



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso

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

Ingeniera Civil

**AUTORAS:**

Carranza Santolalla, Alexandra Nicole ([orcid.org/0000-0002-5706-6954](https://orcid.org/0000-0002-5706-6954))

Navarro Barrantes, Fatima Arely ([orcid.org/0000-0002-4381-7008](https://orcid.org/0000-0002-4381-7008))

**ASESORA:**

Mgr. Legendre Salazar, Sheila Mabel ([orcid.org/0000-0003-3326-6895](https://orcid.org/0000-0003-3326-6895))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHIMBOTE — PERÚ

2024

## Declaratoria de autenticidad del asesor



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LEGENDRE SALAZAR SHEILA MABEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "Efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso", cuyos autores son CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE, NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

CHIMBOTE, 02 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
LEGENDRE SALAZAR SHEILA MABEL DNI: 41594332 ORCID: 0000-0003-3326-6895	Firmado electrónicamente por: SLEGENDRE el 09- 07-2024 10:41:14

Código documento Trilce: TRI - 0786957



## Declaratoria de originalidad de los autores



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE, NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY estudiantes de la de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE <b>DNI:</b> 74538009 <b>ORCID:</b> 0000-0002-5706-6954	Firmado electrónicamente por: ANCARRANZAS el 24- 07-2024 12:20:55
NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY <b>DNI:</b> 76343037 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4381-7008	Firmado electrónicamente por: FNAVARROB el 14-07- 2024 21:37:17

Código documento Trilce: INV - 1773056

## **Dedicatoria**

Con gratitud y aprecio, dedicamos esta tesis a nuestras familias, cuya constante inspiración y apoyo incondicional nos han guiado en cada paso de este camino académico. Y a nuestra asesora, cuyas enseñanzas y consejos han sido fundamentales para nuestro crecimiento profesional y personal.

Y sobre todo a Dios por habernos dado conocimiento durante el proceso de estudio, capacidad y perseverancia para alcanzar nuestras metas.

## **Agradecimiento**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que han hecho posible la realización de esta tesis. En primer lugar, a nuestra asesora, Legendre Salazar Sheila Mabel, por su invaluable guía, paciencia y sabiduría. Su apoyo constante y sus consejos han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A nuestras familias, por su amor incondicional y su apoyo inquebrantable en cada paso de nuestra vida académica. Su confianza en nosotras ha sido nuestra mayor motivación.

Finalmente, agradecemos a la universidad Cesar Vallejo por brindarnos los recursos y herramientas que fueron necesarios para concluir con nuestra tesis de forma satisfactoria.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor .....	ii
Declaratoria de originalidad de los autores .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. METODOLOGÍA.....	12
III. RESULTADOS.....	16
IV. DISCUSIÓN .....	41
V. CONCLUSIONES.....	46
VI. RECOMENDACIONES .....	48
REFERENCIAS.....	50
ANEXOS .....	56

## Índice de tablas

Tabla n.º1:Distribución de la muestra .....	14
Tabla n.º2:Determinación del contenido de asfalto óptimo para el diseño de mezcla asfáltica convencional .....	16
Tabla n.º3:Diseño de mezcla asfáltica convencional con el contenido de asfalto óptimo .....	17
Tabla n.º4:Propiedad Física - Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E – 107 – “Siderperu” .....	18
Tabla n.º5:Propiedad Física - Ensayo de Abrasión de los Ángeles – Escoria (MTC E – 207) - “Siderperu” .....	20
Tabla n.º6:Propiedad Física - Gravedad Específica y Absorción de Agregado Grueso - Escoria de acero - Siderperú (MTC E-206) .....	21
Tabla n.º7:Propiedad Química – Ensayo de Durabilidad con Sulfato de Magnesio (NTP 400.016:199) .....	22
Tabla n.º8:Análisis Químico – Escoria de Acero .....	23
Tabla n.º9:Cantidad de escoria de acero para la sustitución en el diseño de mezcla asfáltica en caliente.....	24
Tabla n.º10:Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente patrón	25
Tabla n.º11:Propiedades mecánicas de la mezcla en caliente con el contenido de asfalto óptimo .....	27
Tabla n.º12:Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente en sustitución del 4% de escoria de acero en el agregado grueso.....	28
Tabla n.º13:Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente en sustitución del 8% de escoria de acero en el agregado grueso.....	29
Tabla n.º14:Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente en sustitución del 12% de escoria de acero en el agregado grueso.....	30
Tabla n.º15:Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente en sustitución del 16% de escoria de acero en el agregado grueso.....	31

Tabla n.º16:Efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso .....	33
Tabla n.º17:Análisis de varianza del reemplazo de escoria de acero en 4% ....	35
Tabla n.º18:Análisis de disimilitud muestral con el método Tukey - Reemplazo de escoria de acero en 4%.....	36
Tabla n.º19:Análisis de varianza del reemplazo de escoria de acero en 8% ....	36
Tabla n.º20:Análisis de disimilitud muestral con el método Tukey - Reemplazo de escoria de acero en 8%.....	37
Tabla n.º21:Análisis de varianza del reemplazo de escoria de acero en 12%. 37	
Tabla n.º22:Análisis de disimilitud muestral con el método Tukey - Reemplazo de escoria de acero en 12%.....	38
Tabla n.º23:Análisis de varianza del reemplazo de escoria de acero en 16% ..	39
Curva F de Snedecor - Reemplazo de escoria de acero en 16%.....	39
nterpretación .....	39
Tabla n.º24 Análisis de disimilitud muestral con el método Tukey - Reemplazo de escoria de acero en 12%.....	39



## Índice de figuras

Gráfico n° 1: Curva granulométrica de la escoria de acero “Siderperu”.....	19
Gráfico n° 2: Estabilidad/flujo de la mezcla asfáltica en caliente patrón .....	26
Gráfico n° 3: Estabilidad/flujo de la mezcla asfáltica en caliente en sustitución de 4%,8%,12% y 16% de escoria de acero en el agregado grueso .....	32
Gráfico n° 4: Efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso .....	34

## Resumen

En nuestra investigación titulada “Efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso”, se tiene como objetivo principal evaluar el efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8%, 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso. La metodología empleada es de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y diseño cuasi -experimental, la muestra es de 31 briquetas, elaborando 15 para el diseño de mezclas asfáltica en caliente patrón y 16 con sustitución de escoria de acero en el agregado grueso.

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron las fichas de guía de observación en los ensayos realizados en el laboratorio, con un contenido de asfalto óptimo de 5,76% y 4% de escoria de acero presentó 4,4% de vacío, 15.2 mm de flujo y estabilidad de 10.01kN; con 8% de escoria de acero presentó 4.7% de vacíos, 15.2 mm de flujo y estabilidad de 10.64; con 12% de escoria de acero presentó 5.1% de vacíos, 15.2 mm de flujo y estabilidad de 10.86; y con el 16% de escoria de acero mostró 5.4% de vacíos, 16 mm de flujo y estabilidad de 11.57kN.

Se concluye que la escoria de acero en sustitución del agregado grueso, muestra un potencial significativo para mejorar la estabilidad de la mezcla en los porcentajes de 4% y 8%. Es esencial equilibrar este beneficio con el control adecuado de los vacíos y la durabilidad a largo plazo del pavimento.

**Palabras clave:** Mezcla asfáltica en caliente, escoria de acero, propiedades físicas y químicas.

## Abstract

In our research titled "Effect on Hot Mix Asphalt with 4%, 8%, 12%, and 16% Steel Slag in Replacement of Coarse Aggregate," the main objective is to evaluate the effect of replacing coarse aggregate with 4%, 8%, 12%, and 16% steel slag in hot mix asphalt. The methodology employed is applied research with a quantitative approach and a quasi-experimental design. The sample consists of 31 briquettes, with 15 prepared according to the standard hot mix asphalt design and 16 incorporating steel slag in the coarse aggregate.

The instruments used for data collection were observation guide sheets during the laboratory tests. With an optimal asphalt content of 5.76% and 4% steel slag, the mixture presented 4.4% air voids, 15.2 mm flow, and 10.01 kN stability; with 8% steel slag, it showed 4.7% air voids, 15.2 mm flow, and 10.64 kN stability; with 12% steel slag, it exhibited 5.1% air voids, 15.2 mm flow, and 10.86 kN stability; and with 16% steel slag, it demonstrated 5.4% air voids, 16 mm flow, and 11.57 kN stability.

It is concluded that replacing coarse aggregate with steel slag shows significant potential to improve the stability of the mix at 4% and 8% proportions. It is essential to balance this benefit with the adequate control of air voids and the long-term durability of the pavement.

**Keywords:** Hot mix asphalt, steel slag, physical and chemical properties.

## I. INTRODUCCIÓN

El uso de una vía pavimentada conlleva a la fluidez del camino sin tener obstrucciones ante situaciones de emergencias con alto grado de importancia; es por ello, que la carpeta asfáltica forma parte esencial del paquete estructural de un pavimento flexible, es una capa diseñada para soportar cargas vehiculares y proporcionar una superficie segura y duradera para la circulación.

Si bien es cierto, a lo largo del tiempo y debido a diversos factores, esta capa de asfalto puede experimentar una serie de fallas y deterioros que comprometen su calidad y funcionalidad, como las fisuras longitudinales, transversales, piel de cocodrilo, ahuellamiento, entre otras, donde se menciona que unas de las causas que produce un deterioro significativo en la carpeta de rodadura es la cualidad de materiales utilizados en el diseño de mezcla asfáltica elaborado en relación al tipo de vía seleccionada para su utilidad provocando las fallas anteriormente mencionadas según el MOPC (2016).

En Colombia, Rondon (2021) indica que proceso de envejecimiento se manifiesta dando a notar imperfecciones en la superficie que contribuyen al desgaste de la carpeta asfáltica, asimismo, existen varios factores que son responsables de este fenómeno y de sus múltiples causas. Las causas se deben a las variables intrínsecas de la mezcla asfáltica, que incluyen cemento asfáltico, agregados y contenido de vacíos que cubren los agregados. Sin embargo, las variables externas, conocidas como variables extrínsecas, tienen un impacto en el procedimiento de fabricación de la mezcla, su acopio y transporte, así como en la elaboración de la capa asfáltica.

Por otro lado, Chaves y Castellanos (2020, p.7) señalan que los pavimentos experimentan alteraciones reológicas y cambios químicos a lo largo de su vida útil, especialmente debido al envejecimiento prolongado. Además de este proceso, pueden sufrir impacto por los componentes de las mezclas asfálticas, lo que resulta en problemas como grietas, deformaciones, huecos y baches, principalmente debido a factores externos como la exposición al sol, cambios de temperatura y humedad, así como características internas relacionadas con los materiales, aglutinantes y aditivos utilizados.

Según la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías (SUTRAN) y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) (2021) se ha estado monitoreando y abordando los problemas relacionados con los pavimentos en las carreteras del país. Algunos de los problemas comunes que afectan los pavimentos en Perú, según sus informes son ahuellamiento, parches y baches, fisuras y grietas, deslizamientos y derrumbes, fatiga del asfalto e inundaciones y anegamiento, por lo que han estado trabajando en programas de mantenimiento y reparación de carreteras. Estos programas pueden incluir actividades como repavimentación, sellado de grietas, instalación de sistemas de drenaje adecuados y mejoras en la calidad del pavimento para hacer frente a las condiciones climáticas y al tráfico pesado.

Chimbote no es ajeno a esta situación, ya que existen calles pavimentadas en las que se observan distintas fallas en la carpeta asfáltica, siendo una preocupación constante para las autoridades municipales y regionales para su mantenimiento. Estas fallas y deterioros no solo afectan a la comodidad y seguridad de los usuarios, sino que también, generan diversos problemas significativos en vehículos siendo expuestos a un futuro mantenimiento o reparación por desgastes mecánicos como se menciona en la (Revista Conexión de Ingeniería, 2019, p.9). En ese sentido, es necesario mejorar los componentes que integran un diseño de mezcla asfáltica haciéndolo más sostenible en el tiempo.

Adicionalmente, existe producción de acero siendo esto propósito para generar actividades relacionadas a la fundición y procesamiento de este material, conllevando a generar emisiones contaminantes lo cual genera exposición de partículas finas, metales pesados y gases nocivos. Estas emisiones pueden degradar notablemente el estado del aire en Chimbote, comprometiendo la salud de la población local. De lo anteriormente mencionado, podemos resaltar que el empleo de residuo de la industria siderúrgica como sustituto parcial del agregado grueso en mezclas asfálticas en caliente presenta una solución viable.

En esta investigación, nos planteamos siguiente interrogante ¿Cuál es el efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso? Además, se han formulado otras

interrogantes específicas: ¿Cuál es el contenido de asfalto óptimo para el diseño de mezcla asfáltica en caliente? ¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas de la escoria de acero?, ¿Cuál es la cantidad de escoria de acero para la sustitución en el agregado grueso del diseño de mezcla asfáltica en caliente?, ¿Cuáles son las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica patrón y con sustitución de escoria de acero en 4% 8% 12% y 16%?

La investigación se justifica teóricamente ya que, la escoria de acero, debido a su textura y forma, puede mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica y cumplir con las normativas y especificaciones estándar para pavimentación.

Esta **justificación metodológica** se enfoca en la necesidad utilizar métodos científicos rigurosos para evaluar efectos de la mezcla asfáltica en caliente con escoria de acero en sustitución del agregado grueso, en donde, Se realizarán pruebas de laboratorio estándar, como ensayos físicos, ensayos Marshall y ensayos de durabilidad, para evaluar las propiedades mecánicas y desempeño de mezclas modificadas.

La **justificación práctica** de la investigación radica en demostrar los efectos en la mezcla asfáltica en caliente sustituyendo escoria de acero en el agregado grueso, lo cual permitirá demostrar si es óptimo para un diseño convencional reutilizando un subproducto industrial y a la misma vez contribuir con el medio ambiente, en este contexto, sabiendo que la fabricación de la escoria de acero causa impactos ambientales significativos, es posible incorporarla en el diseño de mezclas asfálticas, impulsando hacia prácticas de construcción más sostenibles. Al comprender cómo la escoria de acero afecta a las características generales de las mezclas asfálticas, podemos realizar un diseño más resistente a las tensiones del tráfico, al desgaste y a las condiciones climáticas extremas. Esto se traduce en carreteras más duraderas y seguras, sin fallas y deterioros, mejorando la seguridad vial para la comunidad.

La **justificación social** se enfoca en generar un impacto positivo y perdurable en la sociedad a través de la mejora de los pavimentos, un elemento fundamental para el desarrollo socioeconómico de las comunidades. A través de la investigación de mezclas asfálticas sustituyendo escoria de acero, se busca

tener varias implicaciones sociales y beneficios directos para la comunidad. Esto incluye la creación de vías más seguras, sostenibles y accesibles, con el propósito de mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Como **objetivo general**: Evaluar el efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso.

**Como objetivos específicos**: Determinar el diseño de mezcla con el contenido de asfalto óptimo, determinar las propiedades físicas y químicas de la escoria de acero, determinar la cantidad de escoria de acero para la sustitución en el agregado grueso del diseño de mezcla asfáltica en caliente, determinar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica patrón y con sustitución de escoria de acero en 4% 8% 12% y 16%.

De los antecedentes que se condicen a nuestro estudio, tenemos a nivel Internacional, a Groenniger et al. (2017) donde mencionan en su artículo que su objetivo fue determinar cómo el empleo de escoria LD en mezclas asfálticas en el rendimiento funcional de la construcción de pavimentos, específicamente en comparación con las mezclas convencionales que utilizan agregados naturales como Gabro. Este estudio fue de naturaleza experimental, empleando el ensayo de tracción indirecta cíclica para investigar las propiedades de rigidez y resistencia a la fatiga, así como ensayos de fatiga para determinar el daño material progresivo y localizado causado por la carga cíclica. Concluyeron que las mezclas asfálticas con escoria LD mostraron una mayor resistencia a la deformación en comparanza con las mezclas de masilla asfáltica con agregado natural Gabro. Sin embargo, en las mezclas de ligante asfáltico y capa base asfáltica con escoria LD, se observó una resistencia menor a la deformación en comparanza con las mezclas que utilizan agregado natural Gabbro. Esto se debió a la mayor necesidad de aglutinante con la escoria LD, lo que resultó en un ligero aumento en los contenidos de huecos de aire y, por ende, en una resistencia desfavorable a la deformación.

Por su parte Ochoa et al. (2018) tuvieron como objetivo general usar escoria granulada para creación de mezclas asfálticas densas en caliente. Muestra fue tres briquetas por intento y 15 briquetas para metodologías tradicionales. Concluyeron que el enfoque de diseño de mezclas utilizando RAMCODES

demuestra una eficiencia significativa en cuanto a la conservación de materiales, tiempo y, por ende, costos. Esto se debe a que solo se requieren tres (3) briquetas por intento, en contraste con las quince (15) necesarias en las metodologías convencionales como Marshall. En términos directos, esto representa un ahorro del 80%. Además, desde otra perspectiva, RAMCODES ofrece una cobertura más amplia en cuanto a resultados. Empleando el mismo número de briquetas que utilizarían en un método tradicional como Marshall, es posible realizar cinco (5) intentos o variaciones granulométricas distintas.

Según Morcote (2019) su objetivo de investigación fue determinar el rendimiento mecánico de las mezclas asfálticas en caliente mediante la incorporación de escoria como agregado. El estudio fue tipo experimental, su muestra de estudio fueron tres tipos de mezclas: una sin modificar y dos con 50% y 100% de escorias, manteniendo un óptimo contenido de asfalto del 5%. Concluyeron que la mezcla sin modificaciones tuvo un mejor rendimiento, superando en un 25% a las mezclas modificadas. Sin embargo, el parámetro de flujo, que indica la deformación de la mezcla, fue más alto en la mezcla sin modificaciones. Dado que los valores de resistencia (estabilidad) superaron los estándares especificados para los tres niveles de tránsito, se finalizó que el desempeño de la mezcla variada con escorias siderúrgicas fue satisfactorio.

Zhon y Zang (2019) en su artículo tuvieron como propósito determinar las propiedades físicas y mecánicas de varias escorias siderúrgicas, sustituyendo el agregado grueso y agregándolo a la mezcla asfáltica. El estudio fue de tipo experimental, Concluyeron que la escoria de alto horno es un elemento de textura dura y poroso, lo que resulta en una mayor estabilidad que la del agregado grueso. Esto se debe a que la forma de la escoria de acero es rugosa y uniforme, con bordes irregulares, lo que permite una adherencia eficaz de las partículas de asfalto.

Shiha, et al. (2020) en su artículo tuvieron como objetivo principal investigar el comportamiento al utilizar EAFS (Escoria del Acero de Horno de Arco Eléctrico) como sustituto de LS (agregados naturales) en las capas de pavimento para mejorar sus propiedades mecánicas. Este estudio se llevó a cabo mediante un enfoque experimental. Los resultados indicaron que de manera que se aumenta



la cantidad de EAFS (escoria de horno de arco eléctrico), la rigidez generalmente aumenta. Además, se encontró que la escoria tiene un gran potencial para su aplicación en pavimentos, ya que los agregados de escoria mejoraron la resistencia al decapado, la formación de surcos y la estabilidad de los asfaltos de mezcla en caliente (HMA).

En su artículo de investigación Goli (2021), su propósito principal fue comparar el desempeño de escorias siderúrgicas y áridos de pavimentos asfáltico reciclado y sustituirlo por árido grueso en el diseño de mezcla asfáltica. Teniendo su investigación tipo experimental. Concluyó que el empleo de escoria de acero produce una mezcla asfáltica en caliente con mayor duración y resistente a deterioros de tipo ahuellamientos, además, reemplazar el agregado original con RAP (Pavimento asfáltico reciclado) o escoria reciclada se logró mejorar la resistencia a la estabilidad y la tracción Marshall.

Loureiro et al. (2022) en su artículo mencionan que su objetivo identificar y evaluar exhaustivamente alternativas innovadoras, eficientes y sostenibles para el uso de escoria de acero (SSA) y agregados de concreto reciclado (RCA) en mezclas asfálticas, fomentando así la circularidad de los materiales empleados en las carreteras. Concluyeron que la viabilidad de reemplazar importantes cantidades de recursos naturales utilizados en la fabricación de mezclas asfálticas mediante agregados de escoria de acero y concreto reciclado de residuos demolición y construcción (CDW). Esta sustitución resulta especialmente relevante en el contexto actual, marcado por altos costos energéticos y la escasez de áridos naturales. Además, se observó que estos agregados alternativos no solo mejoran el rendimiento mecánico y la durabilidad de las mezclas, sino que también contribuyen significativamente a su sostenibilidad a largo plazo.

