físicas y mecánicas. A través de una metodología experimental, se evaluaron porcentajes de sustitución del 0%, 25%, 50%, 75% y 100% mediante ensayos Marshall. Se observó un aumento en el porcentaje de vacíos, densidad y estabilidad, así como un incremento en el flujo en concordancia con las cantidades crecientes de escoria de acero. La conclusión obtenida es que, para mejorar las propiedades físico-mecánicas de las combinaciones asfálticas, se recomienda incorporar un 12.56% de escoria de acero.

Calva y Muñoz [36], en su artículo científico “Estabilidad y flujo de combinaciones asfálticas en caliente incorporando escorias de acero” El propósito planteado fue la incorporación de escoria de acero en proporciones del 15%, 25%, 50% y 75% con respecto al peso del agregado grueso, con el fin de evaluar la estabilidad y el flujo de la combinación

asfáltica. Se utilizó el método de Marshall para medir la estabilidad y el flujo. Los resultados revelaron que las combinaciones con 15% y 25% de escoria de acero eran más estables que la combinación tradicional, cumpliendo con los parámetros adecuados para tránsito liviano y mediano. Por otro lado, las combinaciones con 50% y 75% también mejoraron la estabilidad y mantuvieron el flujo, aunque no cumplían con los requisitos granulométricos de la franja MAC-2. La conclusión extraída es que los porcentajes óptimos de incorporación para mejorar la estabilidad y conservar el flujo de las combinaciones asfálticas son del 15% y 25%.

La presente investigación contribuye a la comunidad científica la correcta secuencia de procedimiento de diseño de micro-pavimento, debido a que investigaciones consultadas no realizan el diseño definitivo que se conoce como Schulze Breuer and Ruck, debido a que, deducen que con los ensayos de rueda cargada (LWT) y Abrasión en húmedo (WTAT), se ha cumplido con la etapa de diseño, cuando es necesario que la mezcla pase los requerimientos del Schulze Breuer and Ruck, por ello, en esta investigación se propone realizar todos los ensayos de diseño correspondientes para un diseño óptimo de micro-pavimento.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo la adición del caucho y la escoria de acero como reemplazo de los áridos influyen en el diseño de micro-pavimentos?

1.3. Hipótesis

La adición de caucho mejora condiciones de diseño de micro-pavimento de la combinación asfáltica

Sustituir la arena chancada por la escoria de acero mejora las condiciones de diseño de la combinación asfáltica

1.4. Objetivos

Objetivo general

Evaluar el comportamiento de caucho reciclado CR y escoria de acero en una combinación asfáltica en frío para diseño de micro-pavimento.

Objetivos específicos

- Evaluar la calidad de los agregados a ser utilizados en la combinación asfálticas que cumplan con los requerimientos de micro-pavimento.
- Evaluar el comportamiento de la combinación asfáltica en frío patrón y con la adición de caucho de neumáticos reciclados (5%, 8%, 10% y 12%).
- Evaluar la escoria de acero (5%, 10%, 15% y 20%) como sustituto del agregado (arena chancada) en la combinación asfáltica en frío.
- Realizar la combinación patrón someterla a los ensayos de diseño de micro-pavimento.
- Analizar y realizar los ensayos de diseño de micro-pavimento a las combinaciones asfálticas con porcentajes óptimos.

1.5. Teorías relacionadas al tema

Micro-pavimento

El micro-pavimento se destaca como una técnica esencial en el mantenimiento preventivo de carreteras, en este contexto, la industria de la construcción de carreteras y el urbanismo se concentran en mejorar el diseño y la optimización del micro-pavimento como una forma de combinación asfáltica protectora, el objetivo principal es lograr una combinación óptima de rendimiento y durabilidad, en consecuencia, la calidad y el desempeño del micro-pavimento desempeñan un papel fundamental en la formulación de estas combinaciones asfálticas [37].

Aplicación del micro-pavimento

Una de las principales utilidades consiste en su aplicación como medida preventiva en pavimentos con deterioros moderados a leves. Esto conduce a una mejora notable en la resistencia al deslizamiento, la suavidad, la impermeabilidad y la gestión del desgaste del pavimento. Además, contribuye a la reparación de surcos y fisuras en la superficie del pavimento. [8]. Se ejecuta la aplicación de un micro-pavimento sobre la capa de rodadura,

con un espesor uniforme ajustado a su vida útil, determinada por la categoría de tráfico. Este recubrimiento tiene la función de impermeabilizar y reducir la pérdida de agregados, con el propósito de preservar la capa asfáltica en condiciones óptimas.

Ventajas del Micro-pavimento

Miranda [38] da a conocer que posterior a la realización de análisis económicos en los ciclos de vida útil y una evaluación de estudio ambiental usando factores de emisión se llega a la conclusión que los micro-pavimentos generan beneficios tanto económica como ambientalmente. Así también Miranda [38] plantea que es la solución de mantenimiento más económica y capaz de extender la vida útil del pavimento restaurando la resistencia al deslizamiento y generando una reducción del ruido.

Emulsión asfáltica

La emulsión bituminosa modificada con polímeros (PMBE) tiene mejores características térmicas y mecánicas que el betún no modificado para su uso en combinaciones de sellado de virutas, sellos de lechada y micro pavimentos, la emulsión consiste en la fina dispersión de partículas de agua y asfalto, las diminutas gotas de asfalto deben de mantenerse dispersas de una manera uniforme siempre que se encuentren en su forma acuosa debido a la intervención de un agente emulsificante – Surfactante – lo cual genera una repulsión suficiente para preservar la estabilidad del sistema hasta el momento de su aplicación. cuyo objetivo se basa en la mejora de las características resistentes [37].

Características de la emulsión asfáltica

De acuerdo al Ministerio de Transportes y Comunicaciones [39], La terminología "emulsión asfáltica" proviene de la combinación de H₂O, cemento asfáltico y emulsificante. Este compuesto, al entrar en contacto con el material pétreo, genera una inestabilidad que resulta en su ruptura. Este proceso permite que las partículas de asfalto se adhieran al material pétreo. Posteriormente, este material modificado se utiliza en diversas aplicaciones, como riegos de imprimación y liga, sellos de arena-asfalto.

Propiedades de la emulsión asfáltica

Según Águila y Márquez [40], definen que las emulsiones asfálticas según el tipo de emulsificante (catiónicas, aniónicas y no iónicas), de acuerdo a la velocidad de rotura del asfalto (rápida, media, lenta y controlada), adicionalmente dan a conocer que cada tipo de emulsión tiene una finalidad diferente.

Emulsión de rotura rápida

Según Rojas [41], define que este tipo de emulsiones al entrar en contacto con los agregados forman una capa relativamente gruesa, siendo de esta manera su aplicación con equipos y maquinarias que permitan el método de aplicación por aspersion. Generalmente este tipo de actividades se vienen realizando en proyectos de ingeniería vial, dando como resultado un buen desempeño en distintas zonas geográficas y climas.

Emulsión de rotura media

Rojas [41] define que este tipo de emulsiones presentan una propiedad intrínseca de combinarse con los agregados y proporcionar un tiempo de rotura no instantáneo, brindando una trabajabilidad mayor con respecto al tiempo estándar, esto se debe a los grados CRM que presentan y las viscosidades elevadas que controlan los escurrimientos.

Emulsión de rotura lenta

Este tipo de emulsión brinda un nivel alto de estabilidad debido a la combinación de agregados muy finos, generando que los periodos sean mayores de lo usual ya que se tiene como objetivo una mayor trabajabilidad con el material y así generar un trabajo adecuado, por otro lado, se obtienen viscosidades menores en comparación las emulsiones MS [41].

Emulsión de rotura controlada

Este tipo de emulsiones se diseñan para trabajos específicos en los cuales se tiene como finalidad conseguir periodos cortos de curado, los trabajos realizados con este tipo de emulsiones se realizan con equipos mecanizados capaces de contener la emulsión CQS-1hP

y otros componentes como el filler, agua, agregados y aditivos, generando resultados instantáneos tales como la reducción de la interrupción de tráfico para el desarrollo de trabajos en la vía, diferenciándose y generando mejoras en comparación con las emulsiones convencionales, generan un incremento en la durabilidad y gradúa los índices de temperatura de la estructura del pavimento, afectando la elasticidad y rigidez en relación con los índices de temperatura indicados [41].

Tabla 1.

Requerimientos de los ensayos de la emulsión asfáltica.

Ensayos sobre emulsión	Método ASTM	Unidades	Especificaciones	
			Mínimo	Máximo
Viscosidad saybol furol 25°C	D 7496	Ssf	20	100
Contenido de asfalto residual	D 6997	%	62	-
Contenido de disolventes	D 6997	%	-	-
Estabilidad al almacenamiento. 24 hrs, %	D 6930	%	-	1.0
Prueba del tamiz N°200	D 6933	%	-	0.1
Carga de partícula	D 7402			Positiva

Nota. Ensayos básicos para las emulsiones asfálticas. Fuente: Ficha técnica emulsión asfáltica

Calidad de agua

En cuanto a la calidad de agua esta debe ser la mejor, debe estar purificada y sin presencia de materia álcalis o similares comprendiendo un nivel de pH que oscila los rangos de 5.5 a 8.0 y el contenido de sales no debe de ser superior a 3.000 ppm [39].

Caracterización de los agregados

Los materiales pétreos a utilizar deben ser pulcros, de forma angular, resistentes y con una buena gradación, su clasificación debe llevarse a cabo en áreas designadas para tal fin, asegurando que no se genere contaminación ni separación indeseada entre los mismos, las reservas se colocarán en superficies lisas, niveladas y libres de cualquier elemento

externo que pueda afectar la calidad, como vegetación o roca, así mismo, es imperativo eliminar cualquier fuente de contaminación potencial y garantizar un sistema de drenaje eficiente para prevenir la acumulación de agua en la reserva [41]. Los agregados deben atravesar un minucioso proceso de selección para la elaboración del diseño de un micro-pavimento; en caso no se use el material adecuado, se llegarían a generar irregularidades que no estén dentro de los parámetros de la normativa vigente, por ende, se presentan diferentes números de tamices para la verificación de los porcentajes y posteriormente la realización de una curva granulométrica.

Tabla 2.

Propiedades de los agregados para el diseño de micro pavimento.

Ensayos	Especificación	Requerimiento
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)		12% máx.
Abrasión Los Ángeles	ISSA A143	25% máx.
Equivalente de Arena		60% min.
Azul de Metileno		8% máx.
Adherencia (Riedel Weber)		4 min.

Tabla 3.

Granulometría de los agregados pétreos para micro pavimentos en frío.

Tamices		Bandas granulométricas Porcentaje en peso que pasa, %			
(mm)	(ASTM)	Tipo M-I	Tipo M-II	Tipo M-III	Tipo M-IV
12.5	(1/2")				100
10.0	(3/8")		100	100	85 - 98
5.0	(N° 4)	100	85 - 95	70 - 90	62 - 80
2.5	(N° 8)	85 - 95	62 - 80	45 - 70	41 - 61
1.25	(N° 16)	60 - 80	45 - 65	28 - 50	28 - 46
0.63	(N° 30)	40 - 60	30 - 50	18 - 34	18 - 34
0.315	(N° 50)	25 - 42	18 - 35	12 - 25	11 - 23
0.16	(N° 100)	15 - 30	10 - 24	7 - 17	6 - 15
0.08	(N° 200)	10 - 20	5 - 15	5 - 11	4 - 9

Nota. Tomado de Manual de carreteras

Tabla 4.

Requerimientos de los agregados pétreos para micro pavimentos en frío.

Ensayo	Norma	Exigencia
Partículas fracturadas	MTC E 210	100%
Durabilidad al sulfato de sodio	MTC E 209	Máx. 12%
Desgaste de los Ángeles	MTC E 207	Máx. 25%
Equivalente de arena	MTC E 114	Min. 60%
Azul de metileno	AASHTO TP 57	Máx. 8
Adherencia Riedel -Weber	MTC E 220	Min 4"
Adherencia Método Estático	ASTM F 1664	Min 95%

Nota. Tomado de Manual de carreteras

Relleno activo

Existe una amplia gama de materiales adecuados que se pueden utilizar como materiales de relleno, como cemento Portland, cal hidratada, piedra caliza en polvo, materiales finos triturados que pasan por el tamiz No. 200, cenizas volantes y más, en las combinaciones de micro pavimentos, el cemento y la cal hidratada se utilizan hasta un 3% y en una proporción de 0,25 a 0,75% (porcentaje del peso total del agregado), respectivamente [42].

Caucho granulado (CR)

El caucho utilizado, es obtenido de neumáticos reciclados que han sido procesados mediante la trituración, con la finalidad de obtener partículas de 2.36 mm de caucho la cual es aplicada en el diseño, las partículas de caucho se muestran en la Fig. 1.

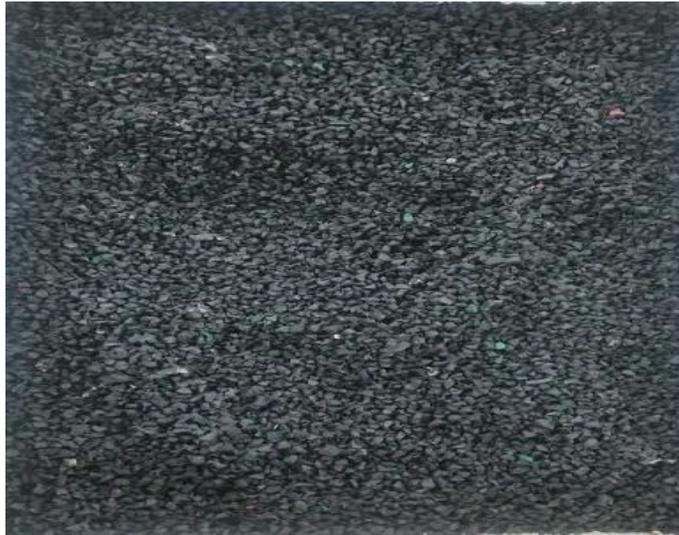


Fig. 1. *Patrón de textura de caucho granulado*

Escoria de acero siderúrgica de alto horno.

La escoria utilizada en la investigación es escoria de acero de alto horno EAH, la cual pasó por proceso de trituración y se seleccionó del material que pasa el tamiz N°20. En la Fig. 2, se observa la escoria de acero antes y después del proceso de trituración la forma y textura del material.

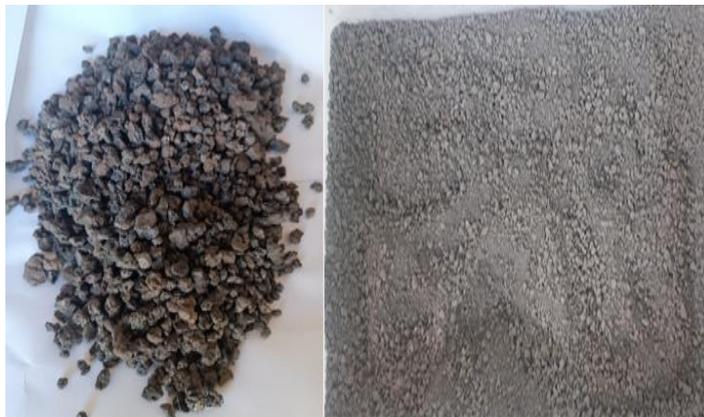


Fig. 2. *Patrón de textura de escoria de acero*

Ensayos a los agregados

El propósito principal de esta prueba es proporcionar una evaluación rápida y correlativa en campo, indicando las proporciones de finos plásticos y arcillas con respecto a los diferentes polvos granulares que pasan por la malla N°4, aproximadamente de 4.75 mm [43]. La prueba de equivalente de arena se llevará a cabo siguiendo el método ASTM D 2419.

Azul metileno

Este método es de alta confiabilidad debido a que identifica y clasifica de forma precisa las arcillas, ya que se trata de una prueba cuantitativa donde la destreza del operador tiene un impacto mínimo en la determinación del límite plástico [44]. Además, esta prueba sigue las pautas estipuladas en la normativa AASHTO TP 57.

Peso unitario suelto

El método ASTM C29 se define como la densidad bruta o bruta, junto con la unidad de masa del agregado utilizado, la masa de la unidad de volumen del agregado y el volumen de los vacíos entre todas las partículas [48].

Normas de diseño

Para el diseño global del micro-pavimento, se recomienda seguir las pautas establecidas por la International Slurry Surfacing Association, conocida como ISSA A-143 y revisada en 2010. Además, es necesario cumplir con las especificaciones indicadas por la normativa American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) M-208, que se aplica a las emulsiones asfálticas, en cuanto a los ensayos a realizar, se está considerando la aplicación del método MTC E 403, la verificación de la viscosidad, residuos, entre otros, estará a cargo de la especificación CQS-1hp, en concordancia con las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) [44].

Un aspecto crucial a tener en cuenta es la recuperación elástica, la cual puede medirse mediante torsión o de manera lineal. Es decir, las emulsiones con una alta

recuperación elástica exhibirán un comportamiento más elástico, siendo importante no descuidar el punto de ablandamiento, ya que los polímeros pueden influir en este aspecto generando un aumento [42].

Ensayos de diseño de micro-pavimento.

Después de la selección de los agregados apropiados y la emulsión bituminosa correspondiente para las combinaciones diseñadas según la norma ISSA A143, se llevarán a cabo experimentos esenciales con los materiales. Posteriormente, se evaluará el rendimiento de las muestras a través de pruebas que incluyen la prueba de cohesión en condiciones húmedas (ISSA TB139), la prueba de abrasión en pista húmeda (ISSA TB100), la prueba de ruedas cargadas (ISSA TB109), y el método Schulze Breuer And Ruck [44].

Ensayo de cohesión húmeda

La prueba de cohesión en condiciones húmedas se lleva a cabo con el objetivo de determinar la cohesión, la resistencia al tráfico y el tiempo de curado, siguiendo la directriz ISSA TB 139, a partir de esta prueba, se establece la cantidad de carga mineral requerida en la combinación para lograr valores aceptables de torque de cohesión a los 30 minutos (evaluación del proceso de ruptura de la emulsión bituminosa), a los 60 minutos y después de 24 horas de curado, los valores de cohesión a los 30 minutos y 60 minutos pueden interpretarse tanto como la evaluación del proceso de ruptura de la emulsión bituminosa como la evaluación del tiempo de apertura al tráfico, respectivamente [42].

Ensayo de abrasión húmeda.

Para evaluar la resistencia a la abrasión y al deshilachado, así como el contenido mínimo de emulsión bituminosa, se llevó a cabo la prueba de abrasión en vía húmeda (WTAT) en las muestras de prueba, el procedimiento de prueba, conforme a la directriz ISSA TB 100, consiste en verter la muestra en el molde, curar a 60 °C durante 15 horas en un horno de tiro forzado, preparar durante 1 hora en agua a 25 °C, realizar pruebas de laboratorio bajo una manguera de goma reforzada durante 5 minutos a 25 °C, y finalmente, pesar las muestras

secadas en el horno a 60 °C. Al concluir, la pérdida agregada se calculó mediante la diferencia de peso antes y después de la realización de la prueba [44].

Ensayo de rueda cargada.

Las pruebas de rueda cargada (LWT) y adhesión de arena, según la pauta ISSA TB 109, se emplean para establecer el contenido máximo de emulsión bituminosa que garantice la resistencia máxima al sangrado, conforme a las especificaciones del procedimiento de prueba, la muestra preparada se somete a un secado de 24 horas en una estufa a 60 °C. Posteriormente, la muestra se coloca en el probador de ruedas cargadas y se compacta durante 1000 ciclos con un peso de 56,7 kg, después de estos ciclos, se esparce arena a 83 °C sobre la superficie de la muestra mediante un marco y se realizarán 100 ciclos adicionales. Los siguientes pasos incluyen la eliminación de la arena y el pesaje de la muestra. Finalmente, se registra el aumento de peso, el cual se informa como la adhesión de arena. Los resultados de la pérdida por abrasión y la adhesión de arena se emplearán para determinar el contenido adecuado de betún residual [42].

Ensayo de Schulze Breuer and Ruck

Este procedimiento se emplea para evaluar la semejanza entre agregados con una gradación específica utilizados como relleno y el residuo de betún emulsionado o asfalto. Además, este método proporciona un sistema integral de medición con respecto a la pérdida en la prueba de abrasión, asegurando la integridad y la adecuada adherencia de todas las partículas finas específicas, ya sea como parte de un agregado o como residuo de un asfalto emulsionado [37] .

II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de la investigación.

Tipo de investigación

El tipo de investigación a trabajar en la presente es aplicado, la cual, según Ramos et al [31], se requiere de una aplicación práctica para obtener resultados y así resolver un problema específico, y en el presente proyecto de investigación si se debe tener el requerimiento de aplicaciones prácticas (ensayos) para poder realizar acabo un diseño óptimo de micro-pavimento con las variables mencionadas.

El enfoque de la investigación en el cual se desarrollará la presente es cuantitativo, la cual se basa en recolectar información en base a datos numéricos para así poder analizar de forma estadística los datos obtenidos, la cual se propone como una investigación centrada en la relación que tiene la ciencia con el método científico [46]. Para llevar a cabo la presente investigación se deben realizar ensayos de laboratorio donde se obtendrán datos numéricos que nos ayudarán a la toma de decisiones para realizar el diseño de micro-pavimento.

Diseño de investigación

El diseño es experimental de nivel cuasi – experimental para Chávez et al [47], este estudio es básicamente un plan donde se estudia el impacto de los tratamientos realizados o procesos de cambios con lo que se pueden realizar con ajustes estadísticos donde los sujetos para la observación no fueron asignados de acuerdo a un proceso aleatorio. En la presente investigación lo que se realizará es un estudio de cantera en donde se hará visita y reconocimiento del lugar y se extraerá el material pétreo que será utilizado en la investigación, aplicando los ensayos correspondientes, en este caso el criterio de evaluación será la norma MTC-2013. Para la investigación se requiere de un tratamiento-control, en el cual se deben comparar los diseños obtenidos al aplicar cada porcentaje y así comparar, para poder despreciar los efectos de las variables.

$G_1 \quad X_1 \quad O_1$

$G_2 \quad X_2 \quad O_2$

G₃ X₃ O₃

G₄ X₄ O₄

G₅ ---- O₅

G₆ X₆ O₆

G₇ X₇ O₇

G₈ X₈ O₈

G₉ X₉ O₉

G₅ --- O₅

Dónde:

- G_{1,2,3,4}: Grupos experimentales.
- G_{6,7,8,9}: Grupos experimentales.
- G₅: Grupo control (patrón)
- X_{1,2,3,4}: Tratamiento del grupo experimental que constituye la adición de CNR, dónde:
X₁= 2%CNR, X₂= 3%CNR X₃= 4%CNR, X₄ = 5%CNR.
- X_{6,7,8,9}: Tratamiento del grupo experimental que constituye la sustitución de arena por EA, dónde: X₆= 5%EA, X₇= 10%EA, X₈= 15%EA, X₉= 20%EA.
- ---: No se sustituye caucho ni PET reciclado.
- O_{1,2,3,4}: Observación aplicada a las variables independientes, combinación asfáltica con CNR.
- O₅: Observación aplicada a la variable dependiente, combinación asfáltica patrón.
- O_{6,7,8,9}: Observación aplicada a las variables independientes, combinación asfáltica con EA.

2.2. Variable, Operacionalización

Se pueden identificar dos conjuntos de variables, siendo la variable independiente aquella que el investigador manipula para observar cómo afecta a otra variable de estudio. En cuanto a la variable dependiente, esta está determinada por un fenómeno distinto y puede ser considerado como el resultado o la consecuencia de la investigación [71].

Variable Dependiente (VD):

Micro pavimento con combinación asfáltica

Variable Independiente (VI):

Caucho reciclado y escoria de acero

Operacionalización

Tabla V

Operacionalización de Variable Dependiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Micro pavimento con combinación asfáltica	El micro pavimento se destaca como una técnica esencial en el mantenimiento preventivo de carreteras, en este contexto, la industria de la construcción de carreteras y el urbanismo se concentran en mejorar el diseño y la optimización del micro pavimento [37].	Se evaluará las propiedades mecánicas del micro pavimento con combinación asfáltica.	Proporciones de diseño	Dosificación en volumen	m ³	Observación y revisión documentaria – Fichas de observación y equipos de laboratorio.	%	Variable numérica	De razón
			Propiedades mecánicas	Abrasión en húmedo	g/m ²				
				Rueda cargada	g/m ²				
				Ensayo de cohesión	Kg/cm				
				Schulze Breuer and Ruck	g/m ²				

Tabla VI

Operacionalización de Variable Independiente 1

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Caucho de neumático reciclado (CR)	El caucho reciclado se obtiene a partir de neumáticos descartados en vertederos y talleres de mecánica, y se utiliza sin separar los componentes textiles ni de acero de su composición [49].	Se evaluará las propiedades mecánicas del micro pavimento con combinación asfáltica con presencia de CR.	Proporciones de diseño	5%	Kg	Observación y revisión documentaria – Fichas de observación y equipos de laboratorio.	%	Variable numérica	De razón
				8%	Kg				
				10%	Kg				
				12%	Kg				
			Propiedades mecánicas	Abrasión en húmedo	g/m ²				
				Rueda cargada	g/m ²				
				Ensayo de cohesión	Kg/cm				
	Schulze Breuer and Ruck	g/m ²							

Tabla VII

Operacionalización de Variable Independiente 2

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Escoria de acero (SS)	Las escorias de acero son el resultado secundario generado durante el proceso de fundición, utilizado para la purificación de metales [37].	Se evaluará las propiedades mecánicas del micro pavimento con combinación asfáltica con presencia de SS.	Proporciones de diseño	5%	Kg	Observación y revisión documentaria – Fichas de observación y equipos de laboratorio.	%	Variable numérica	De razón
				10%	Kg				
				15%	Kg				
				20%	Kg				
			Propiedades mecánicas	Abrasión en húmedo	g/m ²				
				Rueda cargada	g/m ²				
				Ensayo de cohesión	Kg/cm				
	Schulze Breuer and Ruck	g/m²							

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

2.3.1. Población

La población se define como cierto conjunto de elementos que están unidos entre sí, por tener características que se estudiarán [50]. Con respecto a nuestra población a tratar en nuestra investigación corresponde a las 81 muestras analizadas que contenían caucho triturado obtenido a partir de neumáticos reciclados y la escoria de acero de alto horno, obtenida a partir de residuos de la planta siderúrgica SIDERPERÚ.

2.3.2. Muestra

La muestra se define como una parte representativa de la población, cuando la distribución y valor de esta muestra se puede obtener márgenes de error mínimos [51]. De un total de 81 muestras realizadas, 9 briquetas muestras del micro pavimento patrón, 36 muestras de micro pavimento con la incorporación de caucho de neumático reciclado, 36 muestras con la incorporación de la capa de micro pavimento con reemplazo de escoria de acero del agregado grueso.

Tabla 5

Muestreo

Ensayo	Degaste de abrasión en húmedo	Resistencia a la abrasión	Inmersión en agua	Parcial	Total
Briqueta patrón (unidades)	3	3	3	9	
Incorporación de CNR 5%(unidades)	3	3	3	9	
Incorporación de CNR 8%(unidades)	3	3	3	9	
Incorporación de CNR 10%(unidades)	3	3	3	9	
Incorporación de CNR 12%(unidades)	3	3	3	9	81
Sustituir la EA 5% por AG (unidades)	3	3	3	9	
Sustituir la EA 10% por AG (unidades)	3	3	3	9	
Sustituir la EA 10% por AG (unidades)	3	3	3	9	
Sustituir la EA 20% por AG (unidades)	3	3	3	9	

Nota. Cantidad de briquetas a elaborar.

2.3.3. Muestreo

Se refiere a las unidades que serán examinadas dentro de una selección previamente definida, y desempeña un papel fundamental en la metodología y diseño de varias investigaciones [52]. En esta investigación, se utiliza un muestreo aleatorio simple de naturaleza probabilística, ya que este método de selección posibilita que todos los elementos de la población tengan la oportunidad de ser incluidos en la muestra [52].

2.3.4. Técnica de selección de datos

Criterios de inclusión: En esta situación, se contempla la definición de los límites geográficos del área de investigación, asegurándose de que todos los materiales proceden de la ciudad de Chiclayo, ubicada en la región de Lambayeque. Se limitará el análisis únicamente a las briquetas que contengan CR y SS.

Criterios de exclusión: En esta situación, se contempla la definición de los límites geográficos del área de investigación, excluyendo a todos los materiales que no procedan de la ciudad de Chiclayo, ubicada en la región de Lambayeque, además de que no se considerará a las briquetas que no contengan CR y SS.

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

2.4.1. Técnicas de recolección de datos.

a. Observación

Es un enfoque de recopilación de datos que implica observar el objeto de estudio en una situación específica, este método se caracteriza por no intervenir ni alterar el entorno en el que se encuentra el objeto, ya que cualquier interferencia podría afectar la validez de los datos obtenidos [50].

b. Revisión documentaria

Se trata de una técnica de observación adicional, especialmente útil al documentar acciones y programas, proporciona una visión del desarrollo y las peculiaridades de los procesos, así como información que puede ser confirmada o cuestionada [50].

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos.

Los instrumentos de recopilación de datos registran información acerca de las variables que se pretenden medir, las cuales están directamente relacionadas con la formulación del problema, así como con la pregunta de investigación y los objetivos, tanto generales como específicos [50].

Tabla 6.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos	Fuente
Análisis y evaluación de las propiedades físicas del caucho y escoria de acero.	Ensayos de laboratorio	- Contenido de humedad - Peso específico - Análisis granulométrico por tamizado
Análisis y evaluación de las propiedades mecánicas del caucho y escoria de acero	Ensayos de laboratorio	- Proctor Estándar - CBR - Partículas Chatas y alargadas - Partículas Fracturadas
Diseño de combinación asfáltica	Ensayos de laboratorio	- Ensayo de abrasión en Húmedo. (ISSA TB – 100) - Ensayo de rueda cargada. (ISSA TB-103) - Ensayo Schulze Breuer and Ruck (ISSA TB – 144).

Nota: Esta tabla nos muestra las técnicas que se emplearán para determinar las propiedades físicas y mecánicas del micro pavimento.

2.4.3. Validez y confiabilidad de datos

- Validez interna

Para el cálculo y análisis de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, en el cual se realizarán las briquetas para determinar el comportamiento de la combinación asfáltica según la normativa vigente para pavimentos, el

cual con la presencia del técnico Wilson Olaya Aguilar el cual indicará la veracidad y fiabilidad de los resultados.

- **Validez externa**

La validez y la autenticidad de los apuntes y cálculos realizados por el autor está avalada por todos los resultados de la investigación previamente certificados por el técnico responsable del laboratorio.

- **Objetividad**

Este ítem nos permite revisar que los objetivos planteados en la investigación sean resueltos en su complejidad.

- **Fiabilidad**

Permite realizar los procesos adecuadamente ya que hay información existente repartido en ensayos, prácticas y distintos métodos de acuerdo a las normas ASTM, AASHTO, ISSA.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

2.5.1. Diagrama de flujo de procesos

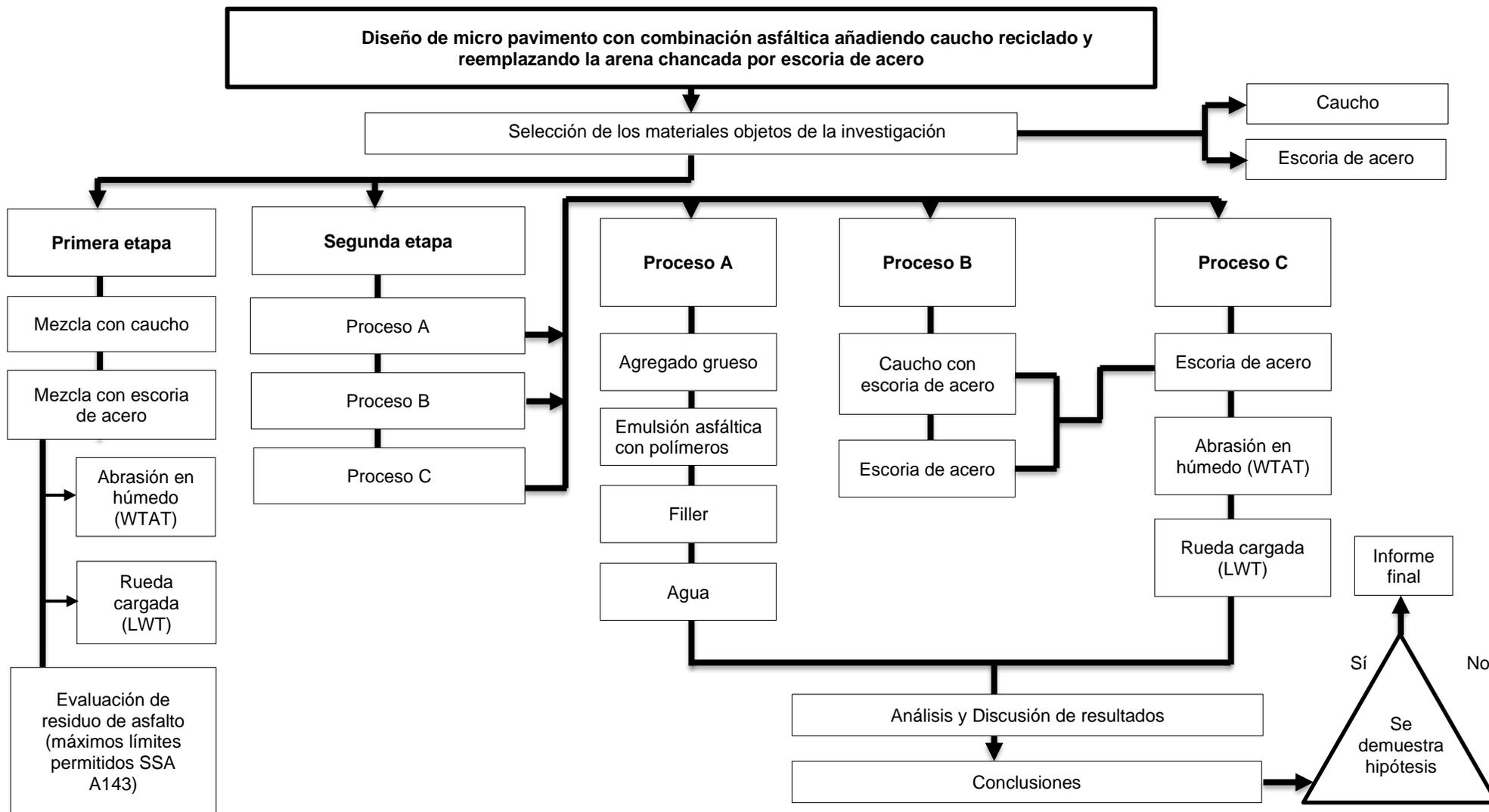


Fig. 3. Diagrama de flujo de procesos.

2.5.2. Descripción de procesos

Para determinar el análisis de las propiedades físicas de la combinación asfáltica que conformará la capa del micro pavimento, se tendrá que analizar de acuerdo a los lineamientos establecidos por la Norma Técnica Peruana y apoyándose en las normas ASTM, donde se tendrá que evaluar el desempeño físico de la combinación mencionada.

En el análisis de las propiedades mecánicas de la combinación asfáltica se realizarán los ensayos que comprende la norma técnica peruana, donde se debe verificar que la combinación cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad, calidad y así obtener un diseño óptimo.

Mediante un análisis, basándose en la norma técnica peruana se debe calcular cual es el porcentaje óptimo de las variables estudiadas, en que la combinación llega alcanzar un diseño que ofrezca una mejora de condiciones de reforzamiento de pavimentos. Para el diseño de la combinación asfáltica se toma en consideración la secuencialidad del método de diseño Marshall–ASTM D 1559, tomando también como referencia la norma técnica peruana.

Realizar una comparación entre las combinaciones asfálticas obtenidas con cada variable, y una combinación convencional para determinar la implicancia de mejora que tiene la incorporación de estas.

