



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS  
ASFALTICAS EN CALIENTE INCORPORANDO  
ESCORIA DE ACERO”**

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

**Autor:**

**Bach. Calva Herrera Leyner Oswaldo**

**<https://orcid.org/0000-0002-4220-7670>**

**Asesor:**

**Dr. Muñoz Pérez Sócrates Pedro**

**<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>**

**Línea de investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2020**

**Tesis:**  
**“ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN  
CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO”**

**Aprobación de tesis**

---

Mg. Muñoz Pérez Sócrates Pedro

**Asesor**

---

Mg. Salinas Vásquez Nestor Raúl

**Presidente del jurado de tesis**

---

Mg. Marín Bardales Noé Humberto

**Secretario**

---

Mg. Tepe Atoche Víctor Manuel

**Vocal**

## **Dedicatoria**

En primer lugar, dar gracias a Dios por brindarme salud e iluminar mi camino, a mi Madre Deyci Herrera Santos por el apoyo incondicional y constante motivación en culminar la carrera profesional, mi Padre quien en vida fue Arsenio Calva Cruz que guardo sus consejos y recuerdo, que superarse así mismo día a día y optar por la educación es la mejor herencia que los padres pueden dejar a sus hijos, a mis hermanos que contribuyeron y apoyaron durante toda mi estadía en la universidad.

*Calva Herrera Leyner Oswaldo*

## **Agradecimiento**

Agradecer a mi familia por su contante apoyo y motivación para concluir mis estudios, a mis docentes quienes fueron el pilar en la formación académica, proporcionando los conocimientos necesarios para culminar exitosamente mi vida universitaria.

A mi asesor por su orientación en la elaboración de la presente investigación, al técnico Wilson Olaya Aguilar por las facilidades y orientación en las pruebas de laboratorio, Siderperú por la donación de la escoria de acero y al gobierno regional de Lambayeque por la donación de los agregados para el desarrollo de la presente investigación.

*Calva Herrera Leyner Oswaldo*

## Resumen

Dicha investigación tiene el propósito de asegurar una buena calidad de materiales para la mezcla asfáltica y una búsqueda de nuevo material que sea capaz de dar mayor durabilidad y evitar un prematuro deterioro del pavimento, pues una de las causas a este estudio es el deterioro prematuro de los pavimentos flexibles que se presentan en la ciudad de Chiclayo, pues debe ser capaz de cumplir con su vida útil y ser duradero, también, debe tener la capacidad de resistir las cargas que se aplica sobre estos, además, en los pavimentos flexibles es común ver defectos como ahuellamientos, fallas por fatiga, baja resistencia al deslizamiento, etc. Presenta una metodología de tipo correlacional con enfoque cuantitativo, con un total de 180 briquetas para los tres niveles de tránsito. Se evaluó así la incorporación de escoria de acero para el diseño de MAC, la cual tuvo como objetivo evaluar la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica en caliente incorporando escorias de acero. Para esto se desarrolló la metodología Marshall con un porcentaje de escoria de acero respecto al agregado grueso en 0% - 15% - 25% - 50% - 75%. Los resultados obtenidos, en cuanto a calidad de los agregados cumplieron con los estándares de calidad. Se concluyó, que la mezcla asfáltica modificada con la escoria de acero, logró aumentar la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica incorporada hasta un máximo de 25%.

**Palabras claves:** Mezcla asfáltica, Estabilidad y flujo, Escoria de acero, Método Marshall.

## **Abstract**

This research has the purpose of ensuring a good quality of materials for the asphalt mixture and a search for new material that is able to give greater durability and prevent premature deterioration of the pavement, because one of the causes of this study is the premature deterioration of flexible pavements that occur in the city of Chiclayo, It must be able to fulfill its useful life and be durable, also, it must have the capacity to resist the loads that are applied on them, besides, in flexible pavements it is common to see defects such as rutting, fatigue failures, low skid resistance, etc. It presents a correlational methodology with a quantitative approach, with a total of 180 briquettes for the three traffic levels. The incorporation of steel slag was evaluated for the design of the MAC, with the objective of evaluating the stability and flow of the hot asphalt mixture incorporating steel slag. For this purpose, the Marshall methodology was developed with a percentage of steel slag with respect to the coarse aggregate of 0% - 15% - 25% - 50% - 75%. The results obtained, in terms of aggregate quality, complied with the quality standards. It was concluded that the asphalt mix modified with steel slag was able to increase the stability and flow of the asphalt mix incorporated up to a maximum of 25%.

**Keywords:** Asphalt mix, Stability and flow, Steel slag, Marshall Method.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	iv
Resumen .....	v
Palabras claves .....	v
Abstract .....	vi
Keywords .....	vi
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>15</b>
<i>1.1.1. A Nivel Internacional. ....</i>	<i>15</i>
<i>1.1.2. A Nivel Nacional. ....</i>	<i>16</i>
<i>1.1.3. A Nivel Local. ....</i>	<i>17</i>
<b>1.2. Antecedentes de estudio .....</b>	<b>17</b>
<i>1.2.1. A Nivel Internacional. ....</i>	<i>17</i>
<i>1.2.2. A Nivel Nacional. ....</i>	<i>19</i>
<i>1.2.3. A Nivel Local. ....</i>	<i>20</i>
<b>1.3. Teorías relacionadas al tema .....</b>	<b>21</b>
<i>1.3.1. Variable dependiente. ....</i>	<i>21</i>
<i>1.3.2. Variable independiente. ....</i>	<i>27</i>
<i>1.3.3. Impacto ambiental. ....</i>	<i>44</i>
<i>1.3.4. Seguridad y salud ocupacional. ....</i>	<i>44</i>
<i>1.3.5. Gestión de riesgos y prevención de desastres. ....</i>	<i>45</i>
<i>1.3.6. Gestión de mantenimiento. ....</i>	<i>45</i>
<i>1.3.7. Estimación de costos. ....</i>	<i>46</i>
<i>1.3.8. Estado del arte. ....</i>	<i>46</i>
<i>1.3.9. Normativa. ....</i>	<i>47</i>
<i>1.3.10. Definición de términos. ....</i>	<i>48</i>
<b>1.4. Formulación del problema .....</b>	<b>49</b>
<b>1.5. Justificación e importancia del estudio .....</b>	<b>49</b>
<b>1.6. Hipótesis .....</b>	<b>49</b>
<b>1.7. Objetivos .....</b>	<b>50</b>
<i>1.7.1. Objetivo general. ....</i>	<i>50</i>
<i>1.7.2. Objetivos específicos. ....</i>	<i>50</i>
<b>II. MATERIAL Y MÉTODO .....</b>	<b>51</b>
<b>2.1. Tipo y diseño de investigación .....</b>	<b>51</b>

2.1.1.	<i>Tipo de investigación.</i>	51
2.1.2.	<i>Diseño de la investigación.</i>	51
2.2.	<b>Población y muestra</b>	51
2.2.1.	<i>Población.</i>	51
2.2.2.	<i>Muestra.</i>	51
2.3.	<b>Variable, operacionalización</b>	52
2.3.1.	<i>Variable independiente.</i>	52
2.3.2.	<i>Variable dependiente.</i>	52
2.3.3.	<i>Operacionalización.</i>	52
2.4.	<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.</b>	54
2.4.1.	<i>Técnicas de recolección de información.</i>	54
2.4.2.	<i>Instrumentos de recolección de información.</i>	54
2.5.	<b>Procedimiento de análisis de datos</b>	55
2.5.1.	<i>Diagrama de flujo de procesos.</i>	55
2.5.2.	<i>Descripción de procesos.</i>	56
2.6.	<b>Criterios éticos</b>	59
2.6.1.	<i>Ética de recolección de datos.</i>	59
2.6.2.	<i>Ética de la publicación.</i>	59
2.6.3.	<i>Ética de la aplicación.</i>	60
2.7.	<b>Criterios de rigor científico</b>	60
III.	<b>RESULTADOS</b>	61
3.1.	<b>Resultados en tablas y figuras</b>	61
3.1.1.	<i>Resultados del desarrollo objetivo N°1.</i>	61
3.1.2.	<i>Resultados del desarrollo objetivo N°2.</i>	64
3.1.3.	<i>Resultados del desarrollo objetivo N°3.</i>	69
3.1.4.	<i>Resultados del desarrollo objetivo N°4.</i>	72
3.2.	<b>Discusión de resultados</b>	82
3.2.1.	<i>Desarrollo de discusión N°1: Pruebas de control de calidad – agregados pétreos y escoria de acero.</i>	82
3.2.2.	<i>Desarrollo de discusión N°2: Comportamiento de MAC incorporando %EA.</i>	82
3.2.3.	<i>Desarrollo de discusión N°3: Mezclas asfálticas modificadas.</i>	84
3.2.4.	<i>Desarrollo de discusión N°4: Propiedades físicas y mecánicas para tres clases de tráfico liviano, mediano y pesado con óptimo de cemento asfáltico.</i>	87
3.3.	<b>Aporte práctico</b>	89
IV.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	90
4.1.	<b>Conclusiones</b>	90

<b>4.2. Recomendaciones</b> .....	91
<b>REFERENCIAS</b> .....	92
<b>ANEXOS</b> .....	102
<b>ANEXO I: Informe de Laboratorio</b> .....	103
<b>ANEXO II: Informe de Laboratorio Ensayos de escoria de acero y A.G.</b> .....	119
<b>ANEXO III: Informe de Laboratorio Ensayos de Marshall.</b> .....	128
<b>ANEXO IV: Panel fotográfico</b> .....	160
<b>ANEXO V: Validez de instrumentos de Juicio experto</b> .....	164

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>MTC:</b>	Ministerio de transporte y comunicaciones.
<b>NTP:</b>	Norma técnica peruana.
<b>MAC:</b>	Mezcla asfáltica en caliente.
<b>AF:</b>	Agregado fino.
<b>AG:</b>	Agregado grueso.
<b>SUCS:</b>	Sistema unificado de clasificación de suelos.
<b>ASTM:</b>	Sociedad americana para ensayos y materiales.
<b>CA:</b>	Cemento asfáltico.
<b>EA:</b>	Equivalente de arena.
<b>IP:</b>	Índice de plasticidad.
<b>AS:</b>	Agregado siderúrgico.
<b>VMA:</b>	Vacíos de agregado mineral.

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Requisitos máximos y mínimos para agregado grueso.....	26
<b>Tabla 2</b>	Requisitos máximos y mínimos para agregados finos.....	26
<b>Tabla 3</b>	Usos granulométricos – gradaciones según clasificación MAC.....	27
<b>Tabla 4</b>	Residuos máximos en la malla en % de retenido en peso.....	27
<b>Tabla 5</b>	Grado de penetración de acuerdo a su temperatura.....	29
<b>Tabla 6</b>	Propiedades funcionales de las mezclas asfálticas.....	35
<b>Tabla 7</b>	Organización de las tecnologías WMA conforme al calor de producción.....	36
<b>Tabla 8</b>	Requisitos mínimos para la mezcla asfáltica de concreto bituminoso.....	43
<b>Tabla 9</b>	Condiciones mínimas para mixturas asfálticas en caliente según la MTC EG.....	44
<b>Tabla 10</b>	Normatividad empleada para el desarrollo.....	47
<b>Tabla 11</b>	<i>Cantidad de muestras en la clase referente a cada tipo de tránsito.....</i>	<i>52</i>
<b>Tabla 12</b>	<i>Operacionalización de variables, variable independiente.....</i>	<i>52</i>
<b>Tabla 13</b>	<i>Operacionalización de variables, variable dependiente.....</i>	<i>53</i>
<b>Tabla 14</b>	Resultados obtenidos del ensayo de control de calidad de los materiales pétreos – agregado fino.....	61
<b>Tabla 15</b>	Resultados obtenidos del ensayo de granulometría de los materiales pétreos – agregado fino.....	61
<b>Tabla 16</b>	Resultados obtenidos del ensayo de control de calidad de los materiales pétreos – agregado grueso.....	62
<b>Tabla 17</b>	Resultados obtenidos del ensayo de granulometría de los materiales pétreos – agregado grueso.....	62
<b>Tabla 18</b>	Resultado de control de calidad de la escoria de acería – Siderperú.....	63
<b>Tabla 19</b>	Resultados obtenidos del ensayo de granulometría de los materiales pétreos – Escoria de acero.....	64
<b>Tabla 20</b>	Resultado para tránsito pesado del patrón y las dosificaciones de la escoria de acero.....	69
<b>Tabla 21</b>	Resultado para tránsito mediano del patrón y las dosificaciones de la escoria de acero.....	70
<b>Tabla 22</b>	Resultado para tránsito liviano del patrón y las dosificaciones de la escoria de acero.....	71
<b>Tabla 23</b>	Discusiones de diversos autores sobre el comportamiento de mezclas asfálticas.....	82
<b>Tabla 24</b>	Discusiones de diversos autores sobre el flujo y estabilidad de mezclas asfálticas.....	84
<b>Tabla 25</b>	Discusiones de diversos autores sobre el propiedades físicas y mecánicas para tránsito liviano, mediano y pesado de mezclas asfálticas modificadas.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Escoria de acero. ....	28
<b>Figura 2.</b> Asfalto, agregados y briqueta. ....	29
<b>Figura 3.</b> Comportamiento del asfalto.....	30
<b>Figura 4.</b> Características del flujo de líquidos.....	31
<b>Figura 5.</b> Ahuellamiento o rutting, deformación permanente.....	31
<b>Figura 6.</b> Grieta por bajas temperaturas. ....	32
<b>Figura 7.</b> Esquema del ensayo de penetración. ....	33
<b>Figura 8.</b> Viscosidad absoluta. ....	34
<b>Figura 9.</b> Viscosidad cinemática. ....	34
<b>Figura 10.</b> Clasificación de mezclas asfálticas por rango de temperaturas. ....	36
<b>Figura 11.</b> Mezcla asfáltica compactada (propiedad peso – volumen). ....	38
<b>Figura 12.</b> Volumen de materiales en especímenes.....	39
<b>Figura 13.</b> Proceso de desarrollo de la investigación. ....	55
<b>Figura 14.</b> Ensayo de granulometría de materiales. ....	56
<b>Figura 15.</b> Elaboración de ensayos y preparación del asfalto.....	57
<b>Figura 16.</b> Análisis de granulometría elaborada por el investigador. ....	58
<b>Figura 17.</b> Procedimiento de metodología Marshall, elaborado por el investigador. ....	59
<b>Figura 21.</b> Curva granulométrica de combinación agregado grueso 54% + agregado fino 44%. ....	65
<b>Figura 22.</b> Curva granulométrica de combinación agregado grueso 45.9% + agregado fino 44%. ...	66
<b>Figura 23.</b> Curva granulométrica de combinación agregado grueso 40.5% + agregado fino 44%. ...	66
<b>Figura 24.</b> Curva granulométrica de combinación agregado grueso 27% + agregado fino 44%. ....	67
<b>Figura 25.</b> Curva granulométrica de combinación agregado grueso 13.5% + agregado fino 44% ....	68

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Flujo de clase de tránsito liviano al 0% de escoria de acero. ....	72
<b>Gráfico 2.</b> Flujo de clase de tránsito mediano al 0% de escoria de acero. ....	72
<b>Gráfico 3.</b> Flujo de clase de tránsito pesado al 0% de escoria de acero. ....	72
<b>Gráfico 4.</b> Estabilidad según clase de tránsito liviano al 0% de escoria de acero. ....	73
<b>Gráfico 5.</b> Estabilidad según clase de tránsito mediano al 0% de escoria de acero. ....	73
<b>Gráfico 6.</b> Estabilidad según clase de tránsito pesado al 0% de escoria de acero. ....	73
<b>Gráfico 7.</b> Flujo de clase de tránsito liviano al 15% de escoria de acero. ....	74
<b>Gráfico 8.</b> Flujo de clase de tránsito mediano al 15% de escoria de acero. ....	74
<b>Gráfico 9.</b> Flujo de clase de tránsito pesado al 15% de escoria de acero. ....	74
<b>Gráfico 10.</b> Estabilidad según clase de tránsito liviano al 15% de escoria de acero. ....	75
<b>Gráfico 11.</b> Estabilidad según clase de tránsito mediano al 15% de escoria de acero. ....	75
<b>Gráfico 12.</b> Estabilidad según clase de tránsito pesado al 15% de escoria de acero. ....	75
<b>Gráfico 13.</b> Flujo de clase de tránsito liviano al 25% de escoria de acero. ....	76
<b>Gráfico 14.</b> Flujo de clase de tránsito mediano al 25% de escoria de acero. ....	76
<b>Gráfico 15.</b> Flujo de clase de tránsito pesado al 25% de escoria de acero. ....	76
<b>Gráfico 16.</b> Estabilidad según clase de tránsito liviano al 25% de escoria de acero. ....	77
<b>Gráfico 17.</b> Estabilidad según clase de tránsito mediano al 25% de escoria de acero. ....	77
<b>Gráfico 18.</b> Estabilidad según clase de tránsito pesado al 25% de escoria de acero. ....	77
<b>Gráfico 19.</b> Flujo de clase de tránsito liviano al 50% de escoria de acero. ....	78
<b>Gráfico 20.</b> Flujo de clase de tránsito mediano al 50% de escoria de acero. ....	78
<b>Gráfico 21.</b> Flujo de clase de tránsito pesado al 50% de escoria de acero. ....	78
<b>Gráfico 22.</b> Estabilidad según clase de tránsito liviano al 50% de escoria de acero. ....	79
<b>Gráfico 23.</b> Estabilidad según clase de tránsito mediano al 50% de escoria de acero. ....	79
<b>Gráfico 24.</b> Estabilidad según clase de tránsito pesado al 50% de escoria de acero. ....	79
<b>Gráfico 25.</b> Flujo de clase de tránsito liviano al 75% de escoria de acero. ....	80
<b>Gráfico 26.</b> Flujo de clase de tránsito mediano al 75% de escoria de acero. ....	80
<b>Gráfico 27.</b> Flujo de clase de tránsito pesado al 75% de escoria de acero. ....	80
<b>Gráfico 28.</b> Estabilidad según clase de tránsito liviano al 75% de escoria de acero. ....	81
<b>Gráfico 29.</b> Estabilidad según clase de tránsito mediano al 75% de escoria de acero. ....	81
<b>Gráfico 30.</b> Estabilidad según clase de tránsito pesado al 75% de escoria de acero. ....	81

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Fórmula básica del método analítico, porcentaje que pasa por cual tamiz.....	26
<b>Ecuación 2.</b> Gravedad específica de bulk denominada GSB.....	37
<b>Ecuación 3.</b> Gravedad específica aparente denominado Gsa.....	38
<b>Ecuación 4.</b> Gravedad específica efectiva denominada Gse.....	38
<b>Ecuación 5.</b> Gravedad específica bulk del agregado denominado Gsb. ....	39
<b>Ecuación 6.</b> Gravedad específica del agregado denominado Gse.....	39
<b>Ecuación 7.</b> Gravedad específica teórica máxima de la mezcla denominada Gmm. ....	40
<b>Ecuación 8.</b> Asfalto absorbido, porcentaje del peso del agregado denominado Pba.....	40
<b>Ecuación 9.</b> Contenido de asfalto efectivo de la mezcla, denominado Pbe. ....	40
<b>Ecuación 10.</b> Vacíos en el agregado mineral, % del volumen bulk. ....	41
<b>Ecuación 11.</b> Porcentaje de volumen total de vacíos de aire en mezcla compactada.....	41
<b>Ecuación 12.</b> Porcentaje vacíos llenos con asfalto. ....	41

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

#### **1.1.1. A Nivel Internacional.**

Una gran cantidad de subproductos industriales. generando, lo que resulta en canteras y desechos industriales. Se podría lograr un sistema sostenible si los subproductos industriales se gestionan y reutilizan adecuadamente para la construcción de carreteras. China en la actualidad, el 90% del pavimento de asfalto está diseñado y colocado de acuerdo con el principio de clasificación densa, y la vocación de aire del pavimento de clasificación densa es pequeño, lo que hace que el pavimento sea propenso a la acumulación de agua y difícil de drenar (Ali et al., 2019; Fan et al., 2019).