Neves (2023) tuvo como propósito analizar y discutir el desempeño mecánico de las mezclas asfálticas que contienen SSA (0%, 20% y 35%). Utilizó una muestra específica del tipo de mezcla AC 20 base 35/50, un hormigón asfáltico destinado a la capa base, con un máximo tamaño de árido de 20 mm y betún de clase de penetración 35/50 como aglutinante. Concluyeron que la mezcla asfáltica que contenía un 35% de SSA mostró un rendimiento ligeramente superior en

comparación con las mezclas anteriores, probablemente debido a una mejor interconexión entre los agregados facilitada por la mayor cantidad de SSA. En esencia, al incorporar SSA y garantizar un adecuado diseño de la mezcla asfáltica, se tiende a conservar o incluso mejorar la resistencia a la deformación permanente.

Al nivel nacional, Quipusco y Villegas (2019) llevaron a cabo una investigación para examinar cómo cambiarían las características mecánicas y físicas de las mezclas asfálticas en caliente si empleamos escoria de acero en lugar del agregado grueso tradicional. Esta investigación, fue de tipo cuantitativa y correlacional, se realizó mediante un diseño experimental que implicó el uso de 150 especímenes compuestos por 200 kg de escoria de acero de Siderperú en Chimbote, 350 kg de agregados pétreos y seis galones de asfalto (PEN 60-70). Los resultados de la investigación indican que el reemplazo de árido grueso por escoria de acero provocó un aumento significativo del porcentaje de vacíos, que pasó del 3,4% al 6,6%. La densidad mostró un aumento inicial de alrededor del 25% cuando se utilizó la sustitución parcial. Sin embargo, tras la sustitución total, la densidad experimentó un nuevo descenso superior al observado. La estabilidad experimentó un patrón similar al de la densidad, aumentando hasta un 25 % luego de disminuir. Además, a la vez que se adiciona el porcentaje de escoria, aumentaba el flujo. A pesar de que los vacíos se redujeron hasta un 25% de sustitución, comenzaron a aumentar más tarde.

Calva (2020) tuvo como propósito estimar la estabilidad y flujo de una mezcla asfáltica en caliente incluyendo escoria de acero. Este análisis, de carácter correlacional y con un diseño experimental, se ejecutó utilizando 36 briquetas como muestra. Los resultados indicaron que en una mezcla asfáltica de clase "A" con un 25% de escoria y porcentajes de asfalto de 4.5 - 5.0 - 5.5 - 6.0, se obtuvieron resultados superiores en comparación con las mezclas que tenían un 50% y 75% de sustitución de escoria de acero. Tanto la fluidez (mm) de 12.5 - 9.9 - 8.60 - 11.8, como la estabilidad (kN) de 18.22 - 19.60 - 21.70 - 16.96 mejoraron en relación con las mezclas tradicionales.

El objetivo del estudio de Novoa (2020) evaluar la viabilidad de utilizar materiales alternativos, como la escoria, en mezclas asfálticas. Se investigaron tanto las

propiedades mecánicas como los aspectos económicos relacionados con la construcción de pavimentos. Este estudio experimental examinó tres tipos de mezclas: en el primer tipo, se reemplazó el 25%, 50%, 75% y 100% de agregado grueso por escoria de acero en las mezclas asfálticas; en el segundo tipo, se sustituyó el 25%, 50%, 75% y 100% de agregados finos por escoria de acero; en el tercer tipo, se reemplazó el 25%, 50%, 75% y 100% de los agregados enteros por escoria de acero. Concluyeron que el óptimo contenido de asfalto para una mezcla no convencional con grano de caucho reciclado fue del 7%, basado en análisis de parámetros volumétricos y de resistencia mediante el ensayo Marshall. Además, se consideró el mismo diseño para la mezcla con grano de caucho reciclado y la inclusión de escoria de acero, respaldado por estudios previos que garantizan la curva de comportamiento.

El objetivo de la investigación de Castillo y Moreno (2021) fue examinar el impacto con adición de escoria de acero y caucho triturado en desarrollo de una mezcla asfáltica utilizando Marshall. Este estudio, de naturaleza aplicada y diseño cuasi experimental, implicó el análisis de 144 briquetas asfálticas, algunas convencionales y otras modificadas con diversas proporciones de escoria de acero y caucho triturado. Los resultados indicaron que adicionando escoria de acero en porcentajes de 0%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% como agregado grueso, se observaron variaciones en los valores de índice de rigidez, estabilidad y flujo. En ciertas proporciones, como 14.5%, 15% y 18.1%, las mezclas no cumplieron con los estándares establecidos por la normativa, sugiriendo que estas combinaciones son más susceptibles a deformaciones y poseen una menor estabilidad.

El principal objetivo de la investigación ejecutada por Pérez y Silva (2021) fue determinar los porcentajes adecuados de escoria de acero para el diseño de mezcla asfáltica en caliente destinada a la carretera Huaraz. Esta investigación fue aplicada y se realizó mediante diseño cuasi experimental. La muestra de estudio comprendió 16 briquetas, y para recopilar datos se utilizaron fichas específicas de recolección. Los investigadores concluyeron que el porcentaje de cemento asfáltico óptimo se determinó a través de la realización de cuatro diseños experimentales, cada uno con diferentes proporciones de cemento asfáltico PEN 85/100. El porcentaje de cemento asfáltico óptimo obtenido 5.5%.

En la parte teórica del estudio, se define y explica que la variable escoria de acero se genera durante la producción del acero, que implica su refinado. La composición química de esta escoria varía según factores como la temperatura y el tiempo de fusión. Por ende, la escoria se encuentra en estado líquido fundido y contiene compuestos complejos como silicatos y óxidos, los cuales se solidifican al enfriarse (Vásquez et al. 2021, p.5).

Se debe agregar, que la producción de escoria de Sider Perú está vinculada al proceso de fabricación del acero que se lleva a cabo dos maneras diferentes como la reducción del mineral de hierro en altos hornos que, como consecuencia de este proceso, para concluir que implica la fusión de materiales donde el fundente y las impurezas se encuentran en la superficie del horno. Estos materiales tienen una rápida cristalización, lo que los convierte en sustancias de baja densidad, y la fusión de chatarra en hornos eléctricos, en la cual menciona que las impurezas que se producen en esta etapa se conocen como escorias negras, a pesar de que los elementos que las componen se consideran no peligrosos según la catalogación (Guevara, 2022, p.13-14).

La composición de la escoria de horno eléctrico incluye varios elementos químicos como cal viva (CaO) en un rango de concentración del 30% al 45%, sílice (SiO<sub>2</sub>) entre el 30% y el 48%, alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) en una proporción del 15% al 25%, y óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) entre el 0.5% y el 2% (Torres, 2019, p. 3).

Por otro lado, la escoria de acero exhibe una elevada dureza, densidad y resistencia a la abrasión, junto con una notable capacidad de absorción. Su superficie es áspera y las partículas tienen una forma angular y caras fracturadas. La resistencia excepcional a la abrasión se atribuye principalmente al alto contenido de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y SiO<sub>2</sub>. Debido a su alta dureza y forma angular, las mezclas que contienen estos materiales han demostrado una resistencia significativamente mayor al deslizamiento (en las pruebas efectuadas tanto en laboratorio como en vías pavimentadas a escala real) entre los neumáticos y el pavimento (Rondón et al., 2018, p.13).

Fiallos y Unda (2018) nos dicen que la mezcla asfáltica en caliente describe como una composición que consta principalmente de alrededor del 95% de roca, arena y/o grava, unidos por un 5% de cemento asfáltico derivado del crudo. Este

tipo de mezcla es más frecuentemente empleada que la variante en frío. Durante su producción, los agregados y el bitumen se calientan a temperaturas cercanas a los 150 °C.

Ahora bien, para garantizar un rendimiento óptimo de la capa de rodadura, es crucial que sus elementos sean de alta calidad en términos de durabilidad y resistencia. Por esta razón, se examinan cuidadosamente todas las propiedades de los elementos pétreos incluidos en la mezcla asfáltica en caliente (León et al. 2020, p. 62).

El objetivo del diseño de la mezcla asfáltica anticipar el rendimiento del pavimento que debe mostrar para prolongar su durabilidad al máximo. Este diseño establece las características del tamaño de partícula y las proporciones adecuadas de los agregados y el asfalto para el proyecto en cuestión. Aumentar la cantidad de asfalto puede hacer que el pavimento sea más propenso a deformaciones permanentes, pero al mismo tiempo, disminuye la probabilidad de fatiga en el material (León et al. 2017, p. 12).

Además, los parámetros Marshall resultan extremadamente útiles para supervisar el procedimiento de producción de mezcla asfáltica en planta, como se establece en la norma ASTM D6927. Del mismo modo, el ensayo Marshall se realiza en probetas cilíndricas de diámetro de 102 mm (4 pulgadas), espesor de  $63,5 \pm 2,5$  mm ( $2,5 \pm 0,10$  pulgadas). Estas probetas se colocan en agua mantenido a una temperatura de  $60 \pm 1^\circ\text{C}$  ( $140 \pm 1^\circ\text{F}$ ). Seguidamente, se aplica la carga utilizando un gato hidráulico equipado con un calibrador a una velocidad controlada de  $5,08 \pm 0,38$  cm/min ( $2,00 \pm 0,15$  pulg/min) hasta que se llega al punto de quiebre o el peso comienza a disminuir. En general, la estabilidad suele definirse como la carga máxima alcanzada, mientras que la deformación vertical correspondiente a este punto máximo se registra como fluidez (Bojorque et al. 2019, p.3).

Asimismo, tanto el flujo como la estabilidad Marshall son propiedades mecánicas de mezclas asfálticas estas se evalúan utilizando muestras compactadas con una geometría específica y siguiendo un procedimiento definido. El concepto de estabilidad Marshall se refiere a la capacidad máxima de soportar la deformación cuando se somete a una carga constante y varía dependiendo del tipo y la

gradación del agregado, el tipo de betún y su cantidad. En cambio, el flujo Marshall se utiliza para cuantificar el grado de deformación que muestran las mezclas asfálticas durante las pruebas de estabilidad. Aunque no puede determinarse un resultado óptimo exacto, existen umbrales aceptables dentro de los cuales un parámetro puede considerarse satisfactorio. Cuando el flujo de la mezcla con el contenido de asfalto óptimo supera el umbral superior, se considera demasiado maleable o inestable. Por el contrario, si la fluidez cae por debajo del umbral inferior, se considera excesivamente rígida (Valenzuela y Roman, 2018, p. 73).

Los vacíos se refieren a los diminutos espacios de aire existentes entre los agregados que están envueltos dentro de la mezcla compactada final. En el caso de mezclas asfálticas densas, es esencial mantener un cierto porcentaje de vacíos para facilitar la compactación adicional del pavimento debido al tráfico. La resistencia del pavimento está ligada a la cantidad de espacios vacíos presentes en la mezcla, ya que esto impacta directamente en su permeabilidad. Si hay un exceso de vacíos, existe la probabilidad de que acceda la entrada de agua y aire, lo que podría dañar la integridad de la mezcla. Por otro lado, si el contenido de vacíos es muy bajo, puede provocar un fenómeno conocido como sangrado o flushing, que ocurre cuando el asfalto de la mezcla se separa de los agregados y emerge hacia la superficie. Además, es crucial señalar que tanto la densidad de la mezcla como el nivel de vacíos tienen una relación inversa, ya que menos vacíos conducen a una mezcla más densa (Fiallos y Unda, 2018, p. 43).

Para finalizar, se tiene como hipótesis principal de la presente investigación:  $H_1$ : El reemplazo de escoria de acero en 4%, 8% 12% y 16% mejorarían significativamente la mezcla asfáltica en caliente.  $H_0$ : El reemplazo de escoria de acero en 4%, 8% 12% y 16% no mejorarían la mezcla asfáltica en caliente.

## II. METODOLOGÍA

**Tipo, enfoque y diseño de investigación:** La investigación fue de tipo aplicada, Cordero (2009) se refiere al uso práctico del conocimiento en beneficio de los participantes y la sociedad en general. Además de contribuir con nuevos conocimientos que enriquecen la disciplina, se aplica directamente en procesos prácticos. A diferencia de las ciencias puras y la investigación básica, que buscan comprender el funcionamiento de las cosas para un uso futuro, la investigación aplicada en las ciencias prácticas tiene el objetivo de utilizar de inmediato el conocimiento existente (p.6). En este estudio, se empleó el conocimiento teórico y práctico sobre la escoria de acero para investigar sus efectos en la mezcla asfáltica.

El enfoque de estudio fue cuantitativo, Pereyra (2022) nos dice que este tipo de estudio utiliza métodos estadísticos o matemáticos para mostrar la frecuencia o aparición de un fenómeno o acción; estas técnicas se emplean para validar teorías o hipótesis sobre un fenómeno específico. Se caracteriza por la utilización de instrumentos de medición, la manipulación de variables y la presentación de resultados en términos de cantidades, porcentajes, probabilidades, entre otros (p.22). En el estudio la sustitución de escoria de acero, se realizará de manera numérica y estadística, para evaluar el efecto en la mezcla asfáltica en caliente.

Por último, diseño investigación fue experimental de tipo cuasiexperimental, Arias y Covinos (2021) mencionan que en el tipo de diseño cuasi experimental se puede realizar mediciones y aplicar instrumentos de medición en más de tres ocasiones, es decir, en distintos momentos temporales, y también se puede controlar y/o manipular la variable independiente ajustando los niveles en diferentes momentos específicos para lograr los resultados óptimos (p.75).

**Variables / categorías:** Se tuvo como variable independiente: 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero, Rondón, Muniz y Reyes (2018) explican que escorias de acero se generan mediante la fusión de mineral de hierro, coque y un elemento de fundición, como piedra caliza o dolomita, dentro de un alto horno. Una vez concluido el proceso de fundición metalúrgica, el componente fundente

se une químicamente con los aluminatos y silicatos presentes en la ceniza del mineral y el coque, dando lugar a la formación de la escoria de acero (p. 75). La escoria sirve como sustitución del agregado grueso para obtener una mejor mezcla, en este estudio, la manipulación se llevará a cabo de forma cuidadosa, considerando el 4% 8% 12% y 16% de escoria de acero para ser incorporados en los ensayos. Esto permitirá evaluar y determinar sus propiedades físicas, propiedades mecánicas.

Del mismo modo, la variable dependiente: mezcla asfáltica en caliente, el asfalto, de tonalidad negra y textura variable, es un aglutinante cuya dureza cambia dependiendo de la temperatura en la que se encuentra. El asfalto sólido se convierte en líquido a medida que aumenta la temperatura. La mezcla en caliente que se ha desarrollado se produce a temperaturas que oscilan entre 135°C y 180°C, utilizando agregado grueso, agregado fino, cemento asfáltico 60/70 y escoria de acero (Calva, 2020, p.4). La mezcla homogénea de agregado grueso, fino, cemento asfáltico y, en este caso, escoria de acero se conoce como mezcla asfáltica en caliente. Se medirá mediante el ensayo Marshall para determinar y evaluar las propiedades mecánicas de la misma sustituyendo el 4% 8% 12% y 16% escoria de acero en el agregado grueso.

**Población:** De la presente investigación la población fue la mezcla asfáltica en caliente con proporciones de agregado fino, agregado grueso y asfalto. El criterio **de inclusión** fue mezclas asfálticas con una composición específica de agregados (fino y grueso) y asfalto y como **criterio de exclusión** se determinó las mezclas que no cumplen con las normativas estándar de calidad y diseño.

El tipo de muestreo utilizado en el estudio fue probabilístico, ya que las muestras se seleccionan al azar dentro de un grupo determinado de briquetas. Este enfoque garantiza que cada briqueta tenga la misma probabilidad de ser seleccionada, lo que aumenta la representatividad de la muestra. Arias y Covinos (2021) nos dice que el método utilizado es estratificado, ya que las briquetas se dividen en grupos o estratos basados en ciertas características específicas, como el porcentaje de escoria de acero en sustitución del agregado grueso.



Luego, se toman muestras aleatorias de cada estrato, lo que permite análisis más detallados y precisos (p.41).

**Tabla n.º1:  
Distribución de la muestra**

Descripción	Porcentaje de asfalto					
	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%	Cantidad de briquetas
Mezcla asfáltica en caliente patrón	3	3	3	3	3	15
Mezcla asfáltica en caliente con sustitución en el agregado grueso	Porcentaje de asfalto			5.76%		
	Porcentaje de escoria de acero					
	4%	8%	12%	16%	Cantidad de briquetas	
	4	4	4	4	16	
Cantidad total de briquetas					31	

Fuente: Elaboración propia

**Técnicas e instrumentos de recolección de datos:** Para la investigación diseño de mezclas asfálticas en caliente con porcentajes de escoria de acero en sustitución de agregado grueso la técnica que utilizaremos será la observación. Se emplearán fichas de guía de observación de laboratorio con los resultados obtenidos en cada ensayo como instrumento para la recolección de datos.

**Método para el análisis de datos:** Las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los componentes utilizados en la mezcla asfáltica en caliente fueron examinadas minuciosamente durante el proceso de análisis para el diseño de la mezcla asfáltica. Esto incluyó pruebas de laboratorio realizadas con las fichas de guía de observación.

**Aspectos éticos:** En términos éticos, se siguió las pautas establecidas en la Resolución de vicerrectorado de investigación N° 0283-2022-VI-UCV,

específicamente en Anexos 3,4 y 5 que detalla los principios éticos que debemos tener presente durante la puesta en marcha de esta investigación, se han tomado en cuenta los principios siguientes:

El principio de autonomía, consiste en la libertad de realizar preguntas que desee y crea necesario para aclarar sus inquietudes antes de optar por participar o no. Su elección será respetada en todo momento. Si después de aceptar decide no continuar, puede retirarse del estudio sin ningún inconveniente. Con el principio de No maleficencia, se le informará que no hay riesgo ni daño asociado con su participación en la investigación. En caso de que alguna pregunta le cause incomodidad, tiene la libertad de decidir si desea responderla o no.

El principio de beneficencia, indica que se le comunicará que los resultados de la investigación serán compartidos con la institución al concluir el estudio. No recibirá ningún beneficio económico u otro tipo de recompensa. A nivel individual, el estudio no aportará directamente a su salud. Sin embargo, los resultados podrían beneficiar a la salud pública en general.

Por último, con el principio de justicia, datos recopilados serán anónimos y no incluirán ninguna información que pueda identificar a los participantes, asegurando que la información suministrada será totalmente confidencial y se empleará para actividades directamente relacionadas con la investigación.

### III. RESULTADOS

Se muestra la evaluación del diseño de mezcla, enfocándonos en el contenido óptimo de asfalto, un factor clave en la fabricación de mezcla asfáltica en caliente. El objetivo es identificar el porcentaje en peso ideal de cemento asfáltico que produzca la mezcla con mejores propiedades mecánicas y de rendimiento de la mezcla.

#### 3.1. Determinar el diseño de mezcla con el contenido de asfalto óptimo.

**Tabla n.º2:  
Determinación del contenido de asfalto óptimo para el diseño de mezcla asfáltica convencional**

CUADRO DE RESÚMENES CON PORCENTAJES DE C.A					
% Cemento asfáltico en peso	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
Peso específico Probeta	2.371	2.366	2.399	2.406	2.411
Vacíos	7.7	5.9	4.8	3.5	2.7
Vacíos agregando mineral	17.18	17.12	17.11	17.28	17.55
Vacíos llenados con C. A	55.36	65.54	72.09	79.72	84.83
Flujo (0.25)	12.0	13.6	14.4	15.2	15.6
Estabilidad	1131	1073	1027	972	906
Factor de rigidez	3769	3204	2866	2569	2333
Estab./Fluencia	3769	3204	2866	2569	2333

Fuente: Laboratorio "GEOMEG"

#### Interpretación:

En la tabla n.º 2 observamos resultados de estabilidad, esta descende con el aumento del contenido de asfalto en peso, bajando 1131 a 906, esto puede ser debido a que un exceso de asfalto reduce la fricción interna entre los agregados, el flujo mide la deformación plástica de la mezcla bajo carga, varía ligeramente entre 12.0 y 15.6; por último, el % de vacíos en la mezcla asfáltica disminuyen cuando se incrementa el contenido de asfalto, reduciéndose 7.7 a 2.7. Menos vacíos sugieren una mejor compactación y menor porosidad, lo que puede aumentar la durabilidad de la mezcla.