2.6. Criterios éticos

Las normas morales y éticas son estipuladas por el código de Ingenieros del Perú, en el cual se estableces los valores y deberes que los ingenieros deben cumplir y respetar al ofrecer los servicios, evitando de esta manera que puedan ser sancionados. (CIP, 2012). Los principios éticos se rigen por el código ético de la Universidad Señor de Sipán, que enfatiza la promoción y defensa de la integridad, honor y dignidad en el ejercicio profesional, según lo establecido en el capítulo I del mismo, así también especifica los valores, normas morales y éticas que deben ser observados al comenzar las responsabilidades, con el objetivo de proporcionar servicios sin incurrir en sanciones.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Con respecto al primer objetivo estudio de canteras

Todos los materiales pétreos empleados en la capa de rodadura están expuestos a la acción abrasiva del tráfico. En el caso de que estos materiales no posean la suficiente dureza para resistir un desgaste rápido, el pavimento puede volverse peligrosamente resbaladizo cuando está húmedo. La mayoría de los materiales pétreos resistentes pueden utilizarse con éxito en tratamientos de superficie. La resistencia a la abrasión de estos materiales puede evaluarse mediante el ensayo Los Ángeles (conforme a ASTM C 131, AASHTO T 961). Además, es fundamental que los materiales pétreos seleccionados cumplan con los requisitos funcionales en cuanto a tamaño, forma y limpieza.

La evaluación de las canteras abarca la identificación, investigación y verificación de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los materiales pétreos inertes. Únicamente se elegirá aquella cantera que demuestre que la cantidad y calidad de los materiales disponibles son apropiadas y suficientes para la construcción completa de la estructura. Se llevará a cabo el análisis de los resultados de los ensayos realizados en los agregados obtenidos de las canteras mencionadas a continuación:

Chancadora 1:

Agregado fino: Chancadora Asfalpaca – Tres Tomas - Ferreñafe

Chancadora 2:

Agregado fino: Chancadora Las Palmas - Ferreñafe

Chancadora 3:

Agregado fino: Chancadora Sicán - Ferreñafe

Se llevaron a cabo las siguientes acciones en el análisis de las canteras:

Exploración en el terreno del área identificada como cantera para la obtención de materiales granulares.

- Recolección de 1 muestra representativa de la cantera.
- Realización de pruebas de laboratorio con el propósito de obtener información relevante para el proyecto, incluyendo pruebas de granulometría, equivalente de arena, peso específico, durabilidad del agregado, abrasión, azul de metileno y adherencia de Riedel-Weber, especialmente para la arena.

Ubicación del proyecto

El proyecto se desarrollará en la provincia de Chiclayo – departamento de Lambayeque.



Fig. 4. Ubicación de la Chancadora Asfalpaca - Tres Tomas – Ferreñafe.

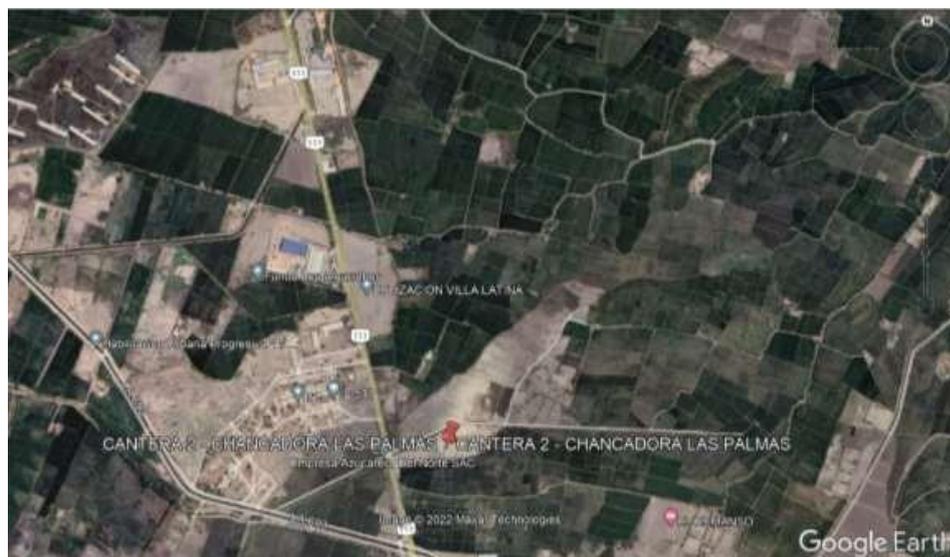


Fig. 5. Ubicación de la Chancadora Las Palmas

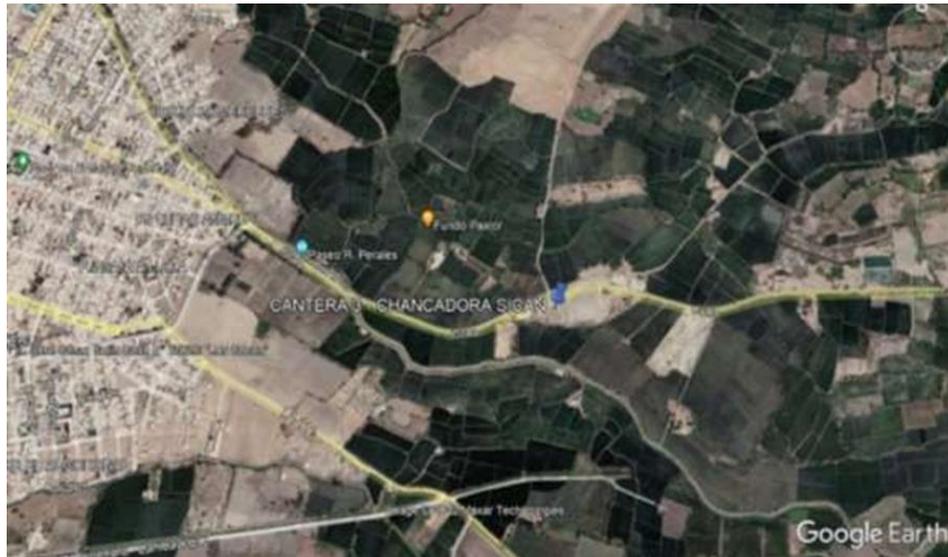


Fig. 6. Ubicación de la Chancadora Sicán – Ferreñafe.

Propiedades físicas y mecánicas de los agregados

Resultados del análisis de canteras.

En este análisis, se evalúa la gradación del agregado, comenzando por la clasificación Tipo I, Tipo II, Tipo III y Tipo IV según la normativa MTC EG-2013. Según los datos recopilados en esta investigación, se verifica que la gradación correspondiente es la Tipo III, como se detalla en la tabla 10.

Tabla 7.

Resultados de arena chancada – Chancadora Asfalpaca

ENSAYOS DE LABORATORIO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
	RANGOS (%)	RESULTADO (%)	OBSERVACIÓN
Contenido de humedad	-	0.83	CUMPLE
Bandas granulométricas	TIPO M-III	OK	CUMPLE
Durabilidad	Máx. 12%	8.82	CUMPLE
Desgaste de los ángeles	Máx. 25%	21.6	CUMPLE
Equivalente	Máx. 60%	67	CUMPLE
Azul metileno	Máx. 8%	4.09	CUMPLE
Adherencia Riedel-Weber	Mín. 4*	5	CUMPLE

De acuerdo con los resultados de los ensayos realizados en la Chancadora 01, se concluye que el material examinado de esta cantera es adecuado para la aplicación en micro pavimento, ya que cumple con las especificaciones técnicas establecidas en la norma ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN (EG-2013).

Tabla 8.

Resultados de los ensayos a los agregados Chancadora Las Palmas – Ferreñafe.

ENSAYOS DE LABORATORIO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
	RANGOS (%)	RESULTADO (%)	OBSERVACIÓN
Contenido de humedad	-	0.42	–
Bandas granulométricas	TIPO M-III	OK	CUMPLE
Durabilidad	Máx. 12%	11.77	CUMPLE
Desgaste de los ángeles	Máx. 25%	27.8	NO CUMPLE
Equivalente	Máx. 60%	53	NO CUMPLE
Azul metileno	Máx. 8%	9.55	NO CUMPLE
Adherencia Riedel-Weber	Mín. 4*	3	NO CUMPLE

Nota: Los resultados realizados muestran que los agregados de la chancadora 02 no cumplen algunos requerimientos del MTC EG-2013.

Tabla 9.

Resultados de los ensayos a los agregados Chancadora Sicán – Ferreñafe.

ENSAYOS DE LABORATORIO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
	RANGOS (%)	RESULTADO (%)	OBSERVACIÓN
Contenido de humedad	-	0.93	–
Bandas granulométricas	TIPO M-III	OK	CUMPLE
Durabilidad	Máx. 12%	14.08	NO CUMPLE
Desgaste de los ángeles	Máx. 25%	30.4	NO CUMPLE
Equivalente	Máx. 60%	49	NO CUMPLE
Azul metileno	Máx. 8%	8.96	NO CUMPLE
Adherencia Riedel-Weber	Mín. 4*	2	NO CUMPLE

Nota: Los resultados realizados muestran que los agregados de la chancadora 03 no cumplen algunos requerimientos del MTC EG-2013.

Debido a los resultados obtenidos, solo la chancadora 01 – Chancadora Asfalpaca cumple con los requisitos establecidos por la normativa peruana MTC EG – 2013, la cual las muestras seleccionadas para los ensayos correspondientes de diseño de micro pavimento, serán tomados a partir de ello.

Una vez realizado el estudio de canteras se procedió a realizar los ensayos para la etapa de diseño, en donde la normativa a seguir para esta etapa son las normas ISSA (International Slurry Surfacing Association, 2010) [48].

Agregados

La gradación estará especificada en la Fig. 7, la granulometría del material cumple con el uso granulométrico tipo III de la especificación la guía.

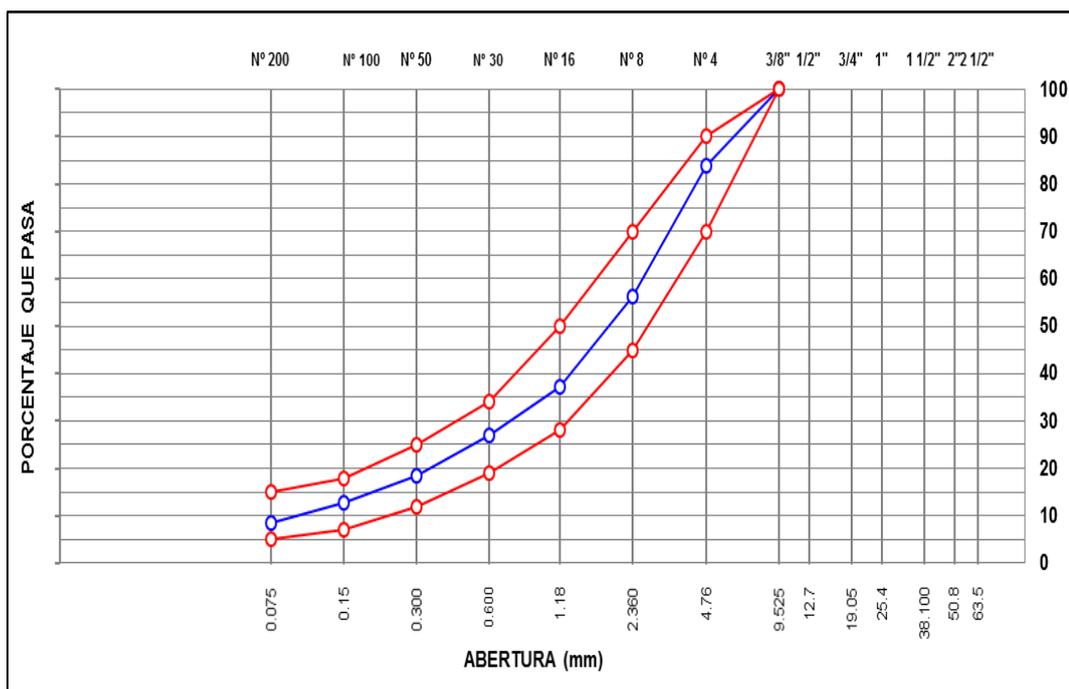


Fig. 7. Curva granulométrica de los agregados.

En la Tabla 13, se tiene los ensayos especificados en la guía de diseño para las propiedades físicas de los agregados, la cual el material utilizado cumple con todos los requerimientos, teniendo valores dentro de los límites permitidos, de la guía para diseño de micro pavimento.

Tabla 10.

Propiedades de los agregados para el diseño de micro pavimento. Normas ISSA A-143.

Ensayos	Especificación	Requerimiento	Resultados	Observaciones
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)		12% máx.	8.82%	Cumple
Abrasión Los Ángeles		25% máx.	21.6%	Cumple
Equivalente de Arena	ISSA A-143	60% min.	73%	Cumple
Azul de Metileno		8% máx.	5%	Cumple
Adherencia (Riedel Weber)		4 min.	5min	Cumple

Nota: Los resultados de los agregados son aptos y cumplen las condiciones de diseño según las normas ISSA A-143.

Adicionalmente para una etapa preliminar, se evaluaron los ensayos según el MTC EG-2013.

Emulsión asfáltica

La emulsión asfáltica utilizada en la investigación es modificada con polímeros en CQS-1hp. En la Tabla 14, se muestra los ensayos que se requieren en la emulsión asfáltica para el diseño, establecidos en la norma ASTM, donde el producto cumple con las especificaciones de calidad.

Tabla 11.

Ensayos sometidos a la emulsión asfáltica.

Ensayos sobre emulsión	Método ASTM	Unidades	Especificaciones		Resultado
			Mínimo	Máximo	
Viscosidad saybol furol 25°C	D 7496	Ssf	20	100	35
Contenido de asfalto residual	D 6997	%	62	-	62.5
Contenido de disolventes	D 6997	%	-	-	0
Estabilidad al almacenamiento. 24 hrs, %	D 6930	%	-	1	0.7
Prueba del tamiz n° 20	D 6933	%	-	0.1	0
Carga de partícula	D 7402			Positiva	Positiva

Tabla 12.*Ensayos sobre el residuo de la emulsión asfáltica.*

Ensayos sobre emulsión	Método ASTM	Unidades	Especificaciones EG 2013 / ASTM D 2397		Resultados
			Mín.	Máx.	
Penetración, 25 °C, 100g, 5s	D5	dmm	40	90	61
Punto De Ablandamiento	D 36	°C	57	-.-	57
Ductilidad, 25°C 5cm/min, cm	D113	Cm	40	-.-	80
Solubilidad en Tricloroetileno	D2042	%	97.5	-.-	99.62

Nota: Son datos extraídos de la ficha técnica de la emulsión asfáltica.

Filler mineral y agua

Se utilizó cemento portland tipo I como filler mineral, la norma ISSA A143, (17) brinda parámetros para la adición filler debe ser entre 0% a 3%, se utiliza con la finalidad de mejorar las características de la combinación como la cohesión, minimizar la separación de agregados y como controlador del tiempo de rotura de la emulsión bituminosa en el micro pavimento, teniéndose en consideración para la investigación 0.3% del peso total del agregado natural y el agua añadida fue tipo agua potable con pH igual a 7.6.

Con respecto al segundo objetivo determinar los resultados de la combinación de micro pavimento control (MP)

Luego de proceder a realizar los especímenes de la combinación patrón, se procedió a someterla a los ensayos de abrasión en húmedo WTAT y rueda cargada LWT, con la finalidad de determinar el mínimo contenido de emulsión asfáltica y el máximo respectivamente.

Ensayo de rueda cargada.

En la prueba de rueda cargada, se persigue determinar el contenido óptimo de emulsión asfáltica en la combinación de micro pavimento y, al mismo tiempo, evaluar las exudaciones de la combinación. Por esta razón, se procederá a realizar ensayos en cinco

muestras con variaciones de contenido de emulsión, comenzando desde el 9.0% y aumentando hasta alcanzar el 15.5%.

Ensayo de abrasión en húmedo.

Asimismo, se llevó a cabo la prueba con cinco combinaciones que abarcan contenidos de asfalto en un rango de 9.0% a 15.5%, con el objetivo de verificar si la pérdida por abrasión cumple con los requisitos establecidos.

a. Mezcla de control – Mezcla Patrón.

Tabla 13.

Resultados del ensayo de rueda cargada LWT de mezcla patrón.

Datos del ensayo						
Mezcla N°	Cont. de agua (%)	Contenido de emulsión	Peso mezcla + plato (g)	Peso arena + mezcla + plato	Exc. asfalto (g/m ²)	Especificación
1		9.0	414.3	415.2	102.0	
2		10.5	426.6	428.2	166.4	
3	10.0	12.0	446.2	448.8	236.2	<538g/m ²
4		14.0	448.1	451.1	306.7	
5		15.5	452.3	456.0	408.0	

La mezcla con los agregados naturales, muestra resultados aceptables, todos los resultados de exudación están dentro del límite establecido por las normas ISSA y se muestran en la Fig. 8.

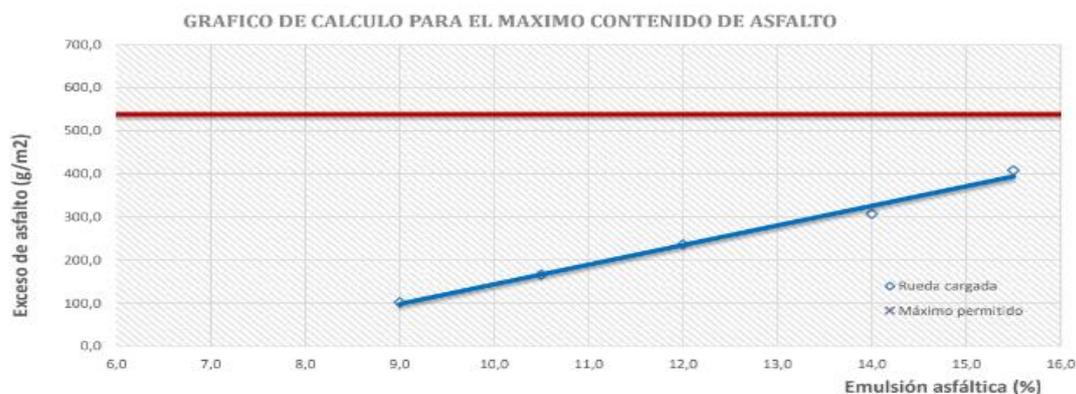


Fig. 8. Resultados de ensayo LWT con mezcla patrón.

Tabla 14.

Resultados del ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla patrón.

Datos del ensayo					
Mezcla N°	Contenido emulsión (%)	Peso mezcla + plato	Peso mezcla + plato (g)	Perdida por abrasión (g/m ²)	Especificación
1	9.0	2582.3	2612.7	943.2	807 g/m² (máximo)
2	10.5	2676.3	2694.5	491.2	
3	12.0	2614.2	2623.5	269.1	
4	14.0	2648.1	2652.0	128.3	
5	15.5	2663.7	2664.8	63.8	

En este ensayo solo un espécimen excede el límite de pérdida por abrasión, especificado en las normas ISSA y se muestra en la Fig. 9.



Fig. 9. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla patrón.

- b. Siguiendo con el segundo objetivo combinación asfáltica con la adición de 5% de CR en relación a los agregados.**

Tabla 15.

Resultados del ensayo de rueda cargada LWT de mezcla con 5% CR.

Datos del ensayo						
Mezcla N°	Cont. de agua (%)	Contenido de emulsión	Peso mezcla + plato (g)	Peso arena + mezcla + plato	Exc. asfalto (g/m ²)	Especificación
1	10.0	9.0	416.8	417.7	108.0	<538g/m²

2	10.5	430.1	431.7	171.2
3	12.0	448.5	451.1	303.8
4	14.0	450.2	453.2	389.7
5	15.5	453	456.7	475.5

Nota. En principio los resultados de los ensayos del LWT, se muestran favorables con porcentaje de 5%.

En la Fig. 10. Se observan que todos los valores están dentro de los rangos permitidos.

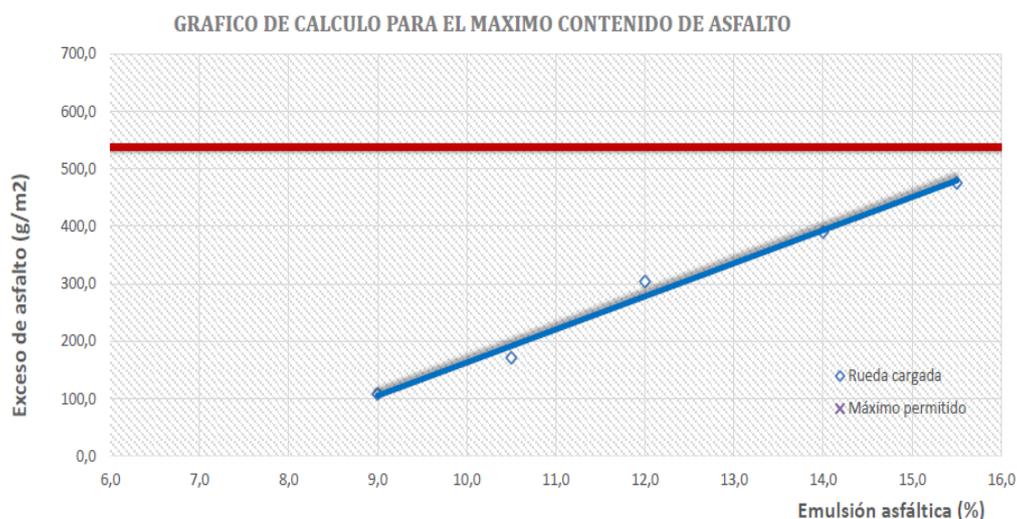


Fig. 10. Resultados de ensayo LWT con mezcla con adición de 5% de CR.

Tabla 16.

Resultados del ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla con 5% CR.

Datos del ensayo					
Mezcla N°	Contenido emulsión (%)	Peso mezcla + plato	Peso mezcla + plato (g)	Perdida por abrasión (g/m²)	Especificación
1	9.0	2611.8	2642.2	1158.0	807 g/m² (máximo)
2	10.5	2603.0	2621.2	556.8	
3	12.0	2597.2	2606.5	338.0	
4	14.0	2581.0	2584.9	216.1	
5	15.5	2560.3	2561.4	92.0	

Nota. En principio los resultados de los ensayos del WTAT, se muestran favorables con porcentaje de 5%.

En la Fig. 11. Se observan que solo un valor no se encuentra en el rango permitido.

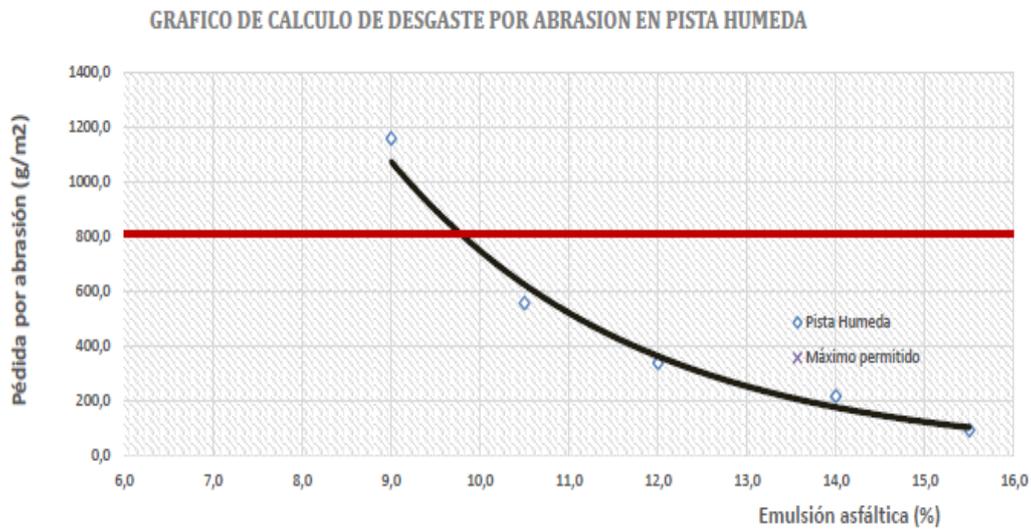


Fig. 11. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla con adición de 5% de CR.

Combinación asfáltica con la adición de 8% de CR en relación a los agregados.

Tabla 17.

Resultados del ensayo de rueda cargada LWT de mezcla con 8% CR

Datos del ensayo						
Mezcla N°	Cont. de agua (%)	Contenido de emulsión	Peso mezcla + plato (g)	Peso arena + mezcla + plato	Exc. asfalto (g/m²)	Especificación
1		9.0	422.3	423.2	115.0	
2		10.5	436.0	437.6	189.0	
3	10.0	12.0	452.2	454.8	346.0	<538g/m²
4		14.0	455.7	458.7	365.0	
5		15.5	460	463.7	528.0	

Nota. En principio los resultados de los ensayos del LWT, se muestran favorables con porcentaje de 5%.

En este ensayo aún con el porcentaje de adición de 8% de caucho aún están dentro de los rangos permitidos según las especificaciones ISSA y se puede ver en la Fig. 12.

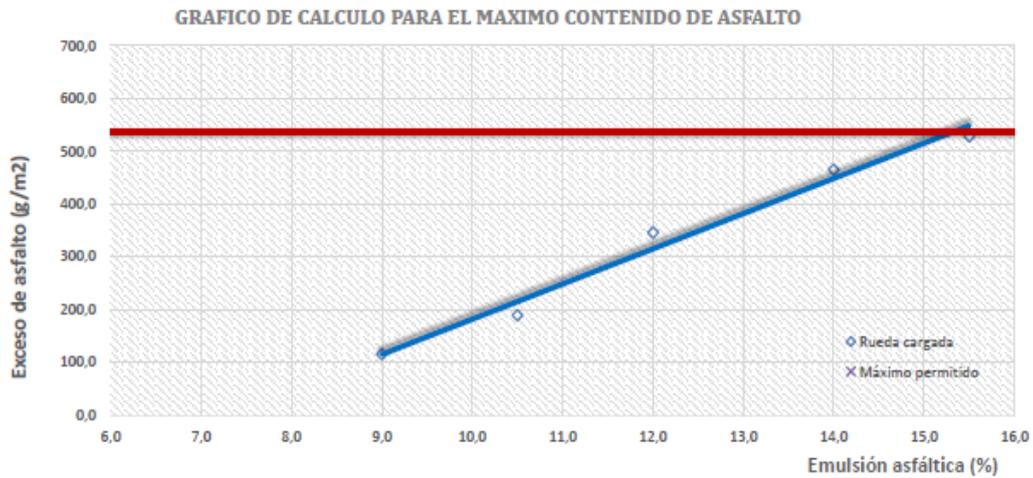


Fig. 12. Resultados de ensayo LWT con mezcla con adición de 8% de CR.

Tabla 18.

Resultados del ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla con 8% CR.

Datos del ensayo					
Mezcla N°	Contenido emulsión (%)	Peso mezcla + plato	Peso mezcla + plato (g)	Perdida por abrasión (g/m²)	Especificación
1	9.0	2618.7	2649.1	1203.0	807 g/m² (máximo)
2	10.5	2637.4	2655.6	701.8	
3	12.0	2644.0	2653.3	433.0	
4	14.0	2650.0	2653.9	288.0	
5	15.5	2651	2652.1	96.0	

Estos datos numéricos están reflejados en la Fig. 13. Donde se observa que solo la mezcla con 9% de emulsión excede el límite de la especificación ISSA.

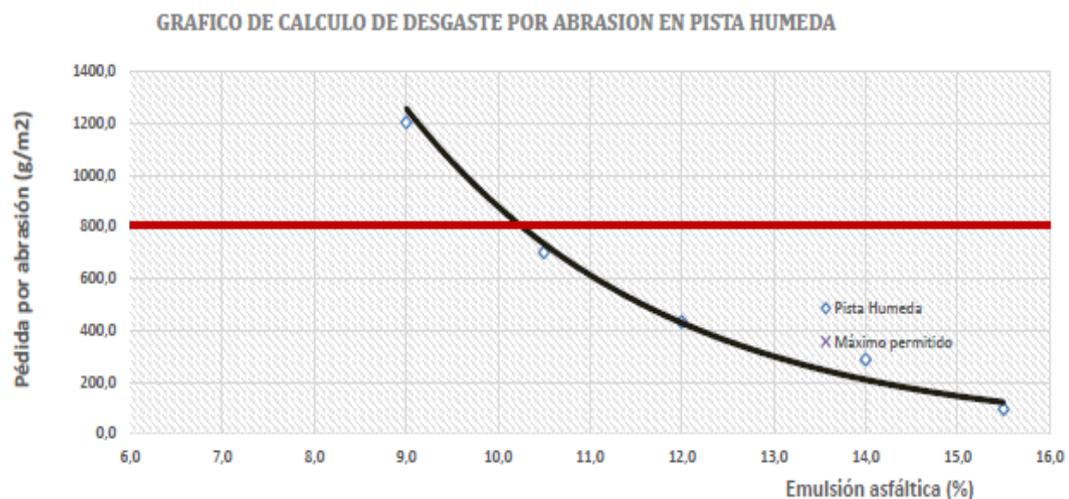


Fig. 13. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla con adición de 8% de CR.

Combinación asfáltica con la adición de 10% de CR en relación a los agregados.

Tabla 19.

Resultados del ensayo de rueda cargada LWT de mezcla con 10% CR.

Datos del ensayo						
Mezcla N°	Cont. de agua (%)	Contenido de emulsión	Peso mezcla + plato (g)	Peso arena + mezcla + plato	Exc. asfalto (g/m ²)	Especificación
1		9.0	426.8	427.7	121.0	
2		10.5	441.0	442.6	202.6	
3	10.0	12.0	459.7	462.3	378.2	<538g/m ²
4		14.0	462.0	465.0	562.2	
5		15.5	464.1	467.8	681.2	

En los siguientes datos se observa que ya los valores se empiezan a superar el límite de exudación especificado en la norma ISSA y se observa en la Fig.14.

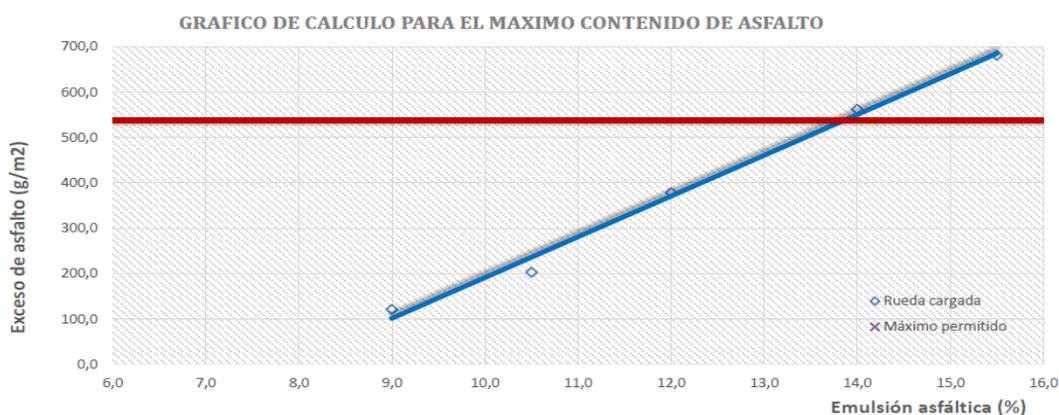


Fig. 14. Resultados de ensayo LWT con mezcla con adición de 10% de CR.

Tabla 20.

Resultados del ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla con 10% CR.

Datos del ensayo					
Mezcla N°	Contenido emulsión (%)	Peso mezcla + plato	Peso mezcla + plato (g)	Perdida por abrasión (g/m ²)	Especificación
1	9.0	2621.3	2651.7	1488.0	
2	10.5	2639.0	2657.2	911.0	807 g/m ² (máximo)
3	12.0	2647.8	2657.1	606.0	
4	14.0	2654.3	2658.2	352.0	

5	15.5	2688	2649.1	116.0
---	------	------	--------	-------

En los siguientes datos se observa que ya los valores se empiezan a superar el límite de pérdida por abrasión especificado en la norma ISSA y se observa en la Fig.15.

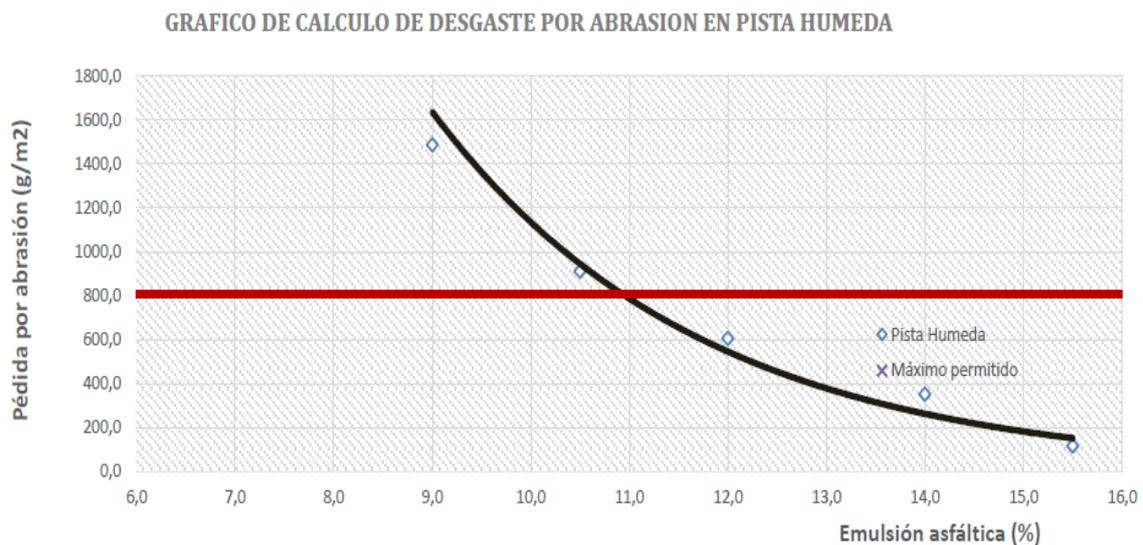


Fig. 15. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla con adición de 10% de CR.

Combinación asfáltica con la adición de 12% de CR en relación a los agregados.

Tabla 21.

Resultados del ensayo de rueda cargada LWT de mezcla con 12% CR.

Datos del ensayo						
Mezcla N°	Cont. de agua (%)	Contenido de emulsión	Peso mezcla + plato (g)	Peso arena + mezcla + plato	Exc. asfalto (g/m²)	Especificación
1		9.0	422.1	423.0	130.0	
2		10.5	436.5	438.1	214.8	
3	10.0	12.0	460.1	462.7	415.5	<538g/m²
4		14.0	466.0	469.0	582.7	
5		15.5	455.8	459.5	716.2	

Dado que se incrementa el porcentaje de caucho, aumenta la exudación de asfalto y ello se ve reflejado en la Fig.16.

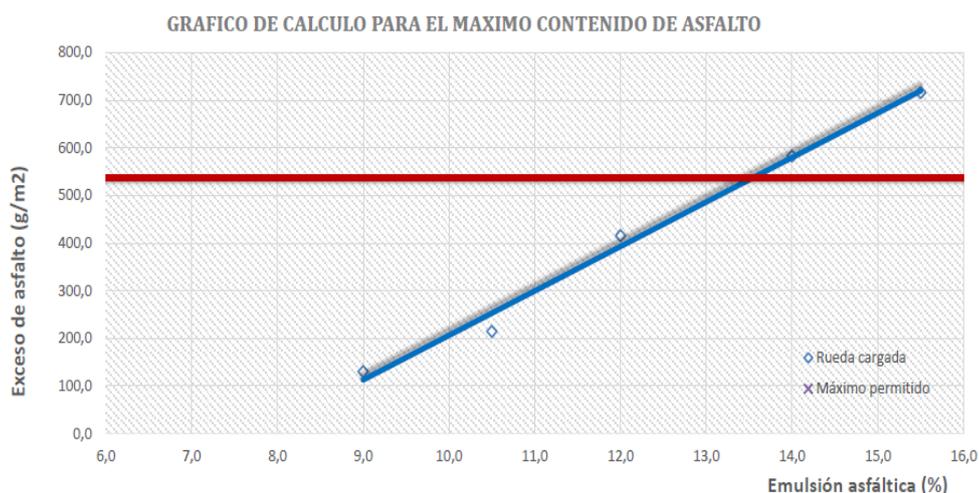


Fig. 16. Resultados de ensayo LWT con mezcla con adición de 12% de CR

Tabla 22.

Resultados del ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla con 12% CR.