El rápido desarrollo de la industria pesada en Vietnam lleva a los establecimientos de industria metalúrgica. La escoria de acero, un subproducto de la industria siderúrgica, según la ley vietnamita, era considerado como un residuo sólido nocivo que necesitaba ser procesado y vertido en vertedero. Sin embargo, el índice de uso de escoria de China es de solo un 20%, por cada 1tn de acero bruto producido, 8% ~ 15% de acero se producirá escoria. En China, la tasa de utilización integral de escoria de acero todavía es baja, y todavía hay un espacio considerable para el reciclaje y la utilización (Hien, Dai & le, 2018; Bing et al., 2019; Chen, Huo & Yang, 2019).

La escoria de acero es el subproducto inevitable que representa del 15 al 20% de la producción de acero bruto en el transcurso de elaboración de acero o equivalente con 130 - 200 kg de escoria de una tonelada de producción de acero. El aumento de acero y vertedero de escorias no solo está causando la escasez del vertedero, sino que también puede tener un impacto en el medio ambiente (Rahmawati & Saputro, 2018; Lim et al., 2016).

En el transcurso de elaboración de acero, se generan desechos, comúnmente conocidos como coproductos por la industria del acero, como la escoria de alto horno y la escoria de acero. Considerando que Brasil se encuentra entre los más grandes productores de acero en el mundo y, en consecuencia, produce cantidades considerables de escorias de acero, siendo así necesario fomentar el uso de este subproducto como material, sustituto de agregado natural (Alves et al., 2020; Giordano et al., 2019).

Cantidades significativas de escoria de alto horno (BFS) se generan diariamente como subproducto de las industrias siderúrgicas. Este tipo de problemas desafía el empleo de escoria de acero a manera de material pétreo grueso en las mixturas asfálticas caliente. Centrándose

en la viabilidad del uso de escoria de acero como reemplazo de los agregados naturales (piedra caliza, LS) tanto en el asfalto de mezcla en caliente (HMA) como en capas base granulares **(Rondon, Ruge & Muniz, 2018; Alinezhad & Sahaf, 2019; Shiha, Badawy & Gabr, 2019)**.

En la actualidad, se ha mejorado el uso de escoria de acero como material compuesto para el fin constructivo para reducir el costo de construcción y mantenimiento de las infraestructuras existentes. En la región de los Urales del Sur, el uso de escoria es lo suficientemente alta. Ya que estas soluciones pueden resolver simultáneamente problemas ambientales y reducción de costos para la producción de aglutinante y concreto **(Hanif, 2019; Kirsanova, Dildin & Maksimov, 2017; Fakhri & Ahmadi, 2017)**.

En el diseño de mezclas asfálticas se extingue gran cantidad de agregados de fuente natural lo que perjudica al ambiente. Dichos agregados pueden ser sustituidos por aquellos que son desechados en escombreras y producidos por las compañías siderúrgicas, como las escorias. Se usa escoria de acero como agregado grueso para fabricar mezclas calientes de asfalto **(Rondon & Reyes, 2012; Lopez, Ochoa & Grimaldo, 2018)**.

Estos materiales son utilizados en la construcción de redes viales y edificios. La escoria dispuesta como cementante es el material granulado de alto horno, el cual se obtiene por enfriamiento raudo de la escoria fundida, con la intención de formar un material vítreo el cual tendrá cierto grado de activación. Paralelamente, la posible inclusión de residuos / materiales marginales en pavimentos de carreteras **(Cabrera, Escalante & Castro, 2016; Passetto & Partl, 2020; Yan & Hao, 2019)**.

### ***1.1.2. A Nivel Nacional.***

En Lima enfocándose en la falta de vías de comunicación terrestre en zonas rurales y el costo que requiere la implementación de vías para estos sectores, específicamente en los materiales de construcción, se plantea el estudio para visualizar la factibilidad del uso de estos desechos de acero o “escoria negra” como material reciclado para la construcción de afirmados, como vías de comunicación terrestre, para dichas zonas del Perú **(Mamani y Figueroa, 2019)**.

En nuestro país padecemos de la carencia de reutilización de desechos que engendran las grandes fábricas industriales e incluso la minería. Los desechos como la escoria originado de la fundición de metales, comprende cualidades mecánicas de resistencia, superior a comparación de materiales adquiridos en canteras, que alcanzarían ser empleados en diversos

proyectos de construcción como; afirmado de carreteras, mezclas asfálticas para pavimentos, concretos de hormigón, etc (**Perez, 2018**).

Se busca soluciones al medio ambiente debido al problema que genera la industria siderúrgica, teniendo en cuenta la valoración económica a partir de una técnica productiva financiera para así lograr una armonía ente la industria y ambiente (**Zelada, 2016**).

### **1.1.3. A Nivel Local.**

Entre algunas cualidades más relevantes que las mixturas asfálticas en caliente deben contener, conveniente estabilidad y flujo, cualidades de las cuales supedita, en gran medida, el rendimiento y la durabilidad de los pavimentos (**Quipusco y Villegas, 2019; Galvez y Valladolid, 2015**).

Se estima que alrededor del 70 % de la ciudad de la amistad presentan problemas en sus pavimentos flexibles. Uno de los dilemas más comunes en la urbe de Chiclayo son los pavimentos que por distintos motivos, se envejecen prematuramente. Como consecuencias de mínimos mantenimientos y reparaciones de manera prematura generando pérdidas económicas y malestar en la población (**Serquen, 2018; Bravo y Montalvo, 2019; Pérez y Ramirez, 2018**).

## **1.2. Antecedentes de estudio**

### **1.2.1. A Nivel Internacional.**

**Zumrawi & Khalill (2017)**, en su **investigación titulada** “*Experimental Study of Steel Slag used As Aggregate in Asphalt Mixture*” tuvieron el **objetivo** de evaluar el uso de escoria de acero (SSA) como sustituto de áridos naturales en la producción de mezcla asfáltica en caliente (HMA) para la construcción de carreteras. Utilizando la metodología Marshall, usando cuatro dosis diferentes reemplazos (0, 50, 75 y 100%) **Concluyeron** se observó un creciente de la densidad y estabilidad, observándose una disminución en resultados de flujo y vacíos de aire en muestras preparadas con 100% SSA, haciendo factible el uso de escoria de acero como una fuente alternativa razonable de árido para producción de mezclas de asfalto.

**Raposeiras et al. (2016)**, en su **investigación denominada** “*Effect of copper slag addition on mechanical behavior of asphalt mixes containing reclaimed asphalt pavement*” con el **objetivo** incorporar escoria de cobre como agregado de mezclas asfálticas que contengan pavimento asfáltico recuperado (RAP). **Concluyeron**, los resultados la utilización de la escoria de cobre en 15, 25 y 35% en un porcentaje de adición del 35% es favorable, ya que aumenta los valores de fluidez y disminuyen los de estabilidad obteniendo un comportamiento similar al de una mezcla tradicional.

**Kim et al. (2018)**, en su **investigación titulada** “*Characteristics of hot mix asphalt containing Steel slag aggregate according to temperature and void percentage*” tuvo como **objetivo** indagar el comportamiento de la mixtura en caliente que incluye agregado de escoria de acero (SHMA). **Concluyeron** que con la mezcla de asfalto caliente que contiene agregado de granito (GHMA), SHMA aumentó las cepas en aproximadamente 15%; sin embargo, un porcentaje vacío de 4.2% o más resultó en una tensión similar a la de GHMA.

**Tamayo y Bolivar (2020)** en su **investigación titulada** “*Protocolo para la elaboración de una mezcla asfáltica con incorporación de escoria siderúrgica como llenante mineral*”, tuvieron como **objetivo** proponer una moderna opción de uso de empleo de la escoria siderúrgica como llenante mineral en una mixtura asfáltica para conseguir ser evaluado en diversos niveles de escala, y así determinar su influencia en las características de una mixtura asfáltica. **Concluyeron** que las escorias de alto horno si se pueden emplear como sustituto del material pétreo natural, por consiguiente, con sus características físicas afianza una superior resistencia a las cargas vehiculares que va a sostener la mixtura asfáltica.

**Parra y Bautista (2018)** en su **investigación titulada** “*Medición de la resistencia bajo carga monotónica de una mezcla asfáltica tibia reciclada sustituyendo parte del agregado pétreo por escoria de alto horno*”, tuvieron como **objetivo** evaluar si es posible sustituir agregados pétreos por un desecho contaminante proveniente de la producción de arrabio (BFS). **Concluyeron** las mayores resistencias obtenidas en el ensayo Marshall de la mezcla asfáltica tibia reciclada con BFS puede ser considerada como un indicador de fortaleza. Cuando reduce la temperatura de preparación de las mezclas, aquellas elaboradas con BFS como agregado son menos susceptibles a disminuir la fortaleza bajo carga monotónica.

**Polonia (2021)** en su **investigación titulada** “*Aprovechamiento de residuos del sector industrial en la producción de mezclas asfálticas para la infraestructura vial*”, tuvieron como **objetivo** definir una alternativa de aprovechamiento de residuos sólidos industriales en las mezclas asfálticas. **Concluyó** que el material cenizas volantes de carbón repercutirá como una llenante mineral en dosificaciones que van desde el 20% y 25% que a crecentan la resistencia a la deformación, a la humedad y es bueno para la estabilidad y flujo en el mezclado semicaliente.

**Novoa (2018)** en su **investigación titulada** “*Implementación de escoria negra de horno de arco eléctrico (ENHAE) como agregado grueso en la mezcla asfáltica.*”, tuvieron como **objetivo** diagnosticar la estabilidad y flujo de las mixturas asfálticas tipo MDC-19 fabricadas con ENHAE como sustituto del agregado grueso para un nivel de tránsito NT3. **Concluyeron**

que la inclusión de ENHAE como material pétreo grueso en la mezcla asfáltica contribuye por tener un mejor desarrollo en sus propiedades de estabilidad, al ser capaz de cumplir la gran mayoría con los parámetros de INVIAS, teniendo mejor resultados en 6& y 6.5% de contenido de asfalto.

### **1.2.2. A Nivel Nacional.**

**Perez (2018)**, en su **investigación nombrada** “*Diseño de mezclas asfálticas en caliente con la añadidura de escoria metalúrgica-Lima, 2018*” tuvo por **objetivo** estudiar el actuación de las mezclas asfálticas al adicionar escoria metalúrgica. En el estudio se **concluye** que, si puede aprovechar la escoria metalúrgica en 10%, 15% y 12% en las mixturas asfálticas, por consiguiente esta repercute significativamente en la estabilidad, fluencia y fortaleza a la tracción indirecta eligiendo como mejor combinación la del 15% de escoria metalúrgica.

**Santa Cruz (2021)** en su **investigación titulada** “*Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. André Avelino Cáceres – Provincia de Concepción 2020*”, tuvieron como **objetivo** analizar el comportamiento mecánico de nuevas mezclas asfálticas en caliente incorporando material asfáltico reciclado de la Av. Andrés Avelino Cáceres del distrito de Nueve de Julio en la provincia de Concepción con el propósito de utilizar la máxima cantidad posible de material reciclado en una mezcla. **Concluyeron** el material reciclado 0%, 20%, 40% y 60%. Finalmente, se comprueba que se puede utilizar hasta el 40% de material reciclado en una nueva mezcla asfáltica.

**Lau (2019)** en su **investigación titulada** “*Evaluación del comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente incorporando cenizas de bambú, Lima- 2019*”, tuvieron como **objetivo** mostrar que la ceniza de bambú favoreció de manera acertiva el nivel de comportamiento de la mixtura asfáltica en caliente para las índoles climatológicas del sitio de estudio; en este caso para la ciudad de Lima. **Concluyeron** que adicionando 1% de cenizas de bambú sobre la mezcla asfáltica en caliente se obtuvo mejoras en el flujo y porcentaje de vacíos; en cuanto al resultado de la estabilidad con 1% de ceniza redujo 41% con relación al diseño patrón. Con 2% de cenizas la estabilidad redujo 12% observándose una recuperación; no obstante, su flujo y porcentaje de vacíos no fueron asertivos.

**Arriola et al. (2021)** en su **investigación titulada** “*Influencia de la temperatura en el diseño de mezclas asfálticas tibias con aceite de palma industrial y artesanal de Yurimaguas*”, tuvieron como **objetivo** se optó por incorporar un aceite crudo de palma de una planta de origen africano muy usado en la ciudad de Yurimaguas, Perú. **Concluyeron** se aplicó el ensayo Marshall con lo cual se estableció que el contenido de aceite patrón es de 3% para el

mejor desempeño de las mezclas tibias con una temperatura adecuada de 128°C para un porcentaje de adición de aceite de palma industrial de 3% con el que se obtuvo un óptimo contenido de asfalto de 5.6%.

**Siclane (2019)** en su **investigación titulada** “*Aplicación de escoria siderúrgica para rehabilitar pavimentos flexibles en el Distrito de La Victoria-Lima 2018*”, tuvieron como **objetivo** proponer dar a saber las bondades del empleo de colocar de escoria siderúrgica para rehabilitar pavimentos flexibles. **Concluyeron** que para perfeccionar las cualidades de asfalto se optó por incluir escoria de siderúrgica en proporciones de 0.0%, 0.13% y 0.21% con la finalidad de hallar la dosis óptima para de esta manera mejorar las cualidades del pavimento flexible, finalmente se demostró que la inclusión de escoria siderúrgica en un 0.07% respecto al peso de los materiales, se obtuvo una estabilidad de 1149.8 kg con un flujo de 3.1 mm y un 3.9% vacíos de aire, y 1149.3 kg de estabilidad, 3.1 de flujo y vacíos de aire de 3.9% en la mezcla convencional .

### **1.2.3. A Nivel Local.**

**Quipusco y Villegas (2019)**, en su **investigación titulada** “*Efectos de reemplazar agregado grueso común por siderúrgico en las propiedades físico-mecánicas de mezclas asfálticas en caliente*” tuvieron como **objetivo** resolver el cambio que crea sustituir material pétreo grueso por siderúrgico (escoria de acero), las consecuencias obtenidas de, los agregados pétreos como el agregado siderúrgico. **Concluyeron** que satisface con las exigencias de condiciones para agregados, impuestos en los estándares nacionales y que, mediante la sustitución del material pétreo convencional por siderúrgico, teniendo mejorar hasta 35.8%, se desarrolla progresar las características físico-mecánicas de las mixturas asfálticas, estimándose un nivel óptimo de sustitución del 12.5%.

**Bravo y Montalvo (2019)**, en su **investigación nombrada** “*Desarrollo de una mezcla asfáltica en caliente con añadidura de caucho: caracterización del nuevo materia*” su **objetivo** fue de modernizar en la fabricación de una mixtura asfáltica en caliente (MAC) mediante la adhesión de un elastómero (caucho sintético). Se **concluyó que** los valores obtenidos de las MAC convencional y MAC con caucho sintético al 1%, 2%, 3% mediante la metodología Marshall, tuvieron que, acrecenta la estabilidad y el flujo en equiparación a una MAC convencional, de modo que, la relación de estabilidad y flujo en general reduce para cada nivel de tráfico para los de mediano y pesado.

**(Castro et al., 2020)** en su **investigación nombrada** “*Influencia de la cáscara y fibra de coco en mezclas asfálticas en caliente*” tuvieron como su **objetivo** de la investigación se

referenció a determinar la influencia de la cáscara y fibra de coco en la mezcla de en caliente desarrollándolo con el método Marshall. **Concluyeron** que las cáscaras y la fibra de coco si tuvieron una influencia relevante pues mejoran las cualidades de las mezclas asfálticas en caliente cuando se combinan con un asfalto, no obstante no se descarta su aplicación en otra clase de mezclas.

La presente investigación evalúa así la incorporación de escoria de acero en la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica en caliente.

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

#### **1.3.1. Variable dependiente.**

##### **1.3.1.1. Calidad de los agregados pétreos.**

Los agregados pétreos son piedra, grava, arena u otros minerales, tanto de origen natural como artificial en forma de minerales sólidos en forma de tamaños o fragmentos grandes o pequeños.

El agregado es un componente principal de la estructura del pavimento de la carretera, la cantidad de agregado en una mezcla es aproximadamente 90-95% del peso total de la mezcla o 75-85% del volumen total de la mezcla. La calidad del pavimento también está determinada por la naturaleza del agregado y los resultados de la mezcla de agregado con otros materiales (Irwanto & Qadar, 2019).

##### **1.3.1.2. Tipos de agregados pétreos.**

De acuerdo al procedimiento usado para su extracción y procedencia se clasifican en:

a) *Agregados pétreos naturales:* son empelados únicamente después de haber sido modificados de acuerdo a la distribución de su tamaño:

“Partículas producidas mediante el proceso natural de desgaste y deterioro, tal como la fuerza del viento, químicos y agua. La estructura de las partículas en este caso se produce a largo tiempo por elementos que intervienen sobre ellas. Por lo general las partículas lisas y redondeadas son producidas por corrientes de agua, el agregado natural usado en pavimentos (grava- arena)” (Crespin et al., 2012, p.17).

b) *Agregados pétreos artificiales:* son aquellos que se originan mediante procesos industriales, como también materiales y escorias procedentes de demoliciones.

Los agregados artificiales o también llamados sintéticos no se encuentran en la naturaleza

c) *Agregados pétreos de trituración:* obtenidos a raíz de la trituración de rocas de canteras cuyas propiedades físicas sean las apropiadas para su determinado uso.

d) *Agregados pétreos marginales:* todo material que sus características no satisfacen con las exigencias.

### **1.3.1.3. Clasificación de los agregados de acuerdo a su tamaño.**

#### **1.3.1.2.1. Agregado grueso.**

De acuerdo a SUCS, puntualiza al agregado grueso como la parte retenida en la criba #4 (Padilla, 2004 pag.11).

#### **1.3.1.2.2. Agregado fino.**

Según Padilla (2004) menciona: “De acuerdo a SUCS, puntualiza a este agregado como la parte que pasa la criba #4 y retenida la criba #200” (p.13).

### **1.3.1.4. Consideraciones acerca del uso de los agregados pétreos.**

Se debe considerar ciertos aspectos importantes para el buen desempeño de los agregados en la construcción de pavimentos, así mismo en el momento que es parte de la estructura del pavimento, más aún en la producción de la mezcla asfáltica (Padilla, 2004, p.7). Se tiene las siguientes consideraciones:

#### **a) Identificación – naturaleza**

“Evaluación y descripción mediante la observación microscópica de los agregados; propiedades químicas, porosidad y grado de alteración” (Padilla, 2004, p.7).