**Tabla n.º3:  
Diseño de mezcla asfáltica convencional con el contenido de asfalto  
óptimo**

<b>RESULTADOS Y CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA</b>		
Nº de golpes en cada cara de la probeta	50	
% Cemento asfáltico en peso	5.76	%
Peso unitario Probeta	2.403	g/cm <sup>3</sup>
Vacíos	4.05	%
Vacíos agregando mineral	17.20	%
Vacíos llenados con C. A	76.60	%
Flujo, 0.25mm	14.76	mm
Estabilidad	9.78	KN
Factor de rigidez	2680	Kg/cm

**Fuente:** Laboratorio "GEOMEG".

**Interpretación:**

En la tabla n.º 3 observan resultados y características del diseño de mezcla asfáltica mediante Marshall, para tránsito medio (MAC 2 – 50 golpes por lado), determinado con contenido asfalto óptimo 5.76%, 9.78 KN de estabilidad, 14.76 mm de flujo y 4.05% vacíos.

Se lleva a cabo la evaluación de las propiedades físicas y químicas de la escoria, crucial para fabricación de mezclas asfálticas en caliente, con el propósito de determinar su capacidad como material en el diseño de estas mezclas.

### 3.2. Determinar las propiedades físicas y químicas de la escoria de acero.

**Tabla n.º4:  
Propiedad Física - Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado MTC  
E – 107 – “Siderperu”**

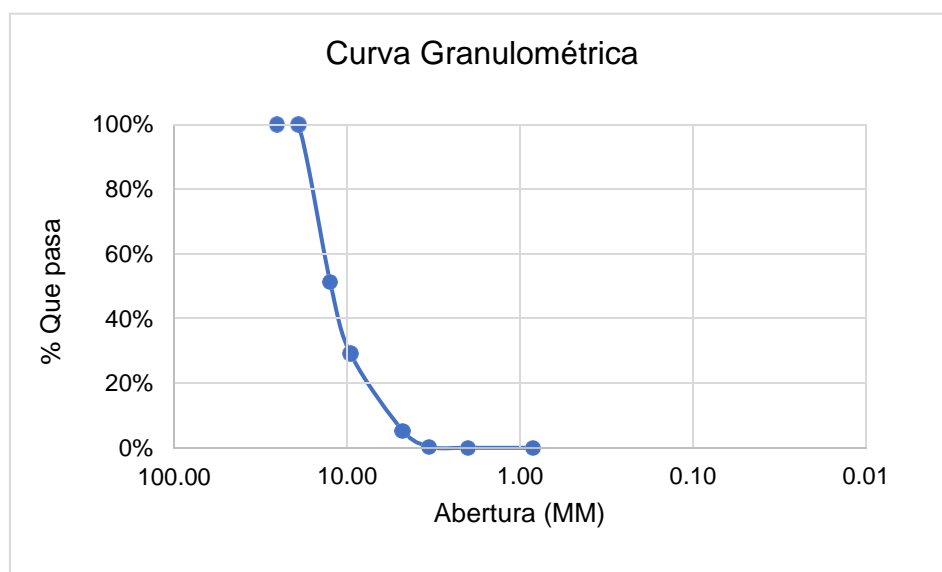
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	
3"	75.000					Peso Inicial (g.) 10 487
2 ½"	63.000					
2"	50.000					
1 ½"	37.500					
1"	25.000				100.0	
¾"	19.000				100.0	
½"	12.500	5111.2	48.7	48.7	51.3	OBSERVACIONES
3/8"	9.500	2321.7	22.1	70.9	29.1	
¼"	6.300					
4	4.750	2503.4	23.9	94.7	5.3	
6	3.350					
8	2.350	524.1	5.0	99.7	0.3	
10	2.000	24.9	0.2	100.0	0.0	
16	1.180	1.6	0.0	100.0	0.0	
20	0.850					
30	0.600					
40	0.425					
50	0.300					
80	0.180					
100	0.150					
200	0.075					
pasa						

Fuente: Laboratorio "GEOMEG"

### Interpretación:

En la tabla n.º 4 observamos los resultados de análisis granulométrico de escoria de acero, evidenciándose que el tamiz de  $\frac{3}{4}$ " (19.000 mm de abertura), el porcentaje que pasa es del 100%. Esto cumple con los parámetros establecidos en el Manual de Carreteras EG. – 2013 para el diseño de mezcla asfáltica en caliente con gradación MAC – 2.

**Gráfico n° 1:**  
**Curva granulométrica de la escoria de acero "Siderperu"**



Fuente: Laboratorio "GEOMEG"

Módulo de finura: 3.65

T.M.N. =  $\frac{3}{4}$ " , T.M = 1"

**Tabla 423-03**

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

FUENTE: Manual de carreteras EG-2013.

Se presenta ensayo abrasión de los Ángeles realizado sobre escoria, según el método MTC E – 207, con el fin de determinar la resistencia al desgaste de diferentes fracciones granulométricas de escoria utilizando esferas de acero de distintos tamaños, midiendo la dureza y durabilidad del material, crucial para evaluar su idoneidad en aplicaciones de pavimentación.

**Tabla n.º5:  
Propiedad Física - Ensayo de Abrasión de los Ángeles – Escoria (MTC E – 207) - “Siderperu”**

GRADACIÓN	“A”	“B”	“C”	“D”
<b>ESFERAS</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>6</b>
1.1/2” - 1”		-		
1” - ¾”		-		
¾” - ½”		2500.4		
½” - 3/8”		2499.7		
3/8” - ¼”		-		
¼” - N° 4		-		
N°4 - N°8		-		
Peso muestra		5000.1		
Peso retenido tamiz N°12		4020.6		
Peso pasante tamiz N°12		979.5		
<b>% DESGASTE</b>		19.59		
<b>PROMEDIO</b>	<b>19.59%</b>			

Fuente: Laboratorio “GEOMEG”

#### **Interpretación:**

En la tabla n.º 5 observamos el resultado abrasión de los Ángeles, donde la norma MTC E – 207, requiere como desgaste máximo un 40% para una altitud ≤3.000 msnm, y como resultado obtuvimos el 19.59% de desgaste en la escoria de acero, evidenciándose que el desgaste establecido cumple con la normativa.

Se presenta el ensayo de gravedad específica y absorción de agregado grueso de escoria de acero, para determinar densidad y su capacidad, ya que estas propiedades afectan directamente la durabilidad y el rendimiento de las mezclas. La tabla detalla las mediciones de peso en diferentes estados (sumergida, seca al horno, etc.) y proporciona los valores calculados de peso específico y porcentaje de absorción.

**Tabla n.º6:  
Propiedad Física - Gravedad Específica y Absorción de Agregado Grueso  
- Escoria de acero - Siderperú (MTC E-206)**

<b>Gravedad Específica y Absorción</b>	<b>BULK</b>
PESO DE CESTA SUMERGIDA	774.28
PIEDRA (SUMERGIDA) + CESTA (SUMERGIDA)	2307.28
TARA DE PIEDRA SSS	396.52
PIEDRA SSS + TARA DE LA PIEDRA SSS	2638.2
PIEDRA SSS SECA AL HORNO + TARA DE PIEDRA SSS	2612.52
PESO ESPECÍFICO DE LA PIEDRA	<b>3.127</b>
ABSORCIÓN (%)	<b>1.16</b>

Fuente: Laboratorio "GEOMEG"

**Interpretación:**

En la tabla n.º 6 observa el resultado de gravedad específica y absorción de la escoria de acero, sabiéndose que para una altitud  $\leq 3.000$  msnm la absorción es 1.0% máximo, y como resultado obtuvimos el 1.16% de absorción en la escoria de acero, no cumpliendo el requerimiento en la norma MTC E – 206.



Se presentan los ensayos de durabilidad con sulfato de magnesio realizado sobre diferentes tamaños de partículas de escoria de acero, con fin de evaluar su resistencia frente a disgregación por exposición a soluciones de sulfato de magnesio, determinando la calidad y la durabilidad de los agregados que se utilizan en las mezclas de asfalto. Estos datos son esenciales para asegurar que los agregados cumplen con los estándares de resistencia necesarios para su uso en ambientes expuestos a sulfatos.

**Tabla n.º7:  
Propiedad Química – Ensayo de Durabilidad con Sulfato de Magnesio  
(NTP 400.016:199)**

Nº	Tamaño	%	Peso Requerido (Gr)	Peso Inicial (Gr)	Peso Final (Gr)	Pérdida De Peso (Gr)	Pérdida De Peso %	Gradación Original (%)	Perdida Corregida %
1	2 ½" a 1 ½"		5000 ± 300						
	2 ½" a 2"	60	3000 ± 300						
	2" a 1 ½"	40	2000 ± 200						
2	1 ½" a ¾"		1500 ± 50						
	1 ½" a 1"	67	1000 ± 50						
	1" a ¾"	33	500 ± 30						
3	¾" a 3/8"		1000 ± 10						
	¾" a ½"	67	670 ± 10	673.1	670.5	2.6	0.39	48.7	0.188
	½" a 3/8"	33	330 ± 5	330.8	328.9	1.9	0.57	22.1	0.127
4	3/8" a N°4		330 ± 5	302.0	299.1	2.9	0.96	23.9	0.230
									0.54%

Fuente: Laboratorio "GEOMEG"

### Interpretación:

En la tabla n.º 7 muestra el resultado del ensayo de durabilidad con sulfato de magnesio de la escoria de acero, sabiéndose que para una altitud ≤ 3.000 msnm el índice de durabilidad es 35% como mínimo, y como resultado obtuvimos 0.54% en el índice de durabilidad de la escoria de acero, efectuando así con el requerimiento en la norma MTC E – 214.

Se presenta el análisis químico para cuantificar el contenido total de sales solubles en escoria de acero. Esta evaluación es fundamental para determinar la calidad del material y su aptitud para diferentes usos, especialmente en la construcción de carpetas asfálticas. Las sales solubles pueden tener un impacto significativo en la durabilidad y el rendimiento del asfalto mezclado en caliente, lo que puede provocar eflorescencias y comprometer la resistencia del pavimento asfáltico.

**Tabla n.º8:  
Análisis Químico – Escoria de Acero**

ENSAYOS	RESULTADO
Sales solubles totales	408ppm %
Sales solubles totales	0.041 %

Fuente: Laboratorio "GEOMEG"

#### **Interpretación:**

En la tabla n.º 8 observamos el resultado de análisis químico de escoria de acero, sabiéndose que para una altitud  $\leq 3.000$  msnm el contenido de sales solubles es 0.5% como máximo, y como resultado obtuvimos 0.041%, cumpliendo con el requerimiento en la norma MTC E – 219.

Se presenta un análisis para evaluar la cantidad de escoria acero utilizada como reemplazo del agregado grueso en diseños de mezclas asfálticas en caliente, el objetivo es determinar las proporciones óptimas de escoria acero y optimizar las propiedades de las mezclas asfálticas en caliente.

**3.3. Determinar la cantidad de escoria de acero para la sustitución en el diseño de mezcla asfáltica en caliente.**

**Tabla n.º9:  
Cantidad de escoria de acero para la sustitución en el diseño de mezcla asfáltica en caliente**

Porcentajes	PEN	Piedra Chancada	Arena Zarandeada	Escoria De Acero	Peso Escoria De Acero (gr)
4%	72.0	40.3%	58.0%	1.7%	19.8
8%	72.0	38.6%	58.0%	3.4%	39.6
12%	72.0	37.0%	58.0%	5.0%	59.4
16%	72.0	35.3%	58.0%	6.7%	79.2

Fuente: Laboratorio "GEOMEG"

**Interpretación:**

En la tabla n.º 9 observamos los porcentajes de escoria de acero que se sustituyó en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, siendo la dosificación de la mezcla 42% agregado grueso y 58% de arena zarandeada, donde los porcentajes de 4%,8%,12% y 16%, representan el 1.7%, 3.4%, 5.0%, 6.7% de reemplazo de escoria de acero en el agregado grueso. El peso correspondiente de la escoria de acero en el 4% fue19.8 gr., en el 8% se sustituyó 39.6 gr., en 12% se sustituyó 59.4 gr., y en el último porcentaje de 16% se sustituyó 79.2gr.

Se presenta una evaluación de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente, considerando tanto su composición original como la incorporación de escorias siderúrgicas como sustituto del agregado grueso a diferentes porcentajes. El objetivo es investigar las propiedades mecánicas de la mezcla, abarcando rigidez, vacíos, flujo y estabilidad.

### 3.4. Determinar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente patrón y con sustitución de escoria de acero en 4% 8% 12% y 16%.

**Tabla n.º10:  
Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente patrón**

ESPECIFICACIONES	UND.	PAR.	CUADRO DE RESÚMENES CON PORCENTAJES DE C.A				
			4.50%	5.00%	5.50 %	6.00%	6.50%
% Cemento asfáltico en peso	%	-	4.50%	5.00%	5.50 %	6.00%	6.50%
Peso específico Probeta	g/cm3	-	2.371	2.366	2.399	2.406	2.411
Vacíos	%	3-5	7.7	5.9	4.8	3.5	2.7
Vacíos agregando mineral	%	Min 13%	17.18	17.12	17.11	17.28	17.55
Vacíos llenados con C. A	%	70-80	55.36	65.54	72.09	79.72	84.83
Flujo. 0.25mm	Mm	8-16	12.0	13.6	14.4	15.2	15.6
Estabilidad	kN	>5.44	11.09	10.52	10.07	9.53	8.88
Factor de rigidez	kg/cm	1700-4000	3769	3204	2866	2569	2333

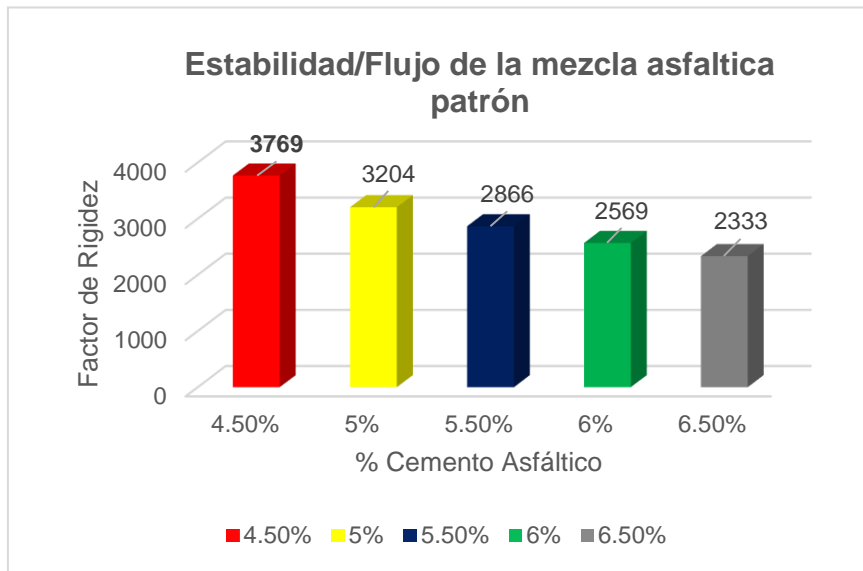
Fuente: Laboratorio "GEOMEG"

#### Interpretación:

En la tabla n.º 10 se presentan las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente estándar, contenidos de asfalto del 4.50%, 5.00%, 5.50%, 6.00% y 6.50% de cemento asfáltico, observándose que el aumento del mismo, está relacionado con una disminución en el porcentaje de vacíos en las muestras de asfalto de 7.7%, 5.9%, 4.8%, 3.5%, 2.7%, el flujo del asfalto es de 12.0 mm, 13.6 mm, 14.4 mm, 15.2 mm, 15.6 mm. De esta forma, cuando aumenta el porcentaje de cemento asfáltico, aumenta el flujo y puede existir una mayor deformación del asfalto bajo carga, además, la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente

disminuye con los valores 11.09kN, 10.52kN, 10.07kN, 9.53kN, 8.88kN y el factor de rigidez también tiende a reducirse, con los valores de 3769 kg/cm, 3204 kg/cm, 2866 kg/cm, 2569 kg/cm, 2333 kg/cm, a la vez que aumenta el porcentaje de cemento asfáltico.

**Gráfico n° 2:**  
**Estabilidad/flujo de la mezcla asfáltica en caliente patrón**



Fuente: Elaboración propia

### Interpretación:

En el gráfico n.º2 se observa el factor de rigidez procedente del ensayo Marshall realizado en la mezcla asfáltica patrón, evaluándose diferentes contenidos de asfalto: 4.50%, 5.00 %, 5.50%, 6.00%, 6.50%, revelando que una menor cantidad de cemento asfáltico conduce a un mejor resultado.

Presentamos una evaluación exhaustiva de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica, enfatizando los resultados logrados con óptimo contenido de asfalto. El propósito es proporcionar una descripción extensa de las características mecánicas de una mezcla asfáltica diseñada para soportar tráfico de intensidad media.

**Tabla n.º11:  
Propiedades mecánicas de la mezcla en caliente con el contenido de asfalto óptimo**

<b>CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MARSHALL MTC - E 504</b>			
<b>Parámetro de diseño</b>	<b>Clase de mezcla B</b>	<b>Laboratorio</b>	
Nº de golpes en cada cara de la probeta	50	50	
% Cemento asfáltico en peso		5.76	%
Peso unitario Probeta		2.403	g/cm <sup>3</sup>
Vacíos	3-5	4.05	%
Vacíos agregando mineral		17.2	%
Vacíos llenados con C. A		76.6	%
Flujo, 0.25mm	8-16	14.76	mm
Estabilidad (mínimo)	5,44	9.78	kN
Factor de rigidez	1.700-4.000	2680	Kg/cm

Fuente: Laboratorio "GEOMEG"

### **Interpretación:**

En la tabla n.º 11 observamos las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente patrón con óptimo contenido de asfalto 5.76%. Los resultados indican un porcentaje de vacíos del 4.05%, flujo de asfalto de 14.76 mm, estabilidad de 9.98 kN y un factor de rigidez de 2680 kg/cm, lo cuales cumplen con los criterios en el M.C. EG – 2013.

Presentamos una evaluación de las características mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente, destacando los resultados logrados con óptimo contenido de asfalto. El propósito es proporcionar una descripción extensa de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente con 4% escoria siderúrgica en sustitución del agregado grueso, diseñada para soportar un tráfico de intensidad media.

**Tabla n.º12:  
Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente en sustitución del 4% de escoria de acero en el agregado grueso**

<b>CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MARSHALL MTC - E 504</b>			
<b>Parámetro de diseño</b>	<b>Clase de mezcla B</b>	<b>Laboratorio</b>	
Nº de golpes en cada cara de la probeta	50	50	
% Cemento asfáltico en peso		5.76	%
Peso unitario Probeta		2.394	g/cm <sup>3</sup>
Vacíos	3-5	4.4	%
Vacíos agregando mineral		17.6	%
Vacíos llenados con C. A		74.9	%
Flujo, 0.25mm	8-16	15.2	mm
Estabilidad (mínimo)	5,44	10.01	kN
Factor de rigidez	1.700-4.000	2710	Kg/cm

Fuente: Laboratorio "GEOMEG.

**Interpretación:**

Como se muestra en la tabla n.º 12, el asfalto mezclado en caliente, que incorpora 5.76 % de cemento asfáltico (el porcentaje de diseño óptimo) y 4% escoria de acero en reemplazo de agregado grueso, exhibe propiedades mecánicas favorables. La estabilidad alcanzó 10,01 kN, el flujo fue de 15,2 mm, el contenido de vacíos fue de 4,4 % y el factor de rigidez fue de 2710 kg/cm. Estos resultados cumplen con los criterios especificados en M. C. EG – 2013, y se aprecia un progreso en la rigidez, estabilidad y flujo.

Se presentan las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente, destacando los resultados adquiridos con un contenido de asfalto óptimo. El objetivo es proporcionar una descripción detallada de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente habiendo sustituido 8% escoria de acero en el agregado grueso, diseñada como soporte de un tráfico de intensidad media.