Datos del ensayo					
Mezcla N°	Contenido emulsión (%)	Peso mezcla + plato	Peso mezcla + plato (g)	Perdida por abrasión (g/m ²)	Especificación
1	9.0	2624.1	2654.5	1718.4	
2	10.5	2643.8	2662.0	956.0	
3	12.0	2637.1	2646.4	688.0	807 g/m² (máximo)
4	14.0	2618.0	2621.9	489.0	
5	15.5	2622.7	2623.8	123.0	

En los siguientes datos se observa que ya los valores se empiezan a superar el límite de pérdida por abrasión especificado en la norma ISSA y se observa en la Fig.17.

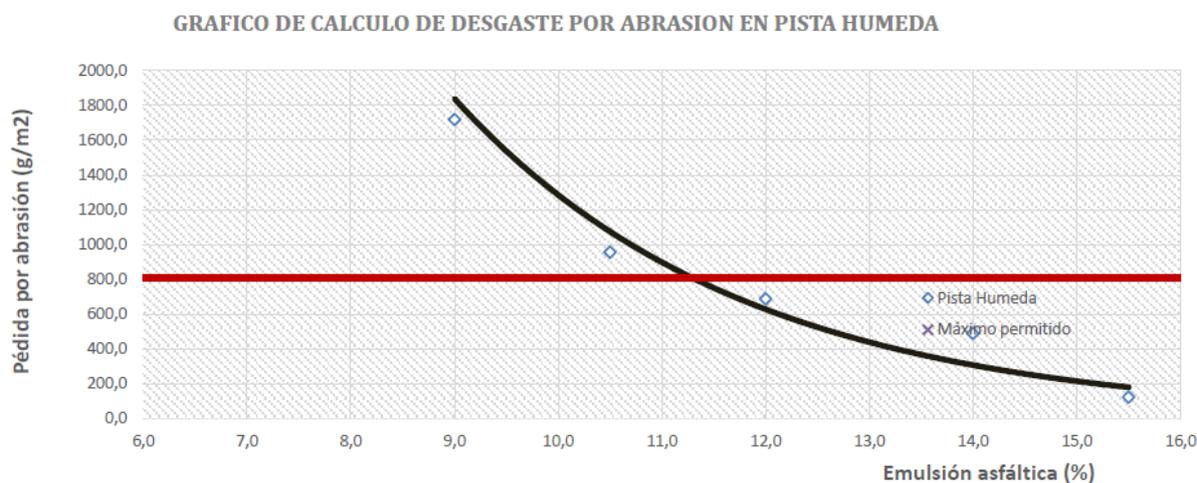


Fig. 17. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla con adición de 12% de CR.

Interpretación de resultados:

Ensayo WTAT.

En la Figura 18 se observa que las mezclas con adición de CR al 5% tuvieron un mejor comportamiento frente a la abrasión en comparación a los otros porcentajes añadidos, y existe una ligera variación con la mezcla de control MP. En ese sentido, en las mezclas mencionadas, para la cantidad de emulsión asfáltica MB9, MB10.5, MB12, MB14 y MB15.5 con porcentajes de emulsión 9%, 10.5%, 12%, 14% y 15.5% respectivamente, teniendo en consideración la mezcla con adición al 5% de CR la cantidad de pérdida asfalto fue mayor en 12.5%, 5.36%, 8.61%, 6.43% y 12.20% en comparación de la mezcla de control MP. Tomando este porcentaje como el que mejor se comporta en comparación con los otros porcentajes, pero existiendo una ligera disminución de rendimiento en comparación a MP. Por lo tanto, es recomendable que, para aumentar la resistencia a la abrasión, se debe tener en cuenta el mínimo porcentaje de CR en la mezcla.

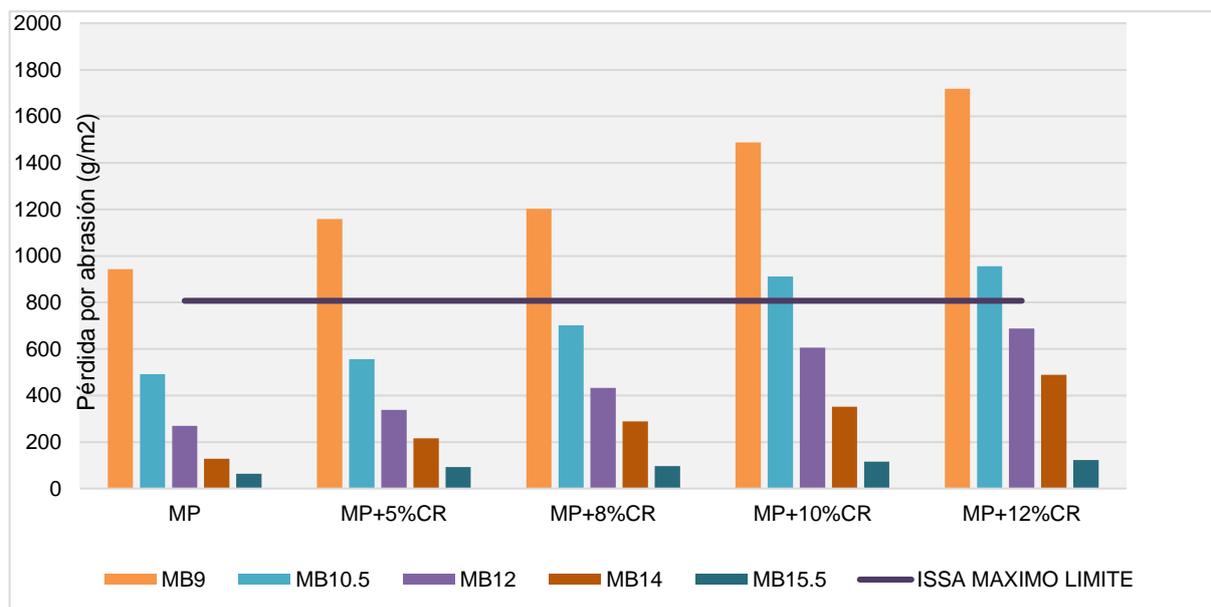


Fig. 18. Procesamiento de resultados ensayo WTAT

Ensayo LWT.

En esta sección, la prueba de carga de rueda se realizó en el asfalto obtenido del plan de mezcla para examinar el desempeño de la mezcla frente a la carga del tráfico, y los resultados para las mezclas de micro pavimentos. Como se mencionó anteriormente, esta

prueba se utiliza para evitar el sangrado y para determinar el contenido máximo de emulsión bituminosa utilizando el probador de rueda cargada. Los resultados se presentan para combinaciones asfálticas en la Fig. 19, donde se evalúa la comparación de MP con las adiciones de CR.

Los resultados obtenidos muestran valores aceptables para las muestras con adición 5% y 8% de CR, para estos porcentajes todas las alternativas de muestras de contenido de emulsión están dentro del rango permitido por las especificaciones ISSA A143 [48]. De acuerdo con la Fig. 19, el uso CR como adición a la combinación asfáltica disminuye la adherencia de arena de las mezclas MB9 y MB10.5. Sin embargo, la resistencia al sangrado más alta y baja se obtuvo con un contenido de emulsión residual de 9% y 15.5%, respectivamente. Por otro lado, como se muestra en la Figura 9, la resistencia al sangrado disminuyó proporcionalmente al incremento de adición de CR. Según los datos, la adherencia mínima de arena en las mezclas modificadas, fue del 12%, 10%, 14%, 20% y 17% para la muestra MB9, comparando las mezclas MP y MP+5%CR respectivamente. En contraste, la mayor resistencia al sangrado correspondió a las muestras MP+CR5% en todos los contenidos de emulsión asfáltica residual.

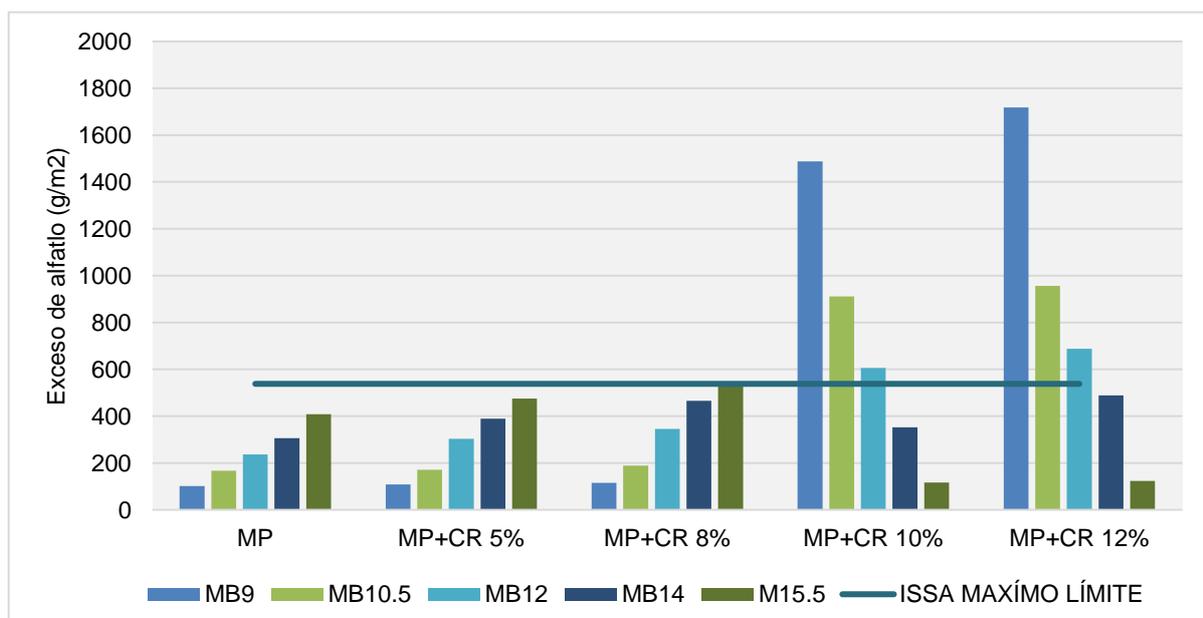


Fig. 19. Procesamiento de resultados ensayo LWT.

Siguiendo el tercer objetivo combinación asfáltica reemplazando el 5% de SS en relación a los agregados.

Tabla 23.

Ensayo de rueda cargada LWT de mezcla sustituyendo 5% SS por los agregados

Datos del ensayo						
Mezcla N°	Cont. de agua (%)	Contenido de emulsión	Peso mezcla + plato (g)	Peso arena + mezcla + plato	Exc. asfalto (g/m ²)	Especificación
1		9.0	408.5	409.4	92.0	
2		10.5	412.0	413.6	134.0	
3	10.0	12.0	420.5	423.1	268.2	<538g/m ²
4		14.0	426.0	429.0	374.8	
5		15.5	436.6	440.3	462.2	

La EA muestra valores mucho más aceptables en relación al CR en el ensayo de rueda cargada se observa que todos los valores se encuentran dentro de los rangos permitidos en las especificaciones de la norma ISSA A-143 y se puede ver en la Fig. 20

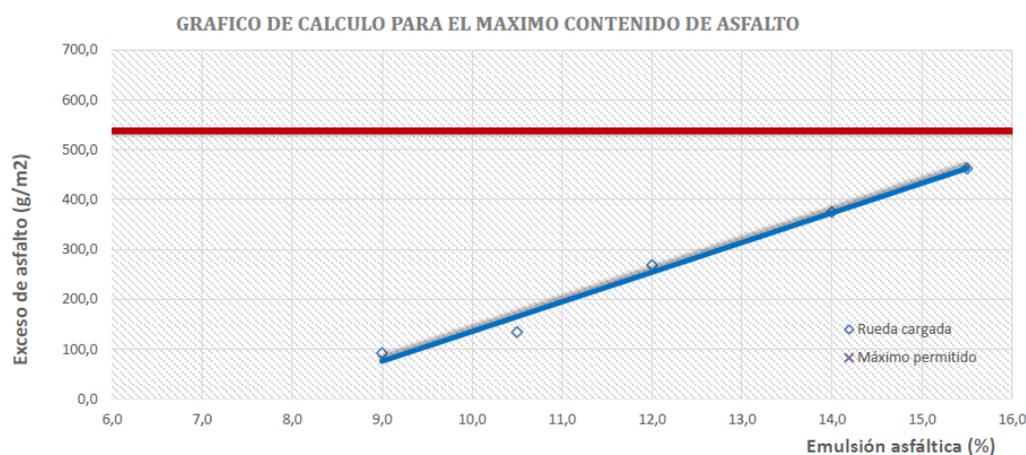


Fig. 20. Resultados de ensayo LWT con mezcla sustituyendo el 5% de SS por los agregados.

Tabla 24.

Ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla reemplazando 5% de SS por agregados.

Datos del ensayo					
Mezcla N°	Contenido emulsión (%)	Peso mezcla + plato	Peso mezcla + plato (g)	Perdida por abrasión (g/m ²)	Especificación

1	9.0	2603.2	2633.6	1203.0	
2	10.5	2611.0	2629.2	574.8	
3	12.0	2014.0	2023.3	401.0	807 g/m² (máximo)
4	14.0	2596.3	2600.2	223.6	
5	15.5	2631.0	2632.1	98.0	

Los valores de pérdida por abrasión en un contenido de emulsión de 9.0% excede el límite establecido por la norma ISSA, tal cual se ve en la Fig. 21.

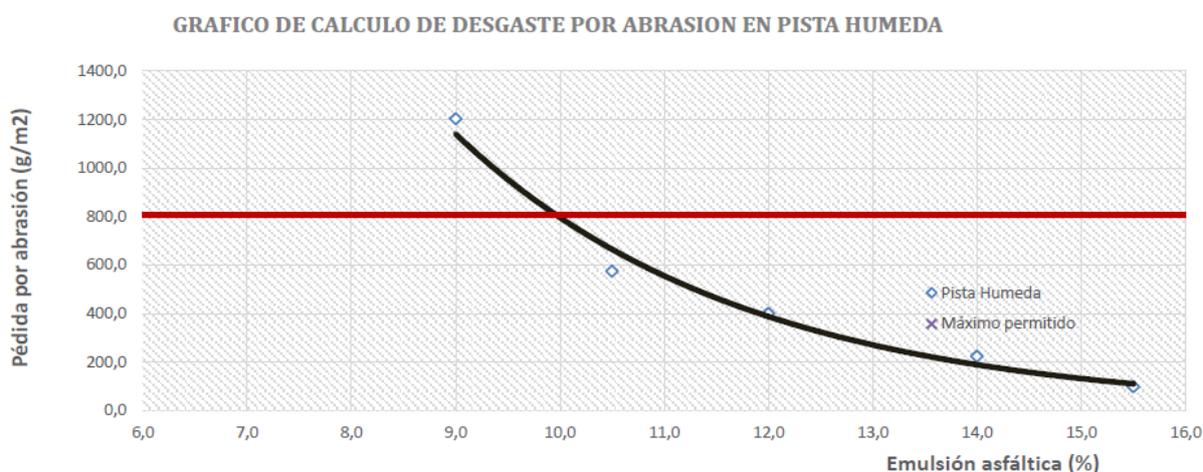


Fig. 21. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla sustituyendo 5%SS por agregados.

Tabla 25.

Ensayo de rueda cargada LWT de mezcla sustituyendo 10% SS por los agregados.

Datos del ensayo						
Mezcla N°	Cont. de agua (%)	Contenido de emulsión	Peso mezcla + plato (g)	Peso arena + mezcla + plato	Exc. asfalto (g/m ²)	Especificación
1		9.0	418.5	419.4	111.0	
2		10.5	426.6	428.2	177.0	
3	10.0	12.0	448.2	450.8	331.0	<538g/m²
4		14.0	462.0	465.0	471.0	
5		15.5	463.0	466.7	530.0	

Los resultados muestran valores aceptables, todo ello se muestra en la Fig. 22.

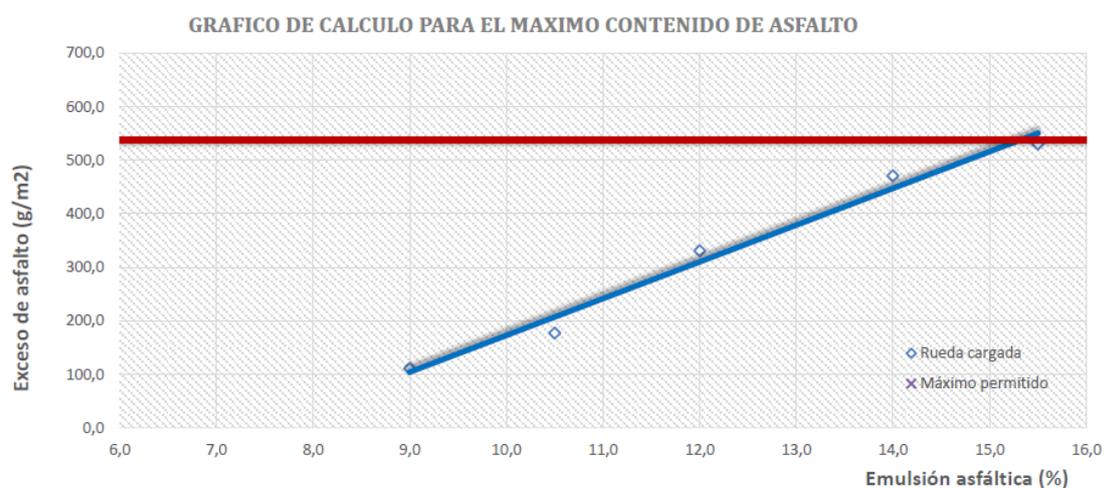


Fig. 22. Resultados de LWT con mezcla sustituyendo el 10% de SS por los agregados.

Tabla 26.

Ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla reemplazando 10% de SS por agregados.

Datos del ensayo					
Mezcla N°	Contenido emulsión (%)	Peso mezcla + plato	Peso mezcla + plato (g)	Perdida por abrasión (g/m ²)	Especificación
1	9.0	2615.2	2645.6	1236.0	807 g/m² (máximo)
2	10.5	2622.0	2640.2	726.8	
3	12.0	2634.0	2643.3	442.6	
4	14.0	2605.0	2608.9	303.0	
5	15.5	2642.0	2643.1	101.0	

Los resultados muestran valores aceptables, todo ello se muestra en la Fig. 23.

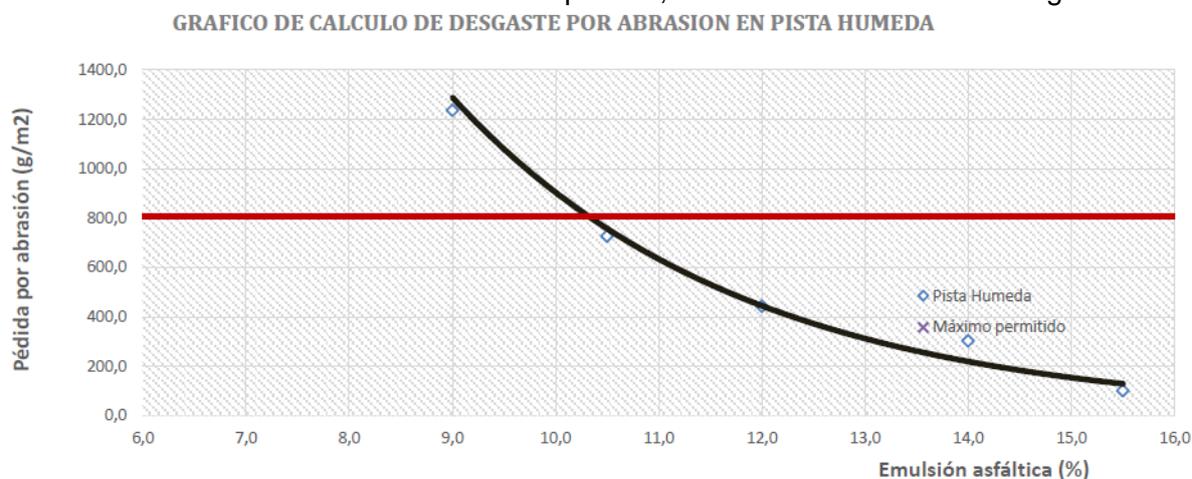


Fig. 23. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla sustituyendo 10%SS por agregados.

Tabla 27.

Ensayo de rueda cargada LWT de mezcla sustituyendo 15% SS por los agregados.

Datos del ensayo						
Mezcla N°	Cont. de agua (%)	Contenido de emulsión	Peso mezcla + plato (g)	Peso arena + mezcla + plato	Exc. asfalto (g/m ²)	Especificación
1		9.0	422.2	423.1	121.0	
2		10.5	430.5	432.1	214.0	
3	10.0	12.0	441.0	443.6	435.0	<538g/m²
4		14.0	458.2	461.2	615.8	
5		15.5	462.0	465.7	723.3	

Mientras el contenido de escoria aumenta, se observa que empieza a tener una exudación mayor y superan en algunos casos el límite de la norma ISSA.

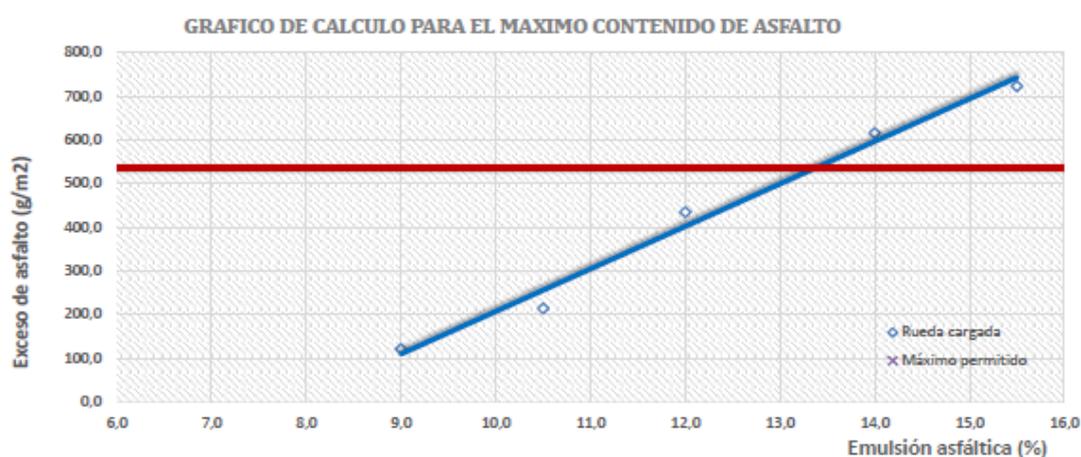


Fig. 24. Resultados de LWT con mezcla sustituyendo el 15% de SS por los agregados.

Tabla 28.

Ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla reemplazando 15% de SS por agregados.

Datos del ensayo					
Mezcla n°	Contenido emulsión (%)	Peso mezcla + plato	Peso mezcla + plato (g)	Perdida por abrasión (g/m ²)	Especificación
1	9.0	2628.1	2658.5	1537.2	
2	10.5	2643.0	2661.2	935.2	
3	12.0	2651.8	2661.1	644.0	807 g/m² (máximo)
4	14.0	2660.7	2664.6	401.0	
5	15.5	2637.1	2638.2	132.0	

Mientras el contenido de escoria aumenta, se observa que empieza a tener una pérdida por abrasión mayor y superan en algunos casos el límite de la norma ISSA.

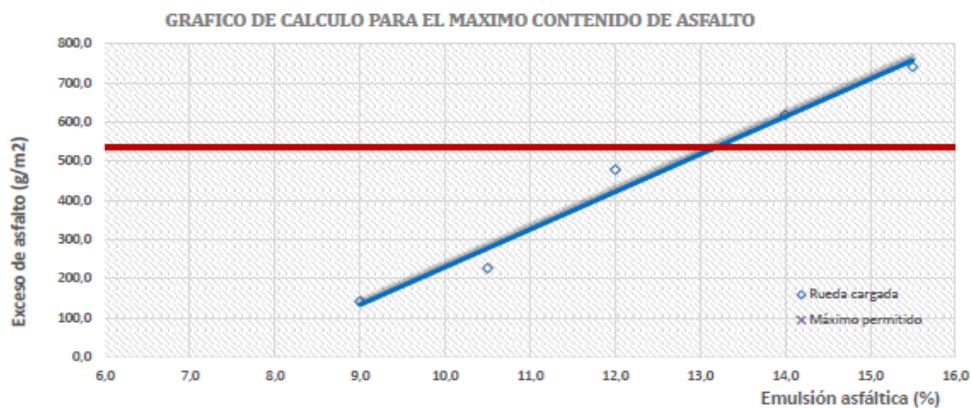


Fig. 25. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla sustituyendo 15%SS por agregados.

Tabla 29.

Ensayo de rueda cargada LWT de mezcla sustituyendo 20% SS por los agregados.

Datos del ensayo						
Mezcla N°	Cont. de agua (%)	Contenido de emulsión	Peso mezcla + plato (g)	Peso arena + mezcla + plato	Exc. asfalto (g/m²)	Especificación
1		9,0	425,0	425,9	142,0	
2		10,5	441,5	443,1	226,8	
3	10,0	12,0	462,8	465,4	478,8	<538g/m²
4		14,0	472,3	475,3	618,5	
5		15,5	460,8	464,5	741,0	



Mientras el contenido de SS aumenta, se ve mayor exudación de emulsión asfáltica.

Fig. 26. Ensayo LWT con mezcla sustituyendo el 20% de SS por los agregados.

Tabla 30.

Ensayo de abrasión en húmedo WTAT de mezcla reemplazando 20% de SS por agregados.

Datos del ensayo					
Mezcla N°	Contenido emulsión (%)	Peso mezcla + plato	Peso mezcla + plato (g)	Perdida por abrasión (g/m ²)	Especificación
1	9.0	2618.4	2648.8	1905.6	807 g/m² (máximo)
2	10.5	2638.7	2656.9	1034.7	
3	12.0	2644.3	2653.6	725.0	
4	14.0	2638.9	2642.8	522.0	
5	15.5	2641.0	2642.1	160.3	

Mientras el contenido de escoria aumenta, se observa que empieza a tener una pérdida por abrasión mayor y superan en algunos casos el límite de la norma ISSA y esto se ve en la Fig.27.

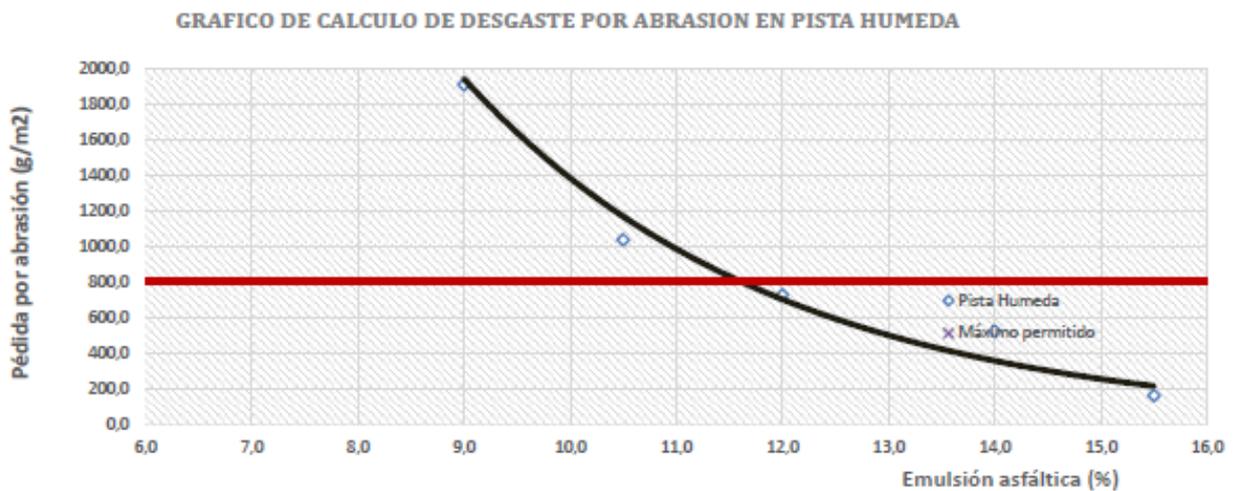


Fig. 27. Resultados del ensayo WTAT de la mezcla sustituyendo 20%SS por agregados.

Interpretación de resultados:

Ensayo WTAT.

A diferencia del CR, el comportamiento de SS en la combinación asfáltica trae consigo resultados similares, pero este material tiene un mejor comportamiento en la resistencia a la abrasión en comparación del caucho, en la Figura 28 se tienen los resultados del ensayo WTAT en comparación de la mezcla de control con los porcentajes de sustitución de SS por el agregado. Lo cual refleja los resultados de los especímenes que contienen SS, en contenidos de 5% obtienen una mínima pérdida de peso teniendo un mejor desempeño contra la pérdida por abrasión para casi todos los porcentajes de emulsión teniendo en las muestras MB10.5, MB12 con una variación del 2% y 3% respectivamente y MB14 y MB15.5 de 4.38% y 6.54% en comparación a la combinación asfáltica de control. Por tanto, no existe mucha variación sustituyendo el agregado por escoria hasta en un 10%, dado que, el comportamiento de la mezcla frente a la abrasión, se altera en porcentajes de 4.03%, 8.05%, 7.35% 4.33% y 6.30% en comparación a la combinación asfáltica de control para las muestras de MB9, MB10.5, MB12, MB14 y MB15.5 respectivamente.

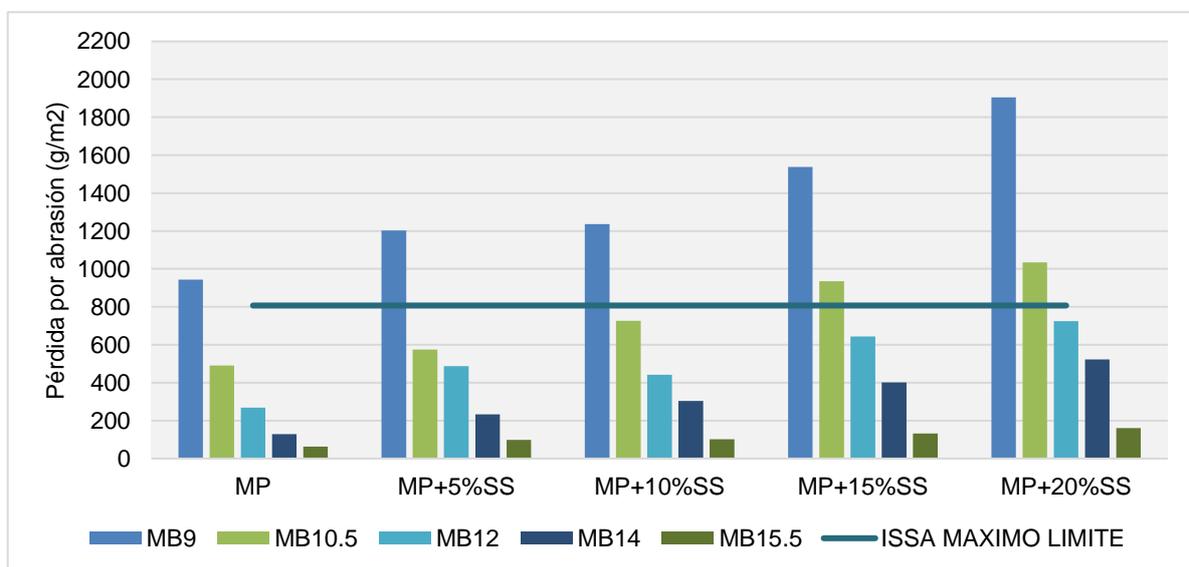


Fig. 28. Procesamiento de resultados ensayo WTAT.

Ensayo LWT.

En el mismo sentido, tenemos la mezcla con la sustitución de SS por agregados muestra un caso similar a lo ocurrido con el CR, donde ocurre las mezclas con porcentajes

de 5% y 10% tienen valores aceptables dentro de la norma ISSA de exceso asfalto residual en todos los porcentajes de emulsión asfáltica, los datos que se ven en la Figura 29. De acuerdo con los resultados obtenidos de este ensayo, ha resultado que la mezcla de control tiene una resistencia más débil en comparación con las mezclas que contienen escoria de acero. Además de ello, la mezcla que contiene 15% de escoria tiene desplazamiento lateral y vertical en comparación con una mezcla que contiene 10% de escoria, pero ambas han cumplido con los requisitos de la guía. Cuanto más aumenta la escoria, más aumenta la cantidad de emulsión, y esto condujo al aumento de la deformación. Teniendo en cuenta lo mencionado, el porcentaje que presenta un mayor desempeño en la mezcla es el 10% de escoria de acero en sustitución de los agregados, debido que cumple con los requisitos de la guía y ofrece una menor deformación lateral y vertical en comparación a otros porcentajes, sin embargo, sigue existiendo alteración con respecto al contenido exceso de asfalto en comparación a la MP que se muestra en Figura 29. De modo que todos los especímenes a 9 y 15.5 porcentajes de emulsión tengan respectivamente las cantidades mínima y máxima de sangrado para dicho porcentaje de SS.

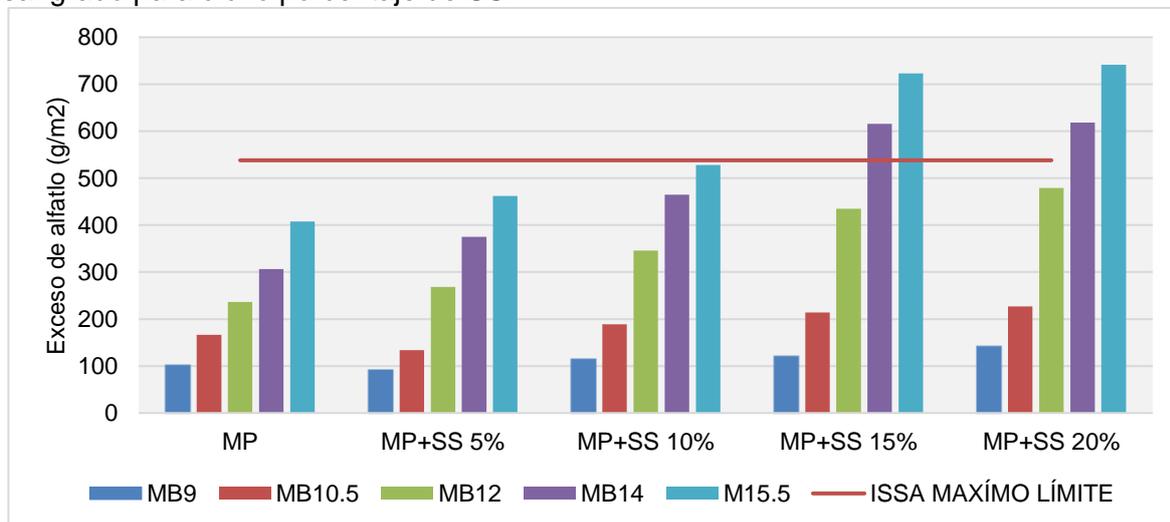


Fig. 29. Procesamiento de resultados ensayo LWT.

Teniendo en cuenta lo reflejado en los resultados de los ensayos WTAT Y LWT, la mezcla de control MP tiene un comportamiento aceptable conforme a lo requisitos de las normas ISSA, pero al adicionarle caucho pierde considerable resistencia a la abrasión directamente a más porcentaje de adición de caucho en función al peso del agregado, el

porcentaje que es considerable óptimo para este tipo de mezcla es el 5% debido a que aún se tiene valores aceptados que cumplen los requisitos de la guía en abrasión y adherencia en los ensayos mencionados, pero con las observaciones mencionadas en cada ensayo; en el caso de la escoria de acero, debido a la alta resistencia a la abrasión que ofrece se tiene un mejor desempeño en cuanto aumenta la su porcentaje de sustitución que varía entre 5% a 10%, luego de pasar dicho porcentaje existe una deficiencia en la resistencia al sangrado, por lo que se tiene mayor exceso de asfalto, recomendando de esta manera como el porcentaje optimo con que mejora las propiedades mecánicas de la mezcla en 10%.

Resultados del diseño de mezclas de micro pavimento.

Posterior a la evaluación del desempeño de CR y SS en la mezcla de micro pavimento, se procede a realizar el diseño definitivo de micro pavimento con los ensayos requeridos de la norma ISSA [48].

Siguiendo el cuarto objetivo diseño de micro pavimento de mezcla de control MP

Contenido Teórico de Asfalto

A partir del contenido teórico de emulsión y considerando la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se confeccionaron moldes para someterlos a las pruebas de diseño de micro pavimento. Los resultados indican que, al aumentar el porcentaje de emulsión asfáltica, se observaron menos caídas de peso en las muestras, lo que resultó en un recubrimiento más grueso y, por ende, una cohesión adecuada entre los materiales y el betún.