#### **b) Propiedades geométricas**

“Se analiza la distribución granulométrica y principalmente forma y angulosidad de la partícula” (Padilla, 2004, p.7).

#### **c) Propiedades mecánicas**

“Deben estar dentro de las especificaciones básicas de fortaleza al desgaste y pulimento” (Padilla, 2004, p.7).

#### **d) Inexistencia de impurezas**

“Los agregados empleados en los proyectos de pavimentos estén importantes que estén libre de impurezas, ya que estos pueden variar el buen funcionamiento de las capas y provocar su degradación” (Padilla, 2004, p.7).

#### **e) Inalterabilidad**

“Se debe tener precauciones especiales para evitar conductas irregulares que afecten la capa de rodadura, por eso será esencial la estimación de las posibles degeneraciones que vayan a soportar los agregados pétreos” (Padilla, 2004, p.7).

#### **f) Adhesividad**

“Los agregados a utilizar deben ser adhesivos con los ligantes que sean empleados en la elaboración de la mezcla, y construcción del pavimento, caso contrario se deberá usar un activante para certificar buen comportamiento de la mezcla asfáltica” (Padilla, 2004, p.7).

### **1.3.1.5. Propiedades de los agregados pétreos.**

Se tienen en cuenta los siguientes ensayos:

a) *Graduación – granulométrica*

“Las normas especifican parámetros en la mezcla asfáltica caliente, las cuales indican que los materiales pétreos se hallaron en diversos tamaños y estos en determinada proporción, usualmente llamada escala del agregado. De este modo será necesario saber medir la dimensión de las partículas y entender la gradación para verificar si satisfacen o no con los requerimientos” (Padilla, 2004, p.7).

b) *Tamaño de las partículas*

Para designar el tamaño máximo existen dos formas:

- Tamaño máximo nominal de partícula

Criba que retiene más del 10% del agregado de los tamices.

- Tamaño máximo de partícula

Criba por la que pasa el 100% de las partículas de agregado.

c) *Textura superficial*

Factor determinante en cuanto a lo trabajable y resistente que pueda ser la mezcla para luego en la carpeta de rodadura. Proveerá un alto coeficiente de fricción en medida que la textura del agregado sea áspera dando así seguridad al tránsito vehicular.

d) *Limpieza*

Usualmente en obras los requerimientos tienen un límite de materiales despreciable en el material pétreo (terrones de arcilla, partículas blandas, vegetación, arcilla esquistosa, etc.); puesto que el comportamiento del pavimento será otro si hubiera cantidades excedentes de estos materiales. Por lo general la limpieza del agregado se determina mediante una inspección ocular. Se le realizara el ensayo tamizado por lavado.

e) *Capacidad de absorción*

Elemento fundamental de información; pues si el agregado es demasiado absorbente, este seguirá absorbiendo aun después del mezclado inicial al asfalto, generando así que el asfalto se vea reducido para ligar el resto de partículas. Se le realizara los ensayos por tamaño, agregado grueso y agregado fino respectivamente.

f) *Dureza*

Capacidad del agregado de resistir a la abrasión, degradación en planta, colocación, compactación y durante la vida útil del pavimento. El agregado superior o expuesto en la estructura del pavimento deberá tener mayor resistencia puesto que estarán sometidas a las cargas constantes del tránsito vehicular. Se le realizara el ensayo de Desgaste de Los Ángeles.

g) *Afinidad por el asfalto*

Hay dos tipos de agregados que deben tener predisposición para retener y admitir una manta de asfalto.

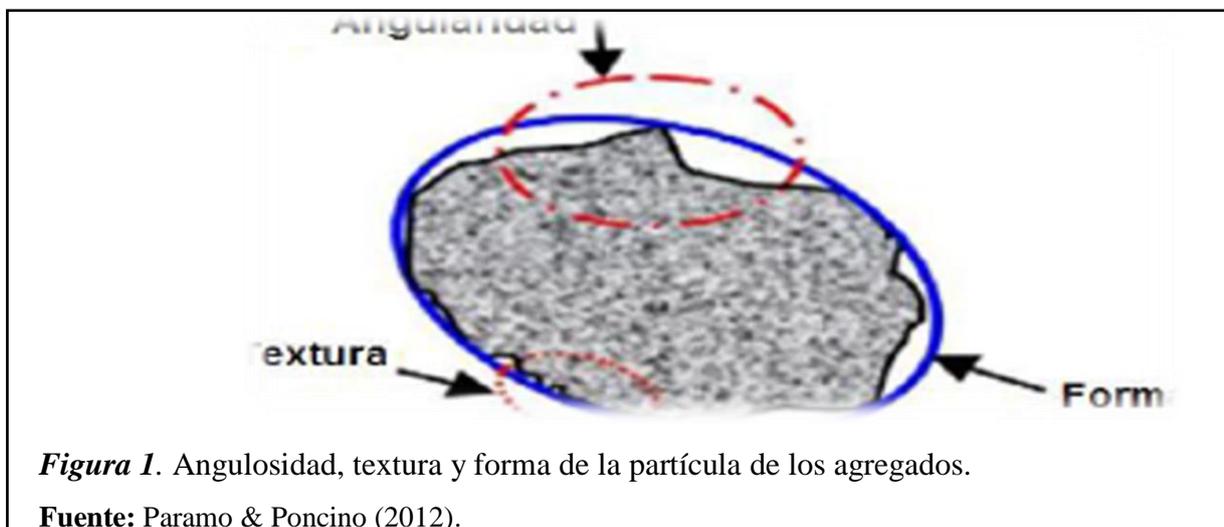
Los hidrofóbicas que resisten los esfuerzos del agua y repelen a la misma, quien pretende separar al asfalto de la superficie.

Los hidrofílicos quienes atraen el agua por consiguiente presentan poca atracción con el asfalto. Hay otros agregados que deben ser utilizados con mucha precaución pues son susceptibles al desprendimiento estos son los silíceos (cuarcita y algunos granitos).

h) *Forma de la partícula.*

El procedimiento para diagnosticar las partículas chancadas o caras fracturadas, lajeadas y rodadas es conocido como “cubicidad de las partículas” y se ensayan con la normatividad (ASTM D 692).

Por la forma que tenga las partículas se verá afectado su trabajabilidad en la mezcla y durante su colocación a pavimentar, de la misma forma para alcanzar la densidad requerida con la fuerza necesaria para compactar.



i) *Peso específico*

Forma práctica de determinar las particularidades de peso y volumen de los materiales se realiza por la norma ASTM D70 y AASHTO T228.

La importancia por la que se debe saber el peso específico del agregado, es porque influye al prever el % de vacíos de aire de la mezcla ya compactada.

Considera por naturaleza que todos los agregados son porosos, de tal manera que se han determinado tres tipos los cuales son Peso (específico total – aparente – específico efectivo) puesto que estos afectan directamente en la dosis de asfalto requerido para envolver en su totalidad las partículas de agregado y vacíos de aire.

#### **1.3.1.6. Polvo mineral (filler).**

El SUCS, define al polvo mineral como todo agregado mineral que pase el tamiz N°200.

Producto comercializado el cual es de condición pulverulenta (normalmente cemento o cenizas volátiles de central térmica) generalmente calizo, hecho fundamentalmente para ser usado en mezclas asfálticas (Padilla, 2004).

a) Características deseables del filler

✓ *Finura:* Al establecerse relativamente los lugares vacíos de la mezcla asfáltica dejada por estructura granular y partículas mayores, merma el cuerpo de la mezcla asfáltica eludiendo así una mayor cantidad de ligante asfáltico.

Una vez compactada la estructura granular el filler cumple el cometido de rellenar dependiendo el volumen de vacíos Padilla (2004).

✓ *Acción estabilizante frente al agua:* puesto que reduce relativamente la porosidad evita así la entrada del agua al interior, incrementando de esta forma la funcionalidad de las mezclas al acto del agua. En cuanto a la acción estabilizante frente al agua va depender mucho de la forma y tamaño de las partículas.

✓ *Procedencia del polvo mineral:* los agregados tras su secado en la planta de asfalto tendrán polvo mineral adherido inevitablemente a este, pero estos según norma, su valor estará aproximadamente dentro del 2% de la masa de la mezcla.

b) Propiedades del polvo mineral

Una de la apariencia más importante del polvo mineral dentro de la mezcla asfáltica es la desigualdad geométrica (textura de superficie, angulosidad y forma), (propiedades químicas, físicas, así como su geométrica, propiedad de adsorción, adhesión, Etc.). Todos esos aspectos predominan en el comportamiento mecánico - estructural de las mezclas.

#### **1.3.1.7. Mezcla de agregados**

Es una combinación de dos o más agregados con diferentes gradaciones, de esta forma se originan una nueva mezcla de agregados, los cuales cumplan las especificaciones requeridas para lo proyectado (Valeriano & Catacora, 2017, p. 53-55).

#### **1.3.1.8. Método analítico.**

Radica en estimar de forma dinámica, por sondeo los porcentajes (%) de cada agregado, determinando cual agregado controlara la totalidad de material que entra en cada tamiz. el % de material combinado que pasa por un tamiz, se obtiene sumando las cantidades del material de cada tipo que pasa por dicho tamiz. Su fórmula básica es:

$$P = Aa + Bb + Cc + \dots + Nn$$

**Ecuación 1.** Fórmula básica del método analítico, porcentaje que pasa por cual tamiz.

Donde:

P = % que pasa cualquier tamiz (media aritmética)

A, B, C, N = % de agregado que pasa los tamices en la granulometría empleados en la combinación.

a, b, c, n = relaciones reveladas de forma decimal, producto de la combinación de cada uno de los materiales, cuya estimación es exacto a uno.

### 1.3.1.9. Especificaciones técnicas para los agregados pétreos.

Los agregados tendrán que cumplir parámetros decretados en el manual EG -2013 para un pavimento flexible.

**Tabla 1**

*Requisitos máximos y mínimos para agregado grueso.*

Ensayos	Norma	Requerimiento Altitud (m.s.n.m)	
		≤3,000	>3,000
Durabilidad (al sulfato de magnesio)	MTC E 209	18 % máx.	15 % máx.
Abrasión los ángeles	MTC E 207	40 % máx.	35 % máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de durabilidad	MTC E 214	35 % min.	35 % min.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10 % máx.	10 % máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5 % máx.	0.5 % máx.
Absorción	MTC E 206	1.0 % máx.	1.0 % máx.

Fuente: (MTC EG, 2013).

**Tabla 2**

*Requisitos máximos y mínimos para agregados finos.*

Ensayos	Norma	Requerimiento Altitud (m.s.n.m)	
		≤3,000	>3,000
Equivalente de arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al sulfato de magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de durabilidad	MTC E 214	35 min	35 min
Índice de plasticidad (malla N° 200)	MTC E 211	4 máx.	NP
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5 % máx.	0.5 % máx.
Absorción **	MTC E 205	0.5 % máx.	0.5 % máx.

Fuente: (MTC EG, 2013).

La Tabla 3 muestra los usos granulométricos que deberán cumplir para la gradación de la mezcla asfáltica.

**Tabla 3**

*Usos granulométricos – gradaciones según clasificación MAC.*

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC – 1	MAC – 2	MAC – 3
25.00 mm (1")	100		
19.00 mm (3/4")	80-100	100	
12.50 mm (1/2")	67-85	80-100	
9.50 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4.75 mm (Nº 4)	43-54	51-68	65-87
2.00 mm (Nº 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (Nº 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (Nº 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (Nº 200)	4-8	4-8	5-10

**Fuente:** (MTC EG, 2013).

El filler a disponer como relleno de vacíos, condensante de asfalto o enriquecedor de adherencia (agregado – asfalto), preferentemente será calcita hidratada, no plástica que deba cumplir con la norma AASHTO M303.

**Tabla 4**

*Residuos máximos en la malla en % de retenido en peso.*

Malla	% retenido en peso
Residuo máximo en la malla de 600 µm (Nº 30)	3%
Residuo máximo en la malla 75 µm (Nº 200)	20%

**Fuente:** (MTC EG, 2013).

### **1.3.2. Variable independiente.**

#### **1.3.2.1. Escoria de acero.**

La escoria de acero es un agregado rugoso de origen mineral que se compone de silicatos de calcio y ferritas, combinados con óxidos fundidos de hierro, aluminio, manganeso, calcio y magnesio.



**Figura 1.** Escoria de acero.

**Fuente:** Autoría propia.

La escoria es superior a la piedra, utilizado como agregado, la escoria es utilizada en mezclas asfálticas en importantes carreteras de estados unidos por su resistencia a derrapes, y se denomina como un agregado excelente para evitar la formación de baches (Amelian, Manian, Mahdi, & Goli, 2018).

### **1.3.2.2. Materiales asfálticos.**

#### **1.3.2.2.1. Antecedentes**

El cemento asfáltico es un componente antiguo utilizado como aglutinante o impermeabilizante.

Entre los años 1800 a 1900 debido al aumento de vías pavimentadas, se multiplicó tan apresuradamente la extracción y acarreo de lagos de asfalto que fue limitando la construcción de estos pavimentos. Surge así la necesidad de elaborar asfalto, es por eso que hoy en día casi la totalidad de asfaltos son provenientes del refinamiento del petróleo (Minaya & Ordoñez, 2006).

#### **1.3.2.3. Definición de asfalto.**

Elemento cementante de tonalidad negro y solidez cambiante, cuya dureza dependerá a que temperatura se trabaje. En medida que la temperatura se eleva, el asfalto sólido o semisólido pasa a un estado líquido. El asfalto empleado en pavimentación habitualmente a 135°C es poco rígido, situación que facilita la adherencia de los agregados de modo que es un excelente aglutinante. Una mezcla convencional (asfalto más granulometría adecuada), 6.5% de asfalto y un 93.5% de agregado en peso de la mezcla, aproximadamente (Minaya & Ordoñez, 2006).



**Figura 2.** Asfalto, agregados y briqueta.

**Fuente:** (Minaya & Ordoñez, 2006).

#### 1.3.2.4. Tipos de asfalto.

##### 1.3.2.4.1. Cemento asfáltico (AC)

Composición de asfalto purificado y aceite fluidificante de densidad conveniente para la pavimentación:

“El aceite fluidificante es un aceite viscoso, espeso no volátil, obtenido de productos volátiles livianos que se encuentran en el crudo de petróleo. Usado para ablandar asfaltos duros, cuya penetración es menor de 10, de esta forma obtener la consistencia deseada. Con grados de penetración indicados en la Tabla 5” (Valeriano & Catacora, 2017, p. 65-66).

**Tabla 5**

*Grado de penetración de acuerdo a su temperatura.*

Temperatura media anual			
24°C o mas	24°C – 15 °C	15°C- 15°	Menos de 5°C
40 – 50	60 - 70		Asfalto modificado
60 – 70		85 – 100	
modificado		120 - 150	

**Fuente:** (MTC EG, 2013).

##### 1.3.2.4.2. Asfaltos líquidos

Cemento asfáltico licuado mediante la añadidura de un diluyente (destilación de petróleo volátil y ligero). Ya que si se encontrara expuesto el destilado volátil se vaporiza, quedando así solo el cemento asfáltico. Son tres tipos:

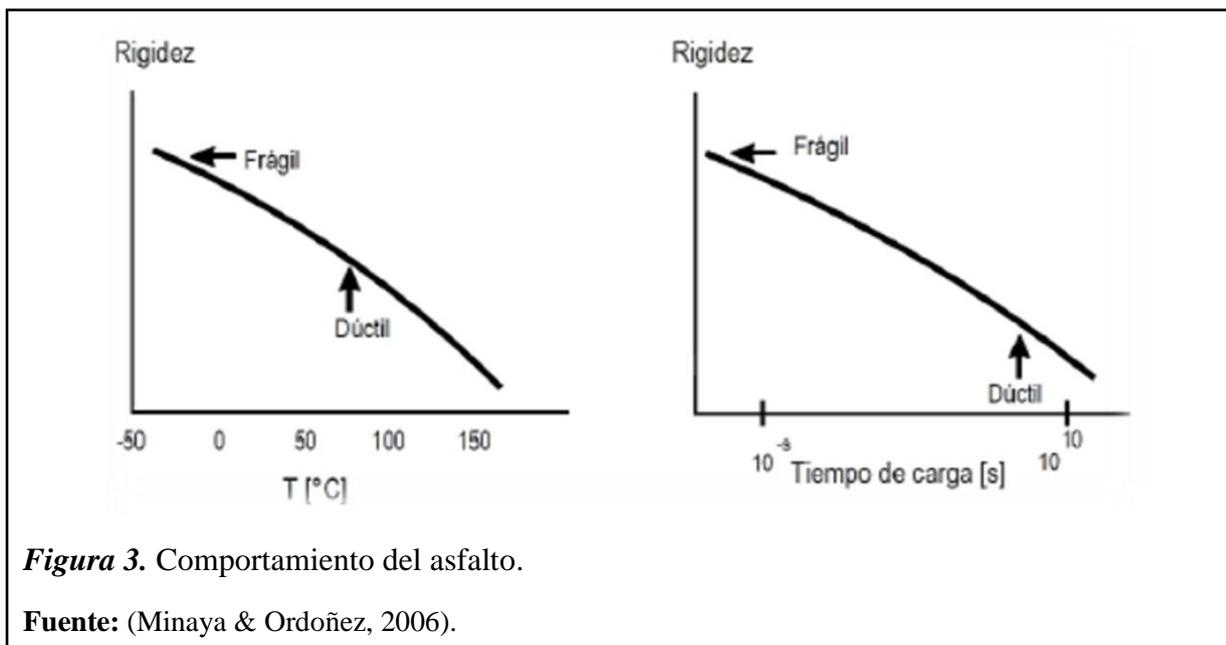
- ✓ *Curado rápido (RC – Rapid Cured)*: mediante un destilado del tipo de la gasolina o cemento asfáltico fluidificado con nafta.
- ✓ *Curado medio (SC – Medium Cured)*: con kerosene.cemento asfáltico fluidificado
- ✓ *Curado lenta (SC - Slow Cured)*: aceite asfáltico residual, o mezcla estos aceites con destilados de volatilización lenta.

#### 1.3.2.4.3. Asfaltos emulsionados

Solución de cemento asfáltico con agua, el cual contiene una pequeña porción de agente emulsivo.

#### 1.3.2.4. Comportamiento del cemento asfáltico.

Por naturaleza es elástico – viscoso, dependiendo de temperatura y tiempo en el que se le aplica una carga. Mientras la temperatura de mezcla (135°C) el asfalto tiende a perder rigidez, y mientras la temperatura disminuye este se vuelve más rígido, sin embargo, de ser muy bajas las temperaturas el asfalto va agrietarse porque tiende a ser frágil y quebradizo. En la figura 3 se observa el comportamiento análogo entre velocidad de aplicación de carga y rigidez. Entonces se deduce que si las cargas sometidas son apresuradas el asfalto tiene más consistencia, pero si las cargas son pausadas habrá menos consistencia y más deformidad (Minaya & Ordoñez, 2006).