**Tabla n.º13:  
Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente en sustitución del 8% de escoria de acero en el agregado grueso**

CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MARSHALL MTC - E 504			
Parámetro de diseño	Clase de mezcla B	Laboratorio	
Nº de golpes en cada cara de la probeta	50	50	
% Cemento asfáltico en peso		5.76	%
Peso unitario Probeta		2.389	g/cm <sup>3</sup>
Vacíos	3-5	4.7	%
Vacíos agregando mineral		18.0	%
Vacíos llenados con C. A		73.6	%
Flujo, 0.25mm	8-16	15.2	mm
Estabilidad (mínimo)	5,44	10.64	kN
Factor de rigidez	1.700-4.000	2844	Kg/cm

Fuente: Laboratorio "GEOMEG.

**Interpretación:**

Como se muestra en la tabla n.º 13, el asfalto mezclado en caliente, que incorpora 5.76 % de cemento asfáltico (el porcentaje de diseño óptimo) y 8% escoria de acero en reemplazo del agregado grueso, exhibe propiedades mecánicas favorables. La estabilidad alcanzó 10,64 kN, el flujo fue de 15,2 mm, el contenido de vacíos fue de 4,7 % y el factor de rigidez fue de 2884 kg/cm, en el M.C. EG – 2013, según los resultados obtenidos, se cumple con los parámetros y se aprecia un progreso en el factor de rigidez, estabilidad y flujo y a la vez afecta los vacíos en la mezcla.



Se presentan una evaluación detallada de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente, destacando los resultados alcanzados con un contenido de asfalto óptimo. El propósito es proporcionar una descripción extensa de las características mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente con 12% escoria siderúrgica en reemplazo del agregado grueso, diseñada para manejar tráfico de intensidad media.

**Tabla n.º14:  
Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente en sustitución del 12% de escoria de acero en el agregado grueso**

CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MARSHALL MTC - E 504			
Parámetro de diseño	Clase de mezcla B	Laboratorio	
Nº de golpes en cada cara de la probeta	50	50	
% Cemento asfáltico en peso		5.76	%
Peso unitario Probeta		2.383	g/cm <sup>3</sup>
Vacíos	3-5	5.1	%
Vacíos agregando mineral		18.3	%
Vacíos llenados con C. A		72.3	%
Flujo, 0.25mm	8-16	15.2	mm
Estabilidad (mínimo)	5,44	10.86	kN
Factor de rigidez	1.700-4.000	2891	Kg/cm

Fuente: Laboratorio "GEOMEG.

### Interpretación:

La tabla n.º 14 presenta las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente, contienen 5.76% de cemento asfáltico, el porcentaje óptimo para su diseño, y sustituye un 12% del agregado grueso con escoria de acero. La estabilidad fue de 10.86 kN, el flujo fue de 15.2 mm, el porcentaje de vacío fue del 5.1% y el factor de rigidez fue de 2891 kg/cm, en el M.C. EG – 2013, según los resultados obtenidos, se cumple con los parámetros y se aprecia un progreso en estabilidad, el factor de rigidez y el flujo, a la vez afecta los vacíos en la mezcla.

Se presentan las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente, destacando los resultados logrados con un contenido de asfalto. El objetivo es proporcionar una descripción detallada de las propiedades mecánicas de una

mezcla asfáltica en caliente habiendo sustituido 16% escoria de acero en el agregado grueso, diseñada para soportar un tráfico de intensidad media.

**Tabla n.º15:  
Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente en sustitución  
del 16% de escoria de acero en el agregado grueso**

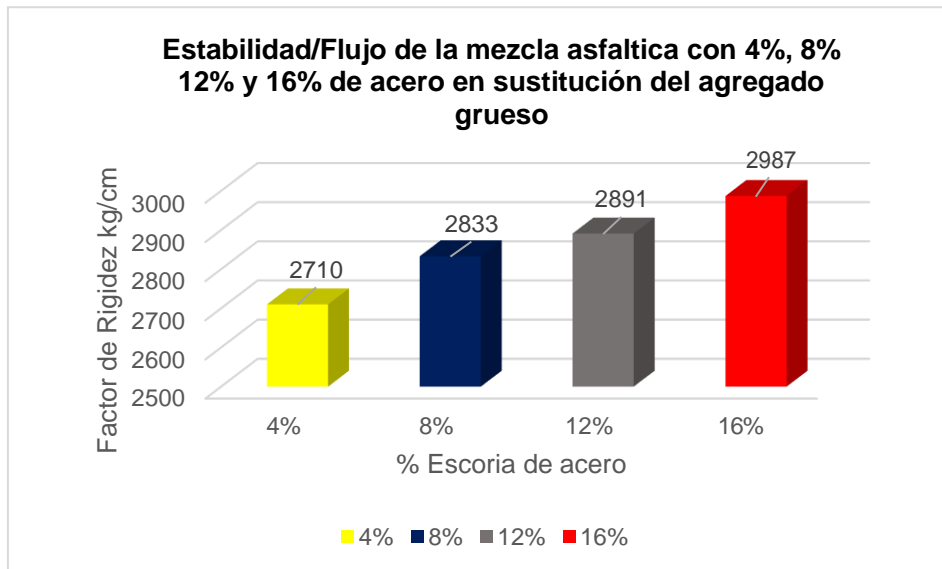
CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MARSHALL MTC - E 504			
Parámetro de diseño	Clase de mezcla B	Laboratorio	
Nº de golpes en cada cara de la probeta	50	50	
% Cemento asfáltico en peso		5.76	%
Peso unitario Probeta		2.381	g/cm <sup>3</sup>
Vacíos	3-5	5.4	%
Vacíos agregando mineral		18.1	%
Vacíos llenados con C. A		70.0	%
Flujo, 0.25mm	8-16	16.0	mm
Estabilidad (mínimo)	5,44	11.57	kN
Factor de rigidez	1.700-4.000	2987	Kg/cm

Fuente: Laboratorio "GEOMEG.

### Interpretación:

La tabla n.º 15 presenta las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente, la cual contiene 5.76% de cemento asfáltico, el porcentaje óptimo para su diseño, y sustituye un 16% con escoria de acero del agregado grueso. La estabilidad fue 11.57 kN, el flujo 16.0 mm, el porcentaje de vacío fue del 5.4% y el factor de rigidez fue de 2987 kg/cm, en el M.C. EG – 2013, según los resultados obtenidos, se cumple con los parámetros y se aprecia un progreso en la estabilidad y el factor de rigidez, viéndose afectado a la vez el porcentaje de vacíos y flujo.

**Gráfico n.º 3:**  
**Estabilidad/flujo de la mezcla asfáltica en caliente en sustitución de 4%,8%,12% y 16% de escoria de acero en el agregado grueso**



Fuente: Elaboración propia

### Interpretación:

En el gráfico n.º 3 observamos los resultados del factor de rigidez, obtenidos del diseño de la mezcla asfáltica en caliente sustitución de la escoria de acero del 4 %, 8 %, 12 % y 16 % en el agregado grueso, manteniendo un contenido óptimo de asfalto de 5.76%. Se observa que el mejor resultado se logró con una sustitución del 16% de escoria de acero en el agregado grueso.

Se presenta un estudio dirigido a evaluar el efecto del reemplazo de escoria de acero en mezclas asfálticas en caliente, sustituyendo escoria siderúrgica en el agregado grueso en porcentajes variables. El estudio evalúa parámetros que incluyen el contenido de cemento asfáltico (% AC), porcentaje vacíos, el flujo (mm) y estabilidad (kN). Esta investigación es esencial para comprender cómo la adición de escoria siderúrgica interviene en las propiedades mecánicas y el rendimiento de la mezcla asfáltica en caliente.

**3.5. Evaluar el efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso.**

**Tabla n.º16:  
Efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso**

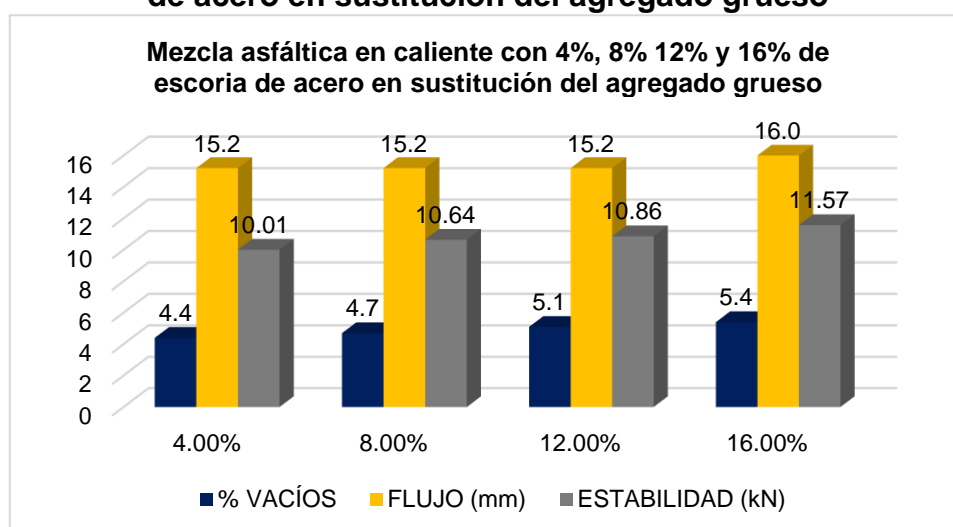
<b>% ESCORIA DE ACERO</b>	<b>% C.A</b>	<b>% VACÍOS</b>	<b>FLUJO (mm)</b>	<b>ESTABILIDAD (kN)</b>
0.00%	5.76	4.05	14.76	9.78
4.00%	4.50	7.7	12.0	11.09
	5.00	5.9	13.6	10.52
	5.50	4.8	14.4	10.07
	5.76	4.4	15.2	10.01
	6.00	3.5	15.2	9.53
	6.50	2.7	15.6	8.88
8.00%	4.50	7.7	12.0	11.09
	5.00	5.9	13.6	10.52
	5.50	4.8	14.4	10.07
	5.76	4.7	15.2	10.64
	6.00	3.5	15.2	9.53
	6.50	2.7	15.6	8.88
12.00%	4.50	7.7	12.0	11.09
	5.00	5.9	13.6	10.52
	5.50	4.8	14.4	10.07
	5.76	5.1	15.2	10.86
	6.00	3.5	15.2	9.53
	6.50	2.7	15.6	8.88
16.00%	4.50	7.7	12.0	11.09
	5.00	5.9	13.6	10.52
	5.50	4.8	14.4	10.07
	5.76	5.4	16.0	11.57
	6.00	3.5	15.2	9.53
	6.50	2.7	15.6	8.88

Fuente: Laboratorio "GEOMEG"

### Interpretación:

En la tabla n.º 16 observamos los efectos de la mezcla asfáltica en caliente con el óptimo contenido 5.76% cemento asfáltico, con 4% escoria acero aquí el porcentaje de vacíos se disminuye a comparación de la sustitución del 16%. El flujo de la mezcla asfáltica incrementa de manera consistente, y variando ligeramente con el porcentaje de escoria de acero: 15.2 mm para 4%, 15.2 mm para 8%, 15.2 mm para 12% y 16.0 mm para 16%. La estabilidad muestra un comportamiento variado dependiendo del porcentaje de escoria de acero. Con 4% de esta, la estabilidad es de 10.01 kN, mientras que con 16% de escoria de acero, la estabilidad aumenta a 11.57 kN. Se evidencia que el diseño de mezcla patrón mejoraría sus propiedades mecánicas como estabilidad, flujo, vacíos, factor de rigidez, sustituyendo el 4% y 8% de escoria de acero en agregado grueso.

**Gráfico n° 4:**  
**Efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso**



Fuente: Laboratorio "GEOMEG"

### Interpretación:

En el gráfico n.º4, observamos el efecto de la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero sustitución del agregado grueso, resultando que los porcentajes 4% y 8%, si cumplen son los parámetros de % de vacíos, flujo y estabilidad según la norma EG-2013, y los porcentajes del 12% y 16% no cumplen con el parámetro del % de vacíos, resultando superior al 5%.

## CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Hi: El reemplazo de escoria de acero en 4%, 8% 12% y 16% mejorarían la mezcla asfáltica en caliente.

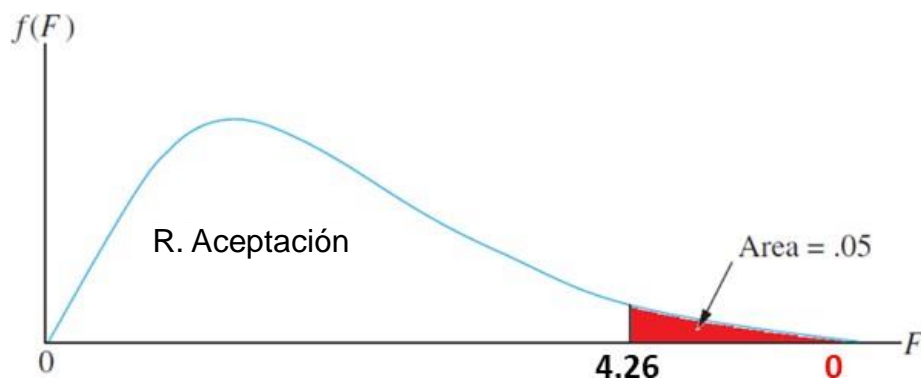
Ho: El reemplazo de escoria de acero en 4%, 8% 12% y 16% no mejorarían la mezcla asfáltica en caliente.

**Tabla n.º17:**  
**Análisis de varianza del reemplazo de escoria de acero en 4%.**

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.08435	2	0.042175	0.00503104	0.99498439	4.25649473
Dentro de los grupos	75.44665	9	8.38296111			
Total	75.531	11				

Fuente: elaboración propia

**Gráfico n.º 5:**  
**Curva F de Snedecor - Reemplazo de escoria de acero en 4%**



### Interpretación:

El estadístico F calculado es 0.00503104, que es mucho menor que el valor crítico de F (4.25649473). Esto sugiere que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas entre los tratamientos o condiciones, el p-valor es 0.99498439, que es significativamente mayor que cualquier nivel típico de significancia (como 0.05 o 0.01). Esto confirma que el reemplazo de escoria de acero en 4% mejoraría significativamente las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.

**Tabla n.º18:  
Análisis de disimilitud muestral con el método Tukey - Reemplazo de escoria de acero en 4%**

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
u1-u2	0.19	NO SIGNIFICATIVA
u1-u3	0.16	NO SIGNIFICATIVA
u2-u3	0.03	NO SIGNIFICATIVA

Fuente: elaboración propia

**Interpretación:**

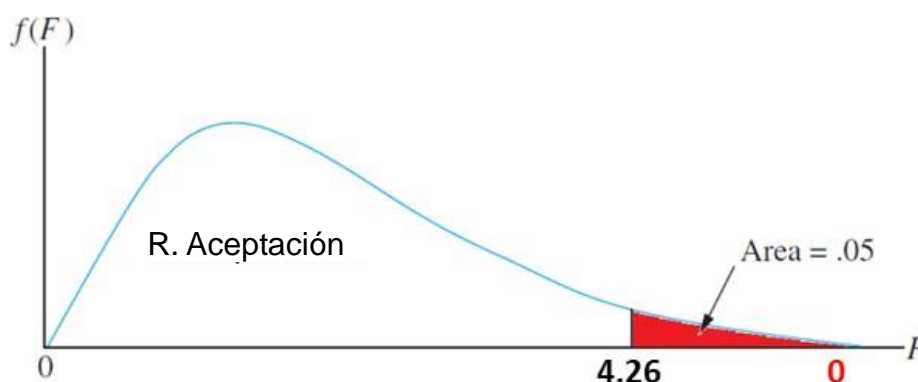
No se encontraron diferencias significativas entre las medias de los grupos (u1, u2, u3) en cuanto al reemplazo de escoria de acero en un 4%. Esto respalda los resultados obtenidos en el análisis de varianza, donde tampoco se encontraron diferencias significativas entre los grupos.

**Tabla n.º19:  
Análisis de varianza del reemplazo de escoria de acero en 8%.**

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.00781667	2	0.00390833	0.00039724	0.999602853	4.25649473
Dentro de los grupos	88.547675	9	9.838630556			
Total	88.5554917	11				

Fuente: elaboración propia

**Gráfico n.º 5:  
Curva F de Snedecor - Reemplazo de escoria de acero en 8%**



### Interpretación:

El estadístico F calculado es 0.00039724, que es mucho menor que el valor crítico de F (4.25649473). Esto sugiere que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas entre los tratamientos o condiciones, el p-valor es 0.99960285, que es significativamente mayor que cualquier nivel típico de significancia (como 0.05 o 0.01). Esto confirma que el reemplazo de escoria de acero en 8% mejoraría significativamente las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.

**Tabla n.º20:**  
**Análisis de disimilitud muestral con el método Tukey - Reemplazo de escoria de acero en 8%**

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
u1-u2	0.06	NO SIGNIFICATIVA
u1-u3	0.01	NO SIGNIFICATIVA
u2-u3	0.05	NO SIGNIFICATIVA

Fuente: elaboración propia

### Interpretación:

No se encontraron diferencias significativas entre las medias de los grupos (u1, u2, u3) en cuanto al reemplazo de escoria de acero en un 8%. Esto respalda los resultados obtenidos en el análisis de varianza, donde tampoco se encontraron diferencias significativas entre los grupos.

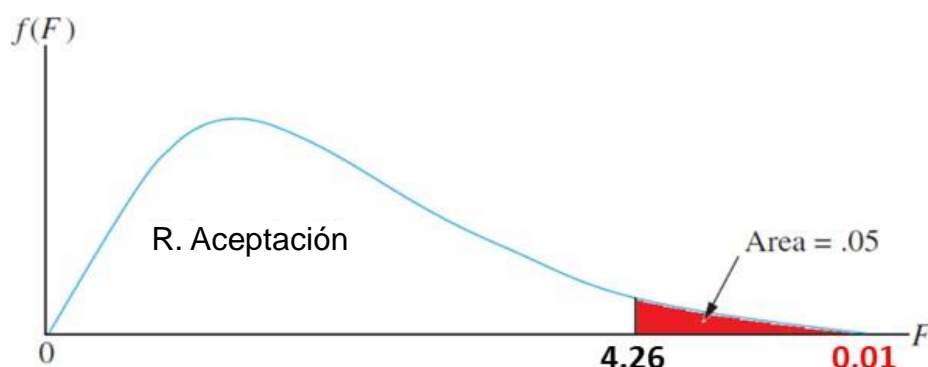
**Tabla n.º21:**  
**Análisis de varianza del reemplazo de escoria de acero en 12%.**

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.114516667	2	0.057258333	0.0056082	0.994410969	4.256494729
Dentro de los grupos	91.887775	9	10.20975278			
Total	92.00229167	11				

Fuente: elaboración propia



**Gráfico n.º 6:**  
**Curva F de Snedecor - Reemplazo de escoria de acero en 12%**



**Interpretación:**

El estadístico F calculado es 0.0056082, que es mucho menor que el valor crítico de F (4.256494729). Esto sugiere que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas entre los tratamientos o condiciones, el p-valor es 0.994410969, que es significativamente mayor que cualquier nivel típico de significancia (como 0.05 o 0.01). Esto confirma que el reemplazo de escoria de acero en 12% mejoraría significativamente las propiedades mecánicas.

**Tabla n.º22:**  
**Análisis de disimilitud muestral con el método Tukey - Reemplazo de escoria de acero en 12%**

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
u1-u2	0.19	NO SIGNIFICATIVA
u1-u3	0.03	NO SIGNIFICATIVA
u2-u3	0.22	NO SIGNIFICATIVA

Fuente: elaboración propia

**Interpretación:**

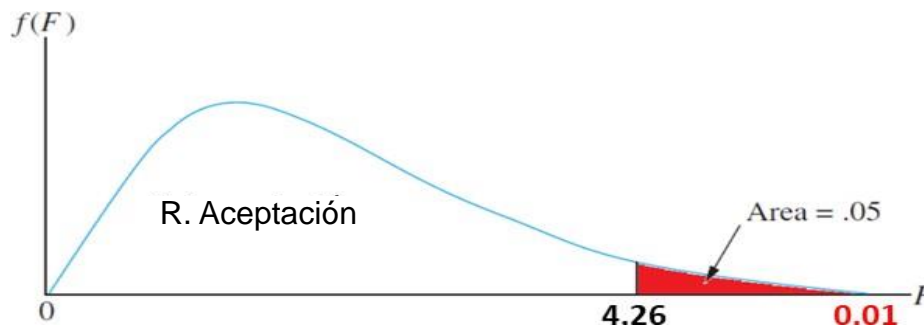
No se encontraron diferencias significativas entre las medias de los grupos (u1, u2, u3) en cuanto al reemplazo de escoria de acero en un 12%. Esto respalda los resultados obtenidos en el análisis de varianza, donde tampoco se encontraron diferencias significativas entre los grupos.