Además, se destacó que los agregados y el cemento asfáltico modificado con polímeros en todas las muestras exhibieron una cohesión más fuerte y adecuada con la emulsión asfáltica polimérica CQS, lo que se tradujo en menores pérdidas de peso debido a la abrasión. Estos hallazgos se detallan a continuación, que refleja los resultados del ensayo de abrasión en húmedo WTAT y la prueba de rueda cargada. Es relevante señalar que, en ambos ensayos, realizados a 60 minutos, las especificaciones ISSA establecen un límite de pérdida por abrasión y exceso de asfalto, fijando un límite de 538 g/m². Las muestras

producidas en este estudio cumplen con los requisitos de la guía, lo que permite avanzar a la siguiente fase de diseño.

Tabla 31.

Resultados de ensayos WTAT Y LWT en MP de micro pavimento.

% Cemento Asfáltico Mod. con Polímero	Emulsión (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
6.1	9.8	378.4	234.8
7.4	11.8	265.8	318.2
8.6	13.8	174.9	442.9

Cálculo del contenido óptimo de asfalto residual

Una vez realizado y verificado el cumplimiento de los ensayos WTAT y LWT, verificando que hayan logrado cumplir satisfactoriamente estos ensayos según la guía, se tiene que calcular el contenido óptimo de asfalto residual para el diseño, en la presente investigación se opta por graficar las curvas y en la intersección de la curva en ambos ensayos calcular el % de cemento asfáltico mod. Con polímero y convertir en el porcentaje óptimo de asfalto residual. En la Figura 30, se muestra la intersección de las curvas en un % de cemento asfáltico de 7.15, en las características de la emulsión se tiene un contenido de residuo asfáltico de 62.5%. se utiliza para calcular el contenido óptimo de emulsión asfáltica en la mezcla.

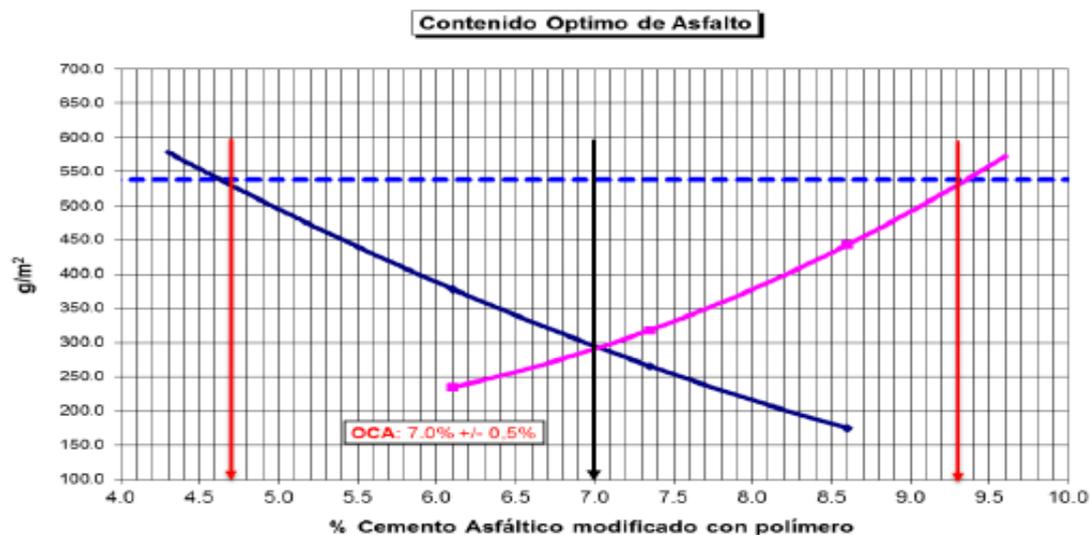


Fig. 30. Intersección de curvas - Contenido óptimo de emulsión asfáltica.

De esta manera obteniendo en porcentajes el contenido de emulsión asfáltica, dividiendo el % de cemento asfáltico óptimo entre en % de contenido de residuo asfáltico y multiplicando por 100. Obteniendo un porcentaje óptimo de emulsión asfáltica de 11.4%.

Mezcla con contenido óptimo de emulsión.

El tiempo de mezcla y demulsificación son indicadores importantes para la construcción de pavimentos, que indican el tiempo de operación antes de la demulsificación. En este estudio, el tiempo de mezcla y demulsificación de las mezclas de micro pavimentos se midió mediante los ensayos la guía los cuales se muestran en la Tabla 26. Una vez obtenido la dosificación de diseño se procede a realizar los ensayos de calidad de mezcla según la guía y expresados en la Tabla 26, donde todos los ensayos logran encontrarse dentro de los rangos permitidos en las especificaciones.

Tabla 32.

Resultados de los ensayos realizados con el contenido óptimo de emulsión asfáltica.

Ensayos	Métodos	Especificación ISS	Resultados
Tiempo de mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 120 s	150 s
Consistencia	ISSA TB 106	2-3 cm	3 cm
Cohesión húmeda	ISSA TB 139	Mínimo 30 min., 12 kg-cm	17 kg-cm
		Mínimo 60 min., 20 kg-cm	20 kg-cm
Recubrimiento	ISSA TB 114	Mínimo 90%	99%
Desplazamiento lateral	ISSA TB 147	5% Máximo	2.3%
WTAT a 1 hora	ISSA TB 100	Máximo 538 g/m ²	315.3 g/m ²
WTAT a 6 días	ISSA TB 100	Máximo 807 g/m ²	435.8 g/m ²
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m ²	293.1 g/m ²

Nota: Los resultados de los ensayos de performance de diseño de micro pavimentos, cumplen todos los requerimientos de la norma ISSA A-143.

La prueba de cohesión húmeda se realiza para determinar la cohesión, la resistencia al tráfico y el tiempo de curado de acuerdo con la directriz ISSA TB 139. Con base en la prueba, se determinó la cantidad de carga mineral necesaria en la mezcla para producir

valores de torque de cohesión aceptables a los 30 min (evaluación del proceso de ruptura de la emulsión bituminosa), 60 min y después de 24 horas de curado. Los valores de cohesión de 30 minutos y 60 minutos pueden considerarse como la evaluación del proceso de rotura de la emulsión bituminosa y también como la evaluación del tiempo de apertura del tráfico,

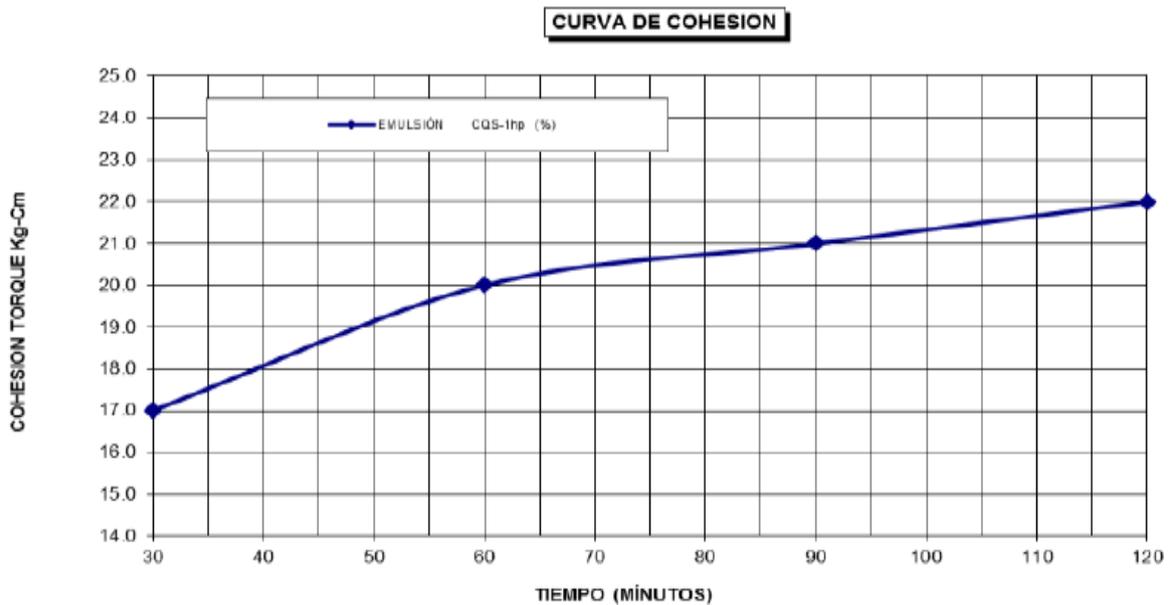


Fig. 31. Curva de cohesión

Una vez obtenido la dosificación de materiales, se procede a realizar la etapa final de diseño de micro pavimento, el cual consiste en un ensayo definitivo.

Dosificación de materiales:

Diseño de Micro pavimento TIPO III.

Cantidad óptima de emulsión asfáltica CQS-1hp: 11.4%

(Rango de tasa de aplicación: 10.6% a 12.2 %)

Cantidad de filler (Cemento Portland tipo I): 0.3%

Cantidad de agua: 8.0%

Posteriormente a los ensayos de performance de diseño, se requiere a hacer el ensayo definitivo de micro pavimento, el Schulze Breuer and Ruck. El procedimiento ofrece un sistema de medición para la pérdida por abrasión, así como para evaluar la integridad y adherencia de partículas finas específicas presentes en agregados y residuos de asfalto emulsionado. Los resultados de la prueba pueden estar relacionados con el rendimiento real

en campo de las mezclas utilizadas en pavimentación.

Se combina una pequeña porción del agregado con el asfalto emulsionado. La combinación resultante se coloca en una cápsula y se somete a evaluación en términos de abrasión, integridad y adhesión.

Tabla 33.*Resultados del ensayo Schulze*

Prueba	Peso seco	Peso húmedo	Peso después del ensayo de abrasión	Peso después del ensayo de adherencia 30 min. De ebullición	Peso sat. Seco después de ensayo de adherencia	Absorción %	Abrasión gramos	Adhesión %	Integridad %
1	41.3	42.6	42.3	42.1	41.0	3.1	0.3	96.2	98.8
2	41.3	42.4	42.0	41.8	40.8	2.7	0.3	96.2	98.6
3	41.1	42.3	42.0	41.7	40.6	2.9	0.3	96.0	98.6
4	41.2	42.4	42.1	41.9	40.9	2.9	0.3	96.5	98.8
5	41.2	42.3	42.0	41.7	40.7	2.7	0.3	96.2	98.6
6	41.3	42.4	42.0	41.8	40.7	2.7	0.3	96.0	98.6
7	41.0	42.2	41.8	41.5	40.4	2.9	0.3	95.7	98.3
8	41.2	42.4	42.1	41.8	40.8	2.9	0.3	96.2	98.6
Promedio	41.20	42.38	42.04	41.79	40.74	2.9	0.3	96.1	98.6

Tabla 34.*Resultados del ensayo Breuer and Ruck*

Resultados	Abrasión gramos	Adhesión %	Integridad %
Valores obtenidos	0.34	96.1	98.6
Puntaje	4	4	4
Grado	A	A	A

Tabla 35.*Criterio de clasificación.*

Grado de ensayo	Puntaje ensayo	Pérdida de abrasión (gramos)	Adhesión 30 min. Ebullición % cubierto	Integridad 30 min. Ebullición % retenido
A	4	0.0-0.7	90-100	90-100
B	3	0.71 – 1.0	75-89	75-89
C	2	1.01- 1.3	50-74	50-74
D	1	1.31-2.0	10-49	10-49
0	0	2.01+	0	0

Tabla 36.*Resultado total.*

Puntaje total	Especificación
12	Mínimo 11 (AAA, BAAA)

La mezcla patrón cumple con el ensayo definitivo de diseño de miro-pavimento.

Con respecto al quinto objetivo diseño de mezcla con el contenido de 10% de SS en sustitución del agregado.

Contenido Teórico de Asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría: 8.6 %

Emulsión asfáltica teórica calculada: 13.8 %.

Los resultados obtenidos en los ensayos WTAT y LWT reflejados en la Tabla 31, muestran en mejores condiciones que la muestra de control debido a que se obtiene menor pérdida de por abrasión en el ensayo WTAT y mejor comportamiento en adherencia en el

ensayo LWT, por lo que puede deducir que la inclusión de escoria de acero en dicho porcentaje mejora las propiedades de la mezcla, incluso requiriendo un menor contenido de emulsión asfáltica en comparación de la mezcla patrón, sin embargo la diferencia entre ambas mezclas sigue siendo mínima. No obstante, es importante destacar que existe una ligera mejora en el comportamiento de la mezcla.

Tabla 37.

Resultados de ensayos de WTAT Y LWT en mezcla con 10% escoria de acero de micro pavimento.

% Cemento Asfáltico Mod. con Polímero	Emulsión (%)	WTAT (g/m²)	LWT (g/m²)
6.1	9.8	378.4	234.8
7.4	11.8	265.8	318.2
8.6	13.8	174.9	442.9

Cálculo del contenido óptimo de asfalto residual

La intersección de curvas en esta etapa fue en un contenido de cemento asfáltico con polímeros de 7% el cual se observa en la Figura 32, reduciendo en un 3% el contenido óptimo de emulsión en comparación de la mezcla patrón calculando un % de contenido de emulsión asfáltica de 11.2%.

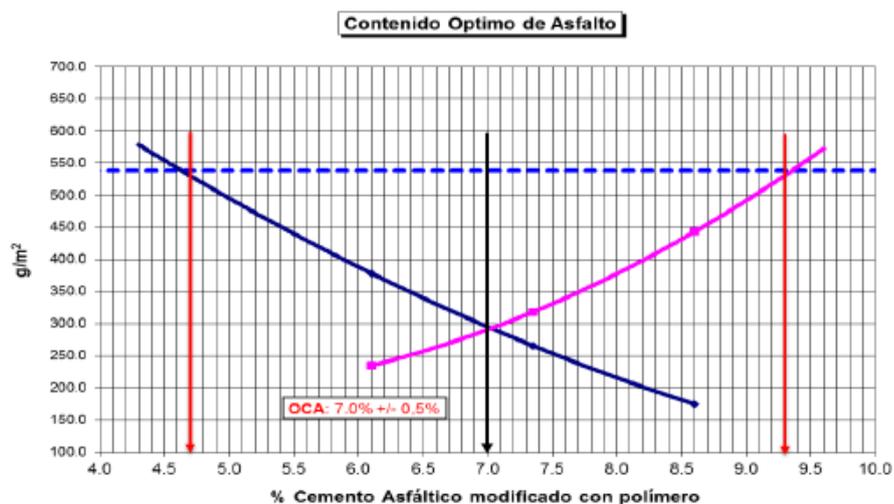


Fig. 32. Intersección de curvas - Contenido óptimo de emulsión asfáltica.

De igual manera se tiene la dosificación de diseño, se realiza los ensayos de calidad

de la mezcla. En la Tabla 41 se muestran los resultados de los ensayos, en donde de igual manera en comparación a la mezcla de control logran pasar satisfactoriamente los requerimientos de la guía ISSA.

Tabla 38.

Resultados de ensayos realizados con el contenido óptimo de emulsión asfáltica y escoria de acero.

Ensayos	Métodos	Especificación ISSA	Resultados
Tiempo de mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 120 s	150 s
Consistencia	ISSA TB 106	2-3 cm	3 cm
Cohesión húmeda	ISSA TB 139	Mínimo 30 min., 12 kg-cm	18 kg-cm
		Mínimo 60 min., 20 kg-cm	21 kg-cm
Recubrimiento	ISSA TB 114	Mínimo 90%	99%
Desplazamiento lateral	ISSA TB 147	5% Máximo	2%
WTAT a 1 hora	ISSA TB 100	Máximo 538 g/m ²	293.8 g/m ²
WTAT a 6 días	ISSA TB 100	Máximo 807 g/m ²	387.6 g/m ²
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m ²	282.3 g/m ²

Cumpliendo satisfactoriamente los requerimientos de la guía con el contenido óptimo de emulsión CQS-1hp, se obtiene la dosificación de la mezcla de micro pavimento logra cumplir con los requisitos de la norma ISSA A143 [48]. No existe considerable variación en comparación a la mezcla de control, sin embargo, es importante resaltar que existe un mejor desempeño en la mezcla que contiene escoria de acero, dado que logra aumentar la resistencia a la abrasión en un 11.03% comparación a la mezcla de control.

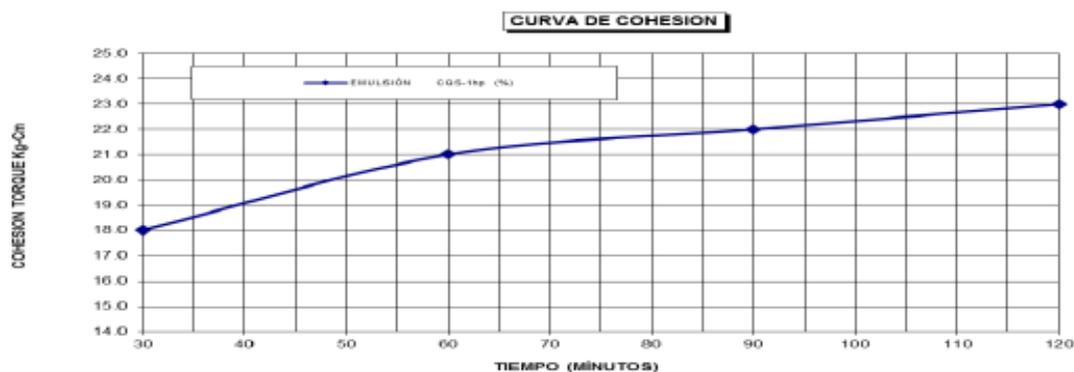


Fig. 33. Curva de cohesión

Dosificación de materiales:

Diseño de Micro pavimento TIPO III.

Cantidad óptima de emulsión asfáltica CQS-1hp: 11.2%

(Rango de tasa de aplicación: 10.6% a 12.2 %)

Cantidad de filler (Cemento Portland tipo I): 0.3%

Cantidad de Escoria de acero: 10.0%

Cantidad de agua: 8.0%

Tabla 39.*Ensayo de Schulze Breuer and Ruck de la mezcla con 10% de escoria de acero.*

Prueba	Peso seco	Peso húmedo	Peso después del ensayo de abrasión	Peso después del ensayo de adherencia 30 min. De ebullición	Peso sat. Seco después de ensayo de adherencia	Absorción %	Abrasión gramos	Adhesión %	Integridad %
1	41.2	42.5	42.2	42.0	41.1	3.2	0.3	96.7	98.8
2	41.2	42.3	42.1	41.8	40.9	2.7	0.2	96.7	98.8
3	41.0	42.4	42.1	41.8	40.7	3.4	0.3	96.0	98.6
4	41.3	42.3	42.2	42.0	40.8	2.4	0.1	96.5	99.3
5	41.1	42.2	42.1	41.9	40.6	2.7	0.1	96.2	99.3
6	41.2	42.5	42.1	41.7	40.8	3.2	0.4	96.0	98.1
7	41.1	42.3	41.9	41.6	40.5	2.9	0.4	95.7	98.3
8	41.1	42.2	42.2	41.7	40.7	2.7	0.0	96.4	98.8
Promedio	41.15	42.34	42.11	41.81	40.76	2.9	0.22	96.3	98.8

Tabla 40.*Resultados de ensayo.*

Resultados	Abrasión gramos	Adhesión %	Integridad %
Valores obtenidos	0.22	96.3	98.8
Puntaje	4	4	4
Grado	A	A	A

Tabla 41.*Resultado total*

Puntaje total	Especificación
12	Mínimo 11 (AAA, BAAA)

Siguiendo el quinto objetivo diseño de mezcla con el contenido de 10% de SS en sustitución del agregado y adicionando 5% de CR.

Los resultados reflejados en la Tabla 10, demuestran que las mezcla no logró cumplir con el máximo límite permitido según la norma ISSA, las pérdidas por abrasión son mayores a 538 g/cm². La presencia de caucho en la mezcla ocasionó una pérdida de resistencia a la abrasión es por ello que la mezcla no logró pasar de esta etapa y no tiene calificación en la mezcla para micro pavimento.

Tabla 42.*Diseño de mezcla.*

% Cemento AsfálticoMod. con Polímero	Emulsión (%)	WTAT (g/m²)	LWT (ciclos)
6.2	9.9	2320	180
7.5	11.9	2100	250
8.7	13.8	1950	285

Nota: Los especímenes con diferentes contenidos de asfalto residual fueron sometidos al ensayo de Rueda Cargada y Abrasión Vía Húmeda, los resultados obtenidos demuestran que ambos ensayos no cumplen las exigencias de la especificación ISSA.

En la Fig. 31 se muestran los especímenes de las muestras con contenido de caucho y escoria de acero antes y después de haber realizado el ensayo. La presencia de caucho en la mezcla disminuyó la resistencia a la abrasión es por ello que se tienen mayores pérdidas que son reflejadas en los resultados. También se tiene mayores desplazamientos verticales y laterales en la mezcla visualizados en el ensayo de rueda cargada.



Fig. 34. Especímenes de la mezcla luego de ser sometida a ensayos.

3.2 Discusión

Respecto a la selección de los agregados se optó por la obtención de agregados triturados terciarios por canteras locales que cumplan con los requerimientos de diseño de micro pavimento, la gradación estará especificado, siguiendo los requerimientos de las normas ISSA A-143. La granulometría del material cumple con el uso granulométrico tipo III de la especificación.

Con respecto al ensayo WTAT con la variable de CR.

El factor relevante es la debilidad que existe entre la unión del CR en la combinación asfáltica, Yongjun et al [49], de acuerdo a sus resultados observa que la presencia de CR en la combinación asfáltica envuelve la forma de los agregados, ocasionando de esta manera picos de absorción debilitados, reduciendo la actividad de relleno del material, por ende, disminuyendo la resistencia a la abrasión, coincidiendo con el caso ocurrido en los resultados del ensayo WTAT. Carrasco y Espinoza [50], obtiene una reducción de la resistencia a la abrasión en un 50% debido a la presencia del polvo de caucho en la combinación asfáltica, para una combinación asfáltica con un porcentaje de 10% de CR coincidiendo con los resultados obtenidos de la presente investigación. Sin embargo, se contrasta con la investigación de Castro [51] debido a obtiene un incremento de resistencia a la abrasión de 3.2% de la combinación asfáltica con 4.5% de CR en comparación a mezclas convencionales de asfalto en frío. Shackil et al [52] en el ensayo WTAT obtiene una pérdida por abrasión menor en una combinación asfáltica modificada con 3.5% de CR aumentando su resistencia a la abrasión en un 30% en comparación a una mezcla convencional existiendo una diferencia con los resultados obtenidos debido que se le hace un tratamiento para modificar las propiedades del caucho con nano sílice.

Con respecto al ensayo LWT con la variable de CR.

De la misma manera, Yongjun et al [49] coincide con los resultados obtenidos de rueda cargada dado que, reflejan que el CR en la combinación asfáltica ocasiona mayor pérdida de asfalto, debilitando la mezcla y reduciendo su resistencia al sangrado en un 20% en comparación a una mezcla de control. De la misma manera, Carrasco y Espinoza [50] obtiene

una reducción de la resistencia al sangrado en un 35% debido a la presencia del CR en comparación a la mezcla de control esto se debe a que el contenido de caucho aumenta considerable en volumen la mezcla, coincidiendo el caso presentado en los resultados de esta investigación. Sin embargo, Castro [51] sí logra obtener resultados favorables, evitando una pérdida de asfalto residual de 12% con un porcentaje de 4-5% de CR en la combinación asfáltica, contrastando con lo ocurrido en los resultados obtenidos mediante en ensayo LWT.

Con respecto al ensayo WTAT con la variable de SS.

Shaygan et al [28] en el ensayo WTAT, obtiene una pérdida menor al 12.5% de agregados en la mezcla que contiene escoria en 10% como sustituto de los áridos, para un porcentaje de emulsión de 8.5% se logra un mejor comportamiento en las propiedades mecánicas de micro pavimento, contrastando con los resultados obtenidos debido a la diferencia de porcentajes de emulsiones bituminosas evaluadas. En este sentido, Zalnhesad et al, [37], tiene una pérdida de 16.8% de agregados, para un porcentaje de emulsión de 9% dicha diferencia se da para un porcentaje de escoria del 50% contrastando con los resultados de la obtenidos porque se evalúa con diferente porcentaje de SS. Sin embargo, Mahmood et al [42] el cual muestra que en este ensayo el 50% de reemplazo de escoria es óptimo en reemplazo de los agregados, logrando obtener una reducción pérdida de áridos de hasta 25% contrastando con la investigación precisamente porque evalúa la escoria de acero en otro escenario y con diferentes porcentajes.

Con respecto al ensayo LWT con la variable de SS.

Shaygan et al [28] en el ensayo LWT, encuentra porcentajes de exceso de asfalto permitidos que se encuentran dentro de los requerimientos de la norma ISSA, para todos los porcentajes de emulsión asfáltica en la mezcla con contenido de escoria al 10%, coincidiendo con los resultados obtenidos dado que, de igual manera se tienen todos los resultados de exceso de asfalto dentro del límite permitido por la guía de diseño para una mezcla con 10% de SS. En este sentido Zalnhesad et al [37] los porcentajes que encuentra dentro del rango son 8%, 9.5% y 10% de contenido de emulsión, dado que con un porcentaje mayor se tiene un exceso de asfalto que excede el límite en la mezcla con 50% de escoria de acero, lo cual

este mismo caso coincide debido a que, los resultados reflejan que a mayor contenido de escoria se obtiene mayores pérdidas de asfalto. Sin embargo, Mahmood et al [42] sus resultados reflejan que a mayor contenido de escoria de acero mayor resistencia al sangrado ofrece la combinación asfáltica dado que, con porcentaje de SS del 50% todos los porcentajes de exceso de asfalto estaban dentro de los rangos permitidos por la norma ISSA, contrastando con los resultados debido a que, la mezcla MB15.5 ya tiene exceso de asfalto no permitidos por la norma ISSA.

Respecto al diseño de micro pavimento MP

En este sentido, Zalnezhad et al [55] y Khaled et al [53] en el ensayo WTAT al aumentar el contenido de emulsión disminuye la pérdida por abrasión, obteniendo un mejor comportamiento con el contenido de emulsión 9% en dicho ensayo, el mismo porcentaje coincide en el aumento 5.9%, 11.7%, 16.8% y 15.7% de adherencia de arena en el ensayo LWT en sus muestras. Lo mismo sucede con Zalnezhad et al [37] que obtiene menos caídas de abrasión al aumentar el porcentaje de emulsión en la mezcla. Coincidiendo con los resultados obtenido, a mayor contenido de abrasión mayor pérdida de abrasión y mayor adherencia arena en los ensayos WTAT y LWT respectivamente.

Respecto al diseño de micro pavimento con SS.

Khaled et al [53] obtiene un mejor desempeño en los ensayos WTAT y LWC en porcentajes de 22.5 y 12.6% respectivamente en la combinación asfáltica con contenido de escoria de acero en comparación a la mezcla de control debido a que, la SS obtiene mayor resistencia a la abrasión obteniendo menores pérdidas de sangrado y adherencia. De la misma manera, Shuguang et al [54] sus resultados reflejan que, a mayor contenido de escoria, menores son las pérdidas tanto al exceso como a la pérdida de asfalto en las combinaciones, obteniendo incrementos de entre 35% y 22% para un contenido de 50% de escoria en la mezcla en la resistencia a la abrasión y sangrado respectivamente. Ambas investigaciones coinciden el caso ocurrido en la presente investigación. De lo contrario Zhalnezhad et al [55], obtiene resultados permitidos del límite de la ISSA, pero la mezcla con agregados naturales ofrece un mayor desempeño que la mezcla con escoria de acero con

una variación de 12% y 8% en los ensayos WTAT y LWt contrastando con los resultados obtenidos en la presente investigación.

Coincidiendo con las investigaciones de Mahmoot et al [42] y Shaygan et al [28] que en dicho porcentaje de escoria de acero los ensayos de tiempo de mezclado y consistencia logran pasar satisfactoriamente en los requerimientos de la guía con 150s. De lo contrario contrastan con Shuguan et al y Zalnezhad et al [37], dado que su tiempo de mezclado fue de 120 s en este ensayo. Sin embargo, en el ensayo de cohesión a 30 min y 60 min difieren dado que tienen resultados de 13 kg-cm, 21 kg-cm y 15 kg-cm y 22 kg-cm respectivamente; pero cumpliendo con los requisitos de la guía.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se evaluó el comportamiento de caucho y escoria de acero en combinaciones asfálticas y se realizó el diseño de micro pavimento utilizando una comparación de estos materiales con los agregados naturales de micro pavimento. La revisión y análisis con respecto a las pruebas experimentales se pueden resumir de tal forma que.
- En la combinación con adición de caucho, entre los porcentajes evaluados, la que mostró un mejor comportamiento fue con la adición de 5% de caucho del peso de los agregados. Sin embargo, dicha combinación disminuyó en comparación de la combinación patrón, mostrándose más débil, disminuyendo de esta manera la resistencia al desprendimiento de la combinación asfáltica.
- Con respecto a las pruebas de agregados, mostraron que la escoria de acero tiene las propiedades requeridas para usar en combinaciones de micro pavimentos en reemplazo de los agregados y muchos parámetros como la abrasión en pista húmeda donde se mostró su mayor desempeño en las propiedades mecánicas. Sin embargo, el porcentaje donde mostró mayor desempeño fue con el 10% de escoria de acero, teniendo un comportamiento similar a la combinación con el 100% de agregados naturales.
- En la etapa de diseño se comprueba la eficacia de la escoria de acero en el incremento de las propiedades de calidad de combinación en comparación a la combinación de control, ocasionando un menor consumo de emulsión asfáltica en 3%, aumentado la resistencia al desprendimiento en 13.44% y logrando pasar los ensayos definitivos para el diseño de micro pavimento de grado AAA con un puntaje total de 12 puntos al igual que la convencional.
- Se comprobó que, al añadir caucho a la combinación, esta tiende a debilitarse y perder

resistencia al desprendimiento, no logrando cumplir satisfactoriamente los requisitos en los ensayos WTAT y LWT en la etapa de diseño, por lo que no es calificada en los requerimientos de diseño de micro pavimento.

- En este sentido, plantear la sustitución de escoria de acero por agregados es una propuesta ambiental muy significativa que aporta al desarrollo sostenible debido a su gran comportamiento en el desempeño de la combinación el cual puede traer grandes beneficios, debido a que se puede obtener una reducción de costos, energía, y amigable con el medio ambiente.

4.2 Recomendaciones

- Dado los resultados en las combinaciones asfálticas en frío destinadas a diseño de micro pavimento se recomienda utilizar la escoria de acero, que sea materia de investigación, debido a que nos ofrece muy buenos resultados, resaltar su resistencia a la abrasión, se recomienda para investigaciones futuras.
- Caso contrario ocurre cuando se añade CR en la combinación asfáltica, debido a que se proporciona una combinación mucha más densa, ello brinda gran pérdida en la resistencia a la abrasión, por lo cual no se recomienda ser utilizada en el diseño de micro pavimento.
- Como recomendación, se plantea realizar más investigaciones relacionadas con la aplicación de micro pavimento, debido a que es una técnica de mantenimiento preventivo muy poco usado en la actualidad.

REFERENCIAS

- T. Pejooan , S. Mansour and C. Xuan , "Characterization of fatigue performance of cold mix recycled asphalt mixtures through uniaxial tension–compression testing,," *Construction and Building Materials*, vol. 329, p. 127155, 2022.
- 1]
- K. Dhoska, I. Markja and A. Pramono, "Analysis of recycled tire rubber modified bitumen in Albania for quality of the road construction," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 673, p. 012126, 2019.
- 2]
- H. Monteiro, I. Ribeiro, M. Gonçalves and M. & C. N. S. Iten, "Life cycle energy and carbon analysis of a road-safety barrier produced using recycled tire rubber," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 270-276, 2022.
- 3]
- G. Bosurgi, C. Celauro, O. Pellegrino, A. Ruggeri and G. Sollazzo, "Mechanical and environmental performance comparisons of improved asphalt pavement wearing courses with high quality aggregates, steel slags, and polymeric compound," *Construction and Building Materials*, vol. 382, p. 131252, 2023.
- 4]
- F. Li, X. Zhang, L. Wang and R. Zhai, "The preparation process, service performances and interaction mechanisms of crumb rubber modified asphalt (CRMA) by wet process: A comprehensive review," *Construction and Building Materials*, vol. 354, p. 129168, 2022.
- 5]
- E. Bocci, E. Prospero and M. Bocci, "Rheological Modeling of Bituminous Mixtures Including Polymer-Modified Binder and Fine Crumb Rubber Added through Dry Process," *Materials*, vol. 16, no. 1, p. 310, 2023.
- 6]
- N. Bhargava, A. K. Siddagangaiah and T. L. Ryntathieng, "Systematic approach to address challenges in microsurfacing mix design," *Construction and Building Materials*, vol. 270, p. 121759, 2021.
- 7]
- E. Rodríguez Roncal, «Aplicación de micropavimentos para la conservación de

8] la carpeta asfáltica de la avenida San Remo del distrito de Puente Piedra, 2019,»
Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2019.

E. A. Mamani, «Asfalto variado con material reciclado de neúmaticos para su
9] aplicación en pavimento pavimento flexible, Moquegua 2019,» Repositorio UJCM,
2021.

W. T. Maguiña, «Caucho reciclado de llantas en la mezcla de Asfalto a
10] Compresión para mejorar las Propiedades Mecánicas,» Repositorio URP, 2019.

P. Aranda and C. Zamora, "Calidad del Micropavimento, usando los agregados
11] de las canteras de la Provincia de Trujillo, 2018," 2019. [Online]. Available:
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/38895>.

M. Palomino and E. Rodríguez, "Importancia en la selección de criterios de
12] diseño en el desempeño de micropavimentos aplicado al proyecto vial conochocha -
Recuay," 2017. [Online]. Available:
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/622453/Rodriguez_
BE.pdf?sequence=5](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/622453/Rodriguez_BE.pdf?sequence=5).

N. Scaramutti and P. Vásquez, "Influencia de la variabilidad de la granulometría
13] del agregado en la deformación permanente de micropavimentos para el proyecto de
conservación vial complementario Huancavelica tramo V: Acobamba-Puente
Alcomachay," 2020. [Online]. Available:
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/653196/SCARAMUT
TI_AN.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/653196/SCARAMUTTI_AN.pdf?sequence=3&isAllowed=y).

I. Figueroa and C. Mamani, "Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias
14] negras, provenientes de la planta de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales,"
2019. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10757/625099>.

P. Nejero, "Propuesta de una planta recicladora de neúmaticos usados para
15] minimizar la contaminación ambiental que se generan en la ciudad de Chiclayo, 2019.,"

2019. [Online]. Available:
[https://repositorio.udl.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/UDL/309/TESIS
NEJERO
TUESTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.](https://repositorio.udl.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/UDL/309/TESIS_NEJERO_TUESTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

16] H. De La Cruz, "Evaluación de las propiedades de mezclas asfálticas elaboradas con incorporación de partículas de caucho reciclado en el departamento de Junín, 2020", 2021. [Online]. Available:
[http://repositorio.udch.edu.pe/bitstream/UDCH/1040/1/TESIS%20-
%20HANSEN%20DE%20LA%20CRUZ-%20%20PDF.pdf.](http://repositorio.udch.edu.pe/bitstream/UDCH/1040/1/TESIS%20-%20HANSEN%20DE%20LA%20CRUZ-%20%20PDF.pdf)

17] B. Bravo and J. Montalvo, "Desarrollo de una mezcla asfáltica en caliente con adición de caucho: caracterización del nuevo material," 2019. [Online]. Available:
[https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6877/Bravo%20Cabrera
%20Benjam%C3%ADn%20%26%20Montalvo%20Malca%20Jorge.pdf?sequence=1&
isAllowed=y.](https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6877/Bravo%20Cabrera%20Benjam%C3%ADn%20%26%20Montalvo%20Malca%20Jorge.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

18] M. Guzmán, "Evaluación de resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la Victoria - 2019", 2019. [Online]. Available: [http://repositorio.udch.edu.pe/bitstream/UDCH/411/1/TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN MARTIN GUZMÁN.pdf.pdf.](http://repositorio.udch.edu.pe/bitstream/UDCH/411/1/TRABAJO_DE_INVESTIGACION_MARTIN_GUZMAN.pdf.pdf)

19] V. Nanjegowda and K. Biligiri, "Recyclability of rubber in asphalt roadway systems: A review of applied research and advancement in technology," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 155, p. 104655, 2020.