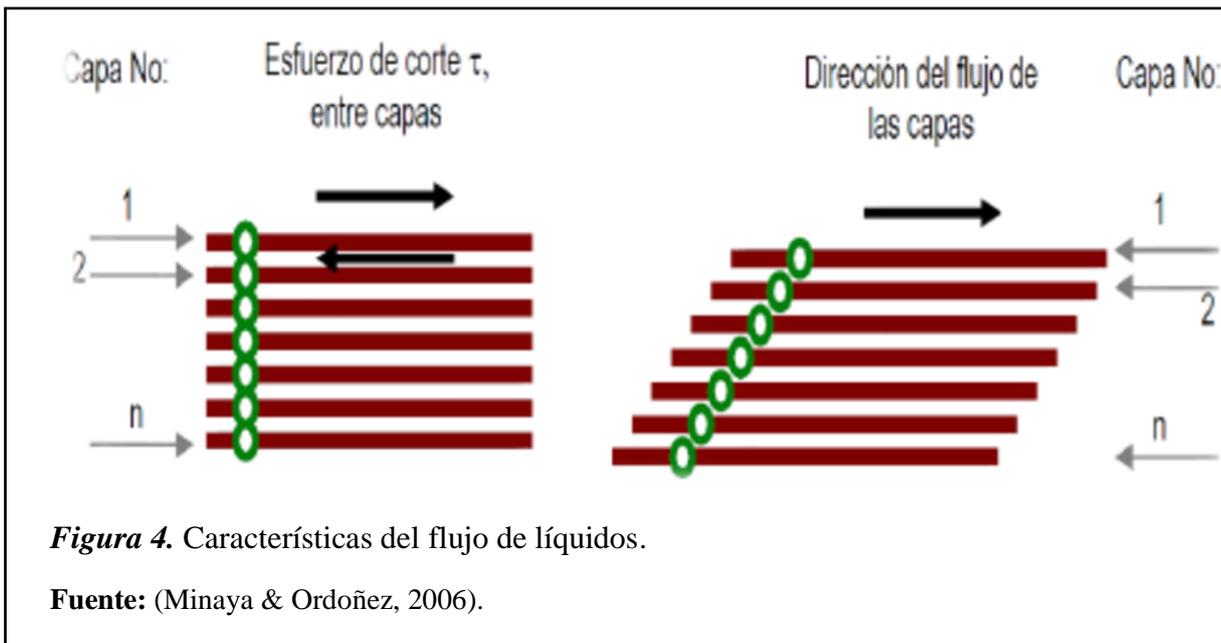
**Figura 3.** Comportamiento del asfalto.

**Fuente:** (Minaya & Ordoñez, 2006).

#### **Comportamiento a altas temperaturas**

En climas calurosos o sometido a cargas pausadas sea tramos en pendiente o intersecciones, el asfalto tiene un proceder líquido viscoso, dejando así de esta forma que los

materiales granulares absorban las cargas periódicas. Bajo esta limitación el esqueleto granular satisface un rol de mucha importancia.



Si el flujo del asfalto es pausado podrá ser estudiado imperceptiblemente como mantas contiguas de moléculas desplazándose unas sobre otras, de esta manera el roce entre capas está relacionada con la velocidad relativa de deslizamiento. En la figura 4 muestra cómo actúan las capas

El vínculo directo, esfuerzo (corte) y velocidad relativa que tienen los fluidos newtonianos sea aire, agua o asfalto a temperatura mayor a 60°C.

El asfalto (líquido viscoso caliente), son llamados plásticos debido a que cuando comienzan a circular no vuelven a su postura inicial. El ahuellamiento o rutting viene a ser el hacinamiento de deformidades plásticas no recuperables.



**Figura 5.** Ahuellamiento o rutting, deformación permanente.

**Fuente:** (Minaya & Ordoñez, 2006).

a.) *Comportamiento a bajas temperaturas*

En temperaturas frías, o bajo aplicación de cargas rápidas, el asfalto tiende a comportarse como un sólido elástico el cual es como una liga que cuando concluye la carga que lo deforma este regresa a su posición inicial.

Producto de las bajas temperaturas se origina el agrietamiento que ocurre cuando las cargas sometidas crean esfuerzos internos aglomerados en la carpeta asfáltica, tiende a encogerse mientras su desplazamiento es limitado por las capas inferiores.



b.) *Comportamiento a temperaturas intermedias*

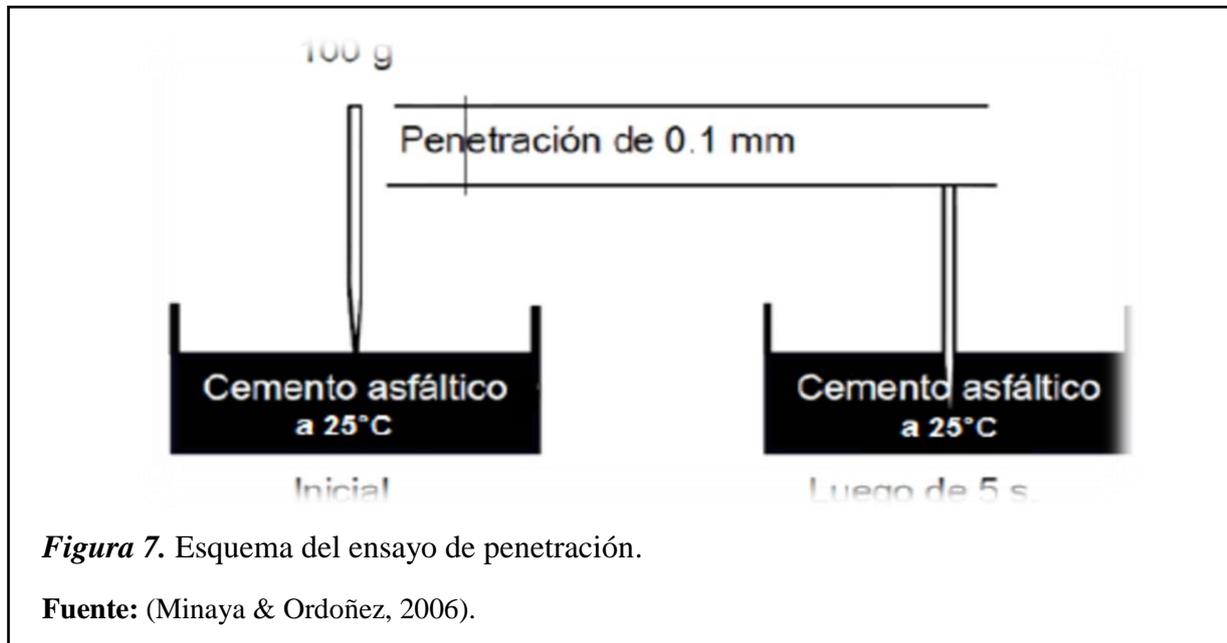
A tal temperatura el asfalto es un extraordinario material adherente para ser usado en obras viales.

**1.3.2.5. Especificaciones y ensayos para cementos asfálticos.**

Tecnológicamente el asfalto es un ligante muy complejo, los parámetros deben estar vinculados con las características físicas o con más precisión en sus propiedades mecánicas. Se utilizarán los siguientes ensayos (Minaya & Ordoñez, 2006).

a.) *Ensayo de penetración*

El ensayo se realiza a 25°C, temperatura que fue elegida como promedio de pavimento en servicio, el cual señala la consistencia del asfalto, y podrá ser vinculado con su actuación en campo mediante la destreza. En el ensayo se aplica una carga patrón en la cara del espécimen de cemento asfáltico a 25°C, se mide la inserción de la aguja en el espécimen pasado 5 segundos. Es recomendable usar asfaltos de mayor rigidez en la región selva, así como blandos en región sierra o zonas muy frías (Minaya & Ordoñez, 2006).



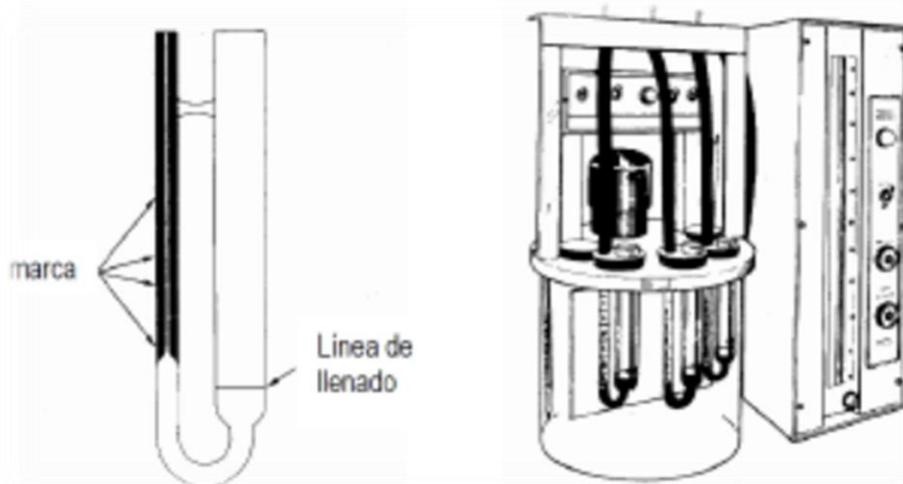
b.) *Ensayo de viscosidad*

La temperatura para este ensayo fluctúa entre 60°C y 135°C, sin embargo, no es el indicado para verificar la conducta mecánica del ligante no newtonianos y viscos elásticos, necesitando así ensayos complementarios al de la viscosidad.

La viscosidad del asfalto a 60°C (viscosidad absoluta) que sirve para catalogar el asfalto y representar la viscosidad del asfalto a temperaturas más elevadas, en la que es puesta en funcionamiento.

La viscosidad del asfalto a 135°C (viscosidad cinemática), compensa la viscosidad del cemento asfáltico mientras se da la combinación y colocación.

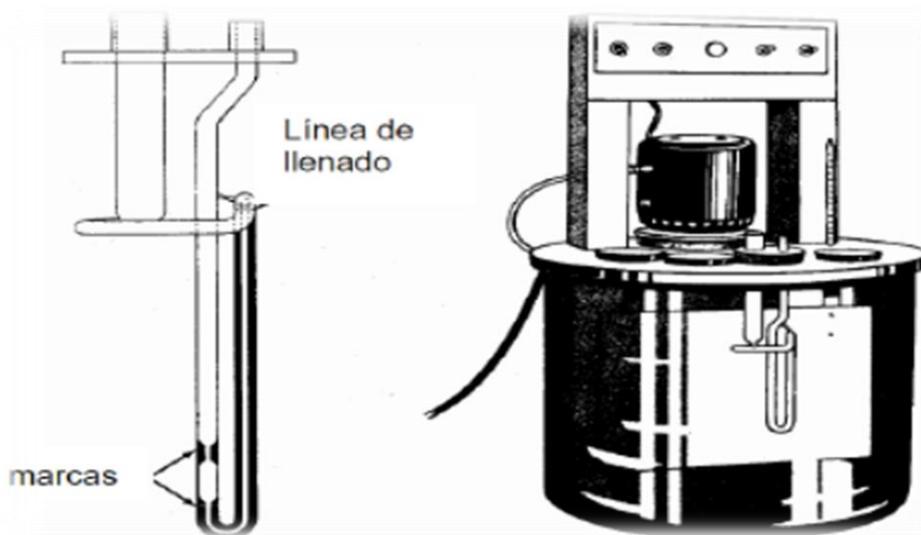
En la Figura 8 muestra la viscosidad absoluta que cronometra al asfalto en circular por el tubo capilar graduado a 60°C, como el asfalto en esta temperatura es muy consistente, se necesita exponer al vacío el espécimen así de esta forma el asfalto fluya a través del tubo en tiempo prudente (Minaya & Ordoñez, 2006).



**Figura 8.** Viscosidad absoluta.

**Fuente:** (Minaya & Ordoñez, 2006).

En la Figura 9 ensaya la viscosidad cinemática a 135°C, el cual cronometra al volumen fijo de líquido, fluirá por capilaridad por el viscosímetro, para esto el asfalto fluye a gravedad debido a su alta temperatura.



**Figura 9.** Viscosidad cinemática.

**Fuente:** (Minaya & Ordoñez, 2006).

### **1.3.2.6. Características y comportamiento de las mezclas asfálticas.**

Son capas de rodadura cuya finalidad es ofrecer una superficie de rodamiento confortable, facilitando así el tránsito de vehículos de manera segura y económica para los usuarios. Se consideran dos aspectos esenciales.

La función, que será determinada por la resistencia de los componentes y el espesor de la carpeta que se empleará en obra.

El fin, que determinará los requisitos de acabado y textura que se exige en la capa de rodadura, de tal manera que sean seguras y confortables.

### ***1.3.2.7. Propiedades de las mezclas asfálticas para capas de rodadura.***

La carpeta asfáltica deberá proveer una superficie de rodadura segura, acogedora y estética. Se debe equilibrar las propiedades contrapuestas llegando así a los resultados más satisfactorios.

“La alta calidad de los agregados y aditivos en las capas de rodadura se ve justificado debido a las sollicitaciones a las que está sometida. Actualmente se busca la modificación de ligantes para carreteras que lo requieran buscando la optimización de las respuestas mecánicas y durabilidad. Por tal razón, la calidad de los materiales es plenamente indispensable, aunque esto considere un costo adicional para el pavimento “(Padilla, 2004, p. 42).

### ***1.3.2.8. Propiedades de las mezclas asfálticas para capas inferiores.***

Las capas de espesor considerable del firme tienen una tarea esencial en la estructura, la cual es absorber la mayor cantidad de las sollicitaciones del tránsito, de tal manera que las cargas transmitidas hacia capas inferiores (explanada o base de la carretera) sean mínimas.

## **Tabla 6**

*Propiedades funcionales de las mezclas asfálticas.*

Propiedades funcionales de mezclas asfálticas
Seguridad
Regularidad transversal
Resistencia al deslizamiento
Visibilidad (marcas viales)
Regularidad longitudinal
Comodidad
trabajabilidad
Capacidad de ser reciclado
Ruido

**Fuente:** Padilla (2004).

### ***1.3.2.9. Clasificación de las mezclas asfálticas.***

#### ***1.3.2.9.1. Por fracciones de agregados pétreo utilizado***

Masilla asfáltica, Mortero asfáltico, Concreto asfáltico, Macadam asfáltico.

#### ***1.3.2.9.2. Por temperatura de producción***

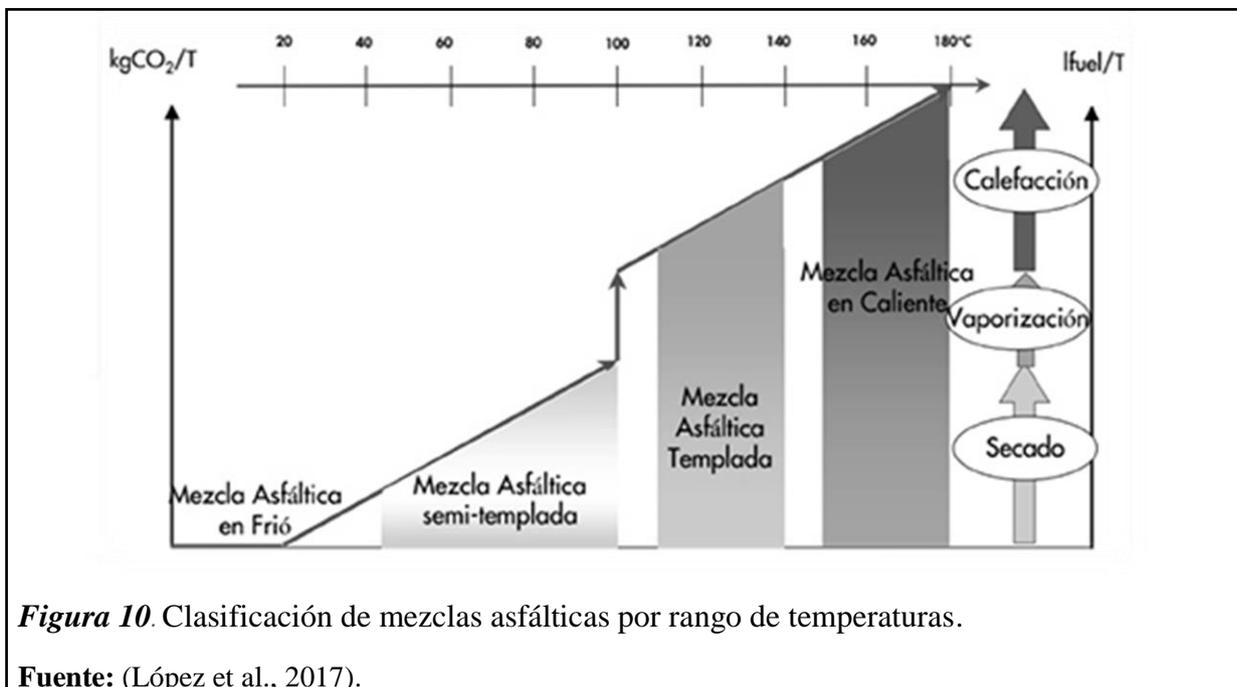
Según temperatura elaborada en planta, la Tabla 7 muestra su clasificación.

**Tabla 7**

*Organización de las tecnologías WMA conforme al calor de producción.*

nombre de mezcla	temperatura	objetivo	características
Mezclas en frío	De 25°C a 60°C	Permitir incorporar en la mezcla de una alta proporción, de material reciclado.	Estas mezclas en frío con emulsión pueden ser usadas como capas intermedias, capas de refuerzo o también como capas de rodadura.
Mezclas <u>Semi</u> - templadas	De 60°C a 100°C	Aprovechar parte de la humedad del agregado así ahorrar energía y emisiones.	Se están desarrollando distintos productos y procesos para originar mezclas <u>semi</u> - templadas, los procesos más apetecidos de merma de temperatura usan propiedades de espumado del asfalto, que entrando en contacto con el aire y la humedad bajo presión; así a medida que se expande el volumen del asfalto, su viscosidad decrece hace posible el revestimiento total de los agregados.
Mezclas Tibias (WMA)	De 100°C a 135°C	Reducir los requerimientos térmicos de las mezclas en caliente.	Se mantienen o mejoran las características de rendimiento final de la mezcla asfáltica, para esto se necesita tecnología para minorar la viscosidad del <u>ligante</u> durante las fases de mezcla y colocación, sin sufrir efectos negativos a la temperatura usual.
Mezclas en Caliente	De 135°C a 180°C	Producción de mezcla asfáltica convencional - mente.	Son de alto desempeño a temperaturas elevadas.

Fuente: (López et al., 2017).



**Figura 10.** Clasificación de mezclas asfálticas por rango de temperaturas.

Fuente: (López et al., 2017).

### 1.3.3.0. Dosificación de vacíos en la mezcla asfáltica.

Esta condición es indispensable, así evita que se creen deformidades moldeables, por efecto variaciones térmicas y por el paso de las cargas recibidas.

Mezclas cerradas (relación de vacíos no sobrepasa 6%), Mezclas semi – densas (relación de vacíos está dentro de 6% - 10%), Mezclas abiertas (relación de vacíos sobrepasa 12%), Mezclas porosas (relación de vacíos supera 20%).

#### 1.3.3.0.1. Por tamaño máximo del agregado

- ✓ *Mezclas gruesas:* el cuerpo del agregado excederá 10 milímetros.
- ✓ *Mezclas finas:* denominadas como morteros asfálticos, se forma fundamentalmente por la incorporación del filler y un ligante asfáltico (Padilla, 2004, p. 46).