**Tabla n.º23:  
Análisis de varianza del reemplazo de escoria de acero en 16%**

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.19261667	2	0.09630833	0.00801306	0.99202603	4.256494729
Dentro de los grupos	108.170275	9	12.0189194			
Total	108.362892	11				

Fuente: elaboración propia

**Gráfico n.º 7:  
Curva F de Snedecor - Reemplazo de escoria de acero en 16%**



**Interpretación:**

El estadístico F calculado es 0.00801306, que es mucho menor que el valor crítico de F (4.256494729). Esto sugiere que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas entre los tratamientos o condiciones, el p-valor es 0.99202603, que es significativamente mayor que cualquier nivel típico de significancia (como 0.05 o 0.01). Esto confirma que el reemplazo de escoria de acero en 16% mejoraría significativamente las propiedades mecánicas.

**Tabla n.º24:  
Análisis de disimilitud muestral con el método Tukey - Reemplazo de escoria de acero en 16%**

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
u1-u2	0.14	NO SIGNIFICATIVA
u1-u3	0.17	NO SIGNIFICATIVA
u2-u3	0.31	NO SIGNIFICATIVA

Fuente: elaboración propia

**Interpretación:**

No se encontraron diferencias significativas entre las medias de los grupos ( $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\mu_3$ ) en cuanto al reemplazo de escoria de acero en un 16%. Esto respalda los resultados obtenidos en el análisis de varianza, donde tampoco se encontraron diferencias significativas entre los grupos.

## IV. DISCUSIÓN

4.1. Se planteó como primer objetivo específico, determinar el diseño de mezcla con contenido asfalto óptimo, basándose en los aportes de (León et al. 2017, p. 12) donde nos indican que el objetivo del diseño mezcla asfáltica es anticipar rendimiento el pavimento debe mostrar para prolongar su durabilidad al máximo teniendo en cuenta las características del tamaño de partícula y las proporciones adecuadas de los agregados y el asfalto, aumentar la cantidad de asfalto puede hacer que el pavimento sea más propenso a deformaciones permanentes. Dada esta información, en nuestra investigación tuvimos como resultado las características del diseño de mezcla asfáltica mediante Marshall, para un tránsito medio (MAC 2 – 50 golpes por lado), resultando como contenido de asfalto óptimo el 5.76%, 9.78 kN de estabilidad, 14.76 mm de flujo y 4.05% de vacíos. De la misma manera, Novoa (2020) en su investigación obtuvo como resultado un 7% de contenido de asfalto en su diseño de mezcla, 5.5% de vacíos, estabilidad 18.7 Kn, flujo 3.6mm, sin cumplir con el rango de flujo. Por otra parte, Morcote (2019) tuvo como resultado 5.00% de contenido óptimo de asfalto en su diseño mezcla, 23.507 Kn de estabilidad y 3.9mm de flujo. Con esto se evidencia que una de las discrepancias más notables radica en el contenido óptimo de asfalto, donde nuestro estudio sugiere un valor ligeramente inferior al obtenido por Novoa y semejante al de Morcote, Por otra parte, esto puede atribuirse a diferencias en los materiales utilizados. Además, las variaciones en la estabilidad y el flujo también pueden influenciar la utilidad y durabilidad de la mezcla asfáltica.

4.2. Se planteó como segundo objetivo específico el determinar propiedades físicas y químicas de la escoria de acero, basándonos los aportes de (Rondón et al., 2018, p.13) donde mencionan que la escoria de acero exhibe una elevada dureza, densidad y resistencia a la abrasión, junto con una notable capacidad de absorción. Su superficie es áspera y las partículas tienen una forma angular y caras fracturadas. Teniendo en cuenta esto, en nuestra investigación tuvimos como resultado en el análisis granulométrico, que el tamiz de  $\frac{3}{4}$ " – 19.000 mm de abertura, el porcentaje que pasa es el 100%, en abrasión de los Ángeles obtuvimos el 19.59% de desgaste, la gravedad específica y absorción resultó 1.16%, no cumpliendo con el requerimiento en la norma MTC E – 206. Asimismo,

como propiedades químicas se determinó el índice de durabilidad resultando 0.54% y el análisis químico de la escoria de acero resultando 0.041% de sales solubles totales. Por otro lado, Goli (2021) en su investigación obtuvo como resultados de sus ensayos físicos y químicos de la escoria de acero en ensayo de corrosión de los ángeles 19% de desgaste, 3.1% de absorción de agua y gravedad específica de 3.2 g/cm<sup>3</sup>. Por otra parte, Calva (2020) en su investigación obtuvo como resultado el 26,34% de desgaste en ensayo de abrasión de los Ángeles, 0.07% sales solubles y 2.4% de absorción. Con esto se evidencia que la escoria de acero evaluada no cumple con todos los estándares requeridos para su uso en diseño de mezclas asfálticas debido a sus deficiencias en términos de densidad y absorción de agua, por su alta porosidad del material.

4.3. Se consideró como tercer objetivo específico, determinar la cantidad de escoria de acero para el reemplazo del agregado grueso en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, basándose aportes de Shiha, et al. (2020) donde menciona que a la vez que se aumenta la cantidad de EAFS (escoria de horno de arco eléctrico), la rigidez generalmente aumenta. Hecha esta aclaración, en nuestra investigación las proporciones fueron 42% de agregado grueso y 58% de arena zarandeada, donde los porcentajes de 4%, 8%, 12% y 16%, representan el 1.7%, 3.4%, 5.0%, 6.7% de sustitución de escoria en el agregado grueso. El peso correspondiente de la escoria de acero en el 4% fue 19.8 gr., en el 8% se sustituyó 39.6 gr., en 12% se sustituyó 59.4 gr., y en el último porcentaje de 16% se sustituyó 79.2 gr. En el estudio de Luis y Silva (2022), utilizaron como proporciones de sus materiales el 45% de grava y 55% de arena, incorporando 15% (76.14 gr.), 25% (126.90 gr.), 50% (253.80 gr.) y 75% 380.70 de escoria de acero. Por otro lado, Higuera y Morales (2021) en su investigación, la mezcla asfáltica estuvo compuesta por 51.49% agregado grueso y 48.51% agregado fino, cambiando porcentajes de escoria en el agregado grueso en los porcentajes de 10% (5,149 gr.), 20% (10.3 gr.), 30% (15.45 gr.), 40% (20.6 gr.) y 50% (25.75 gr.). Como se puede apreciar a partir de todo lo expuesto, se evidencia que se tomaron diferentes porcentajes de escoria de acero cada estudio, con fin, determinar qué porcentaje y cantidad de escoria de acero es adecuado para el reemplazo en el agregado grueso para mejores resultados en propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente y cumpla parámetros para el diseño.

4.4. Se planteó como cuarto objetivo específico, determinar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente patrón y con reemplazo de escoria de acero 4% 8% 12% y 16%. Basándose en los aportes de (Aulestia y Chávez, 2017, p. 46) donde nos dicen que la estabilidad se incrementa con aumento de asfalto óptimo hasta alcanzar un límite, después este comienza disminuir, el valor del flujo aumenta de manera continua a la vez que incrementa el contenido óptimo de asfalto, mientras que el porcentaje de vacíos de aire reduce progresivamente a la vez que aumenta el contenido de asfalto. Considerando esto, en el diseño de mezcla asfáltica en caliente patrón mediante el método Marshall, con el 4.50%, 5.00 %, 5.50%, 6.00%, 6.50% de cemento asfáltico, se obtuvo como resultado 5.76% de cemento asfáltico óptimo en el diseño, con 4.05 % vacíos, flujo de 14.76mm, estabilidad de 9.78 kN y por último un factor de rigidez de 2680 kg/cm. Y con sustitución del 4% de escoria de acero, resultó 4.4 % de vacíos, estabilidad de 10.01 kN, flujo de 15.2 mm, y 2710 kg/cm en el factor de rigidez, con sustitución del 8% de escoria de acero, resultó 4.7% de vacíos, estabilidad de 10.64 kN, y flujo de 15.2mm y 2844 kg/cm en el factor de rigidez, con sustitución del 12% de escoria de acero, resultó 5.1% de vacíos, estabilidad de 10.86 kN, y flujo de 15.2mm y 2891 kg/cm en el factor de rigidez, y por último con 16% de escoria de acero resultó 5.4% de vacíos, estabilidad de 11.57 kN, flujo de 16 mm y 2987 kg/cm en el factor de rigidez. Con respecto a Neves y Crucho (2023) en su diseño de mezcla asfáltica sin porcentaje de agregado de escoria de acero (ASS), y 4.70% de contenido de aglutinante, obtuvieron 4.34% de vacíos, flujo de 3.81mm y estabilidad de 8.497kN, con 20% ASS y 4.70% de contenido de aglutinante, 3.64% de vacíos, flujo de 4.52mm y estabilidad de 12.94kN, por último, con 35% ASS y 4.53 de contenido de aglutinante, 3.26% de vacíos, flujo de 4.53mm y estabilidad de 16.77Kn. De forma similar, Delgado (2021) obtuvo como resultado en el diseño de su mezcla asfáltica patrón con 5.70% de cemento asfáltico, 4.6% de vacíos, 9.5mm de flujo, y 13.10 kN de estabilidad, e incorporando 0.10% de escoria de acero obtuvo un resultado de 4.3% de vacíos, estabilidad de 12.7kN y 9.55mm de flujo, incorporando 0.20% de escoria de acero obtuvo un resultado de 4.3% de vacíos, estabilidad de 12.45kN y 9.55mm de flujo, incorporando 0.30% de escoria de acero obtuvo un resultado de 3.8% de vacíos, estabilidad de 12.83kN y 9.48mm de flujo, incorporando 0.40% de escoria de acero obtuvo un resultado de 3.9% de vacíos,

estabilidad de 12.72kN y 9.57mm de flujo, y por último, incorporando 0.50% de escoria de acero obtuvo un resultado de 4.3% de vacíos, estabilidad de 14.27kN y 9.57mm de flujo. Con esto se evidencia que la incorporación de escoria de acero en las mezclas asfálticas en caliente, puede mejorar ciertas propiedades mecánicas, como el factor de rigidez y la estabilidad, aunque también afecta los vacíos y el flujo.

4.5. Se planteó como objetivo general, evaluar el efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso, basándose en los aportes de (Pramukh, 2018, p. 4) que nos dice que el utilizar la escoria siderúrgica como reemplazo del agregado grueso en la mezcla asfáltica en caliente aumenta notablemente densidad, estabilidad y resistencia. Además, la integración de escoria siderúrgica para la creación de pavimentos flexibles mejora su eficiencia, capacidad de servicio y durabilidad. Considerando esto, en nuestra investigación la mezcla asfáltica en caliente con 4% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso en su contenido de asfalto óptimo 5.76%, presentó 4.4% vacíos, 15.2mm de flujo y estabilidad de 10.01kN, con un 8% de escoria de acero, presentó 4.7% de vacíos, 15.2mm de flujo y estabilidad de 10.64, con 12% de escoria de acero, presentó 5.1% de vacíos, 15.2mm de flujo y estabilidad de 10.86 y con la última sustitución del 16%, presentó 5.4% de vacíos, 16mm de flujo y estabilidad de 11.57kN. En cuanto a Silva y Tello (2023) en su trabajo de investigación, se observaron los siguientes resultados al incorporar un 1% de fibra de acero, se obtuvo una estabilidad de 14.85 kN, flujo de 3.9 mm y 3884 kgf/cm en la relación estabilidad/flujo. Con una adición del 5%, los resultados mostraron una estabilidad de 13.27 kN, flujo de 6.7 mm y relación estabilidad/flujo de 2018 kgf/cm. Finalmente, al aumentar cantidad a 10%, observamos una estabilidad de 11.97 kN, un flujo de 7.5 mm y un factor de rigidez de 1634 kgf/cm. En la investigación de Arroyo y Goycochea (2024), tuvieron como resultados modificando la mezcla asfáltica en caliente con 50% de escoria de acero, 1303.3 kg de estabilidad, 0.30 cm de flujo y 44.03 kg/cm en el factor de rigidez, con 75% resultó 1350.3 kg de estabilidad, 0.34cm de flujo y 3979 kg/cm en el factor de rigidez, asimismo también con el 100%, donde resultó 1327 kg de estabilidad, 0.39cm de flujo y 3394 kg /cm en el factor de rigidez. Cabe resaltar que los tres estudios coinciden con los efectos positivos de la escoria de

acero en la mezcla asfáltica en caliente en los porcentajes 1,4,8,50,75 y 100; sin embargo, existen discrepancias de acuerdo a los porcentajes mencionados anteriormente utilizados para la sustitución en el agregado grueso, evidenciándose que en uno de los estudios los porcentajes son superiores al de la investigación actual, pero si cumplen con los parámetros para la mezcla asfáltica de un MAC-2 según la norma EG-2013.



## V. CONCLUSIONES

1. Se concluye que el efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso, muestra un potencial significativo para mejorar la estabilidad de la mezcla en los porcentajes de 4%, donde presentó 4.4% de vacíos, 15.2mm de flujo y estabilidad de 10.01kN y con un 8% de escoria de acero, presentó 4.7% de vacíos, 15.2mm de flujo y estabilidad de 10.64 kN. Sin embargo, es esencial equilibrar este beneficio con el control adecuado de los vacíos y la durabilidad a largo plazo del pavimento. Los hallazgos de esta tesis aportan datos valiosos que pueden ser utilizados para optimizar las mezclas asfálticas, promoviendo la sostenibilidad y eficiencia en la edificación de pavimentos flexibles.
2. Se determinó que el diseño de mezcla con el óptimo contenido de asfalto 5.76% logra un equilibrio adecuado entre estabilidad, flujo y vacíos, lo que resulta en una mezcla asfáltica con propiedades mecánicas y volumétricas óptimas. Este balance es fundamental para garantizar un rendimiento satisfactorio y duradero del pavimento para un tránsito medio. Los resultados de esta investigación ofrecen una excelente base firme para aplicaciones futuras y optimizaciones en la formulación de mezclas asfálticas para pavimentación.
3. Se determinó las propiedades físicas y químicas de la escoria de acero, tales como abrasión de los Ángeles, análisis granulométrico, la gravedad específica y absorción, durabilidad y sales solubles totales, presentando un potencial significativo como agregado en mezclas asfálticas, con propiedades mecánicas favorables como la estabilidad flujo y vacíos. Sin embargo, la necesidad de cumplir con todos los requisitos normativos destaca la importancia de continuar investigando y optimizando este material para garantizar su desempeño efectivo y seguro en aplicaciones viales. Los hallazgos de esta tesis proporcionan una base sólida para futuras optimizaciones y aplicaciones prácticas en la ingeniería de pavimentos.

4. Se determinó que la cantidad de escoria de acero para la sustitución del agregado grueso en el diseño de mezcla asfáltica en caliente, se identificaron como 4% y 8%, la escoria de acero para sustituto parcial del agregado grueso en mezclas asfálticas presenta un potencial significativo para mejorar la sostenibilidad y eficiencia en la construcción de pavimentos. Los hallazgos de esta tesis destacan la importancia de un enfoque equilibrado y optimizado, garantizando que las propiedades mecánicas y volumétricas de la mezcla asfáltica sean adecuadas para aplicaciones viales duraderas y seguras.
  
5. Se determinó las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente patrón y sustitución de escoria de acero 4% 8% 12% y 16%, la sustitución parcial del agregado grueso por escoria de acero en mezclas asfálticas en caliente demuestra un potencial significativo para mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla, el flujo, estabilidad, y vacíos, evidenciándose mejor resultado con el 4% y 8%, donde presentó 4.4% de vacíos, 15.2mm de flujo y estabilidad de 10.01kN y con un 8% de escoria de acero, presentó 4.7% de vacíos, 15.2mm de flujo y estabilidad de 10.64 Kn. Contribuyendo a la sostenibilidad en la construcción de pavimentos. Sin embargo, es esencial encontrar el equilibrio adecuado para garantizar rendimiento y la durabilidad a largo plazo de las mezclas. Los hallazgos de esta tesis proporcionan una excelente base para investigaciones a futuro y aplicaciones prácticas en el ámbito de la pavimentación.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los próximos tesisistas, que, para aplicaciones prácticas, se deben realizar estudios adicionales para estimar la conducta a largo plazo de las mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de escoria de acero. Es necesario considerar medidas adicionales para controlar los vacíos en la mezcla, como el ajuste en la gradación del agregado o el uso de aditivos que mejoren la compactación y cohesión de la mezcla.
2. Se recomienda posteriores tesisistas, explorar la optimización del contenido de asfalto en combinación con diferentes tipos y proporciones de agregados, incluidos materiales reciclados o alternativos, para reducir costos y mejorar aún más las características de la mezcla asfáltica en caliente.
3. Se recomienda a los siguientes tesisistas, basar su diseño de mezcla asfáltica en caliente en el Manual de ensayos de materiales, (2016), asimismo, la caracterización de escoria de acero en el manual de carreteras EG. – 2013, como gravedad específica, el análisis granulométrico por tamizado, absorción agregado grueso, propiedad química – ensayo de durabilidad con sulfato de magnesio y el análisis químico como sales solubles totales, de esta forma, realizar también estudios adicionales para identificar métodos de tratamiento de la escoria de acero que mejoren sus propiedades físicas sin comprometer sus beneficios mecánicos y químicos.
4. Se recomienda a los próximos tesisistas, realizar estudios adicionales para optimizar la cantidad de escoria de acero utilizada, buscando el mejor equilibrio entre estabilidad, rigidez y vacíos. Es fundamental llevar a cabo pruebas de campo para analizar el desempeño a largo plazo en mezclas con diferentes niveles de escoria de acero. Explorar el uso de aditivos que puedan mejorar las características de la mezcla asfáltica con escoria de acero, aditivos de compactación o modificadores de asfalto.
5. Se recomienda a los próximos tesisistas, realizar pruebas reales en campo, en condiciones de tráfico y clima para validar los resultados de laboratorio de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente patrón y

reemplazando de escoria de acero, y ajustar las proporciones según sea necesario. También se recomienda investigar combinaciones de escoria de acero con otros materiales y aditivos para optimizar características de la mezcla asfáltica, buscando mejor equilibrio entre estabilidad, rigidez y contenido de vacíos.