20] J. Li, Z. Chen, F. Xiao and S. Amirkhanian, "Surface activation of scrap tire crumb rubber to improve compatibility of rubberized asphalt," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 169, p. 105518, 2021.

21] L. Picado, S. Capitão and J. Neves, "Crumb rubber asphalt mixtures: A literature review," *Construction and Building Materials*, vol. 247, p. 118577, 2020.

M. Bilema, M. Aman, N. Hassan, M. Haloul and S. Modibbo, "Influence of crumb

22] rubber size particles on moisture damage and strength of the hot mix asphalt," *Materials Today: Proceedings*, vol. 42, pp. 2387-2391, 2021.

A. Riekstins , V. Haritonovs and V. Straupe, "Economic and environmental
23] analysis of crumb rubber modified asphalt," *Construction and Building Materials*, vol. 335, p. 127468, 2022.

B. B. Singh, F. Mohanty, S. S. Das and S. K. Swain, "Graphene sandwiched
24] crumb rubber dispersed hot mix asphalt," *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, vol. 7, no. 5, pp. 652-667, 2020.

M. Díaz-Piloneta, M. Terrados-Cristos, J. V. Álvarez-Cabal and E. Vergara-
25] González, "Comprehensive Analysis of Steel Slag as Aggregate for Road Construction: Experimental Testing and Environmental Impact Assessment," *Materials*, vol. 14, no. 13, p. 3587, 2021.

A. Adham Mohammed, A. Mohamad Yu, K. Herda Yati Binti and I. Mohd
26] Rasdan, "Laboratory evaluation of fiber-modified asphalt mixtures incorporating steel slag aggregates," *Computers, Materials and Continua*, vol. 70, no. 3, pp. 5967-5990, 2022.

A. Z. Seyed y B. Kambiz , «Evaluating the effect of electric arc furnace steel
27] slag on dynamic and static mechanical behavior of warm mix asphalt mixtures,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 274, p. 123092, 2020.

S. Shaygan, A. Izadi and M. Zalnezhad, "Performance and environmental
28] assessment of microsurfacing mixture using the granulated Blast-Furnace Slag Powder (GBSP) as potential recycled filler," *Construction and Building Materials*, vol. 359, p. 129502, 2022.

A. Paco and E. Segovia, ""Análisis del aprovechamiento de neumáticos
29] reciclados usados como aditivo en el asfalto", 2020. [Online]. Available: https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16229/1/SEGOVIA_CARHUA

S_EST_NEU.pdf.

R. Santos and J. Lobato, "Evaluación del asfalto modificado a base de caucho
30] reciclado de neumáticos en comparación del asfalto convencional", 2020. [Online].

Available:

https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3570/Saul_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

M. Ramos-Huamán, «Gestión de la conservación y beneficios de la aplicación
31] de micro pavimento en una concesión en el Perú,» Repositorio UDEP, 2018.

S. S. Lucen Sosa, «Aplicación de escoria siderúrgica para rehabilitar
32] pavimentos flexibles en el Distrito de La Victoria – Lima 2018,» 2019. [En línea].

Available:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46148#:~:text=Finalmente%20se%20procedi%C3%B3%20a%20demostrar,distrito%20de%20la%20victoria%202018..>

S. M. Motevalizadeh , R. Sedghi and H. Rooholamini , "Fracture properties of
33] asphalt mixtures containing electric arc furnace slag at low and intermediate temperatures," *Construction and Building Materials*, vol. 240, no. 117965, 20 04 2020.

S. Carrasco and K. Rosillo, "Diseño de pavimento flexible con utilización de
34] caucho reciclado en avenida Venezuela, cuadras 26 - 59, distrito José Leonardo Ortiz,

Lambayeque – 2021," 2021. [Online]. Available:

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/87340>.

F. K. Quipusco Villalobos and D. V. Villegas Villegas, "Efectos de sustituir
35] agregado grueso convencional por siderúrgico en las propiedades físico-mecánicas de

mezclas asfálticas en caliente," 2019. [Online]. Available:

<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5609/Quipusco%20Villalobos%20%26%20Villegas%20Villegas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

L. O. Calva Herrera and S. P. Muñoz Pérez, "Estabilidad y flujo de mezclas

36] asfálticas en caliente incorporando escorias de acero," *Revista Infraestructura Vial*, vol. 24, no. 43, 2022.

M. Zalnezhad and E. Hesami, "Effect of steel slag aggregate and bitumen emulsion types on the performance of microsurfacing mixture," *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, vol. 7, pp. 215-226, 2020.

F. Miranda, ""Ventajas de aplicar micropavimento en obras de mantenimiento vial": una revisión de la literatura científica," 2020. [Online]. Available: https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25647/7/Final_RevisiónSistemática_MirandaFrancesca.pdf?sequence=6&isAllowed=y.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, "MANUAL DE CARRETERAS ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN," 2015. [Online]. Available: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf.

A. Aguila and P. Márquez, "Análisis de estabilización con emulsión asfáltica y con cemento portland para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento," 2021. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4650>.

J. Rojas, "Aplicación de la emulsión asfáltica en la estabilización de la subrasante de la carretera afirmada de tercera clase, Emp. PE 18 Quilca," 2018. [Online]. Available: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53372/Rojas_RJL-SD.pdf?sequence=8&isAllowed=y.

K. Mahmood Reza , Hassan Ziari, H. Zalnezhad, and M. Zalnezhad, "Mix design and performance evaluation of microsurfacing containing electric arc furnace (EAF) steel slag filler," *Construction and Building Materials*, vol. 269, p. 121336, 2021.

J. E. Castillo Lopez, «Resistencia a la deformación de una mezcla asfáltica en
43] caliente con adición de un 11 % por cenizas de cáscara de arroz,» Universidad San
Pedro, Chimbote, 2019.

MINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA, «METODO DE ENSAYO DE AZUL
44] DE METILENO,» 2003.

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSE SIMEON CAÑAS, «DENSIDAD
45] TOTAL (PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO,» EI
Salvador.

M. Castañeda, "La cientificidad de metodologías cuantitativa, cualitativa y
46] emergentes," *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, vol. 16, no. 1,
p. 1555, 2022.

S. Chávez, Ó. Esparza and L. Riosvelasco, "Diseños preexperimentales y
47] cuasiexperimentales aplicados a las ciencias sociales y la educación," *Enseñanza e
Investigación en Psicología*, vol. 2, pp. 167-178, 2020.

Y. Báez Hurtado, Guía para una investigación de campo, Grupo Editorial
48] Éxodo, 2018, p. 153.

R. Balbin and V. Chochon, "Diseño de mezcla asfáltica con material reciclado
49] para la mejora del comportamiento mecánico del pavimento en el tramo km 90+000 al
km 95+000de la carretera Canta a Huayllay ubicado en el distrit y provincia de Canta
en el departamento de Lima, 2019," 2019. [Online]. Available:
[https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6001/balbin_ar-
chochon_gvh.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6001/balbin_ar-chochon_gvh.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

J. Ventura-León, «Población o muestra? Una diferencia necesaria,» *Revista
50] Cubana de Salud*, 2017.

T. Otzen y C. Manterola, «Técnicas de Muestreo sobre una Población a
51] Estudio,» *Int. J. Morphol*, vol. 35, nº 1, pp. 227-232, 2017.

V. M. Velasco Rodríguez, Muestreo y tamaño de la muestra. Una guía práctica
52] para personal de salud que realiza investigación, El Cid Editor, 2003.

International Slurry Surfacing Association , «Norma de rendimiento
53] recomendada para micro pavimentación,» 2010.

M. Yongjun , Y. Tianyi , M. Yaseen , L. Jing , Q. Pengfei , L. Lishan , R. Hongliu
54] and Y. Xiaolong , "Study on the performance and sustainability of modified waste crumb
rubber and steel slag powder/SBS composite modified asphalt mastic," *Journal of
Cleaner Production*, vol. 338, p. 130563, 2022.

. S. . S. J. Carrasco y P. P. E. Espinosa , «Utilización del polvo de llanta en
55] mezclas asfálticas en frío como alternativa de reciclaje,» Repositorio PUCE, 2014.

A. P. Castro Cabeza, «Investigación sobre mezclas asfálticas en frío 100%
56] recicladas con adición de residuos solidos,» Repositorio UN, 2018.

G. Shackil, M. Yusuf , S. Ahmed , A. Ayman y D. Offenbacher, «Evaluation of
57] cracking performance of fiber reinforced and polymer enhanced microsurfacing
mixtures using conventional asphalt laboratory testing,» *Construction and Building
Materials*, vol. 307, p. 124524, 2021.

A. Zalnezhad, S. A. Hosseini, R. Shirinabadi and E. K. Mohammad , "Feasibility
58] of using copper slag as natural aggregate replacement in microsurfacing for quality
enhancement: Microscopic and mechanical analysis," *Construction and Building
Materials*, vol. 354, p. 129175, 2022.

E. H. Khaled , I. A. Mohamed, R. Murray and B. A.-K. Mohammed,
59] "Performance of steel slag aggregate in asphalt mixtures in a hot desert climate," *Case
Studies in Construction Materials*, vol. 14, p. e00534, 2021.

H. Shuguang , C. Chen , Z. Junhui , S. Huajie and G. Fan , "Thermal and
60] mechanical evaluations of asphalt emulsions and mixtures for microsurfacing,"
Construction and Building Materials, vol. 191, pp. 1221-1229, 2018.

C. Carpani, E. Bocci, E. Prosperi and M. Bocci, "Evaluation of the rheological
61] and performance behaviour of bitumen modified with compounds including crumb
rubber from waste tires," *Construction and Building Materials*, vol. 361, no. 129679,
2022.

R. Ghabchi, A. Arshadi and M. M. F. Zaman, "Technical challenges of utilizing
62] ground tire rubber in asphalt pavements in the United States," *Materials*, vol. 16, no.
16, p. 4482, 2021.

S. Kocak, "Rheological Characterization of Ground Tire Rubber Modified
63] Asphalt Binders with Parallel Plate and Concentric Cylinder Geometries," *Sustainability*
(Switzerland), vol. 15, no. 4, p. 2880, 2023.

S. Wang, W. Huang, P. Lin, Z. Wu and C. W. B. Kou, "Chemical, physical, and
64] rheological evaluation of aging behaviors of terminal blend rubberized asphalt binder,"
Journal of Materials in Civil Engineering, vol. 33, no. 11, p. 04021302, 2021.

R. Ramos, M. Viña and F. Gutiérrez, "Investigación aplicada en tiempos de
65] COVID-19," *OFIL-ILAPHAR*, 2021.

R. Irmawaty, H. Parung, R. Djamaluddin, A. Amiruddin and M. Faturrahman,
66] "Mechanical Properties of Concrete Using Plastic Waste," *IOP Conference Series:
Materials Science and Engineering*, 2020.

ANEXOS

Anexo 1– Estudio de canteras de los materiales a usar en el diseño de micro pavimento.....	102
Anexo 2 – Granulometría de la arena chancada de la Chancadora Asfalpaca	143
Anexo 3– Granulometría de la arena chancada de la chancadora Sican	144
Anexo 4– Granulometría de la arena chancada de la chancadora las Palmas	145
Anexo 5– Informe de diseño de micro pavimento.....	146
Anexo 6– Caracterización de la arena chanca para el diseño de micropavimento.	167
Anexo 7– Caracterización de la emulsión asfáltica para el diseño de micropavimento.	168
Anexo 8 – Diseño patrón óptimo para micropavimento.	169
Anexo 9– Ensayo de caracterización para la escoria de acero.....	170
Anexo 10– Resultados del uso de escoria de acero para el diseño de un micropavimento.	171
Anexo 11– Resultados del uso de caucho reciclado para el diseño de un micropavimento.	172
Anexo 12– Donación de escoria de acero gracias a la empresa SIDER PERU	173
Anexo 13– Toma de muestras en la chancadora las palmas	173
Anexo 14– Toma de muestras en la chancadora Sican	174
Anexo 15– Toma de muestras en la chancadora Asfalpaca.....	174
Anexo 16– Ensayo de granulometría del agregado	175
Anexo 17– Ensayo de granulometría del agregado para la arena chancada ..	175
Anexo 18– Ensayo de equivalente de arena.....	176
Anexo 19– Ensayo de equivalente de contenido de humedad.....	176
Anexo 20– Ensayo de partículas fracturadas.....	177
Anexo 21– Preparación del diseño patrón.....	177
Anexo 22– Triturado de escoria de acero en la máquina de los ángeles.	178

Anexo 23– Incorporación del 5% de caucho a la mezcla de micropavimento.	179
Anexo 24– Incorporación del 10% de escoria de acero a la mezcla de micropavimento.	180
Anexo 25– Moldeado de cuerpos de prueba.	181
Anexo 26– Porcentajes de variables de prueba.	182
Anexo 27– Ensayo de rueda cargada (LWT)	183
Anexo 28– Ensayo de Abrasión en húmedo (WTAT)	183
Anexo 29– Ensayo de Adhesión	184
Anexo 30– Ensayo de Schulze Breuer And Ruck	184
Anexo 31– Validez y confiabilidad por 5 jueces expertos	185
Anexo 32- Validez y confiabilidad del instrumento sobre el diseño de micro pavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando la arena chancada por escoria de acero.	187
Anexo 33– Jucio de 5 jueces expertos	188
Anexo 34– Calibración de los equipos.	194
Anexo 35: Certificados de acreditación de laboratorios.	199
Anexo 36: Análisis económico de micro pavimento	204

Anexo 1– Estudio de canteras de los materiales a usar en el diseño de micro pavimento.



**CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.**

ESTUDIO DE CANTERAS

**SOLICITADO POR:
FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE
GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO**

PROYECTO:

**" DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA
ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y
REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA
CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"**

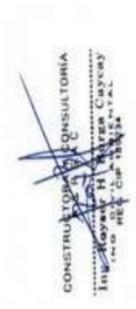
OCTUBRE 2022





ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	2
II.	GENERALIDADES.....	2
2.1	OBJETIVO.....	2
2.2	METODOLOGÍA.....	3
2.3	UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
III.	MARCO TEÓRICO.....	5
IV.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CANTERAS.....	6
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	8
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	10



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.



**INFORME TÉCNICO
ESTUDIO DE CANTERAS**

**PROYECTO: "DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA
AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA
ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"**

I. INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene por finalidad dar a conocer las actividades realizadas por el personal encargado del Control de Calidad (QC) para el Proyecto: " DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO ". Las labores de Control de Calidad (QC) en esa fase del proyecto se refieren a los ensayos del agregado fino (arena chancada), en cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto para el diseño de micropavimentos.

Todos los agregados utilizados en una capa de rodamiento están sometidos a la acción abrasiva del tráfico. Si dichos agregados no son lo suficientemente duros para resistir un rápido desgaste, el pavimento, cuando húmedo, puede formarse peligrosamente resbaladizo. La mayoría de los agregados duros puede usarse con éxito para tratamientos de superficie. La resistencia a la abrasión de los agregados puede ser medida con el ensayo Los Ángeles (ASTM C 131, AASHTO T 961). El agregado escogido también debe cumplir los requisitos funcionales de tamaño, forma y limpieza.

II. GENERALIDADES.

2.1 OBJETIVO

El estudio de las canteras comprende la ubicación, investigación y comprobación física, mecánica y química de los materiales agregados inertes. Se seleccionará únicamente aquella cantera que demuestren que la calidad y cantidad del material existente son adecuadas y suficientes para la construcción total de la estructura.

Se realizará el análisis de los ensayos de agregados obtenidos de las siguientes canteras:



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.



- Cantera 1:

Agregado fino: Cantera Asfalpaca – Tres Tomas - Ferreñafe

- Cantera 2:

Agregado fino: Cantera Chancadora Las Palmas - Ferreñafe

- Cantera 3:

Agregado fino: Cantera Chancadora Sican - Ferreñafe

2.2 METODOLOGÍA

Se realizó las siguientes actividades para el estudio de canteras:

- Reconocimiento de campo del área de la cantera considerada como fuentes de materiales granulares.
- Extracción de 1 muestras de la cantera.
- Ensayos de laboratorio con el objetivo de conocer las características necesarias para el proyecto como, para la arena se realizó ensayos de: granulometría, equivalente de arena, peso específico, durabilidad del agregado, abrasión, azul de metileno, adherencia de Riedel - Weber.

2.3 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se desarrollará en la provincia de Chiclayo – departamento de Lambayeque.



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Instituto Registral y Catastral
Módulo 10, Calle 1001
Chiclayo, Perú

Figura 1: Ubicación de cantera Asfalpaca – Tres Tomas - Ferreñafe

🏠 Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 – Fundo el Cerrito – Chiclayo, 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

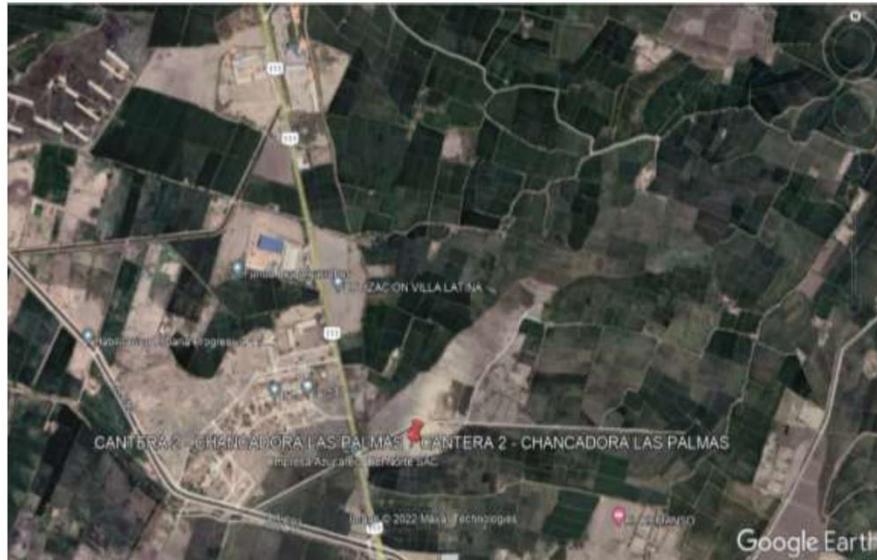


Figura 2: Ubicación de cantera Chancadora Las Palmas - Ferreñafe

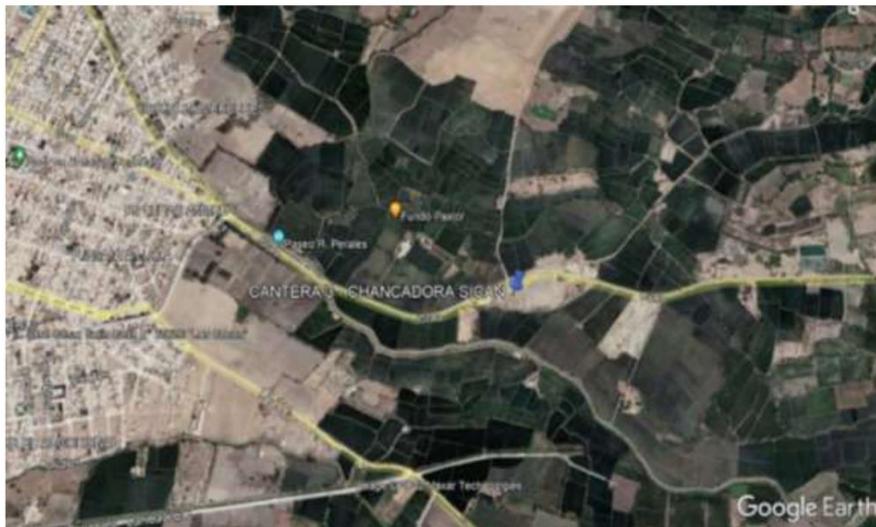


Figura 3: Ubicación de cantera Chancadora Sicán – Ferreñafe





III.MARCO TEÓRICO

3.1. Micropavimento

Consiste en la colocación de una mezcla de emulsión asfáltica modificado con polímeros y agregados pétreos, sobre la superficie de una vía, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

3.2. Agregados pétreos

Los agregados pétreos deberán ser limpios, angulares, durables y bien gradados. Deberán gradarse en zonas habilitadas especialmente para este efecto, y de manera que no se produzca contaminación ni segregación de los agregados pétreos. Los acopios se ubicarán en superficies limpias, planas y niveladas. Se debe retirar cualquier fuente de materia extraña que pueda contaminar el material como vegetación, rocas, etc. Además, el área debe tener un drenaje adecuado para evitar acumulación de agua en el acopio.

Los agregados para los micropavimentos en frío, deberán provenir de la trituración de roca y deberán cumplir con los requisitos de la siguiente tabla. El tipo de granulometría y número de capas a utilizar será el establecido en el Proyecto.

Se entenderá por agregados pétreos limpios, aquellos agregados pétreos libres de materia orgánica, arcilla o materias extrañas. En caso necesario el Supervisor podrá exigir su limpieza por lavado, aspiración u otro método aprobado por éste.

Tabla N°01 - Granulometría de los agregados pétreos para micropavimentos en frío

Tamices		Bandas granulométricas			
(mm)	(ASTM)	Porcentaje en peso que pasa, %			
		Tipo M-I	Tipo M-II	Tipo M-III	Tipo M-IV
12,5	(1/2")				100
10,0	(3/8")		100	100	85-98
5,0	(N.º 4)	100	85-95	70-90	62-80
2,5	(N.º 8)	85-95	62-80	45-70	41-61
1,25	(N.º 16)	60-80	45-65	28-50	28-46
0,63	(N.º 30)	40-60	30-50	18-34	18-34
0,315	(N.º 50)	25-42	18-35	12-25	11-23
0,16	(N.º 100)	15-30	10-24	7-17	6-15
0,08	(N.º 200)	10-20	5-15	5-11	4-9

Referencia: Manual de Carreteras - "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" – Tabla 425-01





Tabla N°02 - Requerimientos de los agregados pétreos para micropavimentos en frío

Ensayo	Norma	Exigencia
Partículas fracturadas	MTC E 210	100%
Durabilidad al Sulfato de sodio	MTC E 209	Máx. 12%
Desgaste de Los Ángeles	MTC E 207	Máx. 25%
Equivalente de Arena	MTC E 114	Mín. 60%
Azul de metileno	AASHTO TP 57	Máx. 8
Adherencia Riedel-Weber	MTC E 220	Mín 4*
Adherencia Método Estático	ASTM D 1664	Mín. 95%

Referencia: *Manual de Carreteras - "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" – Tabla 425-02*

IV.RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CANTERAS

En los cuadros siguientes se presenta los datos usados para el diseño de concreto.

CANTERA 1 – CANTERA ASFALPACA – TRES TOMAS

Tabla 1: Resultados de arena chancada

AGREGADO FINO			
ENSAYOS DE LABORATORIO	ESPECIFICACIONES TECNICAS		
	RANGOS (%)	RESULTADO (%)	OBSERVACION
Contenido de Humedad	–	0.83	–
Bandas granulométricas	TIPO M-III	OK	CUMPLE
Durabilidad	Máx. 12%	8.82	CUMPLE
Desgaste de Los Ángeles	Máx. 25%	21.6	CUMPLE
Equivalente de arena	Mín. 60%	67	CUMPLE
Azul de metileno	Máx. 8%	4.09	CUMPLE
Adherencia Riedel - Weber	Mín. 4*	5	CUMPLE



**CANTERA 2 – CHANCADORA LAS PALMAS - FERREÑAFE****Tabla 2: Resultados de arena chancada**

AGREGADO FINO			
ENSAYOS DE LABORATORIO	ESPECIFICACIONES TECNICAS		
	RANGOS (%)	RESULTADO (%)	OBSERVACION
Contenido de Humedad	–	0.42	–
Bandas granulométricas	TIPO M-III	-	NO CUMPLE
Durabilidad	Máx. 12%	11.77	CUMPLE
Desgaste de Los Ángeles	Máx. 25%	27.8	NO CUMPLE
Equivalente de arena	Mín. 60%	53	NO CUMPLE
Azul de metileno	Máx. 8%	9.55	NO CUMPLE
Adherencia Riedel - Weber	Mín. 4*	3	NO CUMPLE

CANTERA 3 – CHANCADORA SICAN - FERREÑAFE**Tabla 3: Resultados de arena chancada**

AGREGADO FINO			
ENSAYOS DE LABORATORIO	ESPECIFICACIONES TECNICAS		
	RANGOS (%)	RESULTADO (%)	OBSERVACION
Contenido de Humedad	–	0.93	–
Bandas granulométricas	TIPO M-III	-	NO CUMPLE
Durabilidad	Máx. 12%	14.08	NO CUMPLE
Desgaste de Los Ángeles	Máx. 25%	30.4	NO CUMPLE
Equivalente de arena	Mín. 60%	49	NO CUMPLE
Azul de metileno	Máx. 8%	8.96	NO CUMPLE
Adherencia Riedel - Weber	Mín. 4*	2	NO CUMPLE

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ingenieros: H. A. ...
R.C. No. 13134



V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para la calidad de los materiales a disponer para el uso de micropavimento, debemos adecuarnos al cumplimiento de las normas establecidas por el MTC - MANUAL DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN (EG-2013).
- Los agregados para el diseño de micropavimento fueron muestreados por los solicitantes FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO, para luego ser llevadas a nuestro laboratorio.
- Los resultados obtenidos de laboratorio de la cantera 01 (ASFALPACA) **CUMPLE** con los requerimientos necesarios del proyecto para el uso como arena chancada dentro de la elaboración de micropavimentos, es por ello que se recomienda utilizar la arena chancada de dicha cantera.

AGREGADO FINO			
ENSAYOS DE LABORATORIO	ESPECIFICACIONES TECNICAS		
	RANGOS (%)	RESULTADO (%)	OBSERVACION
Contenido de Humedad	–	0.83	–
Bandas granulométricas	TIPO M-III	OK	CUMPLE
Durabilidad	Máx. 12%	8.82	CUMPLE
Desgaste de Los Ángeles	Máx. 25%	21.6	CUMPLE
Equivalente de arena	Mín. 60%	67	CUMPLE
Azul de metileno	Máx. 8%	4.09	CUMPLE
Adherencia Riedel - Weber	Mín. 4*	5	CUMPLE



- La Cantera 02 (CHANCADORA LAS PALMAS) y cantera 03 (CHANCADORA SICAN), elegida para el estudio han mostrado resultados negativos que no están dentro de las especificaciones técnicas necesarias para el correcto uso para materiales de micropavimento por lo que no es aconsejable el uso de ellos.

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.



- La graduación de cada uno de los agregados producirá al estar bien proporcionado, una mezcla conforme a los límites de graduación del tipo especificado.
- Según los resultados obtenidos de los ensayos la Cantera 01, el material analizado de dicha cantera es **APTO** para **MICROPAVIMENTO**, por cumplir con las especificaciones técnicas de la norma ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN (EG-2013).



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- CASTILLO, F. A. (2009). TECNOLOGÍA DEL CONCRETO. LIMA: SAN MARCOS.
- ASPHALT INSTITUTE. MANUAL BASICO DE EMULSIONES ASFALTICAS.



🏠 Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 – Fundo el Cerrito – Chiclayo, 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com



CANTERA 01

CANTERA ASFALPACA





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

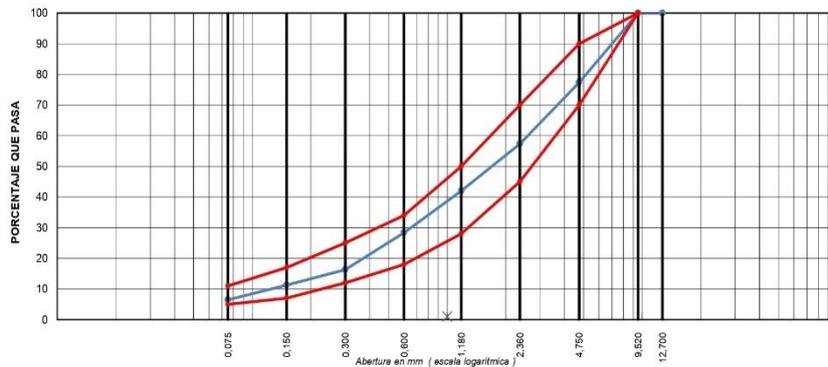
✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (ASTM C136, AASHTO T27, MTC E 204)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TÉC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO	FECHA	04/10/2022

GRADACION "TIPO III"							
DATOS DEL ENSAYO							
TAMIZ	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			TIPO M-III	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	retenido	retenido	acumulado	que pasa		
3/4"	19,100						Peso Humedo 1000,0 gr
1/2"	12,700						Peso Seco 991,8 gr
3/8"	9,520				100,0	100 100	Contenido de Humedad 0,83 %
Nº4	4,750	135,6	22,6	22,6	77,4	70 90	Peso inicial seco 600,0 gr
Nº 8	2,360	120,2	20,0	42,6	57,4	45 70	
Nº 16	1,180	92,3	15,4	58,0	42,0	28 50	
Nº 30	0,600	81,7	13,6	71,6	28,4	18 34	
Nº 50	0,300	72,2	12,0	83,7	16,3	12 25	
Nº 100	0,150	30,3	5,1	88,7	11,3	7 17	
Nº 200	0,075	28,9	4,8	93,5	6,5	5 11	
< 200	-	38,8	6,5	100,0			

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Valco Hurtado
 TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
 Ing. ROYAL H. RIVERA CARRANZA
 S.O. Nº 11111





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.yr.chiclayo@gmail.com

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NTP 400.021, MTC E 205)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO REICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES	FECHA	04/10/2022
	CARRANZA JEINER FERNANDO		

DATOS DE LA MUESTRA

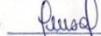
MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	300,0	300,0	
B	Peso Frasco + agua	677,2	679,5	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	977,2	979,5	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	863,2	866,1	
E	Vol de masa + vol de vacio = C-D (gr)	114	113,4	
F	Pc. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	296,6	297	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	110,6	110,4	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2,602	2,619	2,610
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2,632	2,646	2,639
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2,682	2,690	2,686
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1,146	1,010	1,08%

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.


Luisa María Falco Hurtado
TECNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
Luisa María Falco Hurtado
TECNICO DE LABORATORIO





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.
✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO (NTP 400.016, MTC E 209)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA ANADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB.	R.I.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO	FECHA	05/10/2022

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

FRACCION PASA	RETIENE	GRADACION ORIGINAL %		Peso de fracción ensayada	Peso retenido después del ensayo	Perdida después del ensato (gr)	Perdida después del ensato (%)	Perdida corregida
		Peso retenido	% retenido					
			A	B	C	D	E	F
3/8"	N° 4							
N° 4	N° 8	120,20	30,3	100,0	91,7	8,3	8,3	2,51
N° 8	No° 16	92,30	23,3	100,0	91,8	8,2	8,2	1,91
N° 16	N° 30	81,70	20,6	100,0	91,0	9,0	9,0	1,85
N° 30	N° 50	72,20	18,2	100,0	91,2	8,8	8,8	1,60
N° 50	N° 100	30,30	7,6	100,0	87,7	12,3	12,3	0,94
N° 100	N° 200							
	< N° 200							
SUMA TOTAL		396,7	100					8,82

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Falco Hurtado
Luisa María Falco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
Ing. Karen M. Viera Caspary
Ing. Karen M. Viera Caspary
INGENIERA EN GEOTECNIA





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)

(NTP 400.019, MTC E - 207)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	: ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	: L.M.F.II
SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZ/	FECHA	: 07/10/2022

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

TAMIZ		A	B	C	D
PASA	RETIENE				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"				
1/2"	3/8"				
3/8"	1/4"				
1/4"	N°4				
N°4	N°8				5000
PESO TOTAL					5000
PESO RETENIDO EN TAMIZ N°12					3921
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO					1079
N° DE ESFERAS					6
PESO DE LAS ESFERAS					2472
TIEMPO DE ROTACIONES (m)					15
% DE DESGASTE					21,6

Observaciones:

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Luisa María Valco Hurtado
Luisa María Valco Hurtado
TECNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
Ing. ROYAL R. GONZALES CARRANZ
ING. CIVIL - 1993





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

EQUIVALENTE DE ARENA

(NTP 339.146, MTC E 114)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO : RECLICADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"	
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MICROPAVIMENTO	
CANTERA	: ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB. : R.H.B.C.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA	TEC. LAB. : L.M.F.II
SOLICITANTE	: FERNANDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES : CARRANZA JEINER FERNANDO	FECHA : 10/10/2022

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	01	02	03			
HORA DE ENTRADA	08:10	08:12	08:14			
HORA DE SALIDA	08:20	08:22	08:24			
HORA DE ENTRADA	08:22	08:24	08:26			
HORA DE SALIDA	08:42	08:44	08:46			
ALTURA DE NIVEL	5,2	5,1	5,0	-		
MATERIAL FINO (A)						
ALTURA DE NIVEL	3,4	3,3	3,5	-		
ARENA (B)						
EQUIVALENTE DE	65,4%	64,7%	70,0%			
ARENA (B x 100/A)						
PROMEDIO:	67%					

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Falco Hurtado
Luisa María Falco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. Roberto H. Torres Cayo
www.a&r.chiclayo.com





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS Y EN LLENANTES MINERALES. (NORMA ASSHTO TP 57)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA	FECHA	10/10/2022
	JEINER FERNANDO		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	1	2		PROMEDIO (mg/gr)	
PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 (gr)	10,7	10,5	10,9		
AGUA DESTILADA (ml)	30,0	30,0	30,0		
PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 + AGUA	40,7	40,5	40,9		
SOLUCION AZUL DE METILENO	0,5	0,5	0,5		
SOLUCION AZUL DE METILENO REQUERIDA EN LA TITULACION (ml)	85,8	87,8	88,8		
VALOR DE AZUL DE METILENO (mg/gr)	4,01	4,18	4,07	4,09	

Observaciones:

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Luisa Maria Palco Hurtado
TECNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA

Ing. Rayner H. Rivera Caceres
REG. CO. 18874





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora_ayr.chiclayo@gmail.com

ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS

(PROCEDIMIENTO RIEDEL - WEBER)

(MTC E 220)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECIKLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES	FECHA	11/10/2022
	CARRANZA JEINER FERNANDO		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

DENOMINACION		DESPRENDIMIENTO O ARIDO - ASFALTO	RESULTADOS
AGUA DESTILADA	0	NULO	
Concentración de carbonato sódico	M/256	1	NULO
	M/128	2	NULO
	M/64	3	NULO
	M/32	4	NULO
	M/16	5	PARCIAL
	M/8	6	PARCIAL
	M/4	7	PARCIAL
	M/2	8	PARCIAL
M/1	9	PARCIAL	
			PARCIAL: 5
			TOTAL: 10

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Falco Hurtado
Luisa María Falco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. Rony H. Torres Cayay
INGENIERO ESPECIALISTA
MTC E 220





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN LOS SUELOS

(NTP 339.152, MTC E 219)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	: ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	: L.M.F.II.
SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINI	FECHA	: 12/10/2022

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	IDENTIFICACION			Promedio
	1	2		
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	121,30	98,17		
(2) Peso Tarro + agua + sal	171,30	148,17		
(3) Peso Tarro Seco + sal	121,33	98,21		
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,03	0,04		
(5) Peso de Agua (2-3)	50,00	50,00		
(6) Porcentaje de Sal	0,06 %	0,08 %		0,07 %

Observaciones :

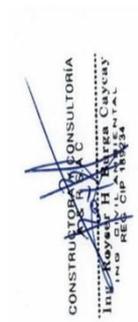
CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Palco Hurtado
Luisa María Palco Hurtado
TECNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. ROBERTO H. GONZALES CARRANZA
INGENIERO DE LABORATORIO