#### 1.3.3.0.2. Por la granulometría

- ✓ *Mezclas continuas:* mezcla bien graduada en el huso granulométrico de agregados pétreos de diferentes tamaños.
- ✓ *Mezclas discontinuas:* mezcla mal graduada o de cantidad muy limitada en el huso granulométrico.

### 1.3.3.1. Propiedades volumétricas de las mezclas asfálticas.

#### 1.3.3.1.1. Generalidades

Los vínculos volumétricos entre ligante asfáltico y agregados pétreos, son comportamientos muy importantes a estudiar. Los cuales son:

a.) *Gravedad específica de bulk (GSB):* El cual se encuentra aplicando la ecuación siguiente y se puede observar en la figura 11

$$Gsb = \frac{Ws}{(Vs + Vpp)\gamma_w}$$

**Ecuación 2.** Gravedad específica de bulk denominada GSB.

Donde:

- Gsb : gravedad específica bulk del agregado
- Ws : peso seco del agregado
- Vs : volumen del agregado con los vacíos impermeables
- Vpp : volumen de vacíos porosos
- $\gamma_w$  : peso específico del agua (1gr/cm<sup>3</sup>)

b.) *Gravedad específica aparente (Gsa)*: Se encontrará aplicando la ecuación siguiente y observando la Figura 11.

$$Gsa = \frac{Ws}{Vs\gamma_w}$$

**Ecuación 3.** Gravedad específica aparente denominado Gsa.

Donde:

- Gsa : gravedad específica aparente
- Ws : peso seco del agregado
- Vs : volumen del agregado con los vacíos impermeables
- $\gamma_w$  : peso específico del agua (1gr/cm<sup>3</sup>)

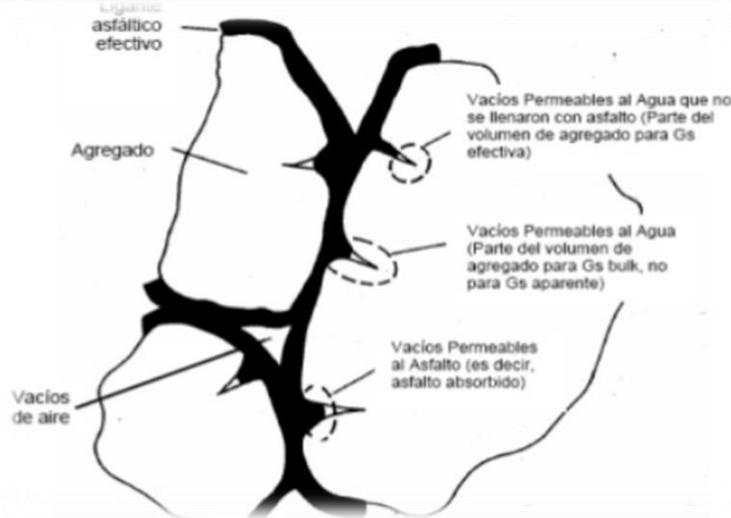
c.) *Gravedad específica efectiva (Gse)*: Se encontrará aplicando la ecuación siguiente y observando la Figura 11.

$$Gse = \frac{Ws}{(Vs + Vpp - Vap)\gamma_w}$$

**Ecuación 4.** Gravedad específica efectiva denominada Gse.

Donde:

- Gse : gravedad específica efectiva
- Ws : peso seco del agregado
- Vs : volumen del agregado con los vacíos impermeables
- Vpp : volumen de vacíos porosos
- Vap : volumen de vacíos permeables que absorben asfalto
- $\gamma_w$  : peso específico del agua (1gr/cm<sup>3</sup>)

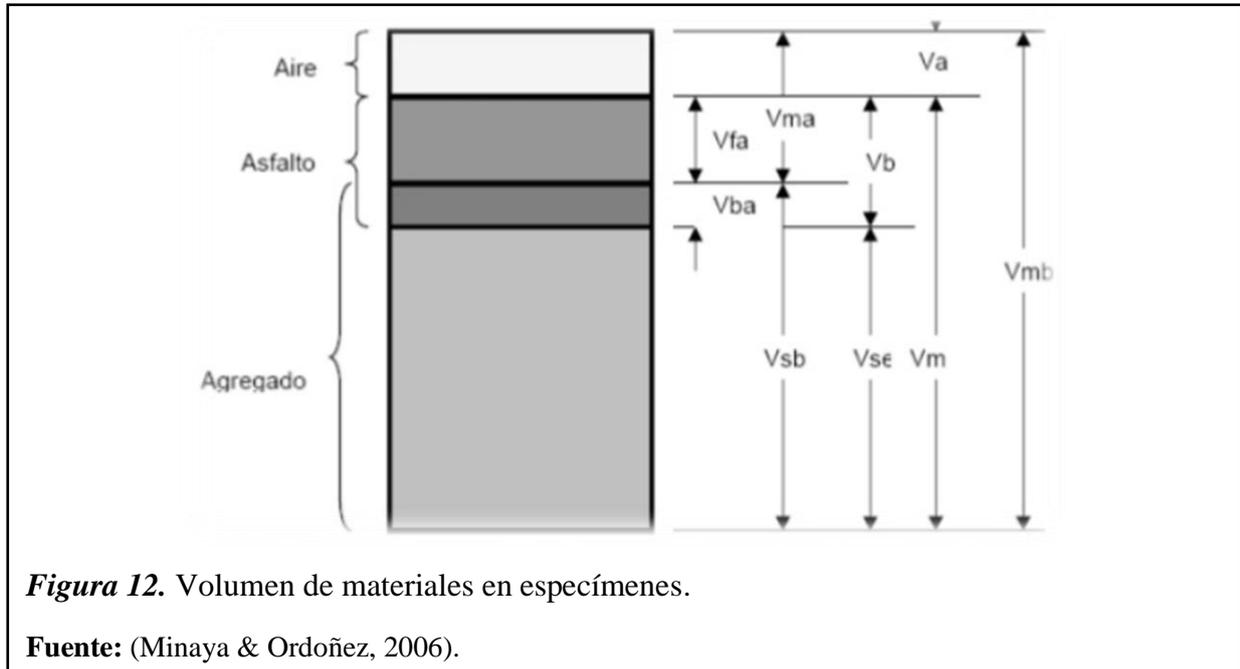


**Figura 11.** Mezcla asfáltica compactada (propiedad peso – volumen).

**Fuente:** (Minaya & Ordoñez, 2006).

Las propiedades se definen de la siguiente manera:

- a.) Vacíos de agregado mineral (VMA)
- b.) Contenido de asfalto efectivo (PBE)
- c.) Vacíos de aire (Va)
- d.) Vacíos rellenos con asfalto (VFA)



**Figura 12.** Volumen de materiales en especímenes.

**Fuente:** (Minaya & Ordoñez, 2006).

### 1.3.3.2. Análisis de mezclas compactadas.

a.) Gravedad específica bulk del agregado.

Como se sabe en una mezcla todos los materiales ahí mezclados sean filler agregado grueso o fino, tienen distintas gravedades específicas, y se calcula mediante:

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}}$$

**Ecuación 5.** Gravedad específica bulk del agregado denominado  $G_{sb}$ .

Donde:

$G_{sb}$  : gravedad específica bulk

$P_1, P_2, P_n$  : porcentaje individual del peso de cada material

$G_1, G_2, G_n$  : gravedad específica bulk de cada uno de los agregados

b.) Gravedad específica del agregado.

Se obtiene con la siguiente expresión:

$$G_{se} = \frac{P_{mm} + P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}}$$

**Ecuación 6.** Gravedad específica del agregado denominado  $G_{se}$ .

Donde:

Gse : gravedad específica del agregado

Pmm : % en peso del total de la mezcla suelta, 100%

Pb : % de asfalto para el peso total del espécimen

Gmm : gravedad específica teórica máxima de la mezcla (sin vacíos de aire)

Gb : gravedad específica del asfalto

c.) *Gravedad específica teórica máxima de la mezcla.*

Se obtiene con la siguiente expresión:

$$Gmm = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}}$$

**Ecuación 7.** Gravedad específica teórica máxima de la mezcla denominada Gmm.

Donde:

Gmm : gravedad específica teórica máxima de la mezcla

Pmm : porcentaje en peso total de la mezcla suelta, 100%

Ps : contenido de agregado, % en peso del total de la mezcla

Pb : contenido de asfalto, % en peso del total de la mezcla

Gse : gravedad específica efectiva del agregado

Gb : gravedad específica del asfalto

c.) *Absorción del asfalto.*

En el asfalto la absorción se manifiesta como el % en peso del agregado, el asfalto absorbido, Pba, se determina con la siguiente expresión:

$$Pba = 100 * \frac{Gse - Gsb}{Gse * Gsb} * Gb$$

**Ecuación 8.** Asfalto absorbido, porcentaje del peso del agregado denominado Pba.

Donde:

Pba : asfalto absorbido, porcentaje del peso agregado

Gse : gravedad específica efectiva del agregado

Gb : gravedad específica del asfalto

Gsb : gravedad específica bulk del agregado

d.) *Contenido de asfalto efectivo de la mezcla.*

La expresión para determinar es:

$$Pbe = Pb * \frac{Gba}{100} * Ps$$

**Ecuación 9.** Contenido de asfalto efectivo de la mezcla, denominado Pbe.

Donde:

Pbe : contenido de asfalto efectivo, % del peso total de la mezcla

Pb : contenido de asfalto, % del peso total de la mezcla

Pba : asfalto absorbido, % del peso de agregado

Ps : contenido de agregado, % del peso total de la mezcla

e.) *Porcentaje de VMA (vacíos de agregado mineral) en mezcla compactada.*

Se determina con la siguiente expresión:

$$VMA = 100 - \frac{Gmb * Ps}{Gsb}$$

**Ecuación 10.** Vacíos en el agregado mineral, % del volumen bulk.

Donde:

VMA : vacíos en el agregado mineral, % del volumen bulk

Gsb : gravedad específica bulk del agregado total

Gmb : gravedad específica bulk de la mezcla compactada

Ps : contenido de agregado, porcentaje del peso total de la mezcla

f.) *Porcentaje de vacíos de aire en mezcla compactada.*

Consiste en los mínimos espacios de aire entre las partículas de agregados recubiertos, se puede determinar con la siguiente expresión:

$$Va = 100 * \frac{Gmm - Gmb}{Gmm}$$

**Ecuación 11.** Porcentaje de volumen total de vacíos de aire en mezcla compactada.

Donde:

Va : % de volumen total de vacíos de aire en mezcla compactada

Gmm : gravedad específica teórica máxima de la mezcla

Gmb : gravedad específica bulk de mezcla compactada

g.) *Porcentajes VFA (vacíos rellenos de asfalto) en mezclas compactadas*

Para esto se tiene la siguiente expresión:

$$VFA = 100 * \frac{(VMA - Va)}{VMA}$$

**Ecuación 12.** Porcentaje vacíos llenos con asfalto.

Donde:

VFA : % vacíos llenos con asfalto

VMA : porcentaje de volumen bulk

Va : vacíos de aire en mezcla compactada, % del volumen total.

### **1.3.3.3. Método Marshall.**

Propuesto por el B. Marshall, este método nos posibilita diagnosticar el peso específico total; estabilidad y flujo, análisis de densidad y porcentaje de vacíos de los especímenes compactados (Valeriano & Catacora, 2017).

#### *a.) Determinación de la gravedad específica*

Se desarrolla cuando los especímenes se encuentran a temperatura ambiente, de acuerdo a la norma ASTM D1188 o ASTM D2726.

Es importante saber que para determinar que norma utilizar, antes se debe realizar la prueba de absorción a la mezcla asfáltica compactada, ya realizado este paso y de ser mayor al 2% la absorción, obligatoriamente se usara la norma ASTM D1188; opuesto a esto se utilizara la norma ASTM D2726, Martinho, Picado & Capitão (2018).

#### *b.) Prueba de estabilidad y flujo*

Se puede ejecutar inmediatamente después de haber concluido el ensayo de gravedad específica, esta prueba se trata de empapar la muestra a inmersión a  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  en el lapso (30 a 40 min.) antes de realizar el ensayo. Pasado el tiempo indicado se retira el espécimen cuidadosamente se procede a secar la superficie cuidadosamente; luego colocar y centrar la muestra en el aparato. Luego tendrán que aplicar la carga a la muestra a deformidad gradual de 51mm/min., hasta que la muestra falle. La zona de falla se obtendrá de la lectura de carga máxima alcanzada. El número total de Newton (lb) solicitados para producir la falla de la muestra será considerada estabilidad Marshall.

Durante el estudio de estabilidad, de no utilizar un equipamiento automático de registro, se mantendrá un registrador de flujo encima de la barra de tal manera que esta carga comience a mermar se tendrá que medir inmediatamente, y anotarla como valor de flujo. Entonces el resto (flujo final e inicial), expuesto en 0.25 mm (1/100”), será tomado como flujo Marshall (Regalado y Regalado, 2018).

#### *c.) Análisis de densidad de vacíos*

Una vez completadas tanto la prueba estabilidad y flujo, entonces para cada muestra que se tenga se le realizara el análisis de densidad y vacíos. Por recomendación tomar los porcentajes de asfalto más óptimos (Regalado y Regalado, 2018).

### **1.3.3.4. Bosquejo del método Marshall.**

El procedimiento para el método Marshall consta de los siguientes pasos:

- a) Seleccionar los agregados de acuerdo a los requerimientos y especificaciones del proyecto.
- b) Preparar los agregados, secar, realizar su cribado y peso específico.

- c) Se preparan los especímenes con contenidos ligeramente diferentes de asfalto
- d) Tanto los agregados como el asfalto se calentarán y mezclarán en su totalidad hasta que cada una de las partículas de agregado estén revestidas, de esta manera se tendrá un procedimiento de calentamiento y mezclado muy parecido al que se realiza en planta.
- e) Las muestras calientes se colocarán en moldes precalentados, como acondicionamiento para luego realizarle la compactación, momento en el que se usa el martillo Marshall.
- f) La cantidad de golpes dependerá del tipo de tránsito para la cual están siendo diseñadas (35, 50 o 75 golpes)
- g) Cada muestra recibirá la misma cantidad de golpes por cada cara; luego de haber sido compactada completamente, las muestras serán enfriadas y extraídas de la horma.

**Tabla 8**

*Requisitos mínimos para la mezcla asfáltica de concreto bituminoso.*

Parámetro de diseño	Clase de mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E504			
1. compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. estabilidad (mínimo)	8.15 KN	5.44 KN	4.53 KN
3. flujo 0.01" (0.25mm)	8-14	8-16	8-20
4. porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E505)	3-5	3-5	3-5
5. vacíos en el agregado mineral	Ver tabla 423-10		
Inmersión – compresión (MTC E 518)			
1. resistencia a compresión Mpa min	2.1	2.1	1.4
2. resistencia retenida % (min)	75	75	75
Relación polvo – asfalto (2)	0.6-1.3	0.6-1.3	0.6-1.3
Relación estabilidad flujo (kg/cm)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de fracción indirecta	80 min		

**Fuente:** (MTC EG, 2013).

### ***1.3.3.5. Criterios para la decisión de admitir una MAC cumplida.***

Para la mixtura asfáltica para la elaboración de la pavimentación será cumplida al diseño escogido de contenido de asfalto, se determinará insertando ciertos juicios limitantes a los valores obtenidos del ensayo. Presentando los criterios de la mixtura del método Marshall, teniendo recomendaciones de las normativas.

**Tabla 9***Condiciones mínimas para mixturas asfálticas en caliente según la MTC EG.*

Parámetros de diseño	Clase de tráfico		
	Liviano (C)	Medio (B)	Pesado (A)
# de Golpes	35	50	75
Estabilidad mín. (KN)	4.53	5.44	8.15
Flujo 0.01” (0.25mm)	8-20	8-16	8-14
Vacíos de aire (%)	3-5	3-5	3-5
Vacíos llenos c/asf. (%)	70-80	65-78	65-75

**Fuente:** (MTC EG, 2013).**1.3.3. Impacto ambiental.**

En esta época la contaminación ambiental es una situación que está afectando a todos y se busca permanentemente diferentes maneras para reducir los efectos negativos que producen los desechos firmes que las personas producen ya sean de uso industrial o de uso personal (Tamayo y Bolivar, 2020).

La fabricación de los residuos en la industria metalúrgica es en importantes proporciones, la cual representa un gran problema en la erradicación de esta clase de residuo, donde no solo ocasiona costos de transporte, almacenaje, sino que asimismo a la larga se deteriorara y produce un impacto ambiental (Goli, Hesami & Ameri 2017).

La utilización constante de agregados convencionales en la edificación es un gran peligro para el medio ambiente, medidas eficaces de erradicación y considerable investigación sobre materiales alternativos podrían reducir esta situación ,es por ello que en esta investigación se obtendrá el impacto de la escoria de acero, usándola como adición en la elaboración de mezclas asfálticas , ya que es una opción viable e ingeniosa para aprovechar los residuos producidos por las industrias que producen acero, ya que, si no se utilizan generaran gran impacto ambiental (Quipusco y Villegas, 2019).

**1.3.4. Seguridad y salud ocupacional.**

El realizar ocupaciones laborales en las empresas de metalmecánica implica a los trabajadores a estar expuestos a distintos accidentes y riesgos mecánicos, eléctricos, físicos, químicos, factores psicosociales y factores ergonómicos que si no se ponen en práctica normas de control según la jerarquía de controles de riesgos podrían producir percances leves, incapacitantes, estables, letales y enfermedades ocupacionales (Hidalgo y Porlles, 2019).

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) establece que el accidente de trabajo, es efecto de diferentes situaciones importantes que no se consideraron a lo largo del desarrollo

de las actividades laborales esto se debe a la ausencia de una filosofía de prevención de riesgos de trabajo, dejando resultante accidentes e incidentes y el descenso de la salud. Estos incidentes terminan produciendo lesiones ligeras, eventuales o constantes debido a que las condiciones son inseguras, lo cual establece la existencia los factores mencionados (Hidalgo y Porlles, 2019).

Los trabajadores que laboran en el sector metal están expuestos a respirar polvo, humos, aerosoles, gases o vapores nocivos o tóxicos en su puesto de trabajo, un 46,5% están propensos a insumos químicos.

Los metales, como otros agentes químicos, pueden causar una patología grave, desarrollada con rapidez tras el contacto con una dosis alta, o crónica por exposición a dosis baja a largo plazo (Soriano, 2009).

### ***1.3.5. Gestión de riesgos y prevención de desastres.***

La gestión de riesgos en todo tipo de organización es importante para salvaguardar la salud de los trabajadores y hacer cumplir uno de los derechos fundamentales.

Los riesgos que pueden perjudicar a las empresas se encuentra el factor de riesgo físico, mismo que por su prevalencia en la organización es uno de los que mayor significado y trascendencia debe tener para ser manejado de forma adecuada; la gestión incorrecta del mismo es un problema que genera sanciones económicas por la ausencia de identificación, medición, evaluación y control de este. El factor de riesgo físico repercute de manera directa en la productividad del personal y en su cumplimiento con el trabajo, puesto que su relación con: el trabajo en el que se desempeña, las circunstancias en las cuales desarrolla su función, el tipo de trabajo que realiza (Carrillo, 2018).