## REFERENCIAS

1. Análisis del uso de escoria granulada en la fabricación de mezclas asfálticas para pavimentos. Ochoa, Ricardo [et al.]. 2018. 2, Boyacá : s.n., 2018, Vol. 39. [fecha de consulta: 06 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://es.revistaespacios.com/a18v39n37/a18v39n37p02.pdf>
2. ARROYO, Juan ; GOYCOCHEA, Pierina. Evaluación del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente modificadas con escoria negra de horno de arco eléctrico-Chimbote 2022. 2024. [fecha de consulta: 19 de Mayo de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20500.14278/4604>
3. Aulestia, Shane y Chávez Samuel. Comparación de propiedades y características mecánicas entre una mezcla asfáltica en caliente normal y una mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros (tapas plásticas de botellas) por vía seca. 2017. p. 46. [fecha de consulta: 19 de Mayo de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.puce.edu.ec/items/9457c3f98438-49d3-b6f2-dadeb02feb52>
4. ARIAS, José y COVINOS, Mitsuo. Diseño y metodología de la investigación. 2021. [fecha de consulta: 05 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20500.12390/2260>
5. BOJORQUE IÑÉGUEZ, Jaime; FLORES, Cristian; VÁSQUEZ, Mario. Marshall parameters for quality control of hot mix asphalt after pavement construction. Construction Magazine, 2019, vol. 18, no. 1, p. 178-185. [fecha de consulta: 06 de Octubre de 2023]. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-915X2019000100178&lang=es](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2019000100178&lang=es)

6. CALVA, Leyner. 2020. ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO. Pimentel : s.n., 2020. [fecha de consulta: 06 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20500.12802/8688>.
7. CASTILLO, Edgard y MORENO, Nexar. 2021. Aplicación de Método Marshall en el Diseño de una mezcla asfáltica incorporando escoria de acero y caucho triturado. Piura : s.n., 2021. [fecha de consulta: 04 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20500.12692/90305>
8. CHAVES, Saieth y CASTELLANOS, Wendy. 2020. Efecto del envejecimiento de mezclas asfálticas en el ciclo de vida del pavimento desde el aspecto técnico y ambiental. 2020, Vol. 17, 1. [fecha de consulta: 10 de Octubre de 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/344552207\\_Efecto\\_del\\_envejecimiento\\_de\\_mezclas\\_asfalticas\\_en\\_el\\_ciclo\\_de\\_vida\\_del\\_pavimento\\_desde\\_el\\_aspecto\\_tecnico\\_y\\_ambiental\\_Revision\\_del\\_estado\\_de\\_conocimiento](https://www.researchgate.net/publication/344552207_Efecto_del_envejecimiento_de_mezclas_asfalticas_en_el_ciclo_de_vida_del_pavimento_desde_el_aspecto_tecnico_y_ambiental_Revision_del_estado_de_conocimiento)
9. CORDERO, Zoila. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Revista educación, 2009, vol. 33, no 1, p. 155-165. [fecha de consulta: 05 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://acrobat.adobe.com/id/urn:aaid:sc:US:36a6bbc2-5166-408d-88d4-86f6da47ef56>
10. DELGADO, Serapio. Influencia en propiedades mecánicas en mezcla asfáltica incorporando escoria de acero-fibra de bagazo de caña de azúcar, Chiclayo 2021. 2021. p. 49. [fecha de consulta: 10 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20500.12692/115724>
11. DELGADO, Torres; KATRIEL, Keyller. Evaluación de Las propiedades del concreto adicionado con escoria de acero para una resistencia de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en Chiclayo-Lambayeque. [fecha de consulta: 04 de Octubre

- de 2023]. Disponible en:  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38446>
12. Departamento de administración y evaluación de pavimentos. 2016. Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación. República Dominicana : s.n., 2016. [fecha de consulta: 10 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.mopc.gob.do/media/2335/sistema-identificaci%C3%B3n-fallas.pdf>
13. Experimental investigation of asphalt mixture containing Linz-Donawitz steel slag. Groenniger, Jens [et al.]. 4, Braunschweig : s.n., 2017, Vol. 4. [fecha de consulta: 05 de Octubre de 2023]. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095756416303117>
14. FIALLOS BRAVO, Josué Martín, UNDA CÓRDOVA, Luis. *Análisis comparativo de propiedades y características mecánicas entre mezcla asfáltica en caliente " autorreparable"(con lana de acero) y mezcla asfáltica en caliente convencional*. 2018. Tesis de Licenciatura. PUCE. [fecha de consulta: 05 de Octubre de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14609>
15. GUEVARA TUESTA, Jhadrit Janina. Influencia de la adición de las escorias del horno eléctrico de Sider Perú en la estabilización de subrasante para pavimentos en Chimbote. 2022. [fecha de consulta: 12 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20500.14278/4189>
16. HIGUERA Nuby, MORALES, Juan. Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente fabricadas con rap y escorias de horno de arco eléctrico. 2021. Tesis Doctoral. [fecha de consulta: 04 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/33682>
17. LEÓN, Octavio [et al.]. Comparación de los métodos de contenido de asfalto de mezcla asfáltica en caliente. *Métodos y materiales*, 2017, vol. 7, no 1, p. 11-19. [fecha de consulta: 04 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6546276>

18. LEÓN TORRES, Paúl Javier; MAILA PAUCAR, Jorge Humberto; ALBUJA CÓRDOVA, Efrén Wladimir. Influencia de aditivos (polímeros y polialuminio) en las propiedades físico-mecánicas de mezclas asfálticas en caliente. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 2020, vol. 9, no 1, p. 60-71. [fecha de consulta: 04 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8529785>
19. Loureiro, Carlos [et al.]. 2022. Minho : s.n., 2022. Steel Slag and Recycled Concrete Aggregates: Replacing Quarries to Supply Sustainable Materials for the Asphalt Paving Industry. [fecha de consulta: 04 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/9/5022>
20. Luis, Juan y Silva, Debora. Escoria de acero y su influencia en las propiedades físico mecánicas de mezclas asfálticas en caliente. 2022. [fecha de consulta: 04 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96522>
21. Modeling and performance evaluation of asphalt mixtures and aggregate bases containing steel slag. Shiha, Mohamed [et al.]. 2020. Egypt : Public Works Engineering Department, 2020. [fecha de consulta: 04 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820307157?via%3Dihub>
22. MOGOLLÓN, José. 2021. *ENVEJECIMIENTO DE ASFALTOS Y MEZCLAS ASFÁLTICAS: REVISIÓN TEÓRICA*. Villavicencio : s.n., 2021. [fecha de consulta: 10 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/42673>
23. MORCOTE, Carolina. 2019. *EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON ESCORIAS DE ACERO*. Bogotá D.C : s.n., 2019. [fecha de consulta: 06 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76481>
24. Neves, José y Crucho, Joao. Performance Evaluation of Steel Slag Asphalt Mixtures for Sustainable Road Pavement Rehabilitation. 2023.



- Lisboa : s.n., 2023.  
 [fecha de consulta: 05 de Octubre de 2023].  
 Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/9/5716>
25. NOVOA, Cristina. 2020. ESTUDIO DEL USO DE ESCORIA COMO AGREGADO GRUESO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSAS PARA PAVIMENTOS. Bogotá : s.n., 2020.  
 [fecha de consulta: 06 de Octubre de 2023].  
 Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/0b473d64-2ba3-4736-aa5c-de6f065bf771/content>
26. ORTIZ, Pedro [et al.]. 2020. Cause-effect originating failures in pavements with asphalt running surface. 2020, Vol. 3, 6.  
 [fecha de consulta: 10 de Octubre de 2023].  
 Disponible en: <http://aliatuniversidades.com.mx/conexxion/wp-content/uploads/2016/09/Art-1C-Ing6.pdf>
27. PEÑA, Ruben. 2018. *Análisis de patologías de la carpeta asfáltica en fallas del pavimento flexible en el tramo almudena - puquin del distrito de santiago, provincia y departamento del cusco*. Cusco : s.n., 2018.  
 [fecha de consulta: 10 de Octubre de 2023].  
 Disponible en: <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20500.12990/7738>
28. PEREYRA, Luis (ed.). Metodología de la investigación. Klik, 2022. [fecha de consulta: 05 de Octubre de 2023].  
 Disponible en: <https://books.google.es/books?id=6e-KEAAAQBAJ&lpg=PP1&ots=WGMS5LFliv&dq=%20metodolog%C3%ADa%20de%20LA%20investigacion&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>
29. PÉREZ, King y Silva, Estefani. 2021. Porcentajes de escoria de acero para el diseño de mezcla asfáltica en caliente de la carretera Huaraz - Carhuaz, Ancash. Trujillo : s.n., 2021.  
 [fecha de consulta: 05 de Octubre de 2023].  
 Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/86914/P%C3%A9rez\\_CKE-Silva\\_LEM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/86914/P%C3%A9rez_CKE-Silva_LEM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

30. Pramukh N. et al. 2018. "SUSTITUCIÓN DE AGREGADO GRUESO POR ESCORIA ACÉRICA EN MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE". Revista Internacional de Investigación en Ingeniería y Tecnología. p. 4. [fecha de consulta: 04 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.15623/ijret.2018.0707015> .
31. QUIPUSCO, Frank y Villegas, Deiby. 2019. Efectos de sustituir agregado grueso convencional por siderúrgico en las propiedades físico-mecánicas de mezclas asfálticas en caliente. Pimentel : s.n., 2019. [fecha de consulta: 04 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5609/Quipusco%20Villalobos%20%26%20Villegas%20Villegas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
32. RONDÓN et al. Uso de escórias de alto-forno e aço em misturas asfálticas: revisão. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 2018, vol. 17, no 33, p. 71-97. [fecha de consulta: 05 de Octubre de 2023]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v17n33/1692-3324-rium-17-33-71.pdf>
33. RONDON, Jose. Envejecimiento de asfaltos y mezclas asfálticas: revisión teórica. 2021. [fecha de consulta: 05 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/42673>
34. SILVA, Ricardo; TELLO, Diana. Mezcla asfáltica en caliente con fibra de acero en la Av. Camino Real del distrito de Chimbote, Ancash, 2022. 2023. [fecha de consulta: 04 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/124705>
35. Study on Preparation and Performance of Steel Slag Asphalt Mixture Based on Steel Slag Aggregate. Yan, Zhou y Hao, Zhang. 2019. 2, China : Published under licence by IOP Publishing Ltd, 2019, Vol. 631. [fecha de consulta: 04 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/631/2/022067>

36. Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías (SUTRAN) y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) 2021. [fecha de consulta: 04 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/sutran>
37. The study of the feasibility of using recycled steel slag aggregate in hot mix asphalt. Goli, Ahmad. 2021. Isfabán : s.n., 2021. [fecha de consulta: 04 de Octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509521003764>
38. VALENZUELA, Nicole; ROMÁN, César. Análisis comparativo de la estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos de una mezcla asfáltica en caliente, respecto a una mezcla asfáltica en caliente modificada con vidrio reciclado Cusco 2018. [fecha de consulta: 05 de Octubre de 2023]. Disponible en: [https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/3997/Cesar\\_Nicole\\_Tesis\\_bachiller\\_2019\\_Part.1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/3997/Cesar_Nicole_Tesis_bachiller_2019_Part.1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
39. VÁSQUEZ, Yessenia Herrera; COLLANTES, Franco Stefano Carrasco; PEREZ, Sócrates Pedro Muñoz. Aprovechamiento de escorias metálicas en ladrillos cerámicos: una revisión. Revista Científica Ingeniería Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021, vol. 8, no 1, p. 94-105. disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/fd49/5cb18ff4d4297d336257ad11c7c5af53b6e8.pdf>

## ANEXOS

**Anexo n.º 1:**  
Tabla n.º 1: Tabla de  
operacionalización de variable

<b>Variables de estudio</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Escoria de acero en 4% 8% 12% y 16%</b>	Rondón, Muniz y Reyes (2018) explican que escorias de acero se generan mediante la fusión de mineral de hierro, coque y un elemento de fundición, como piedra caliza o dolomita, dentro de un alto horno. Una vez concluido el proceso de fundición metalúrgica, el componente fundente se une químicamente con los aluminatos y silicatos presentes en la ceniza del mineral y el coque, dando lugar a la formación de la escoria de acero	La escoria de acero es un material que sirve como sustitución del agregado grueso para obtener una mejor mezcla, en este estudio, la manipulación se llevará a cabo de forma cuidadosa, considerando el 4% 8% 12% y 16% de escoria de acero para ser incorporados en los ensayos. Esto permitirá evaluar y determinar sus propiedades físicas, propiedades mecánicas.	Propiedades físicas	Análisis granulométrico	Razón
				Abrasión en los Ángeles	
				Peso específico y absorción	
			Propiedades Químicas	Contenido de Sales Solubles totales	Razón
Durabilidad con sulfato de magnesio					

<b>Mezcla asfáltica en caliente</b>	El asfalto, de tonalidad negra y textura variable, es un aglutinante cuya dureza cambia dependiendo de la temperatura en la que se encuentra. A medida que la temperatura aumenta, el asfalto sólido o semisólido se convierte en líquido. La mezcla en caliente que se ha desarrollado se produce a temperaturas que oscilan entre 135°C y 180°C, utilizando agregado grueso, agregado fino, cemento asfáltico 60/70 y escoria de acero (Calva, 2020, p.4).	La mezcla asfáltica en caliente se define como una combinación homogénea de agregados pétreos, cemento asfáltico y, en este estudio, escoria de acero. Esta se medirá mediante el ensayo Marshall para evaluar y determinar la resistencia retenida propiedades mecánicas de la misma sustituyendo el 4% 8% 12% y 16% de escoria de acero en el agregado grueso.	Propiedades Mecánicas	Estabilidad	Razón
				Flujo	Intervalo
				% de vacíos con aire	Intervalo

Fuente: elaboración propia

**Anexo n.º 2:**  
Tabla n.º: Categorización de la  
variable

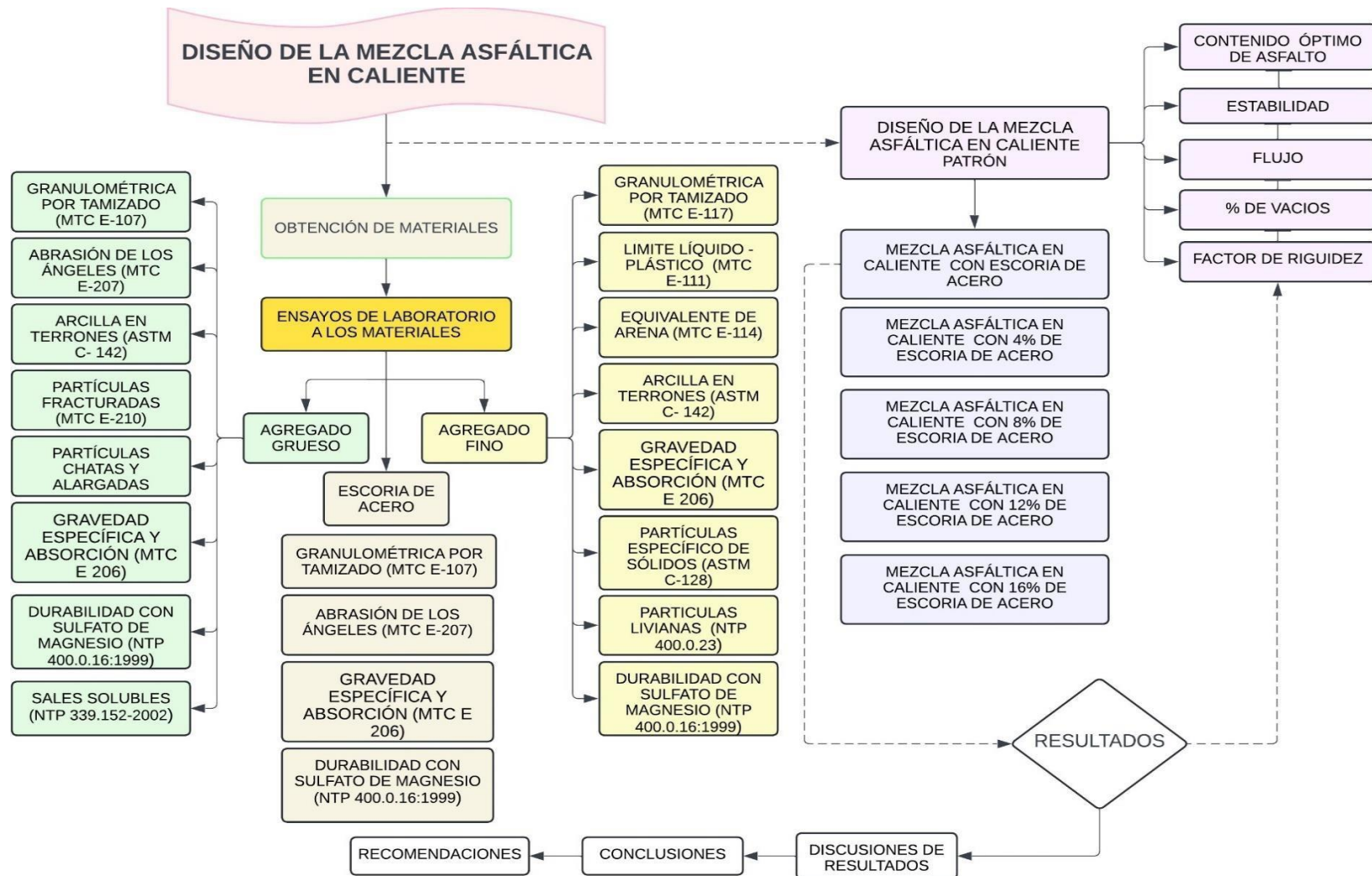
Planteamiento del problema	Hipótesis	Objetivos	Variable e indicadores	Metodología
<p><b>Interrogante principal</b></p> <p>¿Cuál es el efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso?</p> <p><b>Interrogantes específicas</b></p> <p>¿Cuál es el contenido de asfalto óptimo para el diseño de mezcla asfáltica en caliente?</p> <p>¿Cuáles son las propiedades físicas y</p>	<p><b>Hipótesis principal</b></p> <p>Hi: El reemplazo de escoria de acero en 4%, 8% 12% y 16% mejorarían significativamente la mezcla asfáltica en caliente.</p> <p>Ho: El reemplazo de escoria de acero en 4%, 8% 12% y 16% no mejorarían la mezcla asfáltica en caliente.</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Evaluar el efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Determinar el diseño de mezcla con el contenido de asfalto óptimo.</p> <p>Determinar el diseño de mezcla con el contenido de asfalto óptimo, determinar las</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero.</p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Mezcla asfáltica en caliente.</p>	<p><b>Población</b></p> <p>La población de la presente investigación será la mezcla asfáltica en caliente con proporciones de agregado grueso, agregado fino y asfalto.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>Estará conformada por 31 briquetas en las que 15 de ellas serán para la mezcla asfáltica patrón con 5.76% de asfalto y 16 con diferentes</p>



<p>químicas de la escoria de acero?</p> <p>¿Cuál es la cantidad de escoria de acero para la sustitución en el agregado grueso del diseño de mezcla asfáltica en caliente?</p> <p>¿Cuáles son las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica patrón y con sustitución de escoria de acero en 4% 8% 12% y 16%?</p>		<p>propiedades físicas y químicas de la escoria de acero.</p> <p>Determinar la cantidad de escoria de acero para la sustitución en el agregado grueso del diseño de mezcla asfáltica en caliente.</p> <p>Determinar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica patrón y con sustitución de escoria de acero en 4% 8% 12% y 16%.</p>		<p>porcentajes de escoria de acero en sustitución del agregado grueso.</p> <p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>Aplicada</p> <p><b>Diseño de investigación</b></p> <p>Cuasi experimental</p> <p><b>Técnica</b></p> <p>Se emplea la técnica de la observación.</p> <p><b>Instrumentos</b></p> <p>Fichas de guía de observación de laboratorio.</p>
--	--	---	--	---

Fuente: elaboración propia.

## **Anexo n.º 3:** **Diagrama de Flujo**



Fuente: Elaboración propia

**Anexo n.º 4:**  
Proceso de desarrollo

### **1. Identificación de la problemática**

En Chimbote existen calles pavimentadas en las que se observan distintas fallas en la carpeta asfáltica, siendo una preocupación constante para las autoridades municipales y regionales para su mantenimiento.

### **2. Propuesta de diseño de la mezcla asfáltica en caliente**

A raíz de la problemática se propuso una de solución la cual sería incluir la escoria de acero en la mezcla asfáltica en caliente, en sustitución del agregado grueso en 4%, 8%, 12% y 16%.

### **3. Obtención de los materiales**

Los materiales se obtuvieron de la cantera SORPRESA, ubicada en Chimbote, Santa, Áncash

**Imagen n.º1:  
Cantera sorpresa**



### **4. Ensayo de materiales**

Se realizó los ensayos físicos y químicos de los agregados finos y gruesos, incluyendo los los ensayos a la escoria de acero.

# Análisis granulométrico del agregado grueso



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

## INFORME N° GEOMG SAC-LB24-410-01

MTC E 107 / ASTM D-422

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

FORMATO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

**Tesis:** "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

**Tesistas:** CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

**Material:** PIEDRA CHANCADA

**Cantera:** LA SORPRESA

**Fecha:** 17/04/2024

Muestra: 01

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones
3"	75.000					Peso Inicial (g.) 3506
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					OBSERVACIONES
1 1/2"	37.500					
1"	25.000				100.0	
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.500	1249.8	35.6	35.6	64.4	
3/8"	9.500	926.6	26.4	62.1	37.9	
1/4"	6.300					
4	4.750	1285.5	36.7	98.7	1.3	
6	3.350					
8	2.350	42.9	1.2	100.0	0.0	
10	2.000	0.1	0.0	100.0	0.0	
16	1.180	0.9	0.0	100.0	0.0	
20	0.850					
30	0.600					
40	0.425					
50	0.300					
80	0.180					
100	0.150					
200	0.075					
pasa						



OBSERVACIONES:

GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68733

Urb. Bellamar II Etapa Mz. 82 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote - Santa - Ancash

Cel. 943355197 - 998185953, email: geomg17@yahoo.es - informes@geomgsac.com

## Abrasión de los ángulos del agregado grueso



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

### INFORME N° GEOMG SAC-LB24-410-02

#### ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES (MTC E-207)

*Tesis:* "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO  
EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

*Tesistas:* CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

*Cantera:* LA SORPRESA

*Material:* PIEDRA CHANCADA

*Hecho Por:* C.Z.