CANTERA 2
CANTERA –
CHANCADORA
LAS PALMAS





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

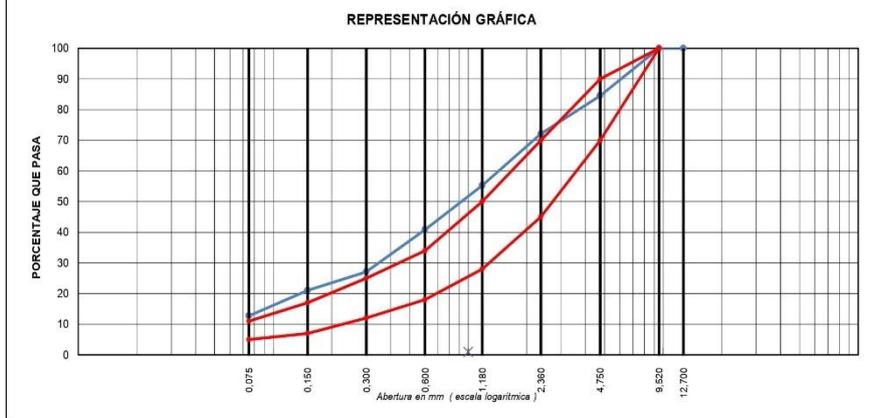
Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (ASTM C136, AASHTO T27, MTC E 204)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	CHANCADORA LAS PALMAS - FERREÑAFE	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TÉC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO	FECHA	04/10/2022

GRADACION "TIPO III"						
DATOS DEL ENSAYO						
TAMIZ	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			TIPO M-III
ASTM	mm	retenido	retenido	acumulado	que pasa	
3/4"	19,100					
1/2"	12,700					Peso Humedo 1000,0 gr
3/8"	9,520				100,0	Peso Seco 995,8 gr
Nº4	4,750	92,8	15,5	15,5	84,5	Contenido de Humedad 0,42 %
Nº 8	2,360	74,6	12,4	27,9	72,1	Peso inicial seco 600,0 gr
Nº 16	1,180	101,0	16,8	44,7	55,3	
Nº 30	0,600	86,6	14,4	59,2	40,8	
Nº 50	0,300	82,5	13,8	72,9	27,1	
Nº 100	0,150	36,3	6,1	79,0	21,0	
Nº 200	0,075	49,9	8,3	87,3	12,7	
< 200	-	76,3	12,7	100,0		



Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

 Luisa María Palco Hurtado
 TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA

 Ing. Jeiner Fernando Carranza
 TÉCNICO DE LABORATORIO





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, 978 360 036 – 993 595 300.

constructora.qyr.chiclayo@gmail.com

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NTP 400.021, MTC E 205)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO REICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	CHANCADORA LAS PALMAS - FERREÑAFE	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA	FECHA	04/10/2022
	JEINER FERNANDO		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	300,0	300,0	
B	Peso Frasco + agua	674,8	676	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	974,8	976,0	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	860,2	864,1	
E	Vol de masa + vol de vacio = C-D (gr)	114,6	111,9	
F	Pc. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	297,5	297,7	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	112,1	109,6	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2,596	2,660	2,628
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2,618	2,681	2,649
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2,654	2,716	2,685
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0,840	0,773	0,806%

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Falco Hurtado
Luisa María Falco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Fundo El Cerrito - Chiclayo
978 360 036 - 993 595 300





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.
✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO (NTP 400.016, MTC E 209)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA ANADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	CHANCADORA LAS PALMAS - FERREÑAFE	RESP. LAB.	R.I.I.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO	FECHA	05/10/2022

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

FRACCION PASA	RETIENE	GRADACION ORIGINAL %		Peso de fracción ensayada	Peso retenido después del ensayo	Perdida después del ensato (gr)	Perdida después del ensato (%)	Perdida corregida
		Peso retenido	% retenido					
			A	B	C	D	E	F
3/8"	N° 4							
N° 4	N° 8	74,60	19,6	100,0	82,2	17,8	17,8	3,49
N° 8	No° 16	101,00	26,5	100,0	85,7	14,3	14,3	3,79
N° 16	N° 30	86,60	22,7	100,0	90,2	9,8	9,8	2,23
N° 30	N° 50	82,50	21,7	100,0	92,6	7,4	7,4	1,60
N° 50	N° 100	36,30	9,5	100,0	93,0	7,0	7,0	0,67
N° 100	N° 200							
	< N° 200							
SUMA TOTAL		381	100					11,77

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Luisa María Falco Hurtado
Luisa María Falco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Ing. Roberto H. Torres Cordero
REG. CO. 10017





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)

(NTP 400.019, MTC E - 207)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	: CHANCADORA LAS PALMAS - FERREÑAFE	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	: L.M.F.II.
SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZ/	FECHA	: 07/10/2022

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

TAMIZ		A	B	C	D
PASA	RETIENE				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"				
1/2"	3/8"				
3/8"	1/4"				
1/4"	N°4				
N°4	N°8				5000
PESO TOTAL					5000
PESO RETENIDO EN TAMIZ N°12					3610
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO					1390
N° DE ESFERAS					6
PESO DE LAS ESFERAS					2472
TIEMPO DE ROTACIONES (m)					15
% DE DESGASTE					27,8

Observaciones:

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Luisa Maria Palco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA

Ing. Juan Carlos Viera Carranza
REG. DE INGENIEROS





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

EQUIVALENTE DE ARENA

(NTP 339.146, MTC E 114)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	: CHANCADORA LAS PALMAS - FERREÑAFE	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	: L.M.F.H.
SOLICITANTE	: FERNANDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES	FECHA	: 10/10/2022
	: CARRANZA JEINER FERNANDO		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	01	02	03			
HORA DE ENTRADA	09:45	09:47	09:49			
HORA DE SALIDA	09:55	09:57	09:59			
HORA DE ENTRADA	09:57	09:59	10:01			
HORA DE SALIDA	10:17	10:19	10:21			
ALTURA DE NIVEL						
MATERIAL FINO (A)	4,8	4,6	4,5	—		
ALTURA DE NIVEL						
ARENA (B)	2,4	2,5	2,5	—		
EQUIVALENTE DE						
ARENA (B x 100/A)	50,0%	54,3%	55,6%			
PROMEDIO:	53%					

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Luisa María Palco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Ing. Roberth H. Pérez Cayway
INGENIERO CIVIL





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS Y EN LLENANTES MINERALES. (NORMA ASSHTO TP 57)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	CHANCADORA LAS PALMAS - FERREÑAFE	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO	FECHA	10/10/2022

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	M-01

DATOS DEL ENSAYO					
MUESTRA		1	2		PROMEDIO (mg/gr)
	:				
PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 (gr)	:	5,5	5,3	5,1	
AGUA DESTILADA (ml)	:	30,0	30,0	30,0	
PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 + AGUA	:	35,5	35,3	35,1	
SOLUCION AZUL DE METILENO	:	0,5	0,5	0,5	
SOLUCION AZUL DE METILENO REQUERIDA EN LA TITULACION (ml)	:	105,0	100,0	98,5	
VALOR DE AZUL DE METILENO (mg/gr)	:	9,55	9,43	9,66	9,55

Observaciones:

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Luisa María Palco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Ing. Royce H. Balleza Carranza
TÉCNICO DE LABORATORIO





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora_ayr.chiclayo@gmail.com

ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS

(PROCEDIMIENTO RIEDEL - WEBER)

(MTC E 220)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO REICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	CHANCADORA LAS PALMAS - FERREÑAFE	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES	FECHA	11/10/2022
	CARRANZA JEINER FERNANDO		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

DENOMINACION		DESPRENDIMIENTO O ARIDO - ASFALTO	RESULTADOS	
AGUA DESTILADA	0	NULO		
Concentración de carbonato sódico	M/256	1	NULO	
	M/128	2	NULO	
	M/64	3	NULO	
	M/32	4	NULO	PARCIAL: 3
	M/16	5	PARCIAL	
	M/8	6	PARCIAL	TOTAL: 10
	M/4	7	PARCIAL	
	M/2	8	PARCIAL	
	M/1	9	PARCIAL	

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Falco Hurtado
Luisa María Falco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
ING. GONZALEZ VIERA JEAN PIERRE
ING. GONZALEZ VIERA JEAN PIERRE
ING. GONZALEZ VIERA JEAN PIERRE





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN LOS SUELOS

(NTP 339.152, MTC E 219)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	: CHANCADORA LAS PALMAS - FERREÑAFAE	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	: L.M.F.H.
SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINI	FECHA	: 12/10/2022

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	IDENTIFICACION			Promedio
	1	2		
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	92,50	68,87		
(2) Peso Tarro + agua + sal	137,50	118,87		
(3) Peso Tarro Seco + sal	92,52	68,90		
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,02	0,03		
(5) Peso de Agua (2-3)	45,00	50,00		
(6) Porcentaje de Sal	0,04 %	0,06 %		0,05 %

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Luisa María Falco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

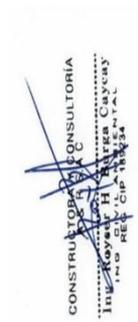
CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

L.M.F.H.
INGENIERO DE MATERIALES
MTC E 219





CANTERA 3
CANTERA –
CHANCADORA
SICAN





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora_ayr.chiclayo@gmail.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (ASTM C136, AASHTO T27, MTC E 204)

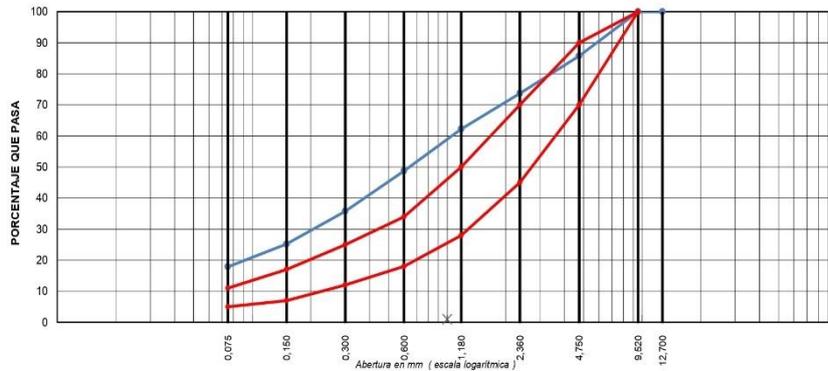
PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	: CHANCADORA SICAN - FERREÑAFE	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA	TÉC. LAB.	: L.M.F.H.
SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO	FECHA	: 04/10/2022

GRADACION "TIPO III"

DATOS DEL ENSAYO

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			TIPO		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	M-III		
3/4"	19,100							
1/2"	12,700							Peso Humedo 1000,0 gr
3/8"	9,520				100,0	100	100	Peso Seco 990,8 gr
N°4	4,750	85,5	14,3	14,3	85,8	70	90	Contenido de Humedad 0,93 %
N° 8	2,360	72,2	12,0	26,3	73,7	45	70	Peso inicial seco 600,0 gr
N° 16	1,180	69,0	11,5	37,8	62,2	28	50	
N° 30	0,600	81,0	13,5	51,3	48,7	18	34	
N° 50	0,300	77,9	13,0	64,3	35,7	12	25	
N° 100	0,150	63,3	10,6	74,8	25,2	7	17	
N° 200	0,075	44,0	7,3	82,2	17,9	5	11	
< 200	-	107,1	17,9	100,0				

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Valco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
ING. JEAN PIERRE VIERA CARRANZA
MTC E 204





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.qyr.chiclayo@gmail.com

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NTP 400.021, MTC E 205)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO REICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	CHANCADORA SICAN - FERREÑAFE	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES	FECHA	04/10/2022
	CARRANZA JEINER FERNANDO		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	300,0	300,0	
B	Peso Frasco + agua	672,2	674,9	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	972,2	974,9	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	853,6	852	
E	Vol de masa + vol de vacio = C-D (gr)	118,6	122,9	
F	Pc. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	295,8	296,1	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	114,4	119,0	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2,494	2,409	2,452
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2,530	2,441	2,485
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2,586	2,488	2,537
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1,420	1,317	1,37%

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.


Luisa María Falco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Ing. Rony H. Viera Cayo
TÉCNICO DE LABORATORIO





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO (NTP 400.016, MTC E 209)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA ANADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	CHANCADORA SICAN - FERREÑAFE	RESP. LAB. : R.I.B.C.	
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB. : L.M.F.H.	
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO	FECHA : 05/10/2022	

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

FRACCION PASA	RETIENE	GRADACION ORIGINAL %		Peso de fracción ensayada	Peso retenido después del ensayo	Perdida después del ensato (gr)	Perdida después del ensato (%)	Perdida corregida
		Peso retenido	% retenido					
			A	B	C	D	E	F
3/8"	N° 4							
N° 4	N° 8	72,20	19,9	100,0	81,2	18,8	18,8	3,74
N° 8	No° 16	69,00	19,0	100,0	78,9	21,1	21,1	4,01
N° 16	N° 30	81,00	22,3	100,0	92,3	7,7	7,7	1,72
N° 30	N° 50	77,90	21,4	100,0	90,4	9,6	9,6	2,06
N° 50	N° 100	63,30	17,4	100,0	85,3	14,7	14,7	2,56
N° 100	N° 200							
	< N° 200							
SUMA TOTAL		363,4	100					14,08

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA ASR SAC

Luisa María Palco Hurtado
Luisa María Palco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. ROYAL H. VIERA CARRANZA
MTC CIP 18724





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)

(NTP 400.019, MTC E - 207)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	: CHANCADORA SICAN - FERREÑAFE	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	: L.M.F.II
SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZ/	FECHA	: 07/10/2022

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

TAMIZ		A	B	C	D
PASA	RETIENE				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"				
1/2"	3/8"				
3/8"	1/4"				
1/4"	N°4				
N°4	N°8				5000
PESO TOTAL					5000
PESO RETENIDO EN TAMIZ N°12					3480
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO					1520
N° DE ESFERAS					6
PESO DE LAS ESFERAS					2472
TIEMPO DE ROTACIONES (m)					15
% DE DESGASTE					30,4

Observaciones:

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Palco Hurtado
Luisa María Palco Hurtado
TECNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Ing. ROBERTO H. VERA CARRANZA
Ing. ROBERTO H. VERA CARRANZA
INGENIERO EN GEOTECNIA





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

EQUIVALENTE DE ARENA

(NTP 339.146, MTC E 114)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	CHANCADORA SICAN - FERREÑAFE	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNANDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES	FECHA	10/10/2022
	CARRANZA JEINER FERNANDO		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	01	02	03			
HORA DE ENTRADA	14:26	14:28	14:30			
HORA DE SALIDA	14:36	14:38	14:40			
HORA DE ENTRADA	14:38	14:40	14:42			
HORA DE SALIDA	14:58	15:00	15:02			
ALTURA DE NIVEL	5,6	5,7	5,5			
MATERIAL FINO (A)						
ALTURA DE NIVEL	2,9	2,7	2,7			
ARENA (B)						
EQUIVALENTE DE	51,8%	47,4%	49,1%			
ARENA (B x 100/A)						
PROMEDIO:	49%					

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Falco Hurtado
Luisa María Falco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Ing. Juan Carlos...
ING. JUAN CARLOS...





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS Y EN LLENANTES MINERALES. (NORMA ASSHTO TP 57)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	CHANCADORA SICAN - FERREÑAFE	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA	FECHA	10/10/2022
	JEINER FERNANDO		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	1	2		PROMEDIO (mg/gr)	
:					
PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 (gr)	9,0	9,8	10,0		
AGUA DESTILADA (ml)	30,0	30,0	30,0		
PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 + AGUA	39,0	39,8	40,0		
SOLUCION AZUL DE METILENO	0,5	0,5	0,5		
SOLUCION AZUL DE METILENO REQUERIDA EN LA TITULACION (ml)	162,0	171,0	183,0		
VALOR DE AZUL DE METILENO (mg/gr)	9,00	8,72	9,15	8,96	

Observaciones:

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Luisa María Palco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Ing. Reynier H. Velasco Caspary
INGENIERO EN GEOTECNIA
M.Sc. CIP 10734





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora_ayr.chiclayo@gmail.com

ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS

(PROCEDIMIENTO RIEDEL - WEBER)

(MTC E 220)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO REICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	CHANCADORA SICAN - FERRENAFE	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES	FECHA	11/10/2022
	CARRANZA JEINER FERNANDO		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

DENOMINACION		DESPRENDIMIENTO O ARIDO - ASFALTO	RESULTADOS	
AGUA DESTILADA	0	NULO		
Concentración de carbonato sódico	M/256	1	NULO	
	M/128	2	NULO	
	M/64	3	NULO	
	M/32	4	NULO	PARCIAL: 2
	M/16	5	PARCIAL	
	M/8	6	PARCIAL	TOTAL: 10
	M/4	7	PARCIAL	
	M/2	8	PARCIAL	
	M/1	9	PARCIAL	

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.


Luisa María Palco Hurtado
TECNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. Royce H. Borja Cayari
MTC E 1002





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN LOS SUELOS

(NTP 339.152, MTC E 219)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	CHANCADORA SICAN - FERREÑAFE	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.II.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINI	FECHA	12/10/2022

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	85,20	75,36			
(2) Peso Tarro + agua + sal	130,40	120,36			
(3) Peso Tarro Seco + sal	85,24	75,39			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,04	0,03			
(5) Peso de Agua (2-3)	45,20	45,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,09 %	0,07 %			0,08 %

Observaciones :

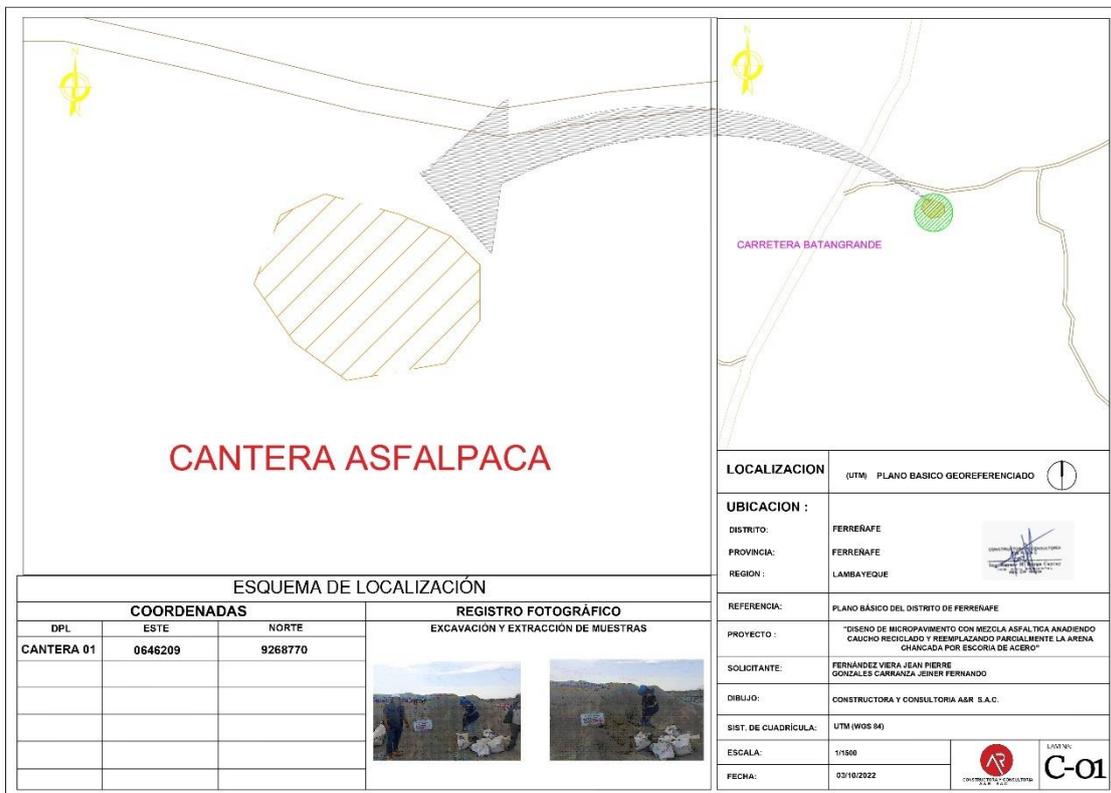
CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

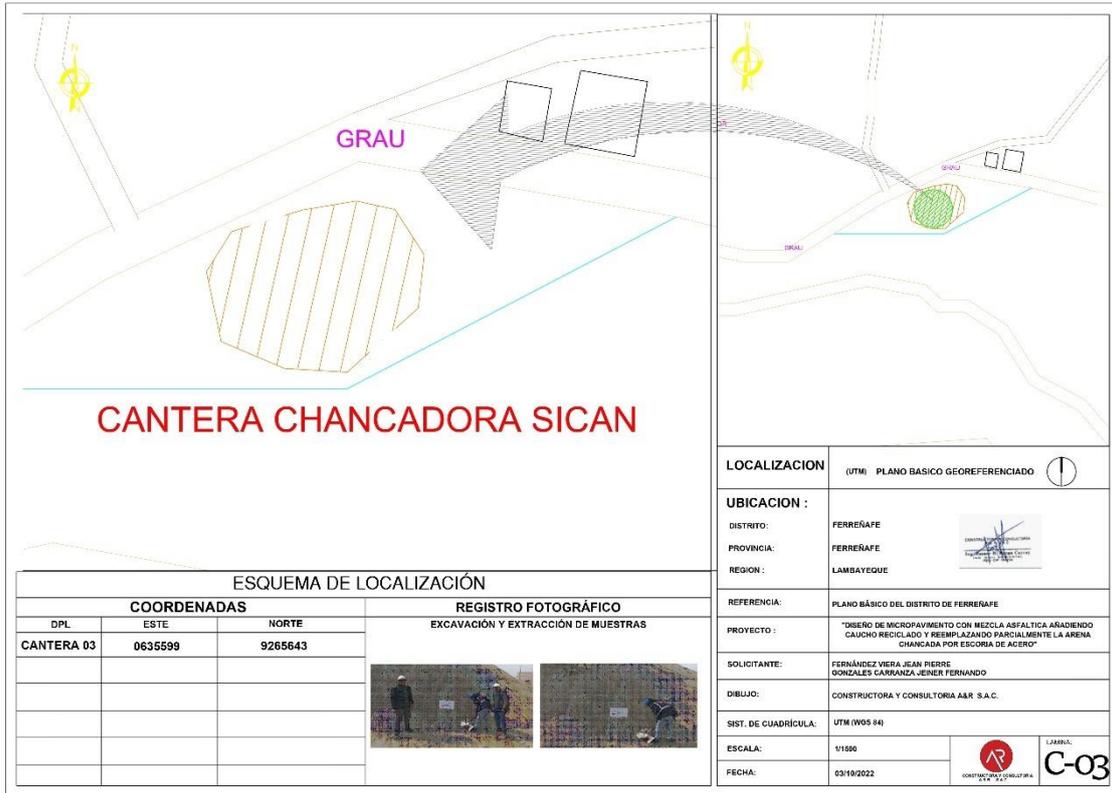
Luisa María Falco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Ing. Hovany H. Torres Carranza
RESP. LAB.







CANTERA CHANCADORA SICAN

ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN

COORDENADAS			REGISTRO FOTOGRÁFICO	
DPL	ESTE	NORTE	EXCAVACIÓN Y EXTRACCIÓN DE MUESTRAS	
CANTERA 03	0635599	9265643		

LOCALIZACIÓN	(UTM) PLANO BÁSICO GEOREFERENCIADO	
UBICACION :		
DISTRITO:		FERREÑAFE
PROVINCIA:		FERREÑAFE
REGION :	LAMBAYEQUE	
REFERENCIA:	PLANO BÁSICO DEL DISTRITO DE FERREÑAFE	
PROYECTO :	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA ANADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"	
SOLICITANTE:	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE SONZALES CARRANZA JENNER FERNANDO	
DIBUJO:	CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.	
SIST. DE CUADRÍCULA:	UTM (WGS 84)	
ESCALA:	1/1500	
FECHA:	03/19/2022	



Anexo 2 – Granulometría de la arena chancada de la Chancadora Asfalpaca



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

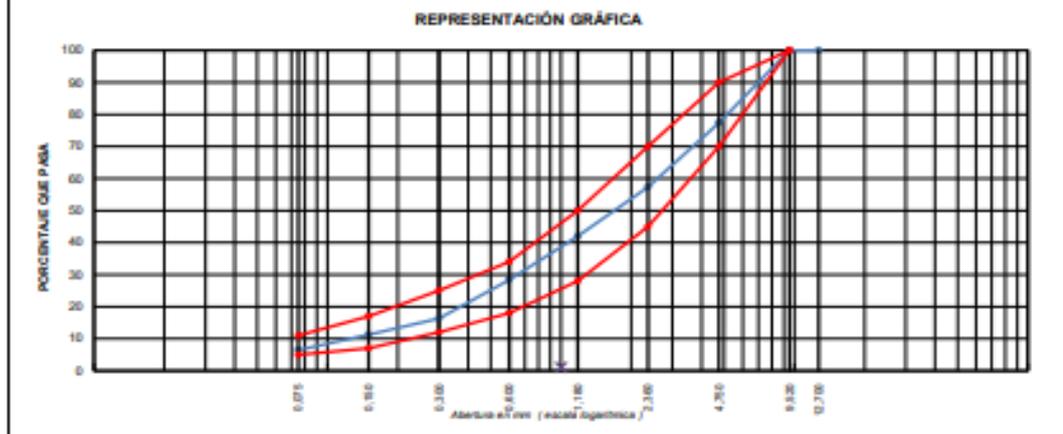
- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Riso Maz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, 978 360 034 – 993 595 300.
constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (ASTM C 136, AASHTO T 27, MTC E 204)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB. :	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TÉC. LAB. :	LMF.H
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO	FECHA :	04/10/2022

GRADACIÓN "TIPO III"								
DATOS DEL ENSAYO								
TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			TIPO		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa	M-III		
3/4"	19,100							
1/2"	12,700							Peso Humedo 1000,0 gr
3/8"	9,520				100,0	100	100	Peso Seco 991,8 gr
N° 4	4,750	135,6	22,6	22,6	77,4	70	90	Contenido de Humedad 0,83 %
N° 8	2,360	120,2	20,0	42,6	57,4	45	70	Peso inicial seco 680,0 gr
N° 16	1,180	92,3	15,4	58,0	42,0	28	50	
N° 30	0,600	81,7	13,6	71,6	28,4	18	34	
N° 50	0,300	72,2	12,0	83,7	16,3	12	25	
N° 100	0,150	30,3	5,1	88,7	11,3	7	17	
N° 200	0,075	28,9	4,8	93,5	6,5	5	11	
< 200	-	38,8	6,5	100,0				



Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
 Juan María Valde Alarcón
 TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
 JEINER FERNANDO GONZALES CARRANZA
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Anexo 3– Granulometría de la arena chancada de la chancadora Sican



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerillo- Chiclayo. 978 360 034 - 993 595 300.

constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (ASTM C136, AASHTO T27, MTC E 204)

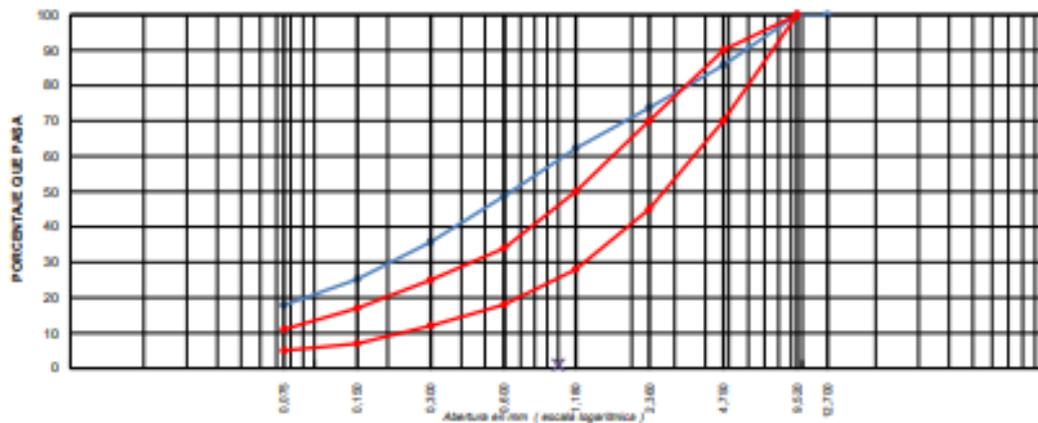
PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA AÑADIENDO CAUCHO RECYCLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	CHANCADORA SICAN - FERREÑAFE	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TÉC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO	FECHA	04/10/2022

GRADACIÓN "TIPO III"

DATOS DEL ENSAYO

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			TIPO M-III		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa			
3/4"	19,100							
1/2"	12,700							Peso Humedo 1000,0 gr
3/8"	9,520				100,0	100	100	Peso Seco 990,8 gr
Nº 4	4,750	85,5	14,3	14,3	85,8	70	90	Contenido de Humedad 0,93 %
Nº 8	2,360	72,2	12,0	26,3	73,7	45	70	Peso inicial seco 600,0 gr
Nº 16	1,180	69,0	11,5	37,8	62,2	28	50	
Nº 30	0,600	81,0	13,5	51,3	48,7	18	24	
Nº 50	0,300	77,9	13,0	64,3	35,7	12	25	
Nº 100	0,150	63,3	10,6	74,8	25,2	7	17	
Nº 200	0,075	44,0	7,3	82,2	17,9	5	11	
< 200	-	107,1	17,9	100,0				

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luis María Palco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luis María Palco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO



Anexo 4– Granulometría de la arena chancada de la chancadora las Palmas



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

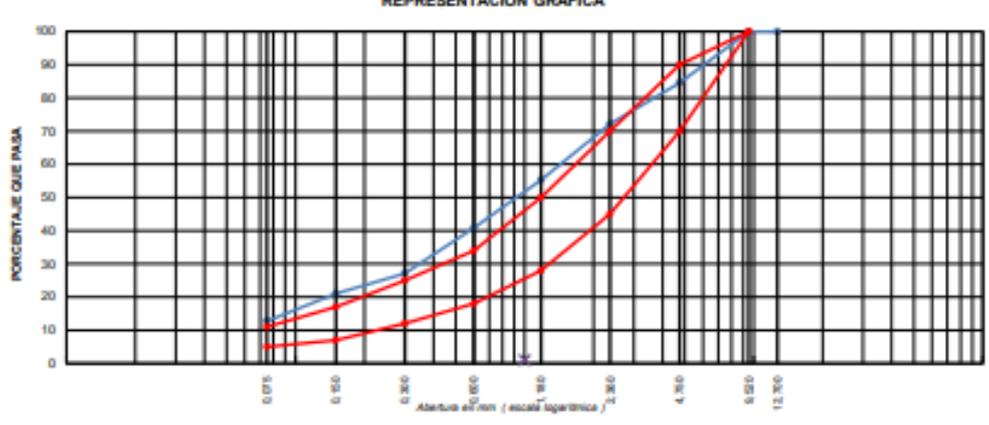
 Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrillo- Chiclayo.  978 360 036 – 993 595 300.
 constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
(ASTM C136, AASHTO T27, MTC E 204)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA AÑADIENDO CAUCHO RECLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	CHANCADORA LAS PALMAS - FERREÑAFE	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TÉC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO	FECHA	04/10/2022

GRADACIÓN "TIPO III"						
DATOS DEL ENSAYO						
TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE		TIPO M-III	
			retenido	acumulado	que pasa	
3/4"	19,100					
1/2"	12,700					Peso Humedo 1000,0 gr
3/8"	9,520				100,0	100
N°4	4,750	92,8	15,5	15,5	84,5	70
N° 8	2,360	74,6	12,4	27,9	72,1	45
N° 16	1,180	101,0	16,8	44,7	55,3	28
N° 30	0,600	86,6	14,4	59,2	40,8	18
N° 50	0,300	82,5	13,8	72,9	27,1	12
N° 100	0,150	36,3	6,1	79,0	21,0	7
N° 200	0,075	49,9	8,3	87,3	12,7	5
< 200	-	76,3	12,7	100,0		

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.



Juan Luis Viera
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.



L.M.F.H.
TÉCNICO DE LABORATORIO





**CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.**

DISEÑO DE MICROPAVIMENTOS

**SOLICITADO POR:
FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE
GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO**

PROYECTO:

**"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA
ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y
REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA
CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO "**

OCTUBRE 2022



1. INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene por objetivo presentar los resultados del Diseño de Micropavimento, además se presentan los resultados de laboratorio de los agregados que se han utilizado en la elaboración de este, los que han sido realizados de acuerdo al Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013-MTC.

2. GENERALIDADES

Este trabajo consiste en una mezcla de una emulsión asfáltica de rotura lenta CSS-1h, agregado pétreos, agua, proporcionados, mezclados y uniformemente esparcidos sobre una superficie adecuadamente prepara, de acuerdo con estas especificaciones.

Riego de Sellado:

Su función es impermeabilizar, sellar fisuras, colorear y/o renovar, superficies con características en proceso de deterioro; presenta como ventaja extra la renovación de la macrotextura.

Un riego de sellado es una aplicación de emulsión asfáltica sobre una superficie existente. La emulsión asfáltica puede ser rociada o distribuida con escobas de goma sobre el pavimento existente. Este tipo de tratamiento de mantenimiento se emplea principalmente para mejorar la apariencia estética de un pavimento existente, al proveer un color negro uniforme a la superficie y suavizar las diferencias en la textura superficial. Además, el sellado proveerá una membrana impermeable que retardará el proceso de intemperización del asfalto del pavimento subyacente.

Los tipo de emulsión empleados para riego de sellado son SS-1 (RL-1), SS-1h (RL-1h), CSS-1 (CRL-1) y CSS-1h (CRL-1h). Generalmente, se agrega emulsión arena gruesa, angulosa, con el fin de incrementar la resistencia al deslizamiento. Se incorpora con una distribución unitaria de 0.5 – 0.8kg por litro (4 a 7 libra por galón) de emulsión. Para una aplicación simple, la distribución unitaria debiera ser de alrededor de 0.5 litros/metro² (0.1 galones/yarda²). Si se desea una aplicación adicional, debería ser distribuida en ángulo recto con relación a la primera. Para evitar que quede material adherido a los neumáticos de los vehículos, debe permitirse que el riego de sellado cure completamente antes de la liberación al tránsito.

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
.....
Ing. ~~Rayen~~ H. Barga Caycay
ING. CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP 18324



3. ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES

3.1 REQUERIMIENTOS PARA LOS AGREGADOS

Los agregados gruesos deben cumplir con los siguientes requerimientos:

Tabla N°01: Requerimientos para los Agregados Gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	12% máx.
Abrasión Los Angeles	MTC E 207	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NP
Equivalente de Arena	MTC E 114	60% mín.
Azul de Metileno	AASHTO TP 57	8% máx.
Adherencia (Riedel Weber)	MTC E 210	4 mín.*
Sales Solubles Totales	MTC E 219	1% máx.

3.2 GRADACIÓN

La gradación de la mezcla asfáltica deberá responder a alguno de los siguientes usos granulométricos.

Tabla N°03: Usos granulométricos especificados

Tipo	M-I	M-II	M-III	M-IV	Variación permisible en % del peso de los áridos
Tamaño del tamiz	% Pasa	% Pasa	% Pasa	% Pasa	
1/2" (12.70 mm)				100	
3/8" (9.50 mm)		100	100	85-98	
N°.04 (4.75 mm)	100	85-95	70-90	62-80	+/-5
N°.08 (2.36 mm)	85-95	62-82	45-70	41-61	+/-5
N°.16 (1.18 mm)	60-80	45-65	28-50	28-46	+/-5
N°.30 (0.60 um)	40-60	30-50	18-34	18-34	+/-5
N°.50 (0.30 um)	25-42	18-35	12-25	11-23	+/-4
N°.100 (0.15 um)	15-30	10-24	7-17	6-15	+/-3
N°.200 (0.075 um)	10-20	5-15	5-11	4-9	+/-2

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
 Ing. Royce H. Barrera Caycaes
 REG. CIP 18324



3.3 MATERIAL BITUMINOSO

El material bituminoso a emplear será emulsión asfáltica modificada con polímeros que cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto.

3.4 AGUA

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma, deberá estar comprendido entre 5.5 y 8.0 y el contenido de sulfatos no podrá ser superior a 3.000 ppm. En general. Se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.

3.5 FRECUENCIA DE ENSAYOS

Se hará control directo de las cantidades de agregados y asfalto que se mezclan, según las siguientes frecuencias:

Tabla N°06: Frecuencia de ensayos

Material o Producto	Ensayo	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar
Agregados	Granulometría	MTC E 204	150 m3	Pista
	Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	1000 m3	Cantera
	Adherencia (Riedel Weber)	MTC E 220	1000 m3	Cantera
	Azul de Metileno	AASHTO TP 57	1000 m3	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	150 m3	Cantera
Material Bituminoso	-----			Tanques al llegar a obra

Para determinar el contenido de asfalto se extraerá como mínimo 2 muestras de la mezcla en la descarga de la máquina, de peso aproximado de 2 kg cada una, las cuales empleará en la determinación del contenido de asfalto y la granulometría de los agregados. Este no deberá diferir del contenido de asfalto establecido en la fórmula de trabajo en las del 0.5%.