Con la inapropiada gestión del factor de riesgo físico se mostrarán complejidades en la salud de los colaboradores en el mediano y largo plazo, las mismas que causarán enfermedades ocupacionales, lo cual implícitamente desencadenaría en procesos administrativos por la presunción de enfermedades ocupacionales por parte del ente de control acarreando sanciones económicas impuestas por el mismo en contra de la organización (Carrillo, 2018).

### ***1.3.6. Gestión de mantenimiento.***

Las mezclas asfálticas más utilizadas en el Perú en los pavimentos flexibles son las mezclas asfálticas en caliente. Estas mezclas están compuestas por agregados gruesos, agregados finos, polvo mineral y cemento asfáltico, estos son calentados y combinados en medidas precisas según el diseño en una planta de mezcla asfáltica en caliente, este tipo de mezcla asfáltica es estable, durable, resistente a la fatiga, resistente al deslizamiento y tiene apertura rápida al tráfico (García y Inga, 2020).

El cemento asfáltico es oxidado por el oxígeno que se encuentra en el aire y por las elevadas temperaturas a las cuales son expuestas a lo largo del proceso de producción de mezclas asfálticas en caliente, esto con el objetivo de producir una mezcla uniforme, pero al mismo tiempo estas elevadas temperaturas de producción producen el envejecer de manera prematura del asfalto como efecto de la evaporización de los máltenos (García y Inga, 2020).

Particularmente la producción y aplicación de mezclas en caliente precisa que los materiales se calienten entre 135°C y 180°C. Dando paso a que se inicie el fenómeno de envejecimiento de manera inmediata, y luego, es persuadido por los diversos factores climáticos que inciden en los pavimentos. Entonces, para obtener carpetas asfálticas con mayor durabilidad debemos tomar en cuenta el efecto del cambio en la composición química del cemento asfáltico en el proceso de mezclado en caliente y en el transcurso del tiempo de servicio.

Para incorporar este efecto primero que nada es primordial examinar el fenómeno de oxidación del asfalto, ya que de hecho son las propiedades de oxidación del ligante del petróleo las que condicionan el comportamiento y durabilidad del pavimento posterior a su elaboración, así como la composición química inicial (García y Inga, 2020).

#### ***1.3.7. Estimación de costos.***

El usar agregado siderúrgico es más rentable, conclusión a la que llegaron expertos, después de verificar sus valores experimentales, ya que es más sólido y perdurable que la mixtura con materiales pétreos convencionales, lo cual disminuye los precios de mantenimiento de vías pavimentadas. Asimismo, genera una clase de entrada económica más favorable ya que los espacios destinados a vertederos de escoria, sirven para fines más favorables, además de aminorar la demanda por dichos espacios, dado el aumento en la demanda de acero, y por ende de escoria (Quipusco y Villegas, 2019).

La importancia de estimación de costos consiste en que se disminuirá el consumo de materiales pétreos y minimizar los efectos ambientales al emplear remanentes siderúrgicos, puesto que en las últimas décadas todo el material prima para elaborar acero es derivado del reciclaje, dado que el acero es un material exclusivo, en su capacidad para ser constantemente reciclado, sin perder de características o productividad (Quipusco y Villegas, 2019).

#### ***1.3.8. Estado del arte.***

Debido a la antigüedad de la práctica metalúrgica en relación a las escorias de acero permitió el avance de su uso; por ejemplo, en los EE. UU se empleó la escoria de alto horno para construir caminos, como balastro para las vías férreas y después se emplearon como agregado para concreto (García y Rios, 2020).

A lo largo de los años en nuestro país se aprobaron una serie de normas las cuales resuelve:

- ✓ Los criterios para la seguridad contra la exhibición de los rayos iónicos y para la protección de las fuentes de radiación que causan dicha exhibición;
- ✓ Las exposiciones a radiaciones ionizantes con el objetivo de cuidar sus efectos dañinos a la población y medio ambiente;
- ✓ Los requisitos de protección y seguridad radiológica para su aplicación en medicina nuclear;

Se establece que la oficina técnica de la autoridad nacional es el órgano de línea y la unidad orgánica técnica responsable de ordenar, permitir, velar y supervisar el empleo de seguro de las fuentes de radiación ionizante relativos a seguridad radiológica y nuclear, transporte, protección física y salvaguardias de los materiales nucleares en el territorio nacional (García y Rios, 2020).

Por ello es imprescindible preservar los ambientes donde se genera radiación dentro de los límites permitidos establecidos por las normas del organismo de control.

### **1.3.9. Normativa.**

Las normativas expuestas para esta investigación están presentadas en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Normatividad empleada para el desarrollo.*

<b>Descripción</b>	<b>Normativa designada</b>
ASTM C136	Método de prueba para el análisis granulométrico para árido fino y grueso.
ASTM C117	Método normalizado para determinar la cantidad de material más fino/ método del lavado
MTC E 209	Durabilidad al sulfato de magnesio
MTC E 207	Método de abrasión de los Ángeles
MTC E 517	Método de adherencia
MTC E 214	Método índice de durabilidad
ASTM 4791	Método partículas chatas y alargadas
MTC E 210	Método caras fracturadas
MTC E 219	Métodos de sales solubles totales
MTC E 206	Métodos de absorción gruesos.
MTC E 205	Métodos de absorción finos

MTC E 504 / ASTM D6927	Métodos de diseño Marshall
MTC E 518	Métodos de Inmersión-compresión
MTC E 522	Método Lottman resistencia al daño inducido por humedad.
Manual de Carreteras DG	Manual de carreteras especificaciones - Perú

---

**Fuente:** Elaboración propia.

### **1.3.10. Definición de términos.**

- ✓ **Agregado grueso:** Llamado también la grava es uno de los componentes fundamentales de una mezcla asfáltica, por ello su calidad es considerablemente esencial para asegurar óptimos resultados en la elaboración de estructuras de pavimento.
- ✓ **Agregado fino:** Se conoce también como la arena hace referencia a la parte del árido o material cerámico inactivo que participa en la conformación de una mezcla asfáltica.
- ✓ **Agregados pétreos:** Es un material mineral resistente e inactivo, que se usa en forma de fragmentos, como fracción de un pavimento flexible. Los agregados se utilizan en las capas de base granular y para la conformación de la mezcla asfáltica.
- ✓ **Cemento asfáltico:** Es un componente cementoso de color oscuro a prieto, en el cual, los principales constituyentes son asfaltos naturales o que son conseguidos del proceso del petróleo.
- ✓ **Escoria de Acero:** Es un producto no metálico, formado principalmente de silicatos y aluminosilicatos de cal y otras bases, que se produce conjuntamente con hierro o acero en un alto horno.
- ✓ **Filler:** Es el material que atraviesa por el tamiz que tiene como propiedad ser no plástico, este filler es usado para la preparación de mezclas asfálticas, es un material que tiene el fin de ser el complemento de la granulometría del agregado fino que no cumplen con las especificaciones según se requiere.
- ✓ **Granulometría:** Es la progresividad de la magnitud de las rocas o granos que serán componente de los agregados gruesos y finos, esta repartición de la magnitud de los agregados se realiza a través del uso de tamices estándar ejecutando el proceso señalado en la normal y bajo los límites granulométricos propuestos para los agregados.
- ✓ **Mezcla Asfáltica:** Conocido también como concreto bituminoso o agregado asfáltico, consta en un agregado de asfalto y materiales minerales que se combinan juntos, se despliegan en capas y se comprimen.
- ✓ **Método Marshall:** Método de diseño de mezclas asfálticas en caliente desarrollado por el ingeniero Bruce Marshall, el objetivo de este método es establecer un buen porcentaje

de asfalto para una mezcla precisa de agregados, desarrollando un estudio de la relación de vacíos-densidad, y una prueba de estabilidad-flujo de las muestras comprimidas.

✓ **Viscosidad:** Calidad del concreto en estado fresco donde se comprueba la suficiencia de la pasta de cemento para unirse a los agregados.

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cómo influyen las escorias de acero en la estabilidad y flujo de una mezcla asfáltica en caliente?

#### **1.5. Justificación e importancia del estudio**

##### ***Justificación ambiental***

Es importante ya que el permitirá darle un uso a la escoria de acero en el proceso de elaboración de mezclas asfálticas en caliente, otorgando la disminución de estos residuos siderúrgicos y contribuyendo a la mejora del ecosistema para beneficio de la sociedad.

##### ***Justificación tecnológica***

El desarrollo de la presente investigación se efectúa de forma experimental – tecnológica para de desarrollar nuestro conocimiento en el campo de los pavimentos flexibles, mediante la elaboración de una mezcla asfáltica incorporándole escorias de acero, en lo cual buscaremos la influencia que tiene en la mezcla asfáltica sobre todo en la estabilidad y flujo.

##### ***Justificación social***

De esta forma la MAC va a cumplir con los requerimientos de cualquier tipo de proyecto vial, de la misma forma que será muy importante y beneficioso para cada trabajador que esté involucrado en este, así como para población beneficiada alrededor de dichos proyectos viales.

##### ***Justificación técnica***

De esta misma forma contribuirá también en que la vida útil proyectada se cumpla de tal manera que no afectemos el medio ambiente por posteriores deterioros en el pavimento, de la misma forma evitar mantenimientos constantes que generan incomodidad en los usuarios, por lo que se busca la forma de asegurar el tráfico fluido sin dañar los vehículos.

##### ***Justificación económica***

De igual modo que el tiempo de movilización de un lugar hacia otro sea en el menor tiempo posible, asegurando así un crecimiento social económico de la región y el país.

#### **1.6. Hipótesis**

Las escorias de acero influyen significativamente en la estabilidad y flujo de las mezclas asfálticas en caliente.

## **1.7. Objetivos**

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

Evaluar la estabilidad y flujo de una mezcla asfáltica en caliente incorporando escoria de acero.

### **1.7.2. Objetivos específicos.**

- a) Analizar la calidad de los agregados para el diseño de la mezcla asfáltica y escoria de acero.
- b) Analizar el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente incorporando escorias de acero en porcentajes de 0% - 15% - 25 % - 50% - 75%, respecto al agregado grueso.
- c) Evaluar la estabilidad y flujo de la mezcla modificada respecto a la mezcla tradicional y con porcentajes de escoria de acero.
- d) Evaluar las propiedades físico-mecánicas para tránsito liviano, mediano y pesado, en la mezcla tradicional y con porcentaje de escoria de acero.

## **II. MATERIAL Y MÉTODO**

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

#### **2.1.1. Tipo de investigación.**

Esta investigación es de tipo **correlacional**, pues tiene como finalidad dar a conocer la relación que existe entre dos o más variables (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014).

En este caso interesa conocer las relaciones que resulte en las dos variables involucradas el agregado siderúrgico (escoria de acero en diferentes porcentajes) y la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica en caliente.

#### **2.1.2. Diseño de la investigación.**

Esta investigación su diseño es **experimental**, ya que tiene como motivo incorporar escorias de acero en una mezcla asfáltica para luego evaluarlo haciendo la comparación con una mezcla asfáltica tradicional, para lo cual nos basaremos en los parámetros fijados en las normas nacionales. El diseño de mezclas será por el método de Marshall el cual mide la estabilidad, flujo (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014).

### **2.2. Población y muestra**

#### **2.2.1. Población.**

Será todas las muestras ensayadas por método Marshall, en este caso serán las briquetas a ensayar en el laboratorio de las cuales serán el modelo patrón y con las incorporaciones de escoria de acero.

#### **2.2.2. Muestra.**

Se elaborará con 36 briquetas para modelo patrón de las cuales (12 briquetas para tránsito liviano – 12 briquetas tránsito medio – 12 briquetas tránsito pesado). Se elaborará incorporando escoria de acero con las siguientes dosis (15%, 25%, 50% y 75%) respecto al agregado grueso con 15% de escoria de acero (EA) con 36 briquetas para modelo patrón de las cuales (12 briquetas para tránsito liviano – 12 briquetas tránsito medio – 12 briquetas tránsito pesado), con 25% de escoria de acero (EA) con 36 briquetas para modelo patrón de las cuales (12 briquetas para tránsito liviano – 12 briquetas tránsito medio – 12 briquetas tránsito pesado), con 50% de escoria de acero (EA) con 36 briquetas para modelo patrón de las cuales (12 briquetas para tránsito liviano – 12 briquetas tránsito medio – 12 briquetas tránsito pesado) y con 75% de escoria de acero (EA) con 36 briquetas para modelo patrón de las cuales (12 briquetas para tránsito liviano – 12 briquetas tránsito medio – 12 briquetas tránsito pesado), haciendo un total de 180 briquetas a ensayar. Se muestra en la Tabla 11 la cuantía de briquetas para cada dosificación.

**Tabla 11**

*Cantidad de muestras en la clase referente a cada tipo de tránsito.*

Descripción	Dosificación de escoria de acero (%)	Tipos de tránsito		
		Tránsito liviano	Tránsito medio	Tránsito pesado
MP+ 0% EA	0.00	12	12	12
MP+ 15% EA	15.00	12	12	12
MP+ 25% EA	25.00	12	12	12
MP+ 50% EA	50.00	12	12	12
MP+ 75% EA	100.00	12	12	12
<b>Subtotal</b>		60	60	60
<b>Total</b>			180	

**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.3. Variable, operacionalización

#### 2.3.1. Variable independiente.

Escorias de acero

#### 2.3.2. Variable dependiente.

Estabilidad y flujo de una mezcla asfáltica en caliente

#### 2.3.3. Operacionalización.

En la Tabla 12 se presenta la variable independiente, y en la Tabla 13 se presenta la tabla de la variable dependiente.

**Tabla 12**

*Operacionalización de variables, variable independiente.*

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEM	TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Escoria de acero (Variable independiente)	Propiedades físicas	Granulometría	%	Observación y análisis de documentos - registro de datos en formatos - Laboratorio W&C Lems.
		Peso unitario	kg/m <sup>3</sup>	
		Peso específico	gr/cm <sup>3</sup>	
		Contenido de humedad	%	
	Absorción	%		
	Porcentaje de escoria de acero	15% - 25% - 50% - 75%	%	

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 13***Operacionalización de variables, variable dependiente.*

<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ÍTEM</b>	<b>TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	
<b>(Variable dependiente)</b>	Calidad de los agregados	Sulfato de magnesio	%	Observación y análisis de documentos - registro de datos en formatos- Laboratorio W&C Lems.	
		Análisis granulométrico	%		
		Abrasión de los ángeles	%		
		Ensayo de caras fracturadas	%		
		Porcentaje de partículas chatas y alargadas	%		
		Equivalente de arena	%		
		Peso específico y absorción	gr/cm <sup>3</sup> - %		
		Índice de durabilidad	%		
		Propiedades físicas	Densidad		g/cm <sup>3</sup>
			Vacíos		%
Propiedades mecánicas		Ensayo Marshall - estabilidad	KN		
		Ensayo Marshall-flujo	mm		

**Fuente:** Elaboración propia.

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

### **2.4.1. Técnicas de recolección de información.**

#### **Observación**

Se plantea la observación con detalle las cualidades físicas y mecánicas de materiales y de las briquetas durante su desarrollo de los ensayos. Asegurándose de la cuantía y la calidad de los materiales a mezclar, para así comprobar los estándares que deben tener los materiales y estos estándares siendo descritos en normatividad vigente.

#### **Análisis de contenido**

Análisis de documentos en gabinete y experimental en laboratorio, utilizando los procedimientos consultados en asfalto, MTC, AASHTO y ASTM, los cuales serán guía y soporte para efectuar los ensayos, tienen sus propios instrumentos, para el procedimientos y medición.

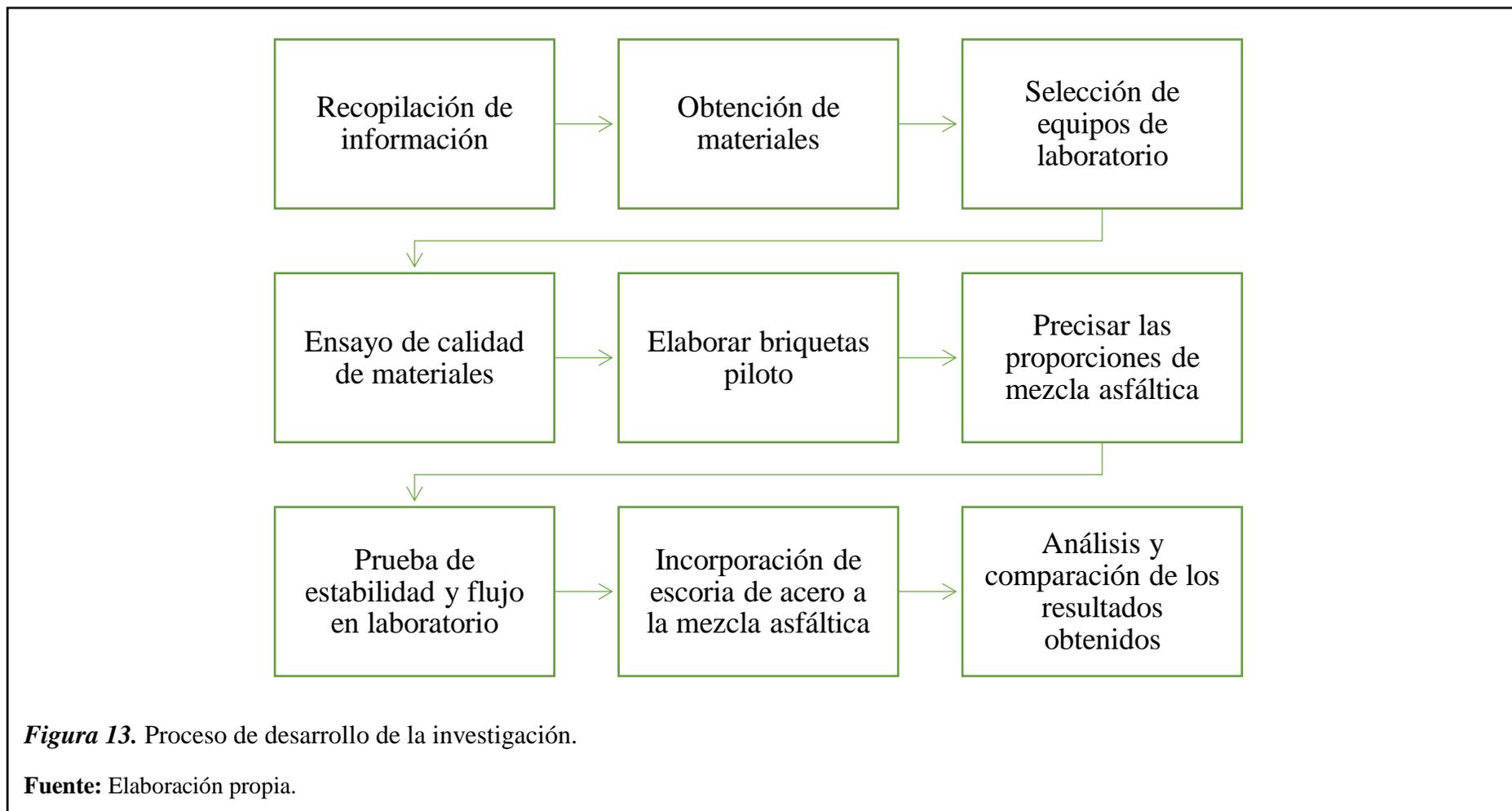
### **2.4.2. Instrumentos de recolección de información.**

Los laboratorios de LEMS W&C, localizado carretera km5, Pimentel, asimismo se emplearon los formatos y guías de ensayo de materiales y diseño de mezcla.