*Ing. Responsable:* JMT

*Fecha:* 18/04/2024

GRADACIÓN	"A"	"B"	"C"	"D"
<b>ESFERAS</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>6</b>
1.1/2" - 1"		-		
1" - 3/4"		-		
3/4" - 1/2"		2501.5		
1/2" - 3/8"		2500.7		
3/8" - 1/4"		-		
1/4" - N°4		-		
N°4 - N°8		-		
<b>Peso Muestra</b>		<b>5002.2</b>		
<i>Peso Retenido Tamiz N° 12</i>		4486.8		
<i>Peso Pasante Tamiz N° 12</i>		515.4		
<b>% DESGASTE</b>		<b>10.30</b>		
<b>PROMEDIO</b>		<b>10.30%</b>		

Nota: Muestra proporcionado por el solicitante



**GEOMG S.A.C.**  
  
**Ing. Jorge E. Morillo Trujillo**  
 CIP N° 68733

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
 Nuevo Chimbote – Santa – Ancash  
 Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

# Arcilla en terrones y partículas desmenuzables en el agregado grueso



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

INFORME N° GEOMG SAC-LB24-410-03

**ARCILLA EN TERRONES Y PARTICULAS DESMENUZABLES EN AGREGADOS  
(ASTM C142 - MTC E212)**

Tesis: "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

Tesistas: CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY  
LA SORPRESA

Hecho Por: C.Z.  
Ing. Responsable: JMT

Material: PIEDRA CHANCADA

Fecha: 23/04/2024

Agregado grueso:

Tamaño de las Partículas entre los Tamices	Peso de la Muestra Inicial de Ensayo (g)	Peso de la Muestra Final de Ensayo (g)	Arcilla en Terrones y Partículas Deleznables (%)
N° 4 3/8"	1002.7	1001.9	0.08
3/8" 3/4"	2000.4	1999.1	0.06
3/4" 1 1/2"	3000	--	0.06
Mayores 1 1/2"	5000	--	0.06

Arcilla en Terrones y Partículas Deleznables (%)	0.07
--	------

GEOMG S.A.C.



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68733

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote - Santa - Ancash  
Cel. 943355197 - 998185953, email: geomg17@yahoo.es - informes@geomgsac.com



## Partículas chatas y alargadas en el agregado grueso



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

INFORME N° GEOMG SAC-LB24-410-05

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS  
(ASTM D 4791)

Tesis: "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO  
EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

Tesistas: CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

Hecho Por: C.Z.

Cantera: LA SORPRESA

Ing. Responsable: JMT

Material: PIEDRA CHANCADA

Fecha: 23/04/2024

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		PESO DE PARTICULAS	CHATAS y ALARGADAS (5:1)		
		PESO RET. GRAD. ORIG.	(%) RET.		PESO	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.000						
1/2"	12.700	1249.8	36.10	451.7	12.7	2.81	1.02
3/8"	9.500	926.6	26.77	231.8	20.8	8.97	2.40
N° 4	4.750	1285.5	37.13	71.6	9.8	13.69	5.08
PESO TOTAL DE LA MUESTRA:		3461.9					

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	8.50
-----------------------------------	------



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 58738

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote – Santa – Ancash  
Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

## Partículas fracturadas en el agregado grueso

## Gravedad específica y absorción de agregado grueso



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

### INFORME N° GEOMG SAC-LB24-410-06

<b>TESIS</b>	: "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"	
<b>TESISTAS</b>	: CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY	
<b>CANTERA</b>	: LA SORPRESA	<b>Hecho Por:</b> Tec. C.Z.
<b>MUESTRA</b>	: PIEDRA CHANCADA	<b>Ing. Responsable:</b> JMT
		<b>Fecha:</b> 23/04/2024

### GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO (MTC E 206)

	BULK	SSS	APARENTE
PESO DE CESTA SUMERGIDA	774.28	774.28	774.28
PIEDRA (SUMERGIDA) + CESTA (SUMERGIDA)	2527.08	2527.08	2527.08
TARA DE PIEDRA SSS	396.52	396.52	396.52
PIEDRA SSS + TARA DE LA PIEDRA SSS	3102.12	3102.12	3102.12
PIEDRA SSS SECA AL HORNO + TARA DE PIEDRA SSS	3073.22	3073.22	3073.22
<b>PESO ESPECÍFICO DE LA PIEDRA</b>	<b>2.809</b>	<b>2.840</b>	<b>2.897</b>

PIEDRA SSS SECA AL HORNO	2676.7
PIEDRA SSS	2705.6
<b>ABSORCIÓN (%)</b>	<b>1.08</b>

Nota: Muestra proporcionado por el solicitante



  
**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68753

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
 Nuevo Chimbote – Santa – Ancash  
 Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

## Ensayos químicos – durabilidad con sulfato de magnesio en el agregado grueso



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

### INFORME N° GEOMG SAC-LB24-410-07

TESIS: "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO  
EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO" FECHA: 23/04/2024  
TESISTAS: CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

#### DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : LA SORPRESA  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA

### ENSAYO DE DURABILIDAD CON SULFATO DE MAGNESIO (NTP 400.016:1999)

#### AGREGADO GRUESO - ANALISIS CUANTITATIVO

N°	Tamaño	%	Peso Requerido (gr)	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Perdida de Peso (gr)	Perdida de Peso (%)	Gradación original (%)	Perdida Corregida (%)
1	2 1/2" a 1 1/2"		5000 ± 300						
	2 1/2" a 2"	60	3000 ± 300						
	2" a 1 1/2"	40	2000 ± 200						
2	1 1/2" a 3/4"		1500 ± 50						
	1 1/2" a 1"	67	1000 ± 50						
	1" a 3/4"	33	500 ± 30						
3	3/4" a 3/8"		1000 ± 10						
	3/4" a 1/2"	67	670 ± 10	679.9	675.1	4.8	0.71	21.8	0.154
	1/2" a 3/8"	33	330 ± 5	333.7	332.0	1.7	0.51	18.5	0.094
4	3/8" a N°4		300 ± 5	303.3	299.3	4.0	1.32	41.9	0.553
<b>TOTALES:</b>									<b>0.80%</b>



  
**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
 Nuevo Chimbote – Santa – Ancash  
 Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

## Partículas livianas

**GEOMG S.A.C.**

INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

INFORME N° GEOMG SAC-LB24-410-09

### ANALISIS QUIMICO DE SUELO

**TESIS:** "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

**TESISTAS:** CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES  
FATIMA ARELY

**FECHA:** 23/04/2024

**CANTERA:** LA SORPRESA  
**MATERIAL:** PIEDRA CHANCADA

ENSAYOS	RESULTADO	NORMA
PARTICULAS LIVIANAS (%)	0.19	NTP 400.023

*Nota: Muestra proporcionado por el solicitante*



**GEOMG S.A.C.**  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68763

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote - Santa - Ancash  
Cel. 943355197 - 998185953, email: geomg17@yahoo.es - informes@geomgsac.com

## Sales totales



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

INFORME N° GEOMG SAC-LB24-410-10

### ANALISIS QUIMICO DE SUELO

**TESIS:** "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

**TESISTAS:** CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES  
FATIMA ARELY

**FECHA:** 23/04/2024

**CANTERA:** LA SORPRESA  
**MATERIAL:** PIEDRA CHANCADA

ENSAYOS	RESULTADO	NORMA
Sales Solubles Totales	348 ppm	NTP 339.152.2002
Sales Solubles Totales	0.035%	NTP 339.152.2002

*Nota: Muestra proporcionado por el solicitante*



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68783

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote - Santa - Ancash  
Cel. 943355197 - 998185953, email: geomg17@yahoo.es - informes@geomgsac.com

# Ensayos físicos del agregado fino – análisis granulométrico



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0403-01

MTC E107 / ASTM D-422  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Tesis: "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

Tesistas: CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

Material: ARENA ZARANDEADA

Cantera: LA CUMBRE

Fecha: 17/04/2024

Muestra 01

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones	Datos de la Muestra
3"	75.000						Peso Seco (g.) : 1301.2
2 1/2"	63.000						
2"	50.000						OBSERVACIONES
1 1/2"	37.500						
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500						
1/4"	6.300				100.0		
4	4.750	33.4	2.6	2.6	97.4		
6	3.350						
8	2.350	171.1	13.1	15.7	84.3		
10	2.000	54.4	4.2	19.9	80.1		
16	1.180	175.6	13.5	33.4	66.6		
20	0.850						
30	0.600	277.6	21.3	54.7	45.3		
40	0.425	123.7	9.5	64.2	35.8		
50	0.300	65.8	5.1	69.3	30.7		
80	0.180	174.0	13.4	82.7	17.3		
100	0.150	9.8	0.8	83.4	16.6		
200	0.075	77.0	5.9	89.3	10.7		
Pasa		138.8	10.7	100.0			



OBSERVACIONES:



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68733

Urb. Bellamar II Etapa Mz. 82 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote – Santa – Ancash  
Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

# Limite líquido – limite plástico e índice de plasticidad del agregado fino



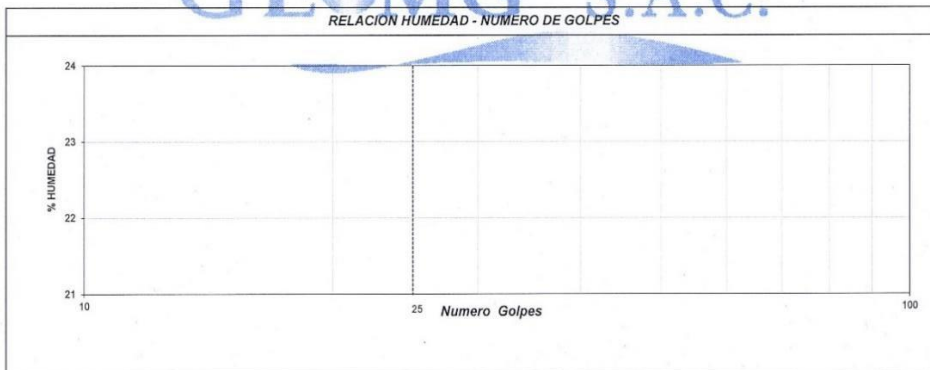
INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 www.geomgsac.com

**INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0403-02**

FORMATO DE ENSAYO LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD MTC E 110 - MTC E - 111 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	
Tesis: "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO" Testistas CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY Material: ARENA ZARANDEADA Cantera: LA CUMBRE	Hecho Por: Tec. C.Z. Ing. Responsable: JMT Fecha: 17/04/2024

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40	
		LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
Nro. de Recipiente			
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	<b>NP</b>	<b>NP</b>
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.		
Peso de Recipiente (C)	gr.		
Peso del Agua (A-B)	gr.		
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.		
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%		
N° De Golpes			

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	N.P	N.P	N.P



OBSERVACIONES :



**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68733

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
 Nuevo Chimbote – Santa – Ancash  
 Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

## Arcilla en terrones y partículas en el agregado fino



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0403-04

ARCILLA EN TERRONES Y PARTICULAS DESMENUZABLES EN AGREGADOS

(ASTM C142 - MTC E212)

**Tesis:** "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

**Tesistas:** CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

**Cantera:** LA CUMBRE

**Material:** ARENA ZARANDEADA

**Hecho Por:** C.Z.

**Ing. Responsable:** JMT

**Fecha:** 20/04/2024

Agregado fino:

Peso de la Muestra de Ensayo (gr.)	100.00
Peso de las Partículas Retenidas (gr.)	99.30
Arcilla en Terrones y Partículas Deleznables (%)	0.70

Nota: Muestra proporcionado por el solicitante

# GEOMG S.A.C.



GEOMG S.A.C.  
*Jorge E. Morillo Trujillo*  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote - Santa - Ancash

Cel. 943355197 - 998185953, email: geomg17@yahoo.es - informes@geomgsac.com



## Peso específico del agregado fino



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

### INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0403-06

TESIS: "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

TESISTAS: CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

FECHA: 20/04/2024

CANTERA: LA CUMBRE

MUESTRA: ARENA ZARANDEADA

### PESO ESPECÍFICO DE SÓLIDOS (ASTM C 128)

	MASIVO	MASIVO SSS	APARENTE
PESO AL AIRE DE LA MUESTRA SECADA EN HORNO (gr)	493.9	493.9	493.9
PESO DEL FIOLA LLENA DE AGUA A LA MARCA DE CALIBRACIÓN (gr)	659.1	659.1	659.1
PESO DEL PICNÓMETRO, CON LA MUESTRA Y EL AGUA (gr)	975.0	975.0	975.0
PESO ESPECÍFICO	2.683	2.716	2.775

### ANGULARIDAD (MTC E 222)

$$A^{\circ} = \frac{V - \frac{W}{G_{sb}}}{V} \times 100$$

Volumen Molde: 95.70 cm<sup>3</sup>  
Peso Muestra: 144.9 g



Angularidad (%) =

Nota: Muestra proporcionado por el solicitante

GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote – Santa – Ancash  
Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

## Gravedad específica y absorción del agregado fino



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

### INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0403-05

*TESIS: "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"*

**TESISTAS:** CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

**CANTERA:** LA CUMBRE

**MUESTRA:** ARENA ZARANDEADA

**Hecho Por:** Tec. C.Z.

**Ing. Responsable:** JMT

**Fecha:** 20/04/2024

### GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADO FINO (MTC E 205)

	MASIVO	MASIVO SSS	APARENTE
PESO AL AIRE DE LA MUESTRA SECADA EN HORNO (g)	493.9	493.9	493.9
PESO DEL FIOLA LLENA DE AGUA A LA MARCA DE CALIBRACIÓN (g)	659.1	659.1	659.1
PESO DEL PICNÓMETRO, CON LA MUESTRA Y EL AGUA (g)	975.0	975.0	975.0
PESO ESPECÍFICO (g/cm <sup>3</sup> )	2.683	2.716	2.775

PESO DE MUESTRA SSS (g)	500.0
PESO AL AIRE DE LA MUESTRA SECADA EN HORNO (g)	493.9
ABSORCIÓN (%)	1.24

Nota: Muestra proporcionado por el solicitante



  
**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Prujillo  
 CIP N° 68738

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
 Nuevo Chimbote – Santa – Ancash  
 Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

## Ensayo químico del agregado fino - partículas livianas

**GEOMG S.A.C.**

INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

**INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0403-07**

### ANALISIS QUIMICO DE SUELO

**TESIS:** "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

**TESISTAS:** CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES  
FATIMA ARELY

**FECHA:** 20/04/2024

**CANTERA:** La Cumbre  
**MATERIAL:** Arena zarandeada

ENSAYOS	RESULTADO	NORMA
Partículas livianas	0.29%	NTP 400.0.23



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

*Nota: Muestra proporcionado por el solicitante*

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote – Santa – Ancash  
Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

## Sales solubles en el agregado fino



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

**INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0403-08**

### ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

**TESIS:** "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

**TESISTAS:** CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES  
FATIMA ARELY

**FECHA:** 20/04/2024

**CANTERA:** La Cumbre  
**MATERIAL:** Arena zarandeada

ENSAYOS	RESULTADO	NORMA
Sales Solubles Totales	4681 ppm	NTP 339.152.2002
Sales Solubles Totales	0.468%	NTP 339.152.2002



GEOMG S.A.C.  
*Jorge E. Morillo Trujillo*  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 69738

*Nota: Muestra proporcionado por el solicitante*

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote - Santa - Ancash  
Cel. 943355197 - 998185953, email: geomg17@yahoo.es - informes@geomgsac.com

# Ensayo físico – análisis granulométrico de la escoria de acero



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0446-01

MTC E 107 / ASTM D-422

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

FORMATO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

**Tesis:** "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

**Tesistas:** CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

**Materia:** ESCORIA DE ACERO

Fecha: 30/04/2024

Muestra: 01

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones
3"	75.000					
2 1/2"	63.000					
2"	50.000					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000				100.0	
3/4"	19.000				100.0	
1/2"	12.500	5111.2	48.7	48.7	51.3	
3/8"	9.500	2321.7	22.1	70.9	29.1	
1/4"	6.300					
4	4.750	2503.4	23.9	94.7	5.3	
6	3.350					
8	2.350	524.1	5.0	99.7	0.3	
10	2.000	24.9	0.2	100.0	0.0	
16	1.180	1.6	0.0	100.0	0.0	
20	0.850					
30	0.600					
40	0.425					
50	0.300					
80	0.180					
100	0.150					
200	0.075					
pasa						

Peso Inicial (g) 10487

OBSERVACIONES



OBSERVACIONES :

GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIB N° 68738

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9

Nuevo Chimbote – Santa – Ancash

Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

## Abrasión de los ángulos de la escoria de acero



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

**INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0446-02**

**ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES  
(MTC E-207)**

**Tesis:** "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO  
EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

**Tesistas:** CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

**Material:** ESCORIA DE ACERO

**Hecho Por:** C.Z.

**Ing. Responsable:** JMT

**Fecha:** 2/05/2024

GRADACIÓN	"A"	"B"	"C"	"D"
ESFERAS	12	11	8	6
1.1/2" - 1"		-		
1" - 3/4"		-		
3/4" - 1/2"		2500.4		
1/2" - 3/8"		2499.7		
3/8" - 1/4"		-		
1/4" - N°4		-		
N°4 - N°8		-		
<b>Peso Muestra</b>		<b>5000.1</b>		
Peso Retenido Tamiz N° 12		4020.6		
Peso Pasante Tamiz N° 12		979.5		
<b>% DESGASTE</b>		<b>19.59</b>		
<b>PROMEDIO</b>				<b>19.59%</b>

Nota: Muestra proporcionado por el solicitante



**GEOMG S.A.C.**  
*[Handwritten Signature]*  
**Ing. Jorge E. Morillo Trujillo**  
CIP N° 68736

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote – Santa – Ancash  
Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

## Gravedad específica y absorción de la escoria de acero



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

### INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0446-03

<b>TESIS</b>	: "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"		
<b>TESISTAS</b>	: CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY		
<b>FECHA</b>	: 02/05/2024	<b>Hecho Por:</b>	Tec. C.Z.
<b>MUESTRA</b>	: ESCORIA DE ACERO	<b>Ing. Responsable:</b>	JMT

### GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO (MTC E 206)

	BULK	SSS	APARENTE
PESO DE CESTA SUMERGIDA	774.28	774.28	774.28
PIEDRA (SUMERGIDA) + CESTA (SUMERGIDA)	2307.28	2307.28	2307.28
TARA DE PIEDRA SSS	396.52	396.52	396.52
PIEDRA SSS + TARA DE LA PIEDRA SSS	2638.20	2638.2	2638.2
PIEDRA SSS SECA AL HORNO + TARA DE PIEDRA SSS	2612.52	2612.52	2612.52
PESO ESPECÍFICO DE LA PIEDRA	3.127	3.163	3.245

PIEDRA SSS SECA AL HORNO	2216
PIEDRA SSS	2241.68
ABSORCIÓN (%)	1.16

Nota: Muestra proporcionado por el solicitante



  
 GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
 Nuevo Chimbote – Santa – Ancash  
 Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

## Ensayos químicos de la escoria de acero



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0446-05

### ANALISIS QUIMICO DE SUELO

**TESIS:** TESIS: "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

**TESISTAS:** TESISTAS: CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

**FECHA:** 03/05/2024

**MATERIAL:** ESCORIA DE ACERO

ENSAYOS	RESULTADO	NORMA
Sales Solubles Totales	408 ppm	NTP 339.152.2002
Sales Solubles Totales	0.041%	NTP 339.152.2002

*Nota: Muestra proporcionado por el solicitante*



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 89738

Urb. Bellamar II Etapa Mz. 82 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote – Santa – Ancash  
Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com



## Durabilidad con sulfato de magnesio en la escoria de acero



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

### INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0446-04

**TESIS:** "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO" **FECHA:** 2/05/2024  
**TESISTAS:** CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

#### DATOS DE LA MUESTRA

**MATERIAL** : ESCORIA DE ACERO

### ENSAYO DE DURABILIDAD CON SULFATO DE MAGNESIO (NTP 400.016:1999)

#### AGREGADO GRUESO - ANALISIS CUANTITATIVO

N°	Tamaño	%	Peso Requerido (gr)	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Perdida de Peso (gr)	Perdida de Peso (%)	Gradación original (%)	Perdida Corregida (%)
1	2 1/2" a 1 1/2"		5000 ± 300						
	2 1/2" a 2"	60	3000 ± 300						
	2" a 1 1/2"	40	2000 ± 200						
2	1 1/2" a 3/4"		1500 ± 50						
	1 1/2" a 1"	67	1000 ± 50						
	1" a 3/4"	33	500 ± 30						
3	3/4" a 3/8"		1000 ± 10						
	3/4" a 1/2"	67	670 ± 10	673.1	670.5	2.6	0.39	48.7	0.188
	1/2" a 3/8"	33	330 ± 5	330.8	328.9	1.9	0.57	22.1	0.127
4	3/8" a N°4		300 ± 5	302.0	299.1	2.9	0.96	23.9	0.230
<b>TOTALES:</b>									<b>0.54%</b>



*(Handwritten Signature)*  
**GEOMG S.A.C.**  
Ing. Jorge E. Morillo Fragillo  
CIP N° 68733

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote – Santa – Ancash  
Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

## 5. Elaboración de briquetas para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente

Pesado de los materiales de acuerdo a la dosificación determinada, 42% de agregado grueso, 58% de agregado fino y 5.76% de cemento asfáltico para la mezcla asfáltica patrón, asimismo, se realizó el mismo procedimiento con los porcentajes de 4%, 8%, 12% y 16% de escoria de acero.