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. *[Firma]* H. Barga Caycay
ING. CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP 18324



4. DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

4.1 RESULTADOS DE REQUERIMIENTOS PARA LOS AGREGADOS

Tabla N°07: Resumen de las Propiedades del Agregado (Cantera Asfalpaca)

Ensayos	Norma	Requerimiento	Resultado	Observaciones
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	12% máx.	8.82%	Cumple
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	25% máx.	21.6%	Cumple
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NP	NP	Cumple
Equivalente de Arena	MTC E 114	60% mín.	67%	Cumple
Azul de Metileno	AASHTO TP 57	8% máx.	4.09%	Cumple
Adherencia (Riedel Weber)	MTC E 210	4 mín.	5	Cumple

4.2 PRUEBAS DE ADHERENCIA EN LOS AGREGADOS

Se han desarrollado pruebas de adherencia en los agregados finos y gruesos, para el agregado fino de la mezcla de arenas mediante el procedimiento de ensayo de Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos (Riedel Weber) y para la mezcla de gravas mediante el ensayo de adherencia del agregado grueso.

Tabla N°09: Resumen de los ensayos de Afinidad entre agregados y bitumen.

Material	Dosis aditiva	Ensayos	Norma	Requerimiento	Resultado
Arena Chancada	0.5%	Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	Grado 4 mín.	Grado 5

4.3 RESULTADOS DE DISEÑO DE MICROPAVIMENTO

Tabla N°06: Resultados de Exudación de Asfalto Mediante Rueda Cargada

Datos del ensayo						
Mezcla n°	Contenido de agua (%)	Contenido de emulsión (%)	Peso de mezcla + plato (g)	Peso de arena + mezcla + plato (g)	Exceso de asfalto (g/m ²)	Especificación
1	10.0	9.0	414.3	415.2	102.0	<538g/m ²
2		10.5	426.6	428.2	166.4	
3		12.0	446.2	448.8	236.2	
4		14.0	448.1	451.1	306.7	
5		15.5	452.3	456.0	408.0	


 TOBAC CONSULTORIA
 S.A.C.
 Ing. H. Barea Caycay
 ING. CIVIL AMBIENTAL
 REG. CIP 18324



Tabla N°07: Ensayo de Desgaste por Abrasión en Ambiente Húmedo

Datos del ensayo					
Mezcla n°	Contenido de emulsión (%)	Peso de mezcla + plato (g)	Peso de mezcla ensayo + plato (g)	Perdida por abrasión (g/m ²)	Especificación
1	9.0	2582.3	2612.7	943.2	807 g/m ² (maximo)
2	10.5	2676.3	2694.5	491.2	
3	12.0	2614.2	2623.5	269.1	
4	14.0	2648.1	2652.0	128.3	
5	15.5	2663.7	2664.8	63.8	

Tabla N°08: Porcentaje Óptimo de Emulsión

Porcentaje óptimo de emulsión	
a) El contenido mínimo de pista húmeda (PH) (%)	10.50%
b) El contenido máximo por rueda cargada (RC) (%)	19.00%
c) Porcentaje óptimo de emulsión (%)	14.75%
d) Asfalto residual (%)	9.00%

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. H. Barga Caycay
ING. CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP 18324



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los agregados utilizados en el diseño de micropavimento, son procedentes de la cantera Asfalpaca - Tres Tomas - Ferreñafe y cumplen con todos los requerimientos normativos.
- Los agregados cumplen satisfactoriamente lo exigido en las especificaciones técnicas del proyecto.
- Cantidad optima de emulsión asfáltica: 14.75%, Rango de aplicación: 13.65% - 15.65% y Asfalto residual: 9.00%
- En volumen se podría dosificar en la relación de 1:3, (emulsión + agua: agregado seco).
- Para la preparación primero se deberá mezclar el agua con el agregado, una vez húmedo agregar la emulsión y mezclar hasta obtener una pasta uniforme.
- Los valores reportados son obtenidos en condiciones ideales de laboratorio.
- Los porcentajes de los materiales son expresados en relación al peso seco del agregado (arena). En condiciones de campo el diseño podría necesitar reajustes.
- La limpieza del material es de vital importancia, el cual limita la cantidad permisible de finos arcillosos en los agregados los cuales son perjudiciales para la estructura del pavimento, por lo que se recomienda mantener limpio el material.
- Se recomienda extraer diariamente como mínimo una muestra de los agregados pétreos y dos de las mezclas, para verificar la uniformidad requerida del producto. Se podrá adoptar una nueva fórmula de trabajo, cuando los resultados fueran desfavorables o la variación de las condiciones de los materiales lo hagan necesario. De todas maneras, la formula será revisada cada vez que se cumpla una tercera parte de la meta física del proyecto.
- Durante la producción de mezcla asfáltica, será verificado mediante ensayos de laboratorio, a fin de verificar el cumplimiento de las proporciones del diseño.

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
.....
Ing. *[Firma]* H. Barga Caycay
ING. CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP 18324



6. ANEXOS

6.1 DISEÑO DE MICROPAVIMENTO

6.2 ENSAYOS DE REQUERIMIENTOS DE AGREGADOS

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
.....
Ing. *[Firma]* H. Barga Caycay
ING. CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP 18324



DISEÑO DE MICROPAVIMENTO





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo. ☎ 978 360 036 - 993 595 300.
✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

DETERMINACION DEL EXCESO DE ASFALTO EN MEZCLAS CON MAQUINA DE RUEDA CARGADA (LWT) - MTC E 418

PROYECTO	"Diseño de micropavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando parcialmente la arena chancada por escoria de acero"		
DESCRIPCIÓN	: Diseño de Micropavimento		
CANTERA	: Asfálpaca - Tres Tomas	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
MATERIAL	: Arena chancada	TÉC. LAB.	: L.M.F.H.
SOLICITANTE	: Fernández Viera, Jean Pierre - Gonzáles Carranza Jeiner Fernando	FECHA	: 19/10/2022

Datos del ensayo						
Mezcla n°	Contenido de agua (%)	Contenido de emulsión (%)	Peso de mezcla + plato (g)	Peso de arena + mezcla + plato (g)	Exceso de asfalto (g/m ²)	Especificación
1	10,0	9,0	414,3	415,2	102,0	<538g/m ²
2		10,5	426,6	428,2	166,4	
3		12,0	446,2	448,8	236,2	
4		14,0	448,1	451,1	306,7	
5		15,5	452,3	456,0	408,0	



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Palco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Ing. María Elvira Castro
INGENIERA DE LABORATORIO





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

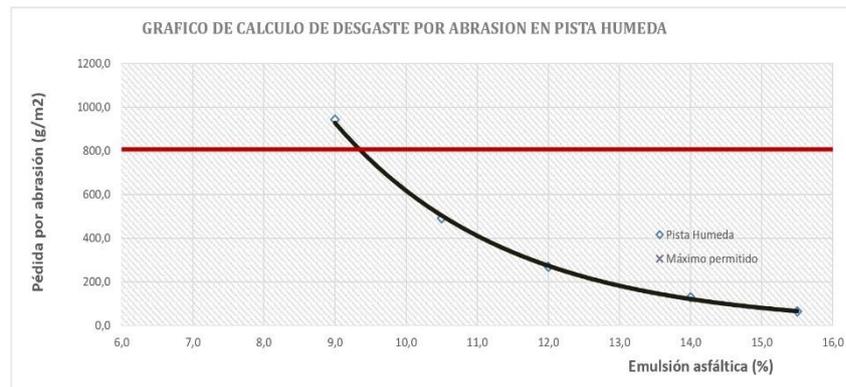
Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, 978 360 036 – 993 595 300.

constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ENSAYO DE DESGASTE POR ABRASION EN AMBIENTE HUMEDO (PH) - MTC E 417

PROYECTO	"Diseño de micropavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando parcialmente la arena chancada por escoria de acero"		
DESCRIPCIÓN	: Diseño de Micropavimento		
CANTERA	: Asfalpaca - Tres Tomas	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
MATERIAL	: Arena chancada	TÉC. LAB.	: L.M.F.H.
SOLICITANTE	: Fernández Viera, Jean Pierre - Gonzáles Carranza Jeiner Fernando	FECHA	: 19/10/2022

Datos del ensayo					
Mezcla nº	Contenido de emulsión (%)	Peso de mezcla + plato (g)	Peso de mezcla ensayo + plato (g)	Perdida por abrasión (g/m ²)	Especificación
1	9,0	2582,3	2612,7	943,2	807 g/m ² (maximo)
2	10,5	2676,3	2694,5	491,2	
3	12,0	2614,2	2623,5	269,1	
4	14,0	2648,1	2652,0	128,3	
5	15,5	2663,7	2664,8	63,8	



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa Maria Palco Hurtado
Luisa Maria Palco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
Ing. Roberto H. Torres Caceres
Ing. Roberto H. Torres Caceres
TÉCNICO DE LABORATORIO





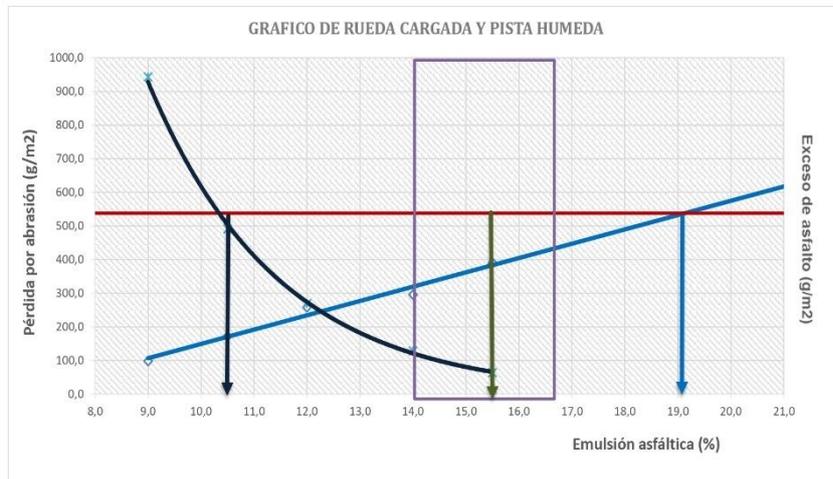
CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, 978 360 036 – 993 595 300.
✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

PORCENTAJE OPTIMO DE EMULSION

PROYECTO	: "Diseño de micropavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando parcialmente la arena chancada por escoria de acero"		
DESCRIPCIÓN	: Diseño de Micropavimento		
CANTERA	: Asfálpaca - Tres Tomas	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
MATERIAL	: Arena chancada	TÉC. LAB.	: L.M.F.H.
SOLICITANTE	: Fernández Viera, Jean Pierre - Gonzáles Carranza Jeiner Fernando	FECHA	: 19/10/2022



Porcentaje óptimo de emulsión	
a) El contenido mínimo de pista húmeda (PH) (%)	10,50%
b) El contenido máximo por rueda cargada (RC) (%)	19,00%
c) Porcentaje óptimo de emulsión (%)	14,75%
d) Asfalto residual (%)	9,00%

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Falco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
Luisa María Falco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO





RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
A&R S.A.C.
Ing. Kevan H. Ariza Cayay
RUC: 20501001234
RUC: 20501001234



CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

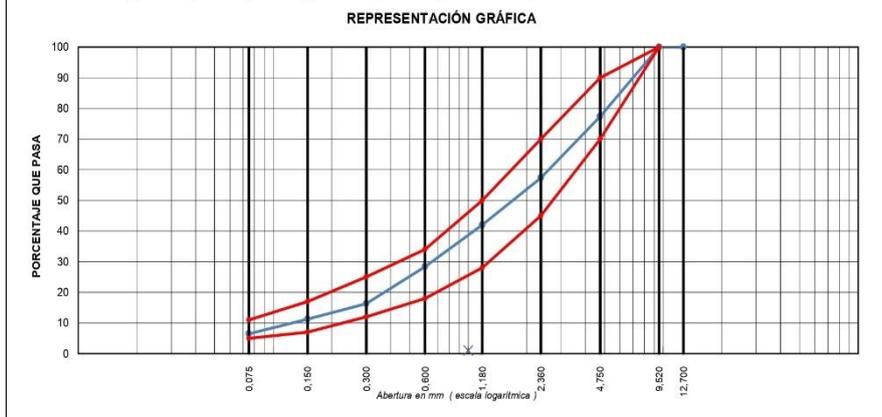
Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (ASTM C136, AASHTO T27, MTC E 204)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	: ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB. : R.H.B.C.	
MATERIAL	: ARENA CHANCADA	TÉC. LAB. : L.M.F.II	
SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO	FECHA : 03/10/2022	

GRADACION "TIPO III"							
DATOS DEL ENSAYO							
TAMIZ	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			TIPO M-III	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	mm	retenido	retenido	acumulado	que pasa		
3/4"	19,100						Peso Humedo 1000,0 gr
1/2"	12,700						Peso Seco 991,8 gr
3/8"	9,520				100,0	100	Contenido de Humedad 0,83 %
Nº4	4,750	135,6	22,6	22,6	77,4	70	Peso inicial seco 600,0 gr
Nº 8	2,360	120,2	20,0	42,6	57,4	45	
Nº 16	1,180	92,3	15,4	58,0	42,0	28	
Nº 30	0,600	81,7	13,6	71,6	28,4	18	
Nº 50	0,300	72,2	12,0	83,7	16,3	12	
Nº 100	0,150	30,3	5,1	88,7	11,3	7	
Nº 200	0,075	28,9	4,8	93,5	6,5	5	
< 200	-	38,8	6,5	100,0			



Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

 Luisa María Valco Hurtado
 TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA

 Ing. Jovane H. Rivera Carranza
 TÉCNICO DE LABORATORIO





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.yr.chiclayo@gmail.com

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NTP 400.021, MTC E 205)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	: ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	: L.M.F.H.
SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA	FECHA	: 04/10/2022
	: JEINER FERNANDO		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	300,0	300,0	
B	Peso Frasco + agua	677,2	679,5	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	977,2	979,5	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	863,2	866,1	
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	114	113,4	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	296,6	297	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	110,6	110,4	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2,602	2,619	2,610
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2,632	2,646	2,639
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2,682	2,690	2,686
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1,146	1,010	1,08%

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Falco Hurtado
Luisa María Falco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Ing. Jeiner Fernando
Ing. Jeiner Fernando
JEINER FERNANDO
JEINER FERNANDO





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.
✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO (NTP 400.016, MTC E 209)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER FERNANDO	FECHA	05/10/2022

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

FRACCION		GRADACION ORIGINAL %		Peso de fracción ensayada	Peso retenido después del ensayo	Perdida después del ensato (gr)	Perdida después del ensato (%)	Perdida corregida
PASA	RETIENE	Peso retenido	% retenido					
			A	B	C	D	E	F
3/8"	N° 4							
N° 4	N° 8	120,20	30,3	100,0	91,7	8,3	8,3	2,51
N° 8	No° 16	92,30	23,3	100,0	91,8	8,2	8,2	1,91
N° 16	N° 30	81,70	20,6	100,0	91,0	9,0	9,0	1,85
N° 30	N° 50	72,20	18,2	100,0	91,2	8,8	8,8	1,60
N° 50	N° 100	30,30	7,6	100,0	87,7	12,3	12,3	0,94
N° 100	N° 200							
	< N° 200							
SUMA TOTAL		396,7	100					8,82

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Valco Hurtado
Luisa María Valco Hurtado
TECNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Ing. Rony H. Barrera Caspey
Ing. Rony H. Barrera Caspey
INGENIERO CIVIL





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, 978 360 036 – 993 595 300.

constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)

(NTP 400.019, MTC E - 207)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	: ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	: L.M.F.H.
SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEIN	FECHA	: 07/10/2022

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

TAMIZ		A	B	C	D
PASA	RETIENE				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"				
1/2"	3/8"				
3/8"	1/4"				
1/4"	Nº4				
Nº4	Nº8				5000
PESO TOTAL					5000
PESO RETENIDO EN TAMIZ Nº12					3921
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO					1079
Nº DE ESFERAS					6
PESO DE LAS ESFERAS					2472
TIEMPO DE ROTACIONES (m)					15
% DE DESGASTE					21,6

Observaciones:

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Palco Hurtado
Luisa María Palco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
José Roberto H. Torres Carranza
Ing. Roberto H. Torres Carranza
TÉCNICO DE LABORATORIO





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, 978 360 036 – 993 595 300.

constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

EQUIVALENTE DE ARENA

(NTP 339.146, MTC E 114)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	: ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB. :	R.H.B.C.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA	TEC. LAB. :	L.M.F.H.
SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA	FECHA :	10/10/2022
	: JEINER FERNANDO		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	01	02	03			
HORA DE ENTRADA	08:10	08:12	08:14			
HORA DE SALIDA	08:20	08:22	08:24			
HORA DE ENTRADA	08:22	08:24	08:26			
HORA DE SALIDA	08:42	08:44	08:46			
ALTURA DE NIVEL	5,2	5,1	5,0	-		
MATERIAL FINO (A)						
ALTURA DE NIVEL	3,4	3,3	3,5	-		
ARENA (B)						
EQUIVALENTE DE	65,4%	64,7%	70,0%			
ARENA (B x 100/A)						
PROMEDIO:	67%					

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa Maria Valco Hurtado
Luisa Maria Valco Hurtado
TECNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
Ingeniero JEAN PIERRE VIERA FERNANDEZ
MTC E 114





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

VALOR DE AZUL DE METILENO EN AGREGADOS FINOS Y EN LLENANTES MINERALES. (NORMA ASSHTO TP 57)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA ANADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER	FECHA	10/10/2022
	FERNANDO		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	1	2		PROMEDIO (mg/gr)	
:					
PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 (gr)	10,7	10,5	10,9		
AGUA DESTILADA (ml)	30,0	30,0	30,0		
PESO DE MATERIAL PASANTE MALLA #200 + AGUA	40,7	40,5	40,9		
SOLUCION AZUL DE METILENO	0,5	0,5	0,5		
SOLUCION AZUL DE METILENO REQUERIDA EN LA TITULACION (ml)	85,8	87,8	88,8		
VALOR DE AZUL DE METILENO (mg/gr)	4,01	4,18	4,07	4,09	

Observaciones:

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Luisa María Palco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA

Ing. Roberto H. Pérez Caceres
INGENIERO





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 360 036 – 993 595 300.

✉ constructora_ayr.chiclayo@gmail.com

ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS

(PROCEDIMIENTO RIEDEL - WEBER)

(MTC E 220)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	: DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	: ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB.	: R.H.B.C.
MATERIAL	: ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	: L.M.F.H.
SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES : CARRANZA JEINER FERNANDO	FECHA	: 11/10/2022

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	: M-01
----------------	--------

DATOS DEL ENSAYO

DENOMINACION		DESPRENDIMIENTO O ARIDO - ASFALTO	RESULTADOS	
AGUA DESTILADA	0	NULO		
Concentración de carbonato sódico	M/256	1	NULO	
	M/128	2	NULO	
	M/64	3	NULO	
	M/32	4	NULO	PARCIAL: 5
	M/16	5	PARCIAL	
	M/8	6	PARCIAL	TOTAL: 10
	M/4	7	PARCIAL	
	M/2	8	PARCIAL	
	M/1	9	PARCIAL	

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.
Luisa María Falco Hurtado
Luisa María Falco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
Ing. Rivaldo H. Barza Cayva
Rivaldo H. Barza Cayva
INGENIERO EN GEOTECNIA





CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

- Elaboración de Expedientes Técnicos.
- Ejecución, Supervisión y Evaluación de Obras.
- Estudio de Geotecnia - Laboratorio de Materiales.
- Estudios Topográficos.

Av. Vicente Ruso Mz S/N Lote N° 08 - Fundo El Cerrito- Chiclayo, ☎ 978 340 036 – 993 595 300.

✉ constructora.ayr.chiclayo@gmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN LOS SUELOS (NTP 339.152, MIC E 219)

PROYECTO	"DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA ANADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO"		
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DE MICROPAVIMENTO		
CANTERA	ASFALPACA - TRES TOMAS	RESP. LAB.	R.H.B.C.
MATERIAL	ARENA CHANCADA	TEC. LAB.	L.M.F.H.
SOLICITANTE	FERNÁNDEZ VIERA JEAN PIERRE - GONZALES CARRANZA JEINER FERNAND	FECHA	12/10/2022

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-01

DATOS DEL ENSAYO

MUESTRA	IDENTIFICACION				Promedio
	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	121,30	98,17			
(2) Peso Tarro + agua + sal	171,30	148,17			
(3) Peso Tarro Seco + sal	121,33	98,21			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,03	0,04			
(5) Peso de Agua (2-3)	50,00	50,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,06 %	0,08 %			0,07 %

Observaciones :

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R S.A.C.

Luisa María Palco Hurtado
Luisa María Palco Hurtado
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA
Ing. ROBERTO H. GONZALES CARRANZA
REG. Nº 11824



Anexo 6– Caracterización de la arena chanca para el diseño de micropavimento.



EXPEDIENTE MP.
388-2022-LAB TDM ASFALTOS

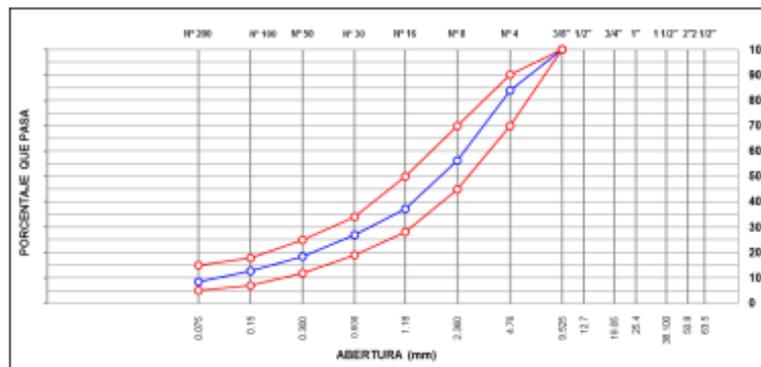
INFORME DE DISEÑO

PROYECTO : Diseño de Micropavimento con Mezcla Asfáltica Añadiendo Caucho Reciclado y Reemplazando Parcialmente la Arena Chancada por Escoria de Acero.
SOLICITANTE : Jean Pierre Fernandez Viera y Jeiner Fernando Gonzalez Carranza.
UBICACIÓN : En Tres Tomas – Ferreñate.
REFERENCIA : Micropavimento Tipo III – Especificación ISSA.
F. INGRESO : Lima 15 de diciembre 2022.

I. Caracterización de Agregados

Procedencia de la muestra: Cantera Asfáltica. (Arena chancada).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)						
MALLAS		PESO RET. g	RET. PAR. %	RET. A.C. %	PASA %	GRADACIÓN TPO II
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	100 100
#4	4.750	161.8	16.2	16.2	83.8	70 90
#8	2.360	275.0	27.6	43.9	56.2	45 70
#16	1.180	188.0	18.9	62.7	37.3	28 50
#30	0.600	101.2	10.2	72.9	27.1	19 34
#50	0.300	87.1	8.7	81.6	18.4	12 25
#100	0.150	56.2	5.6	87.3	12.7	7 18
#200	0.075	42.0	4.2	91.5	8.5	5 15
< #200	(ASTM C-117)	84.8	8.5	100.0	0.0	



ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS
EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)	MÍN. 65%	73 %
AZUL DE METILENO (ISSA TB 145)	REPORTAR	5 mg/g

Anexo 7– Caracterización de la emulsión asfáltica para el diseño de micropavimento.



II. Características de la Emulsión Asfáltica

Tipo de emulsión : Emulsión de Rotura Controlada modificada con polímero CQS-1hp.

ENSAYOS	MÉTODOS	UNIDADES	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 6934	%	62.5	Mínimo 62%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	61	40 - 90 dmm

III. Análisis de agua

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
AGUA POTABLE	(5.5 - 8)	MAXIMO 380 ppm	7.60	285 ppm

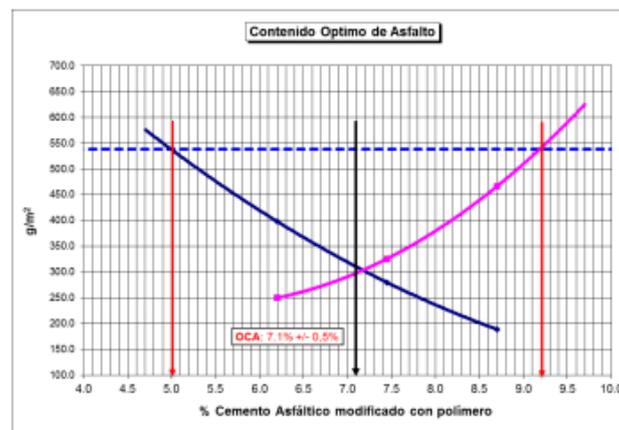
IV. Contenido Teórico de Asfalto

A partir del contenido teórico de emulsión y teniendo en cuenta la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se fabricaron moldes para someterlos a las pruebas de Rueda cargada y Abrasión en humedo.

Asfalto teórico en base a la granulometría : 8.7 %
Emulsión asfáltica teórica calculada : 13.9 %

V. Determinación del óptimo contenido de asfalto residual

Cemento Asfáltico Mod. con Polímero	Emulsión (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
6.2	9.9	398.1	250.0
7.5	11.9	279.8	325.8
8.7	13.9	188.9	466.2



*La tolerancia del óptimo contenido de asfalto podrá variar dependiendo de la especificación del proyecto.

Mex. A. Lata 42 Zona Industrial Las Piedras de León, León, Tlaxcala / 541 6169344 Fax: 6169343

Anexo 8 – Diseño patrón óptimo para micropavimento.



EXPEDIENTE MP.
388-2022-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE ENSAYO COMPATIBILIDAD SCHULZE BREUER & RUCK METODO ISSA TB 144

PROYECTO : DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANGADA POR ESCORIA DE ACERO.
SOLICITANTE : JEAN PIERRE FERNANDEZ VIERA Y JEINER FERNANDO GONZALEZ CARRANZA.
UBICACIÓN : EN TRES TOMAS - FERREÑATE.
REFERENCIA : DISEÑO MICROPAVIMENTO TIPO III - EXP.388-2022 - CANTERA ASFALPHACA.
F.INGRESO : 15/12/2022

Prueba	Peso seco	Peso húmedo	Peso después del Ensayo de Abrasión	Peso después del Ensayo de Adherencia 30 min. ebullición	Peso sat. seco después del Ensayo de Adherencia	Absorción %	Abrasión gramos	Adhesión %	Integridad %
1	41.3	42.6	42.3	42.1	41.0	3.1	0.30	96.2	98.8
2	41.3	42.4	42.0	41.8	40.8	2.7	0.40	96.2	98.6
3	41.1	42.3	42.0	41.7	40.6	2.9	0.30	96.0	98.6
4	41.2	42.4	42.1	41.9	40.9	2.9	0.30	96.5	98.8
5	41.2	42.3	42.0	41.7	40.7	2.7	0.30	96.2	98.6
6	41.3	42.4	42.0	41.8	40.7	2.7	0.40	96.0	98.6
7	41.0	42.2	41.8	41.5	40.4	2.9	0.40	95.7	98.3
8	41.2	42.4	42.1	41.8	40.8	2.9	0.30	96.2	98.6
Promedio	41.20	42.38	42.04	41.79	40.74	2.9	0.34	96.1	98.6

Resultados	Abrasión gramos	Adhesión %	Integridad %
Valores obtenidos	0.34	96.1	98.6
Puntaje	4	4	4
Grado	A	A	A

Criterio para clasificación

Grado Ensayo	Puntaje Ensayo	Pérdida de Abrasión, gramos	Adhesión 30 min. ebullición % cubierto	Integridad 30 min. ebullición % retenido
A	4	0.0 - 0.7	90 - 100	90 - 100
B	3	0.71 - 1.0	75 - 89	75 - 89
C	2	1.01 - 1.3	50 - 74	50 - 74
D	1	1.31 - 2.0	10 - 49	10 - 49
0	0	2.01 +	0	0

PUNTAJE TOTAL	ESPECIFICACIÓN
12	MÍNIMO 11 (AAA, BAA)

Observación

- Para esta prueba se uso 0,3% de Cemento Portland tipo I.

Hector Huapaya R.
Coordinador de Laboratorio

Ing. Wendy Herencia
Jefe del Area Técnica

Anexo 9– Ensayo de caracterización para la escoria de acero.

INFORME DE ENSAYO

REPORTE DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO PARA MICROPAVIMENTO

PROYECTO : DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO
 UBICACIÓN : EN TRES TOMAS - FERREÑATE
 SOLICITANTE : JEAN PIERRE FERNANDEZ VIERA Y JEINER FERNANDO GONZALEZ CARRANZA.
 REFERENCIA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL MICROPAVIMENTO TIPO III - ESPECIFICACIÓN ISSA.
 F.INGRESO : 15/12/2022

DETALLE DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : DONACIÓN DE SIDERPERÚ
 DESCRIPCIÓN : ESCORIA

PRESENTACIÓN : 01 SACO DE POLIPROPILENO
 CANTIDAD : 50 kg

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)

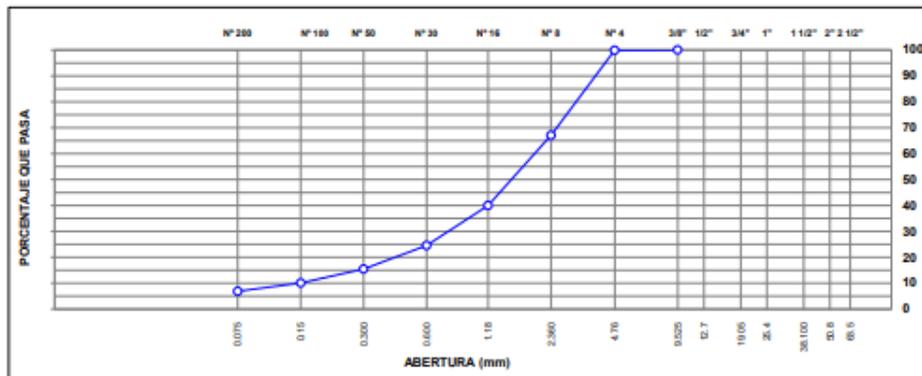
MALLAS		PESO RET.	RET. PAR.	RET. AC.	PASA
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	g	%	%	%
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				100.0
# 4	4.750	1.1	0.1	0.1	99.9
# 8	2.360	328.3	32.8	32.9	67.1
# 16	1.180	270.8	27.1	60.0	40.0
# 30	0.600	154.1	15.4	75.4	24.6
# 50	0.300	91.1	9.1	84.5	15.5
# 100	0.150	53.5	5.4	89.9	10.1
# 200	0.075	32.4	3.2	93.1	6.9
< # 200	(ASTM C-117)	68.7	6.9	100.0	0.0

MICROPAVIMENTO

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO

PESO TOTAL : 1000.0 g

CURVA GRANULOMÉTRICA



Huapaya
 Hector Huapaya
 Coordinador de Laboratorio

Wendy Herencia
 Wendy Herencia
 Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte:

Lima, 21 de diciembre del 2022

Anexo 10– Resultados del uso de escoria de acero para el diseño de un micropavimento.



EXPEDIENTE MP.
389-2022-LAB TDM ASFALTOS

INFORME DE ENSAYO COMPATIBILIDAD SCHULZE BREUER & RUCK METODO ISSA TB 144

PROYECTO : DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO PARCIALMENTE LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO.
SOLICITANTE : JEAN PIERRE FERNANDEZ VIERA Y JEINER FERNANDO GONZALEZ CARRANZA.
UBICACIÓN : EN TRES TOMAS - FERREÑATE.
REFERENCIA : DISEÑO MICROPAVIMENTO TIPO III - EXP.389-2022 - CANTERA ASFALPHACA.
F.INGRESO : 15/12/2022

Prueba	Peso seco	Peso húmedo	Peso después del Ensayo de Abrasión	Peso después del Ensayo de Adherencia 30 min. ebullición	Peso sat. seco después del Ensayo de Adherencia	Absorción %	Abrasión gramos	Adhesión %	Integridad %
1	41.2	42.5	42.2	42.0	41.1	3.2	0.30	96.7	98.8
2	41.2	42.3	42.1	41.8	40.9	2.7	0.20	96.7	98.8
3	41.0	42.4	42.1	41.8	40.7	3.4	0.30	96.0	98.6
4	41.3	42.3	42.2	42.0	40.8	2.4	0.10	96.5	99.3
5	41.1	42.2	42.1	41.9	40.6	2.7	0.10	96.2	99.3
6	41.2	42.5	42.1	41.7	40.8	3.2	0.40	96.0	98.1
7	41.1	42.3	41.9	41.6	40.5	2.9	0.40	95.7	98.3
8	41.1	42.2	42.2	41.7	40.7	2.7	0.00	96.4	98.8
Promedio	41.15	42.34	42.11	41.81	40.76	2.9	0.22	96.3	98.8

Resultados	Abrasión gramos	Adhesión %	Integridad %
Valores obtenidos	0.22	96.3	98.8
Puntaje	4	4	4
Grado	A	A	A

Criterio para clasificación

Grado Ensayo	Puntaje Ensayo	Pérdida de Abrasión, gramos	Adhesión 30 min. ebullición % cubierto	Integridad 30 min. ebullición % retenido
A	4	0.0 - 0.7	90 - 100	90 - 100
B	3	0.71 - 1.0	75 - 89	75 - 89
C	2	1.01 - 1.3	50 - 74	50 - 74
D	1	1.31 - 2.0	10 - 49	10 - 49
0	0	2.01 +	0	0

PUNTAJE TOTAL	ESPECIFICACIÓN
12	MÍNIMO 11 (AAA, BAA)

Observación

- Para esta prueba se uso 0,3% de Cemento Portland tipo I.

Hector Huapaya N.
Coordinador de Laboratorio

Ing. Wendy Herencia
Jefe del Area Técnica

Fecha de Emisión: Lima, 21 de diciembre del 2022

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del usuario.

TDM ASFALTOS S.A.C. Mza. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin.
Teléfono 511-6169311 Fax 511-6169313

REG-16-TEC-207.V01

Anexo 11– Resultados del uso de caucho reciclado para el diseño de un micropavimento.



2. DISEÑO TENTATIVO CON EMULSIÓN – CQS-1HP

2.1. ESPECIFICACIÓN:

Ensayo	Método	Especificación ISSA
WTAT	ISSA TB 100	Máximo 538 g/m ²
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m ²

2.2. DOSIFICACIÓN DE MATERIALES:

Espécimen	Residuo asfáltico (%)	Emulsión (%)	Agua (%)	Cemento (%)	Escoria (%)	Caucho (%)
1	6.3	10.0	10	0.3	10.0	5.0
2	7.5	12.0	9	0.3	10.0	5.0
3	8.8	14.0	8	0.3	10.0	5.0

2.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS:

Espécimen	Residuo asfáltico (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (CICLOS)
1	6.7	2320	180
2	7.3	2100	250
3	8.5	1950	285

3. OBSERVACIONES:

- Muestra identificada y muestreada por el solicitante.
- Los especímenes se moldearon con una emulsión tipo CQS-1HP.
- Se agregó 10% de escoria y 5% de caucho con respecto al peso del agregado seco.
- Los especímenes con diferentes contenidos de asfalto residual fueron sometidos al ensayo de Rueda Cargada y Abrasión Vía Húmeda, ambos ensayos no cumplen las exigencias de la especificación ISSA.

4. CONCLUSIÓN

- Al no cumplir con los ensayos de Abrasión Vía Humedad y Rueda Cargada, no se logró realizar el diseño solicitado.

5. RECOMENDACIÓN:

- Se recomienda descartar el uso de caucho para este tipo de tratamiento y evaluar solo con muestra de escoria.

Fecha de Emisión: Lima, 21 de diciembre del 2022.