Se realizarán de acuerdo a las recomendaciones y lo que establezca cada uno de los ensayos, respetando la ética profesional existente.

## 2.5. Procedimiento de análisis de datos

### 2.5.1. Diagrama de flujo de procesos.



**Figura 13.** Proceso de desarrollo de la investigación.

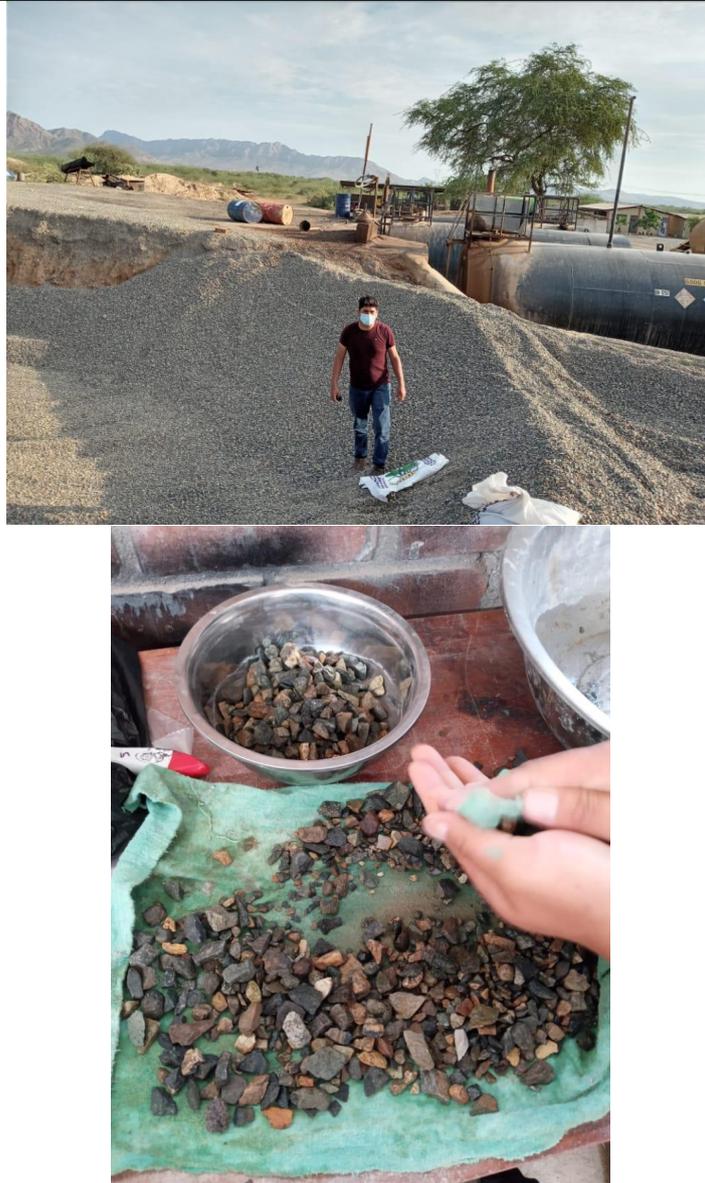
**Fuente:** Elaboración propia.

## 2.5.2. Descripción de procesos.

### 2.5.2.1. Obtención de los materiales.

Los materiales agregado grueso fino y asfalto 60/70 fueron donados por parte de la planta de asfalto del Gobierno Regional de Lambayeque.

Le escoria de acero fue donada por parte de la empresa siderúrgica Siderperú.



**Figura 14.** Ensayo de granulometría de materiales.

**Fuente:** Elaboración propia.

## Asfalto

La clase de cemento asfáltico es de clase PEN 60/70 se ha presentado para las gradaciones de mixturas asfálticas, siendo obtenido del Gobierno Regional de Lambayeque.

### **2.5.2.2. Ensayos de calidad de los materiales, agregados fino y grueso / ASMT C136.**

La evaluación de calidad de los agregados se realizó en laboratorio realizando variedad de ensayos en los materiales pétreos, teniendo en cuenta que estos cumplan con los parámetros mínimos que establece el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.



**Figura 15.** Elaboración de ensayos y preparación del asfalto.

**Fuente:** Elaboración propia.

### **2.5.2.1. Pruebas a agregados pétreos / ASTM C117.**

#### *Procedimientos o técnicas*

Es muy relevante saber la calificación de calidad de los materiales pétreos que se presentarán para la mixtura de la mezcla asfáltica, puesto que caerán en manos del comportamiento de las muestras a ensayar.

Teniendo en cuenta el manual de carreteras, presenta requerimientos para los agregados grueso y finos, tomándose en cuenta la altitud. Se realizaron pruebas a los materiales pétreos que se enfocarán para el diseño de mezclas. Siendo vital analizarlos por su granulometría y otros ensayos como absorción y consecutivamente otras pruebas.

Luego mostrando los resultados variando los porcentajes de escoria de acero.



**Figura 16.** Análisis de granulometría elaborada por el investigador.

**Fuente:** Elaboración propia.

### **2.5.2.2. Prueba de método Marshall – Normativa ASTM D-1559 / MTC E 504.**

#### *Procedimientos o técnicas*

Es un proceso concerniente a las características de mezclas asfálticas, optimizándose los contenidos de óptimos de vacíos de las mezclas asfálticas.

Primeramente, este proceso de estudio de mixturas asfálticas es elaborado en laboratorios certificados. Lo primero que se realiza es determinar el óptimo contenido del material ligante (asfalto).

Es por eso que el principal aporte de este procedimiento de la metodología Marshall es encontrar el óptimo para la idónea correcta combinación de materiales pétreos con ligante asfáltico.



**Figura 17.** *Procedimiento de metodología Marshall, elaborado por el investigador.*

**Fuente:** Elaboración propia.

## **2.6. Criterios éticos**

La investigación se desarrollará en lealtad de la norma técnica, (MTC), ISO 9001, entre otras, de tal forma que nuestros resultados sean satisfactorios y veraces, los cuales no serán manoseados y reflejarán absolutamente los resultados de los ensayos realizados, ya que de esta forma quedarán como precedente para pauta y base de labores afines en el futuro. Se asume la responsabilidad por el desarrollo y tema de esta investigación.

### **2.6.1. Ética de recolección de datos.**

Esta investigación fue analizada y elaborada teniendo las pautas y colaboraciones de autores debidamente citados, teniendo apoyo de autoridades como la obtención de materiales para la fabricación de las mixturas asfálticas. Aportando así dicha investigación veracidad en sus resultados con datos precisos y anexando con documentación verídica los resultados obtenidos de dichos ensayos.

### **2.6.2. Ética de la publicación.**

Dicha estudio debe ser considerado por los leyentes que realicen su incorporación en sus estudios, además el objetivo es contribuir nueva información en la rama de pavimentos y su aplicación como tal.

### ***2.6.3. Ética de la aplicación.***

Lo que ocasiona el presente estudio tiene mucha relevancia, pues se prosiguió los lineamientos de normativa APA 6ta Edición, teniendo un uso correcto de citas y fuentes anexadas en la investigación.

### **2.7. Criterios de rigor científico**

En todo el estudio y previo desarrollo de estudios y ensayos elaborados a los materiales pétreos, así como el progreso del diseño de mezcla asfáltica, serán antes consultados a los asesores especialistas en el tema; estos a su vez serán confiables y veraces ya que parten de sus fuentes teóricas de la norma técnica peruana.

Para obtener las metas planteadas de la presente investigación, el tesista se encuentra comprometido a presentar su ética como profesional y a respetar los valores tomados de las normativas que serán de gran importancia para el desarrollo del presente estudio dando a respetar los resultados que se obtengan en institutos o laboratorios debidamente certificados.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados en tablas y figuras

En este contenido se muestran figuras y tablas de los resultados conseguidos a través de las pruebas que se efectuaron, las cuales se corroboran con las pruebas anexadas al presente documento, según los valores mostrados en el presente capítulo.

##### 3.1.1. Resultados del desarrollo objetivo N°1.

Es de vital importancia controlar la calidad de los agregados y de la escoria de acero que serán utilizados pues depende de estos que las mezclas asfálticas tengan un buen funcionamiento y dependerá del mismo al momento de ensayar.

- **Resultados de prueba de control de la calidad de agregado fino**

**Tabla 14**

*Resultados obtenidos del ensayo de control de calidad de los materiales pétreos – agregado fino.*

Para agregado fino – Cantera La Pluma – Batán Grande		
Ensayo a realizar	Resultado	Requerimientos
Equivalente de arena	61	45% min - MTC E114
Índice de plasticidad	2.39	4% máx. - MTC E 111
Sales solubles totales	0.24	0.5% máx. - MTC E 219
Absorción	0.48	0.5% máx. - MTC E 205
Adhesividad (Riedel weber)	4.01	4% min - MTC E 220

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 15**

*Resultados obtenidos del ensayo de granulometría de los materiales pétreos – agregado fino.*

Muestra : Agregado Fino		Cantera: Planta de Asfalto – Batan Grande			
Masa inicial Seco	355.53 grs				
Malla	Masa	%	% Acumulado	% Acumulado	
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Retenido	Que pasa
2"	50	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	2.96	0.83	0.83	99.17
N° 8	2.36	18.66	5.25	6.08	93.92

Nº 10	2	10.96	3.08	9.16	90.84
Nº 16	1.18	49.98	14.06	23.22	76.78
Nº 20	0.850	35.9	10.09	33.31	66.69
Nº 30	0.600	45.61	12.83	46.14	53.86
Nº 40	0.425	32.93	9.26	55.40	44.60
Nº 50	0.300	34.84	9.80	65.20	34.80
Nº 80	0.180	32.00	9.00	74.20	25.80
Nº100	0.150	28.95	8.14	82.35	17.65
Nº200	0.075	30.08	8.46	90.81	9.19
FONDO		32.68	9.19	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

### Interpretación:

Los agregados finos correspondientes a la cantera “La Pluma”, cumplen con los parámetros mínimos y máximos del MTC, con lo cual se comprueba un correcto control de calidad por cada ensayo pertinente, para la elaboración de las mezclas asfálticas.

- **Resultado de prueba de control de la calidad de agregado grueso**

**Tabla 16**

*Resultados obtenidos del ensayo de control de calidad de los materiales pétreos – agregado grueso.*

Para agregado grueso – Cantera La Pluma – Batán Grande		
Ensayo	Resultado	Requerimiento
Abrasión de los ángeles	22.2	40% máx. - MTC E 207
Pérdida en sulfato de Mg	6.53	12 % máx. - MTC E 209
Partículas chatas y alargadas	8.9	15% máx. - MTC E 223
Partículas fracturadas	26/68	65/40 - MTC E 210
Sales solubles	0.16	0.5 % máx. - MTC E 219
Absorción	0.98	1% máx. - MTC E 206
Adherencia	95	95 + - MTC E 517

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 17**

*Resultados obtenidos del ensayo de granulometría de los materiales pétreos – agregado grueso.*

Muestra : Agregado Grueso		Cantera: Planta de Asfalto – Gobierno Regional			
Masa inicial Seco	2686.0 grs.				
Malla	Masa	%	% Acumulado	% Acumulado	
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Retenido	Que pasa

2"	50	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	255.6	9.52	9.52	90.48
3/8"	9.5	541	20.14	29.66	70.34
Nº 4	4.75	1149.2	42.78	72.44	27.56
Nº 8	2.36	716.4	26.67	99.11	0.89
Nº 10	2	9.4	0.35	99.46	0.54
Nº 16	1.18	2.9	0.11	99.57	0.43
Nº 20	0.850	0.8	0.03	99.60	0.40
Nº 30	0.600	0.70	0.03	99.63	0.37
Nº 40	0.425	0.50	0.02	99.65	0.35
Nº 50	0.300	0.30	0.01	99.66	0.34
Nº 80	0.180	0.60	0.02	99.68	0.32
Nº100	0.150	0.50	0.02	99.70	0.30
Nº200	0.075	2.10	0.08	99.78	0.22
FONDO		1.10	0.04	99.82	0.18

Fuente: Elaboración propia.

### Interpretación:

Los agregados gruesos correspondientes a la cantera “La Pluma”, cumplen con los parámetros mínimos y máximos del MTC, con lo cual se comprueba un correcto control de calidad por cada ensayo pertinente, para la elaboración de las mezclas asfálticas.

- **Resultado de control de la calidad de escoria de acero**

**Tabla 18**

*Resultado de control de calidad de la escoria de acería – Siderperú.*

Para escoria de acero		
Ensayo	Resultado	Requerimiento
<b>Abrasión de los ángulos</b>	26.34	40% máx. - MTC E 207
<b>Pérdida en sulfato de Mg</b>	4.38	12 % máx. - MTC E 209
<b>Partículas chatas y alargadas</b>	0.21	15% máx. - MTC E 223
<b>Partículas fracturadas</b>	0/0	65/40 - MTC E 210
<b>Sales solubles</b>	0.07	0.5 % máx. - MTC E 219
<b>Absorción</b>	2.4	1% máx. - MTC E 206
<b>Adherencia</b>	95	95 + - MTC E 517

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 19**

*Resultados obtenidos del ensayo de granulometría de los materiales pétreos – Escoria de acero.*

Muestra : Escoria de acero		Cantera: Siderperú			
Masa inicial Seco		1004.42			
Malla	Masa	%	% Acumulado	% Acumulado	
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Retenido	Que pasa
2"	50	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5	38	3.78	3.78	96.22
Nº 4	4.75	120.12	11.96	15.74	84.26
Nº 8	2.36	800	79.65	95.39	4.61
Nº 10	2	44.7	4.45	99.84	0.16
Nº 16	1.18	0.8	0.08	99.92	0.08
Nº 20	0.850	0	0.00	99.92	0.08
Nº 30	0.600	0.0	0.00	99.92	0.08
Nº 40	0.425	0.00	0.00	99.92	0.08
Nº 50	0.300	0.00	0.00	99.92	0.08
Nº 80	0.180	0.00	0.00	99.92	0.08
Nº100	0.150	0.00	0.00	99.92	0.08
Nº200	0.075	0.00	0.00	99.92	0.08
FONDO		0.80	0.00	99.92	0.08

**Fuente:** Elaboración propia.

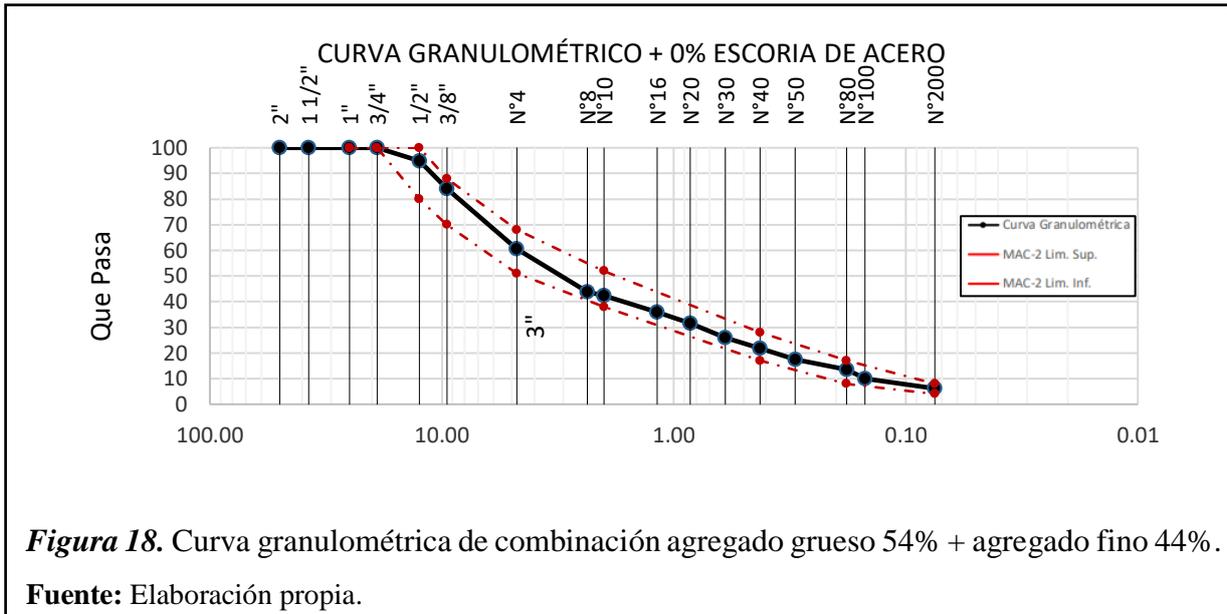
### **Interpretación:**

La escoria de acero correspondientes a la cantera “Siderperú”, cumplen con los parámetros mínimos y máximos del MTC, con lo cual se comprueba un correcto control de calidad por cada ensayo pertinente, para la elaboración de las mezclas asfálticas, solo teniendo consideración en el tema de absorción pues absorbió más del máximo de 1%, absorbió 1.4% más de lo permitido.

### **3.1.2. Resultados del desarrollo objetivo N°2.**

Evaluar la combinación de los agregados pétreos incorporando escoria de acero en 0%, 15%, 25%, 50% y 75% respecto al agregado grueso.

- **Combinación teoría de agregados con 0% de escoria de acero**



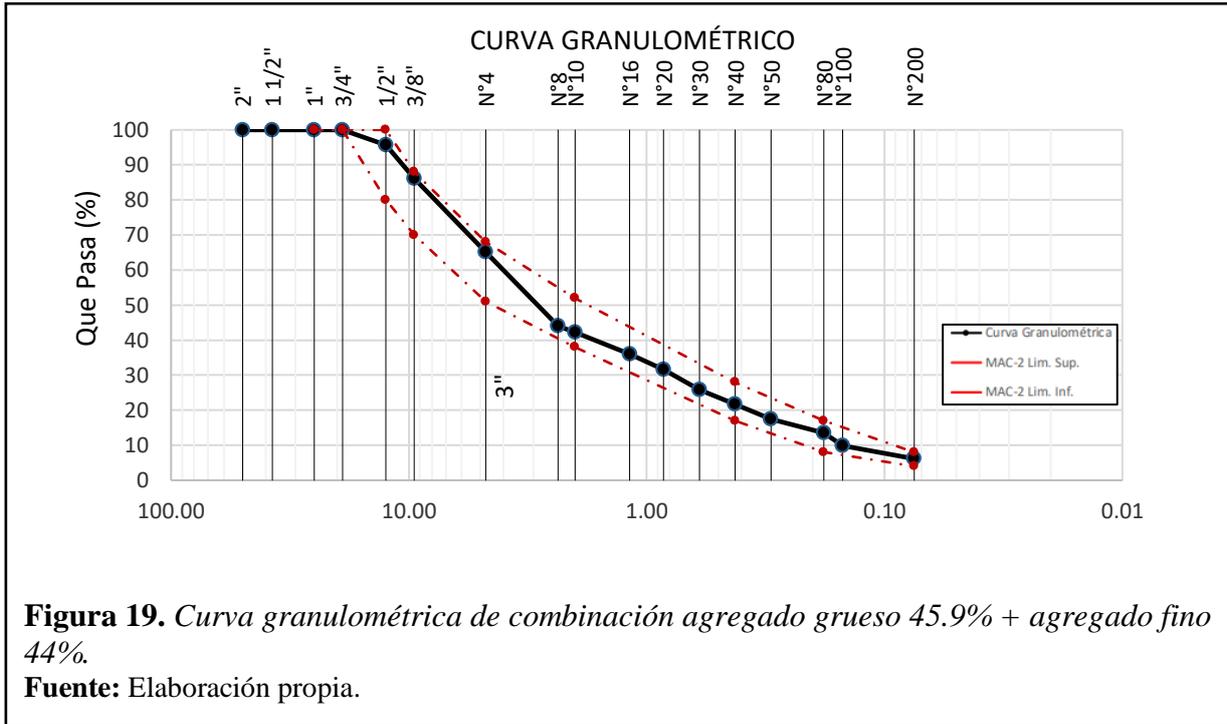
**Figura 18.** Curva granulométrica de combinación agregado grueso 54% + agregado fino 44%.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Interpretación:**

Según los análisis granulométricos y la combinación de los mismos dichos porcentajes en la sustitución con 0% está dentro de los límites del huso granulométrico MAC-2 siendo la combinación A. Grueso 54 % + A. Fino 44%.