**Imagen n.º 2:  
Pesado de materiales**



**Imagen n.º 3:  
Pesado de materiales con diferente porcentaje de cemento asfáltico para el diseño de la mezcla patrón.**



Mezclado de los Componentes:

- Se mezclan los agregados secos en las proporciones correctas.
- Se calienta la mezcla de agregados y el asfalto a una temperatura específica (normalmente entre 140°C y 160°C).

**Imagen n.º 4:  
Control de temperatura de la mezcla**



- Se añade el asfalto caliente a los agregados y se mezcla hasta obtener una mezcla homogénea.

Preparación de briquetas:

- Se vierte la mezcla asfáltica caliente en moldes de compactación.
- Cada molde debe llenarse en dos capas, y cada capa debe compactarse con un martillo de compactación (50 golpes por capa para tráfico ligero).
- Las probetas compactadas deben tener un tamaño y peso específicos.

**Imagen n.º 5:  
Compactación de la mezcla asfáltica**



**Cura de las Probetas:**

- Después de compactar, las probetas deben enfriarse a temperatura ambiente durante al menos 24 horas.

**Ensayos de las Probetas:**

- **Peso y Volumen:** Se determina el peso y el volumen de cada probeta para calcular su densidad.

**Imagen n.º 6:**  
**Peso y volumen de cada probeta para calcular su densidad**



- Estabilidad y Flujo:
  - Las probetas se sumergen en un baño de agua a 60°C durante 30-40 minutos.

**Imagen n.º 7:**  
**baño de agua a 60°C**



- Se colocan en el aparato de ensayo Marshall.
- Se aplica una carga creciente a una velocidad constante de 50 mm/min hasta que la probeta falle. La carga máxima soportada es la estabilidad Marshall.
- Se mide la deformación vertical total en el momento de la falla, lo cual se conoce como flujo Marshall.

**Imagen n.º8:  
Aparato de ensayo Marshall.**



#### Análisis de Resultados:

- Se calculan los valores de estabilidad y flujo para cada probeta (mezcla asfáltica patrón y con % de escoria de acero).
- Se calculan los valores de estabilidad y flujo para cada probeta (mezcla asfáltica con sustitución de escoria de acero).
- Se determina la densidad, vacíos en la mezcla (VTM), vacíos llenos de asfalto (VFA) y vacíos en el agregado mineral (VMA).

# Propiedades de la mezcla asfáltica en caliente con el contenido de asfalto optimo y 4% de escoria de acero en el agregado grueso



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

## INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0418-02

FORMATO DE ENSAYO MARSHALL																														
MTC E-504 / ASTM D-1559																														
<p><b>Tesis:</b> "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"</p> <p><b>Tesistas:</b> CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY</p> <p><b>Fecha:</b> 25/04/2024</p> <p><b>Identificación:</b> SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (4% ESCORIA DE ACERO)</p> <p><b>Hecho Por:</b> C.Z.</p> <p><b>Ing. Responsable:</b> JMT</p>																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PORCENTAJES DE DISEÑO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Piedra Chancada</td> <td>40.3%</td> </tr> <tr> <td>Arena Zarandeada</td> <td>58.0%</td> </tr> <tr> <td>Escoria de Acero</td> <td>1.7%</td> </tr> <tr> <td>Σ Suma</td> <td>100.0%</td> </tr> <tr> <td>C.A. (PEN)</td> <td>60-70</td> </tr> </tbody> </table>		PORCENTAJES DE DISEÑO		Piedra Chancada	40.3%	Arena Zarandeada	58.0%	Escoria de Acero	1.7%	Σ Suma	100.0%	C.A. (PEN)	60-70	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lectura dial</th> <th>Lectura calibración</th> <th>Flujo (0,01 mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1000.4</td> <td>977.49</td> <td>375</td> </tr> <tr> <td>1088.0</td> <td>1063.00</td> <td>380</td> </tr> <tr> <td>1046.0</td> <td>1022.00</td> <td>375</td> </tr> </tbody> </table>		Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)	1000.4	977.49	375	1088.0	1063.00	380	1046.0	1022.00	375			
PORCENTAJES DE DISEÑO																														
Piedra Chancada	40.3%																													
Arena Zarandeada	58.0%																													
Escoria de Acero	1.7%																													
Σ Suma	100.0%																													
C.A. (PEN)	60-70																													
Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)																												
1000.4	977.49	375																												
1088.0	1063.00	380																												
1046.0	1022.00	375																												
N°	Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio																							
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	5.76	5.76	5.76																									
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	37.98	37.98	37.98																									
3	% de Escoria de Acero en peso de la Mezcla	%	1.60	1.60	1.60																									
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	54.66	54.66	54.66																									
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla	%																												
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%																												
7	Peso Especifico Apparente de C.A.	gr/cc.	1.024	1.024	1.024																									
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.809	2.809	2.809																									
9	Peso Especifico Escoria de Acero-Bulk	gr/cc.	3.127	3.127	3.127																									
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.683	2.683	2.683																									
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.																												
12	Peso Especifico del filler-Apparente	gr/cc.																												
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.																												
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1230.9	1225.8	1235.90																									
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1238.7	1229.4	1239.20																									
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	724.7	717.8	722.10																									
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	514.0	511.6	511.7		514.2																							
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.395	2.395	2.390		2.394																							
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.505	2.505	2.505																									
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.498	2.498	2.498																									
21	% de Vacios $100 \cdot ((19-18)/19)$	%	4.4	4.3	4.6		4.4																							
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/cc.	2.739	2.739	2.739																									
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100 \cdot (2+3+4+5+6) \cdot 18/22$	%	17.6	17.6	17.8		17.6																							
24	% vacios llenados con C.A. $100 \cdot ((23-21)/23)$	%	75.1	75.3	74.2		74.9																							
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))$	gr/cc.	2.748	2.748	2.748																									
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100 \cdot 7) \cdot ((25-22)/(25 \cdot 22))$	%	0.12	0.12	0.12																									
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	5.64	5.64	5.64																									
28	Flujo	cm.	0.38	0.38	0.38		0.38																							
29	Estabilidad sin corregir		977	1063	1022																									
30	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00																									
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	977	1063	1022		1021																							
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2607	2797	2725		2710																							
	Número de Golpes por Capa		50	50	50																									

OBSERVACIONES:



Ing. Jorge El Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote - Santa - Ancash  
Cel. 943355197 - 998185953, email: geomg17@yahoo.es - informes@geomgsac.com

# Propiedades de la mezcla asfáltica en caliente con el contenido de asfalto optimo y 8% de escoria de acero en el agregado grueso



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

## INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0419-02

### FORMATO DE ENSAYO MARSHALL MTC E-504 / ASTM D-1559

**Tesis:** "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

**Tesisistas:** CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

**Fecha:** 25/04/2024

**Hecho Por:** C.Z.

**Identificación:** SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (8% ESCORIA DE ACERO)

**Ing. Responsable:** JMT

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	38.6%
Arena Zarandeada	58.0%
Escoria de Acero	3.4%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
1102.0	1076.66	380
1105.0	1079.59	385
1126.0	1100.09	380

N°	Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	5.76	5.76	5.76		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	36.38	36.38	36.38		
3	% de Escoria de Acero en peso de la Mezcla	%	3.20	3.20	3.20		
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	54.66	54.66	54.66		
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.024	1.024	1.024		
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.809	2.809	2.809		
9	Peso Especifico Escoria de Acero-Bulk	gr/cc.	3.127	3.127	3.127		
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.683	2.683	2.683		
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1225.1	1238.3	1231.60		
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1228.6	1242.4	1236.30		
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	715.9	723.3	721.50		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	512.9	519.1	514.8		515.6
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.389	2.385	2.392		2.389
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.508	2.508	2.508		
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.502	2.502	2.502		
21	% de Vacios	%	4.8	4.9	4.6		4.7
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.744	2.744	2.744		
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	18.0	18.1	17.8		18.0
24	% vacios llenados con C.A.	%	73.5	73.0	74.2		73.6
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.752	2.752	2.752		
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	0.11	0.11	0.11		
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	5.65	5.65	5.65		
28	Flujo	cm.	0.38	0.39	0.38		0.38
29	Estabilidad sin corregir		1077	1080	1100		
30	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1077	1080	1100		1085
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2633	2804	2895		2844
	Número de Golpes por Capa		50	50	50		

OBSERVACIONES:



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge B. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote - Santa - Ancash  
Cel. 943355197 - 998185953, email: geomg17@yahoo.es - informes@geomgsac.com



# Propiedades de la mezcla asfáltica en caliente con el contenido de asfalto optimo y 12% de escoria de acero en el agregado grueso



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

## INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0421-02

### FORMATO DE ENSAYO MARSHALL MTC E-504 / ASTM D-1559

Tesis: "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

Tesistas: CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

Fecha: 25/04/2024

Hecho Por: C.Z.

Identificación: SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (12% ESCORIA DE ACERO)

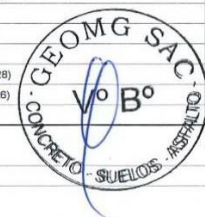
Ing. Responsable: JMT

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	37.0%
Arena Zarandeada	58.0%
Escoria de Acero	5.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
1159.1	1132.40	380
1082.1	1057.24	385
1162.3	1135.52	386

N°	Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	5.76	5.76	5.76		
2	%de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	34.87	34.87	34.87		
3	% de Escoria de Acero en peso de la Mezcla	%	4.71	4.71	4.71		
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	54.66	54.66	54.66		
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.024	1.024	1.024		
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.809	2.809	2.809		
9	Peso Especifico Escoria de Acero-Bulk	gr/cc.	3.127	3.127	3.127		
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.683	2.683	2.683		
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1235.3	1230.9	1231.20		
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1238.7	1235.9	1235.70		
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	720.3	719.6	719.10		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	518.4	516.3	516.6		517.1
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.383	2.384	2.383		2.383
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.510	2.510	2.510		
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.505	2.505	2.505		
21	% de Vacios	%	5.1	5.0	5.1		5.1
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.748	2.748	2.748		
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	18.3	18.2	18.3		18.3
24	% vacios llenados con C.A.	%	72.3	72.4	72.3		72.3
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.755	2.755	2.755		
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	0.09	0.09	0.09		
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	5.67	5.67	5.67		
28	Flujo	cm.	0.38	0.39	0.39		0.38
29	Estabilidad sin corregir		1132	1057	1136		
30	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1132	1057	1136		1108
32	Factor de Rigidez (29/28)	kg/cm.	2980	2746	2949		2891
	Número de Golpes por Capa		50	50	50		

OBSERVACIONES:



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68733

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote – Santa – Ancash  
Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

# Propiedades de la mezcla asfáltica en caliente con el contenido de asfalto optimo y 16% de escoria de acero en el agregado grueso



INGENIERIA EN GEOTECNIA Y ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
www.geomgsac.com

## INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0422-02

### FORMATO DE ENSAYO MARSHALL MTC E-504 / ASTM D-1559

Tesis: "EFECTO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON 4%, 8%, 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO  
EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

Tesisistas: CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

Fecha: 25/04/2024

Hecho Por: C.Z.

Identificación: SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (16% ESCORIA DE ACERO)

Ing. Responsable: JMT

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	40.3%
Arena Zarandeada	58.0%
Escoria de Acero	1.7%
∑ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 mm)
1210.9	1182.06	399
1259.2	1230.11	400
1152.7	1126.18	395

N°	Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	5.76	5.76	5.76		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	37.98	37.98	37.98		
3	% de Escoria de Acero en peso de la Mezcla	%	1.60	1.60	1.60		
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	54.66	54.66	54.66		
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.024	1.024	1.024		
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.809	2.809	2.809		
9	Peso Especifico Escoria de Acero-Bulk	gr/cc.	3.127	3.127	3.127		
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.683	2.683	2.683		
11	Peso Especifico Arena Fina-Bulk	gr/cc.					
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1229.4	1232.5	1231.60		
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1233.8	1238.7	1238.50		
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	717.2	720.6	721.90		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	516.6	518.1	516.6		517.1
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.380	2.379	2.384		2.381
19	Peso Especifico Máximo (Rico) ASTM D-2041	gr/cc.	2.517	2.517	2.517		
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.498	2.498	2.498		
21	% de Vacios	%	5.5	5.5	5.3		5.4
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.739	2.739	2.739		
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	18.1	18.2	18.0		18.1
24	% vacios llenados con C.A.	%	69.8	69.7	70.5		70.0
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.764	2.764	2.764		
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	0.33	0.33	0.33		
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	5.43	5.43	5.43		
28	Flujo	cm.	0.39	0.40	0.40		0.40
29	Estabilidad sin corregir		1183	1230	1126		
30	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
31	Estabilidad corregida (27-28)	kg.	1183	1230	1126		1180
32	Factor de Rigidez (28-29)	kg/cm.	3033	3075	2851		2987
	Número de Golpes por Capa		50	50	50		

OBSERVACIONES:



**GEOMG S.A.C.**  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote - Santa - Ancash  
Cel. 943355197 - 998185953, email: geomg17@yahoo.es - informes@geomgsac.com

- Se analizan las curvas de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente, en función al contenido de asfalto óptimo de asfalto (OAC).

**INFORME N° GEOMG SAC-LB24-0414-12**

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

**PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS**

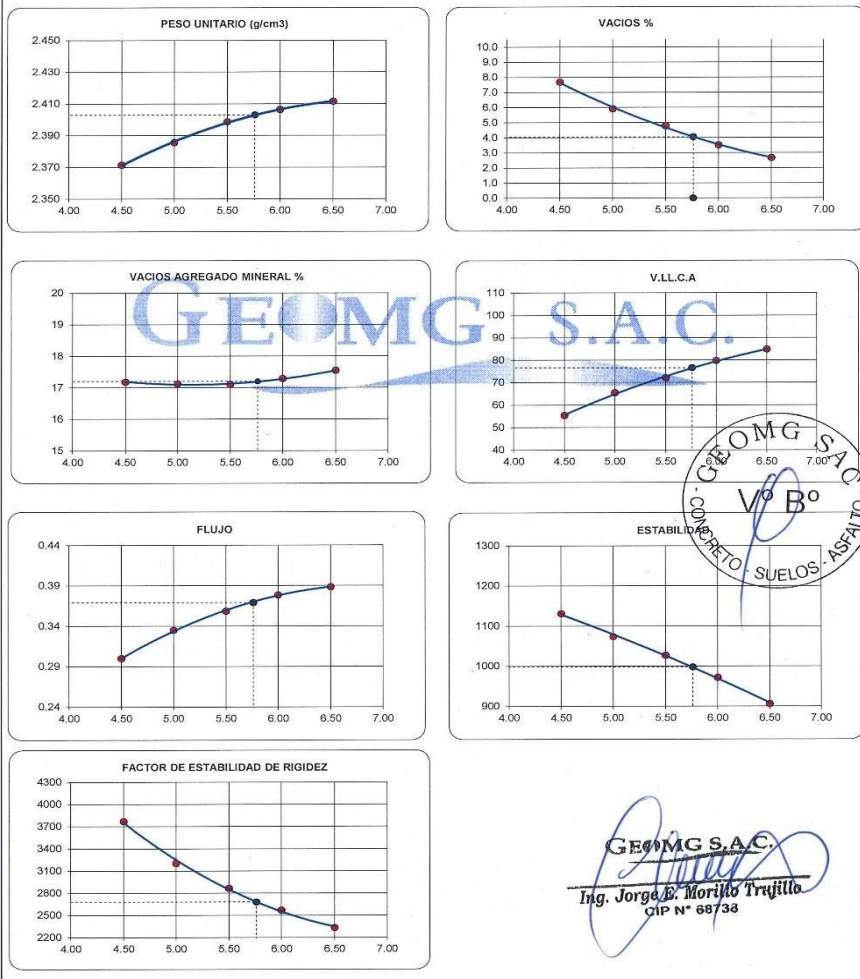
Tesis: "EFECTO EN LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON 4%, 8% 12% Y 16% DE ESCORIA DE ACERO EN SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"

Tesistas: CARRANZA SANTOLALLA ALEXANDRA NICOLE Y NAVARRO BARRANTES FATIMA ARELY

Fecha: 25/04/2024

Hecho Por: C.Z.

Ing. Responsable: JMT



Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 Lt. 8-9  
Nuevo Chimbote – Santa – Ancash

Cel. 943355197 – 998185953, email: geomg17@yahoo.es – informes@geomgsac.com

**Anexo n.º 5:**  
Tabla n.º 3: Artículo científico


**Tabla n°. 3**  
**Artículo científico**

<b>Título tentativo del artículo científico</b>	"Effect on hot asphalt mixing with 4%, 8%, 12% and 16% steel slag in substitution of coarse aggregate"
<b>Nombre de la revista a postular</b>	Revista de la Construcción
<b>URL de revista</b>	<a href="https://revistadelaconstruccion.uc.cl/index.php/RDLC/authorDashboard/submission/82110">https://revistadelaconstruccion.uc.cl/index.php/RDLC/authorDashboard/submission/82110</a>
<b>Base de datos de indización</b>	Scopus -Web of Scienese
<b>Cuartil</b>	Q3
<b>Idioma</b>	Inglés – español
<b>ISSN</b>	07177925
<b>h-index</b>	17

# Índice de similitud del programa de turnitin - Reporte de Trilce

Feedback Studio - Google Chrome  
So: ex:turnitin.com/app/carta/es/ro=1039\_u=1088032488&o=2414784087&e=1&lang=es

feedback studio ALEXANDRA NICOLE CARRANZA SANTOLALLA Efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agre... - /100 < 4 de 18 >

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

"Efecto en la mezcla asfáltica en caliente con 4%, 8% 12% y 16% de escoria de acero en sustitución del agregado grueso"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR (ES):  
Carranza Santolalla, Alexandra Nicole (orcid.org/ 0000-0002-5706-6954)  
Navarro Barrantes, Fatima Arely (orcid.org/ 0000-0002-4381-7008)

ASESORA:  
Ing. Sheila Mabel Legendre Salazar (orcid.org/ 0000-0003-3326-6895)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
Construction Sostenible

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:  
Diseño de Infraestructuras Vial

CHIMBOTE — PERÚ

2024

Resumen de coincidencias X

**20 %**

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés

Coincidencias

Rank	Source	Percentage
1	hdl.handle.net Fuente de Internet	12 %
2	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	4 %
3	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
6	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
7	www.dpsca.uca.edu.ee Fuente de Internet	<1 %
8	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %
9	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
10	REVISTAS UCR.AC.CR Fuente de Internet	<1 %
11	diariocorreio.pe Fuente de Internet	<1 %

Página 1 de 44 Numero de palabras: 11722

Version solo texto del informe Alta resolution Activado

18°C Mayorm. nubia... 11:10 a.m. 10/07/2024