Wendy Herencia
Jefe del Área Técnica

Hector Huapaya
Coordinador de Laboratorio

EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL USUARIO

REG-III-TEC-138_V01

Anexo 12– Donación de escoria de acero gracias a la empresa SIDER PERU



Anexo 13– Toma de muestras en la chancadora las palmas



Anexo 14– Toma de muestras en la chancadora Sican



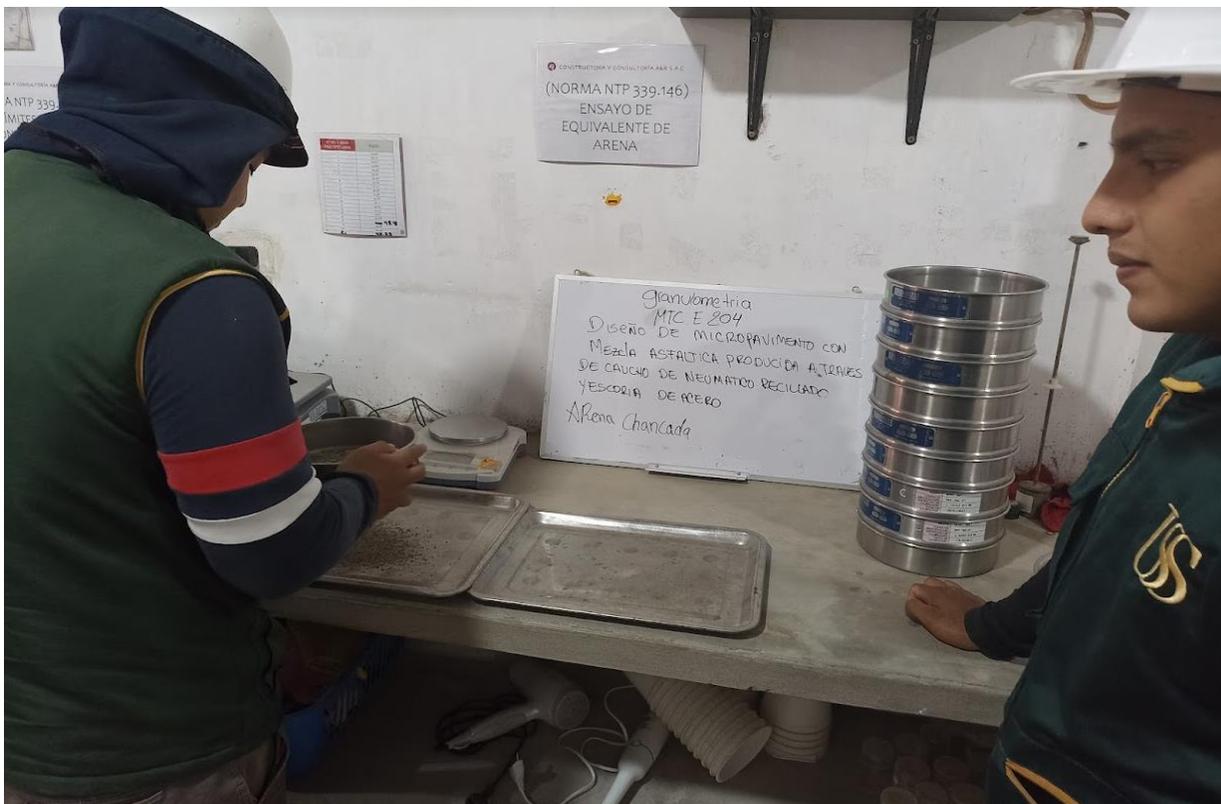
Anexo 15– Toma de muestras en la chancadora Asfalpaca



Anexo 16– Ensayo de granulometría del agregado



Anexo 17– Ensayo de granulometría del agregado para la arena chancada



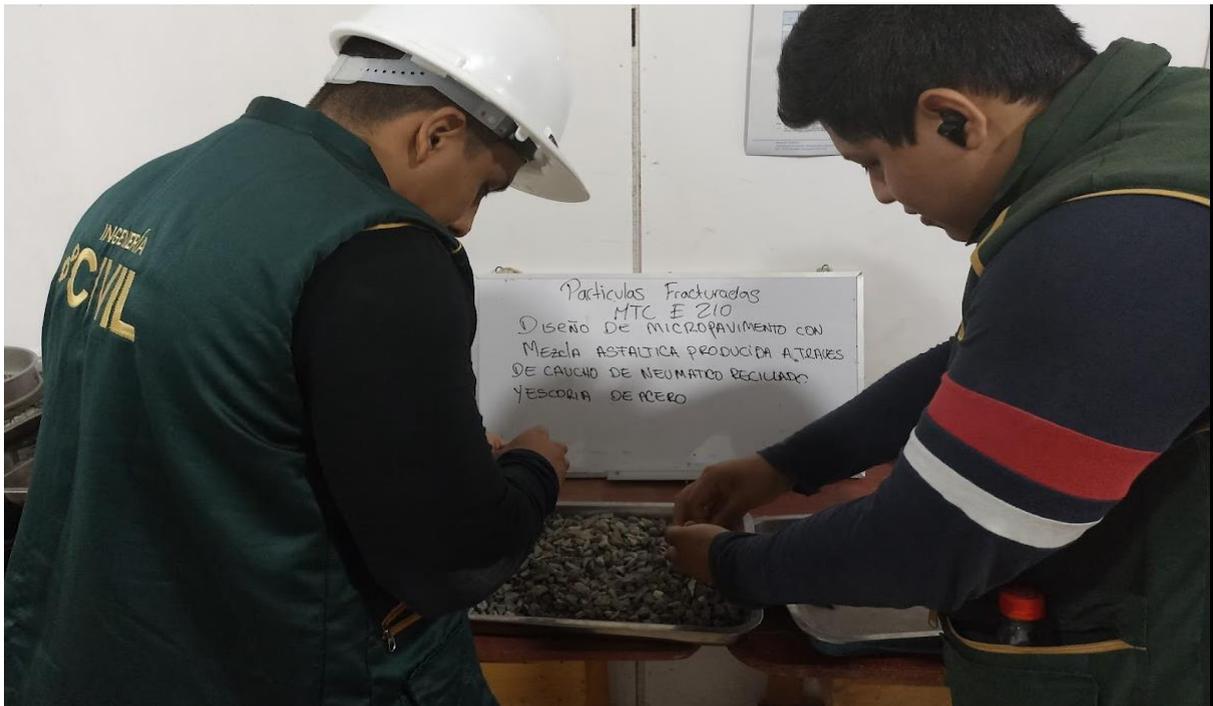
Anexo 18– Ensayo de equivalente de arena



Anexo 19– Ensayo de equivalente de contenido de humedad



Anexo 20– Ensayo de partículas fracturadas



Anexo 21– Preparación del diseño patrón



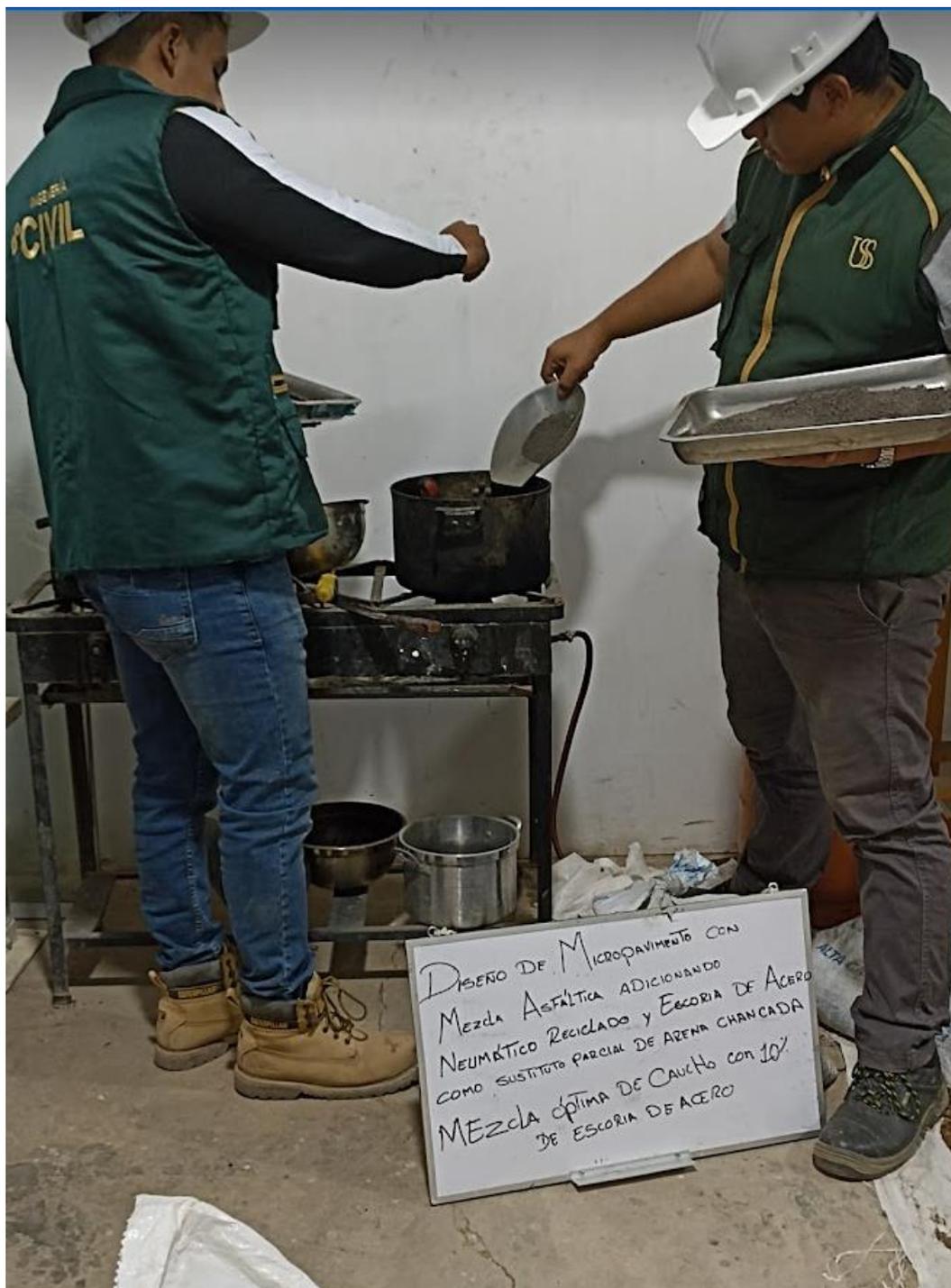
Anexo 22– Triturado de escoria de acero en la máquina de los ángeles.



Anexo 23– Incorporación del 5% de caucho a la mezcla de micropavimento.



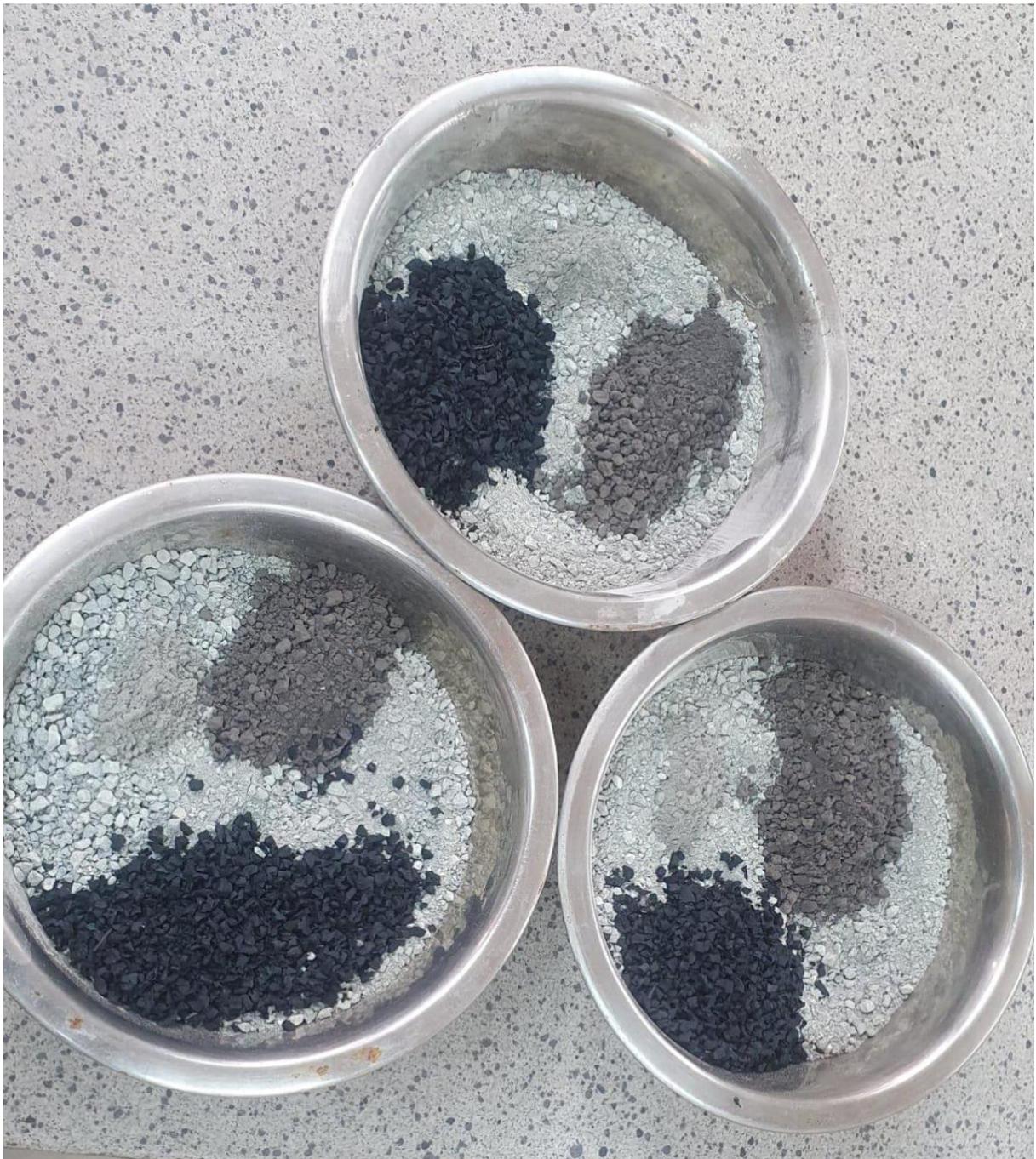
Anexo 24- Incorporación del 10% de escoria de acero a la mezcla de micropavimento.



Anexo 25– Moldeado de cuerpos de prueba.



Anexo 26– Porcentajes de variables de prueba.



Anexo 27- Ensayo de rueda cargada (LWT)



Anexo 28- Ensayo de Abrasión en húmedo (WTAT)



Anexo 29– Ensayo de Adhesión



Anexo 30– Ensayo de Schulze Breuer And Ruck



Anexo 31– Validez y confiabilidad por 5 jueces expertos

VALIDEZ Y CONFIABILIDAD POR 5 JUECES EXPERTOS

INSTRUMENTO SOBRE DISEÑO DE MICRO PAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO

	Claridad			Contexto		
	LWT	WTAT	SCHULZE BREUER AND RUCK	LWT	WTAT	SCHULZE BREUER AND RUCK
JUEZ 1	1	1	1	1	1	1
JUEZ 2	1	1	1	1	1	1
JUEZ 3	1	1	1	1	1	1
JUEZ 4	1	1	1	1	1	1
JUEZ 5	1	1	1	1	1	1
s	5	5	5	5	5	5
n	5					
c	2					
V de Aiken por preg=	1	1	1	1	1	1
V de Aiken por criterio	1			1		

	Congruencia			Dominio del constructo		
	LWT	WTAT	SCHULZE BREUER AND RUCK	LWT	WTAT	SCHULZE BREUER AND RUCK
JUEZ 1	1	1	1	1	1	1
JUEZ 2	1	1	1	1	1	1
JUEZ 3	1	1	1	1	1	1
JUEZ 4	1	1	1	1	1	1
JUEZ 5	1	1	1	1	1	1
s	5	5	5	5	5	5
n						
c						
V de Aiken por preg=	1	1	1	1	1	1
V de Aiken por criterio	1			1		

V de Aiken del
instrumento por
jueces expertos

1.00


Luis Arturo Montenegro Cas
LIC. ESTADÍSTICA
MG. INVESTIGACIÓN
DPL. EDUCACIÓN
COESPE 252

Anexo 32- Validez y confiabilidad del instrumento sobre el diseño de micro pavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando la arena chancada por escoria de acero.

VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE DISEÑO DE MICRO PAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA AÑADIENDO CAUCHO RECICLADO Y REEMPLAZANDO LA ARENA CHANCADA POR ESCORIA DE ACERO

Estadísticas de fiabilidad

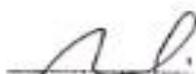
Alfa de Cronbach	N de elementos
,897	3

	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
LWT	,764	,903
WTAT	,623	,898
SCHULZE BREUER AND RUCK	,809	,912

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter sujetos	3441,000	3	1147,000		
Intra sujetos					
Entre elementos	4725,500	2	2362,750	16,513	,004
Residuo	858,500	6	143,083		
Total	5584,000	8	698,000		
Total	9025,000	11	820,455		

En las tablas se observa que, el instrumento es sobre Diseño de micro pavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando la arena chancada por escoria de acero es válido (correlaciones de Pearson superan al valor de 0.30 y el valor de la prueba del análisis de varianza es altamente significativo $p < 0.01$) y confiable (el valor de consistencia alfa de cronbach es mayor a 0.80).


José Arturo Montenegro C.
 LIC. INVESTIGACIÓN
 EN EDUCACIÓN
 C. 2017 262

Anexo 33– Jucio de 5 jueces expertos

Colegiatura N° 302293

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Salazar Prete Tatiana Manú	Coordinadora BIM - GUP PERUANA	Diseño de micro pavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando la arena chancada por escoria de acero.	Fernandez Viera, Jean Pierre Gonzales Carranza, Jeiner Fernando
Título de la Investigación: Diseño de micro pavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando la arena chancada por escoria de acero.			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	APLICABLE
2	A	APLICABLE
3	A	APLICABLE

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	DISEÑO DE MEZCLA								
1	LWT	X		X		X		X	
2	WTAT	X		X		X		X	
3	SCHULZE BREUER AND RUCK	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (x) Aplicable después de corregir () No aplicable ()
 Apellidos y nombres del juez validador: Tatiana Salazar Prete
 Especialidad: Coordinadora BIM - GUP PERUANA


 TATIANA MANU SALAZAR PRETE
 INGENIERA CIVIL
 REG. CIP N° 302293

Colegiatura N° 278739

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Vilchez Becerra Jorge Luis	Supervisor de Proyectos Municipalidad distrital de Pimentel	Diseño de micro pavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando la arena chancada por escoria de acero.	Fernandez Viera, Jean Pierre Gonzales Carranza, Jeiner Fernando
Título de la Investigación: Diseño de micro pavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando la arena chancada por escoria de acero.			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	Aplicable
2	A	Aplicable
3	A	Aplicable

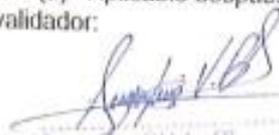
III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	DISEÑO DE MEZCLA								
1	LWT	x		d		y		x	
2	WTAT	x		x		x		x	
3	SCHULZE BREUER AND RUCK	y		y		y		d	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (x) Aplicable después de corregir () No aplicable ()
 Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ing. Civil


 Jorge Luis Vilchez Becerra
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 278739

Colegiatura N° 247632

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Montoya Garrido Yona Than Jesus	Evaluador de Proyectos Municipalidad de Pimentel	Diseño de micro pavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando la arena chancada por escoria de acero.	Fernandez Viera, Jean Pierre Gonzales Carranza, Jeiner Fernando
Título de la Investigación: Diseño de micro pavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando la arena chancada por escoria de acero.			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ITEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	Aplicable
2	A	Aplicable
3	A	Aplicable

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	DISEÑO DE MEZCLA								
1	LWT	x		x		x		x	
2	WTAT	x		x		x		x	
3	SCHULZE BREUER AND RUCK	x		x		x		x	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (x) Aplicable después de corregir () No aplicable ()
Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Iny. Civil


Ing. Yonathan Jesus Montoya Garrido
Reg. CIP N° 247632
Ingeniero Civil

Colegiatura N° 302266

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o Institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Guerrero Santisteban Kevin Jordan	Modelador BIM GUR PERU S.A	Diseño de micro pavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando la arena chancada por escoria de acero.	Fernandez Viera, Jean Pierre Gonzales Carranza, Jeiner Fernando
Título de la Investigación: Diseño de micro pavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando la arena chancada por escoria de acero.			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ÍTEM	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACIÓN Y OPINIÓN
1	A	APLICABLE
2	A	APLICABLE
3	A	APLICABLE

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

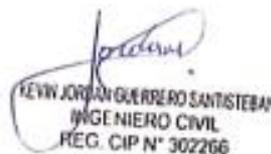
	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	DISEÑO DE MEZCLA								
1	LWT	X		X		X		X	
2	WTAT	X		X		X		X	
3	SCHULZE BREUER AND RUCK	X		X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable () Aplicable después de corregir () No aplicable ()

Apellidos y nombres del juez validador: Guerrero Santisteban Kevin Jordan

Especialidad: Modelador BIM - GUR PERU S.A



KEVIN JORDAN GUERRERO SANTISTEBAN
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 302266

Colegiatura N° 293811

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

Apellidos y nombres del informante	Cargo o institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor del Instrumento
Fiestas Plaza Santos	Asistente de Planeación	Diseño de micro pavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando la arena chancada por escoria de acero.	Fernandez Viera, Jean Pierre Gonzales Carranza, Jeiner Fernando
Título de la Investigación: Diseño de micro pavimento con mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado y reemplazando la arena chancada por escoria de acero.			

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

ÍTEMS	ACUERDO O DESACUERDO	MODIFICACION Y OPINIÓN
1	A	Aplicable
2	A	Aplicable
3	A	Aplicable

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

	Dimensiones/Ítems	Claridad		Contexto		Congruencia		Dominio del constructo	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	DISEÑO DE MEZCLA								
1	LWT	✓		X		✓		✓	
2	WTAT	✓		X		✓		X	
3	SCHULZE BREUER AND RUCK	✓		✓		✓		✓	

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable (X) Aplicable después de corregir () No aplicable ()
 Apellidos y nombres del juez validador:

Especialidad: Ing Civil


 SANTOS PLAZA SANTOS
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 293811

Anexo 34– Calibración de los equipos.

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud

L-25122-012 R0

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág 1 de 3

Equipo <i>Instrument</i>	TAMIZ 8"	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	PINZUAR	
Modelo <i>Model</i>	GRANOTEST	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	72838	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	TAM-200-01	
Malla <i>Mesh</i>	No. 200	
Solicitante <i>Customer</i>	CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A & R SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	
Dirección <i>Address</i>	Av. Vicente Russo Mza. SN Lote. 8 Fnd. El Cerrito Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo	<p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Ciudad <i>City</i>	Chiclayo	
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2021 - 12 - 15	
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2021 - 12 - 20	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	03	

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan Certificado

Signatures Authorizing the Certificate



Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología



Tecg. Jaíver Arnulfo López
Métrologo Laboratorio de Metrología

LM-PC-02-F-01 R10.4

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #1038-72 | PBX: 57 (1) 745 4555 - 3174233640 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC-038



Registro N° LC - 038

DOG-42 / Ed.00 - Sep 2019
Pág. 1 de 3

Certificado de Calibración

LMB21-0794

ORDEN DE TRABAJO	: OT21-0638	El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI) y no debe utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.
CLIENTE	: CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A & R S.A.C.	
DIRECCIÓN	: Av. Vicente Russo Mza. S/N Lote. 8 Fundo El Cerrito - Chiclayo - Lambayeque - Perú	
LUGAR DE CALIBRACIÓN	: ÁREA DE LABORATORIO	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.
INSTRUMENTO CALIBRADO	: BALANZA	
CLASIFICACIÓN	: NO AUTOMÁTICA	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
TIPO	: ELECTRÓNICA	
MARCA / FABRICANTE	: VALTOX	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.
MODELO	: LDC30N2	
NÚMERO DE SERIE	: NO INDICA	
PROCEDENCIA	: CHINA	
IDENTIFICACIÓN	: BAL-VAL-01	Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.
CAPACIDAD MÁXIMA	: 30 kg	
CAPACIDAD MÍNIMA	: NO INDICA	
DIV. DE ESCALA (d)	: 0,001 kg	
DIV. DE VERIFICACIÓN (e)	: 0,001 kg	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.
CLASE DE EXACTITUD	: NO INDICA	
ΔT LOCAL	: 10 °C	
COEF. DERIVA TÉRMICA	: 1E-05 °C ⁻¹	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2021-11-03	
FECHA DE EMISIÓN	: 2021-11-04	

Sello



Director de Laboratorio
Dante Abelino Pérez

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.
Jr. Las Gravas No. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf.: 01 682 4729 / RPC: 992 367 283
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LTF - 010 - 2022

Área de Metrología

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 1 de 3

1. Expediente	01930-2022
2. Solicitante	CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A & R SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
3. Dirección	AV. VICENTE RUSSO MZA. SN LOTE. 8 FND. EL CERRITO - CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE
4. Instrumento de medición	MÁQUINA PARA PRUEBAS DE ABRASIÓN TIPO LOS ÁNGELES
Fabricante	PERUTEST
Número de Serie	0108
Modelo	PT-MA
Alcance de Indicación	0 a 9999 rpm
Div. de escala/Resolución	1 rpm
Identificación	NO INDICA
Procedencia	PERÚ
Tipo de indicación	DIGITAL
5. Fecha de Calibración	2022-04-08
6. Lugar de calibración	AV. VICENTE RUSSO MZA. SN LOTE. 8 FND. EL CERRITO - CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2022-04-09

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALLAGA TORRES

Sello



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

273-CT-T-2021

Área de Metrología

Página 1 de 7

Expediente	:	909-10-2021
Solicitante	:	CONSTRUCTORA Y CONSULTORÍA A & R S.A.C.
Dirección	:	Av. Vicente Russo Mza. S/N Lote. 8 Fundo El Cerrito - Chiclayo - Lambayeque - Perú
Equipo	:	HORNO
Marca	:	ORION
Modelo	:	HL-03
Serie	:	No indica
Identificación	:	H-02 (*)
Ubicación	:	Área de Laboratorio
Procedencia	:	No Indica
Tipo de Ventilación	:	Natural
Nro. de Niveles	:	4
Alcance del Equipo	:	50 °C a 300 °C

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o reglamentaciones vigentes.

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

Características Técnicas del Controlador del Medio Isotermo

Descripción	TERMOMETRO CONTROLADOR
Marca / Modelo	Autonics / TCN4L
Alcance de indicación	0 °C a 400 °C
Resolución	0,1 °C
Tipo	Digital
Identificación	No indica

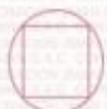
CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de calibración	:	Del 2021-11-03 al 2021-11-04
Lugar:	:	Área de Laboratorio - CONSTRUCTORA Y CONSULTORÍA A & R S.A.C. Av. Vicente Russo Mza. S/N Lote. 8 Fundo El Cerrito - Chiclayo - Lambayeque - Perú
Método utilizado:	:	Por comparación directa siguiendo el procedimiento, PC-018-"Procedimiento de Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termostático" SNM-INDECOPI (Segunda Edición) - Junio 2009.

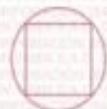


2021-11-10

Fecha de emisión



ALVAREZ NAVARRO ANGEL
GUSTAVO
CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.
JEFE DE METROLOGÍA
logistica@2myn.com
Fecha: 10/11/2021 19:08
Firmado con www.tocapu.pe



VELASCO NAVARRO MIRIAN
ARACELI
CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.
GERENTE GENERAL
logistica@2myn.com
Fecha: 10/11/2021 19:12
Firmado con www.tocapu.pe

Cód. de Servicio: 01319-A

Cód. FT-T-03 Rev. 03

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.

Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-8230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

Anexo 35: Certificados de acreditación de laboratorios.

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A & R SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Vicente Russo N° 1530 - interior D y F - Fundo el Cerrito, Chiclayo, Lambayeque.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 29 de agosto de 2023

Fecha de Vencimiento: 28 de agosto de 2026



Firmado digitalmente por AGUILAR
RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU
20600283015 soft
Fecha: 2023-09-13 18:30:25
Motivo: Soy el Autor del Documento

Cédula: N° 299-2023-INACAL/DA
Contrato N°: 053-2023/INACAL-DA
Registro N°: LE - 216

PATRICIA AGUILAR RODRIGUEZ
Directora (G.T.), Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 08 de setiembre de 2023



El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y célula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/otorgada/acreditados, y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter-American Accreditation Cooperation (IAAC) e Internacional Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mútuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

DA-acr-01P-02M Ver. 03



CERTIFICADO PE GC 23/9001/09 0216

El Sistema de Gestión de:

"CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A & R SOCIEDAD ANONIMA CERRADA"

Dispone de un Sistema de Gestión de la Calidad, que ha sido evaluado y certificado en cuanto a su cumplimiento de los requisitos de:

ISO 9001:2015

Para las siguientes actividades:

"Servicios de laboratorios de ensayo de materiales (suelos, concreto y asfalto). Estudios geotécnicos, geofísicos y topográficos. Servicio de control de calidad en obras (cimentaciones y pavimentos) y Consultorías en general."

Que se realiza en:

AV. VICENTE RUSSO NRO. 1530 INT. D-F FND. EL CERRITO. CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE.

La validez de este certificado está sujeta a las auditorías de seguimiento y cualquier verificación deberá hacerse con las oficinas de LOT® INTERNACIONAL

La validez de este certificado está sujeta a las auditorías de seguimiento y cualquier verificación deberá hacerse con las oficinas de LOT® INTERNACIONAL

Este certificado es válido desde el 06/10/2023 hasta el 05/10/2026

Auditoría de Re-Certificación será 90 días antes del 05/10/2026

Edición 1. Certificado con LOT® INTERNACIONAL desde el 06/10/2023

Autorizado por



Horacio Vergara Arancibia
LOT® INTERNACIONAL
www.lot-internacional.com

CERTIFICADO PE GC 23/9001/09 0216

LOT INTERNACIONAL

Página 1 de 1

F-3.2.5-1

BUREAU VERITAS
Certification



INACAL

DA - Perú
Certificación de
Sistemas de Gestión
Acreditado

Registro N° OCSG - 006

TDM ASFALTOS S.A.C.

Contracting Entity: Mz. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín – Lurín, Lima – Perú.

Bureau Veritas Certification certifies that the Management System of the above organisation has been audited and found to be in accordance with the requirements of the management system standards detailed below

ISO 9001:2015

Scope of certification

COMERCIALIZACIÓN, PRODUCCIÓN, CONTROL DE CALIDAD Y DESPACHO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS Y ASFALTOS MODIFICADOS CON POLÍMERO

**No aplicabilidad: 8.3 Diseño y desarrollo de los productos y servicios*

COMMERCIALIZING, PRODUCTION, QUALITY CONTROL AND DISPATCH OF ASPHALT EMULSIONS AND POLYMER MODIFIED ASPHALT

**Non applicability: 8.3 Design and development of products and services*

Original cycle start date:	26-April-2013
Expiry date of previous cycle:	09-September-2021
Recertification Audit date:	18-June-2021
Recertification cycle start date:	14-September-2021

Subject to the continued satisfactory operation of the organization's Management System, this certificate expires on: 09-September-2024

Certificate No. PE21.00015-I Version: No.1 Issue date: 14-September-2021
Previous Certificate No. PE18.0033-I

Local office: Bureau Veritas Del Perú S.A. Av. Camino Real 390 – Torre Central del Centro Comercial Camino Real, Piso 14, Oficina 1402, Lima 27, Perú.

Further clarifications regarding the scope and validity of this certificate and the applicability of the management system requirements, please call: 51-1-422 9000

Certificate Template single site rev3.8

1 / 1

December 15, 2020



BUREAU VERITAS
1828

BUREAU VERITAS
Certification



TDM ASFALTOS S.A.C.

Contracting Entity: Mz. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurín – Lurín, Lima – Perú.

Bureau Veritas Certification Holding SAS – UK Branch certifies that the Management System of the above organisation has been audited and found to be in accordance with the requirements of the management system standards detailed below

ISO 9001:2015

Scope of certification

COMERCIALIZACIÓN, PRODUCCIÓN, CONTROL DE CALIDAD Y DESPACHO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS Y ASFALTOS MODIFICADOS CON POLÍMERO

**No aplicabilidad: 8.3 Diseño y desarrollo de los productos y servicios*

COMMERCIALIZING, PRODUCTION, QUALITY CONTROL AND DISPATCH OF ASPHALT EMULSIONS AND POLYMER MODIFIED ASPHALT

**Non applicability: 8.3 Design and development of products and services*

Original cycle start date: **26-April-2013**
Expiry date of previous cycle: **15-October-2021**
Recertification Audit date: **18-June-2021**
Recertification cycle start date: **16-October-2021**

Subject to the continued satisfactory operation of the organization's Management System, this certificate expires on: **15-October-2024**.

Certificate No. CO21.00385/U Version: No. 1 Issue date: 14-September-2021
Previous Certificate No. CO18.00281/U

Certification body address: **5th Floor, 66 Prescott Street, London E1 8HG, United Kingdom**
Local office: **Bureau Veritas Del Perú S.A. Av. Camino Real 390 – Torre Central del Centro Comercial Camino Real, Piso 14, Oficina 1402, Lima 27, Perú.**

Further clarifications regarding the scope and validity of this certificate and the applicability of the management system requirements, please call: **51-1-422 9000**



0008



BUREAU VERITAS

Anexo 36: Análisis económico de micro pavimento

Análisis económico de micropavimento		
Ensayos	Normativa	Precio S/.
Estudio de canteras		
Párculas Fracturas	MTC E 210	S/ 1,000.00
Durabilidad al Sulfato de Sodio	MTC E 209	
Desgaste de los ángles	MTC E 207	
Equivalente de Arena	MTC E 114	
Azul metileno	AASHTO TP 57	
Adherencia Riedel-Weber	MTC E 220	
Adherencia Metodo estático	ASTM D 1664	
Análisis de los agregados para micropavimento		
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	ISSA A143	S/ 850.00
Abrasión Los Ángeles		
Equivalente de Arena		
Azul de Metileno		
Adherencia (Riedel Weber)		
Ensayos para la emulsión asfáltica		
Viscosidad saybol furol 25°C	D 7496	S/ 650.00
Contenido de asfalto residual	D 6997	
Contenido de disolventes	D 6997	
Estabilidad al almacenamiento. 24 hrs, %	D 6930	
Prueba del tamiz N 200	D 6933	
Caracterización de agregados (Variables de estudio)		
Ensayo granulometrico para escoria de acero	ASTM C136	S/ 200.00
Ensayo granulometrico para escoria de caucho	ASTM C137	
Ensayos para micro pavimento patrón		
Tiempo de mezclado	ISA TB 113	S/ 1,552.00
Consistencia	ISA TB 106	
Cohesión Húmeda	ISA TB 139	
Recubrimiento	ISA TB 114	
Desplazamiento lateral	ISA TB 147	
WTAT - 1 hora	ISA TB 100	
WTAT - 6 días	ISA TB 100	
LWT	ISA TB 109	
Schulze Breuer and Ruck	ISA TB 144	
Ensayos para micro pavimento reemplazando la arena chancada por escoria de acero		
Tiempo de mezclado	ISA TB 113	S/ 1,784.80
Consistencia	ISA TB 106	
Cohesión Húmeda	ISA TB 139	
Recubrimiento	ISA TB 114	

Desplazamiento lateral	ISA TB 147	
WTAT - 1 hora	ISA TB 100	
WTAT - 6 días	ISA TB 100	
LWT	ISA TB 109	
Schulze Breuer and Ruck	ISA TB 144	
Ensayos para micro pavimento adicionando caucho reciclado		
WTAT - 1 hora	ISA TB 100	S/ 550.00
LWT	ISA TB 109	
Ensayos para micro pavimento adicionando caucho reciclado y reemplazando la arena chancada por escoria de acero		
Tiempo de mezclado	ISA TB 113	S/ 1,784.80
Consistencia	ISA TB 106	
Cohesión Húmeda	ISA TB 139	
Recubrimiento	ISA TB 114	
Desplazamiento lateral	ISA TB 147	
WTAT - 1 hora	ISA TB 100	
WTAT - 6 días	ISA TB 100	
LWT	ISA TB 109	
Schulze Breuer and Ruck	ISA TB 144	

Inversión total del estudio de micropavimento S/ 8,371.60