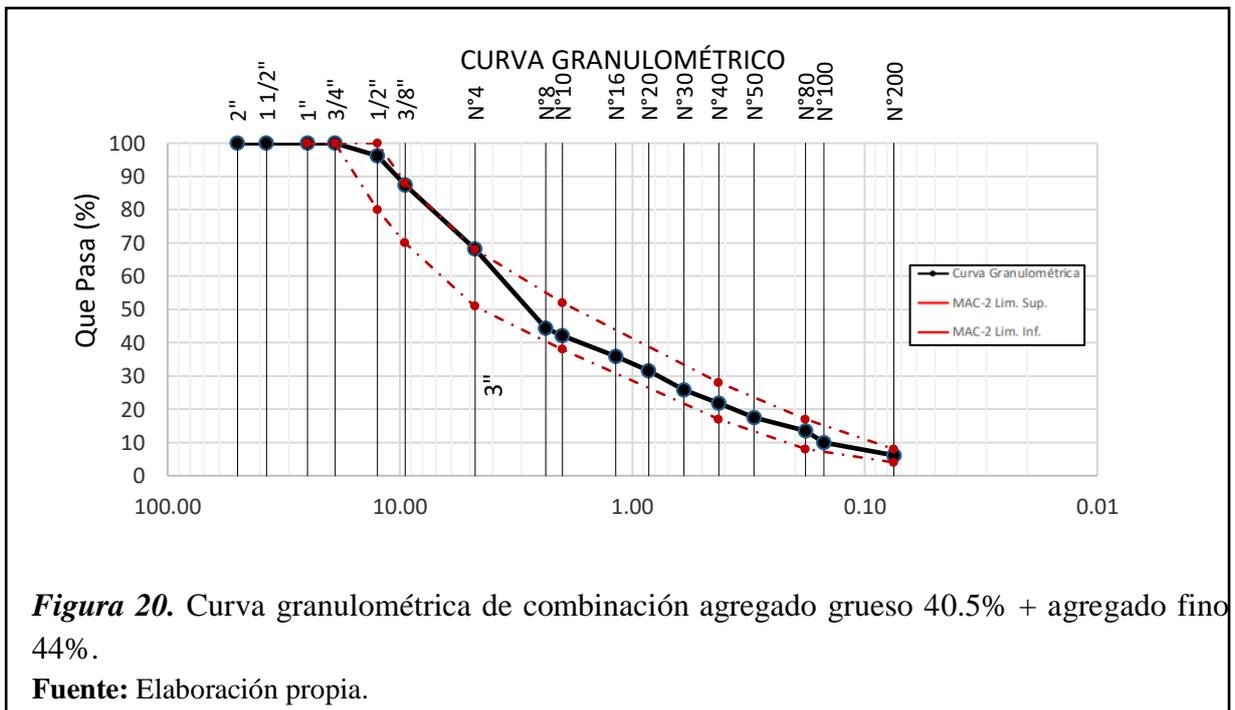
- **Combinación teoría de agregados con 15% de escoria de acero**



**Interpretación:**

Según los análisis granulométricos y la combinación de los mismos dichos porcentajes en la sustitución con 15% está dentro de los límites del huso granulométrico MAC-2 siendo la combinación A. Grueso 45.9 % + A. Fino 44%.

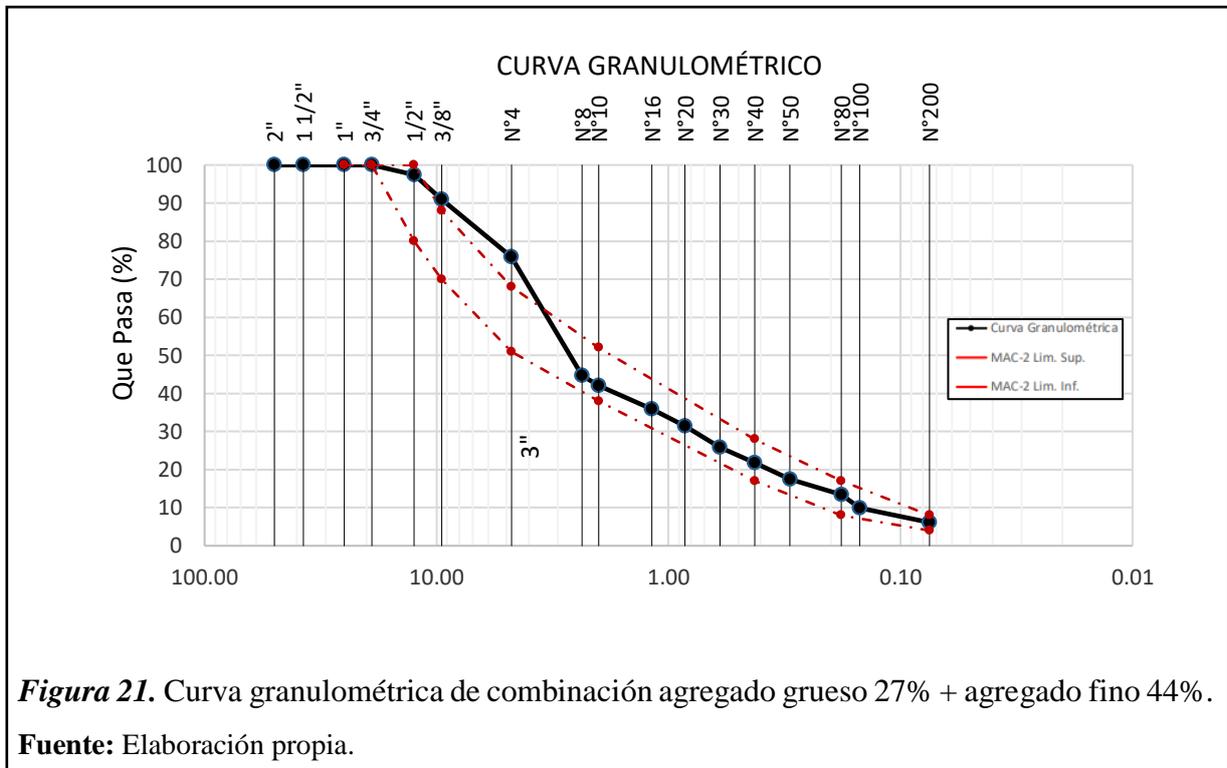
- **Combinación teoría de agregados con 25% de escoria de acero**



### Interpretación:

Según los análisis granulométricos y la combinación de los mismos dichos porcentajes en la sustitución con 25% está dentro de los límites del huso granulométrico MAC-2 siendo la combinación A. Grueso 40.5 % + A. Fino 44%.

- **Combinación teoría de agregados con 50% de escoria de acero.**



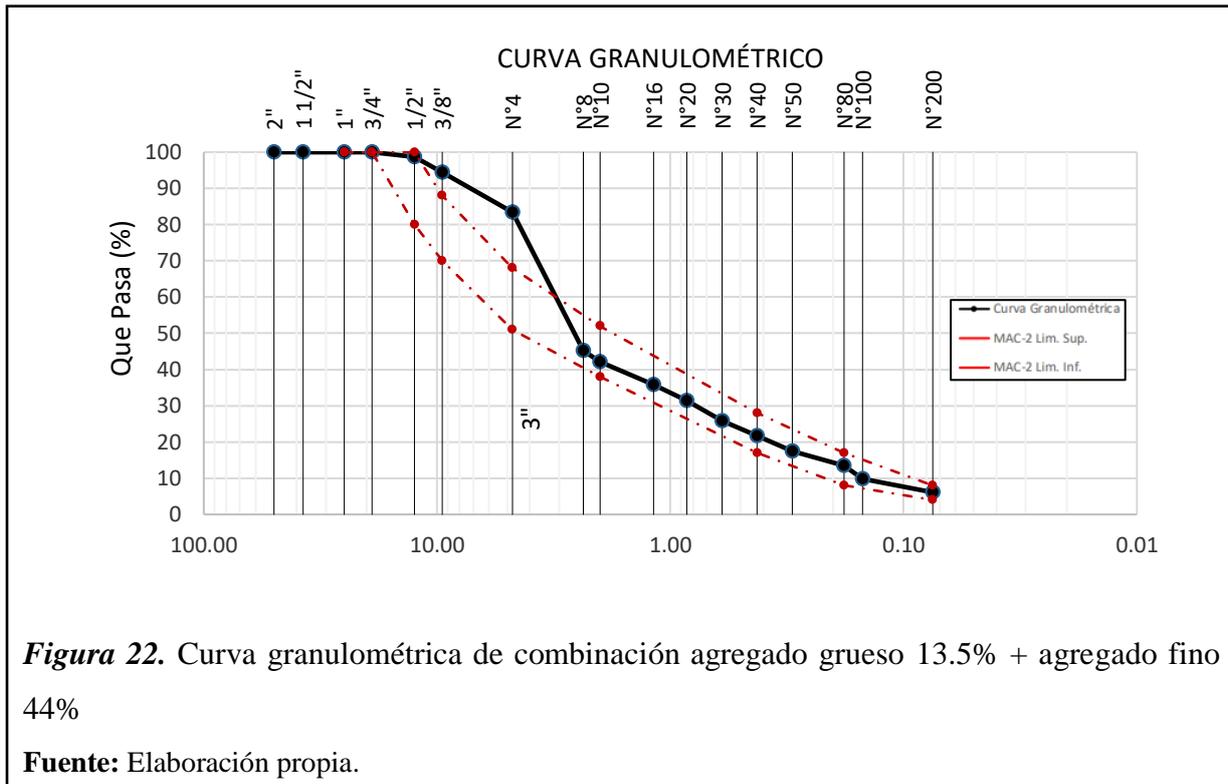
**Figura 21.** Curva granulométrica de combinación agregado grueso 27% + agregado fino 44%.

**Fuente:** Elaboración propia.

### Interpretación:

Según los análisis granulométricos y la combinación de los mismos dichos porcentajes en la sustitución con 50% está fuera de los límites del huso granulométrico MAC-2 siendo la combinación A. Grueso 27 % + A. Fino 44%.

- **Combinación teoría de agregados con 75% de escoria**



**Figura 22.** Curva granulométrica de combinación agregado grueso 13.5% + agregado fino 44%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Interpretación:**

Según los análisis granulométricos y la combinación de los mismos dichos porcentajes en la sustitución con 75% está fuera de los límites del huso granulométrico MAC-2 siendo la combinación A. Grueso 13.5 % + A. Fino 44%.

### 3.1.3. Resultados del desarrollo objetivo N°3.

Corresponde a evaluar la estabilidad y flujo óptima de la mezcla modificada respecto a la mezcla tradicional.

**Tabla 20**

*Resultado para tránsito pesado del patrón y las dosificaciones de la escoria de acero.*

Contenido de escoria de acero	Tránsito pesado A					Especificaciones técnicas
	0%	15%	25%	50%	75%	
N° de golpes	75	75	75	75	75	
% C.A	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	
Vacíos (%)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3-5%
VMA (%)	17.02	17.02	17.02	17.02	17.02	
VLCA (%)	72.59	72.59	72.59	72.59	72.59	65-75%
Flujo (mm)	13.59	13.59	13.59	13.59	13.59	Entre 8 – 14
Estabilidad corregida (kn)	13.59	17.98	19.94	24.33	24.33	Mín. 8.15 KN
Rel. Estabilidad/Fluencia (kg/cm)	3306.1	5336.8	5867.9	3004.9	7912.1	1700-4000

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **Interpretación:**

El investigador menciona que los ensayos realizados cumplen con las especificaciones mínimas y máximas sin sustituir para el tránsito pesado en la muestra patrón, no obstante, el agregado grueso por la escoria de acero, los valores presentan un incremento de los valores obtenidos, dependiendo del contenido de escoria de acero.

**Tabla 21**

*Resultado para tránsito mediano del patrón y las dosificaciones de la escoria de acero.*

Contenido de escoria de acero	Tránsito mediano B					Especificaciones técnicas
	0%	15%	25%	50%	75%	
N° de golpes	50	50	50	50	50	
% C.A	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	
Vacíos (%)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3-5%
VMA (%)	17.02	17.02	17.02	17.02	17.02	
VLCA (%)	72.59	72.59	72.59	72.59	72.59	65-78%
Flujo (mm)	13.59	13.59	13.59	13.59	13.59	Entre 8 – 16
Estabilidad corregida (kn)	14.14	14.76	19.23	19.73	17.02	Mín. 5.44 KN
Rel. Estabilidad/Fluencia (kg/cm)	3618.3	3802.5	3004.9	3004.9	5252.7	1700-4000

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Interpretación:**

El investigador menciona que los ensayos realizados para el tránsito mediano cumplen con las especificaciones mínimas y máximas sin sustituir el agregado grueso por la escoria de acero, pues existe una estabilidad de los valores obtenidos, excepto con el 75% de escoria de acero, dependiendo del contenido de escoria de acero.

**Tabla 22**

*Resultado para tránsito liviano del patrón y las dosificaciones de la escoria de acero.*

Contenido de escoria de acero	Tránsito liviano C					Especificaciones técnicas
	0%	15%	25%	50%	75%	
N° de golpes	35	35	35	35	35	
% C.A	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	
Vacíos (%)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3-5%
VMA (%)	17.02	17.02	17.02	17.02	17.02	
VLCA (%)	72.59	72.59	72.59	72.59	72.59	70-80%
Flujo (mm)	13.59	13.59	13.59	13.59	13.59	Entre 8 – 20
Estabilidad corregida (kn)	12.87	12.94	14.60	15.68	15.46	Mín. 4.53 KN
Rel. Estabilidad/Fluencia (kg/cm)	2998.4	3004.9	3555.9	3004.9	3741.3	1700-4000

**Fuente:** Elaboración propia.

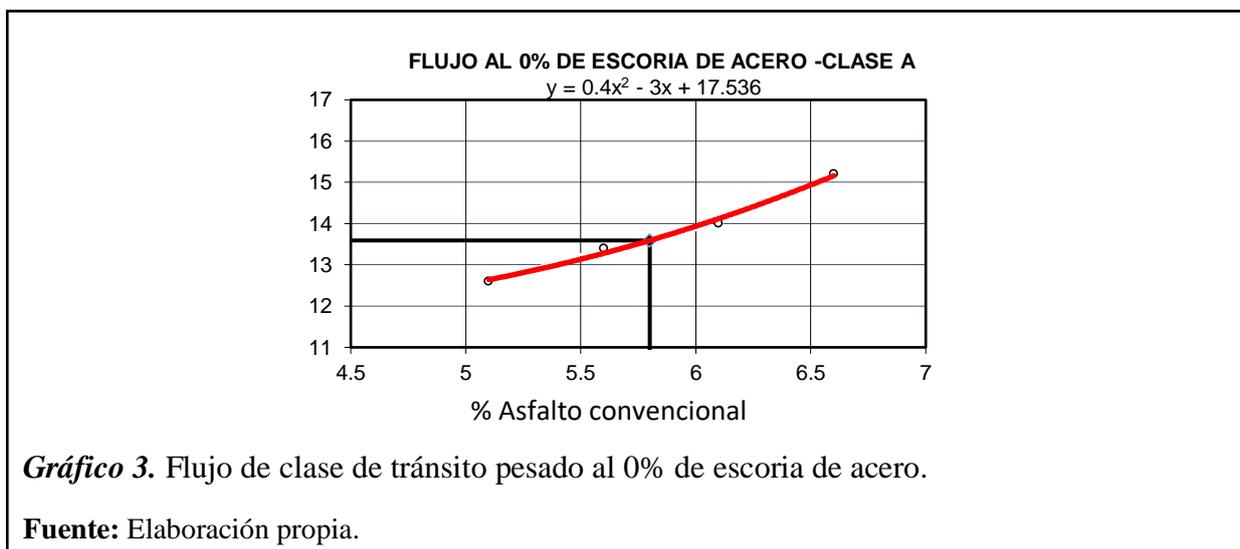
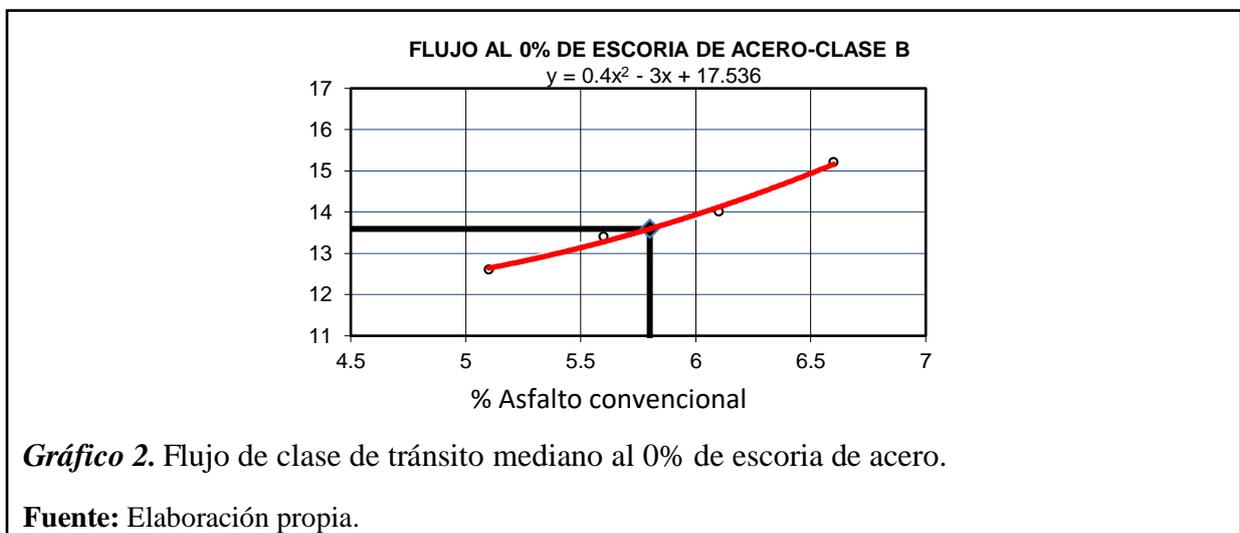
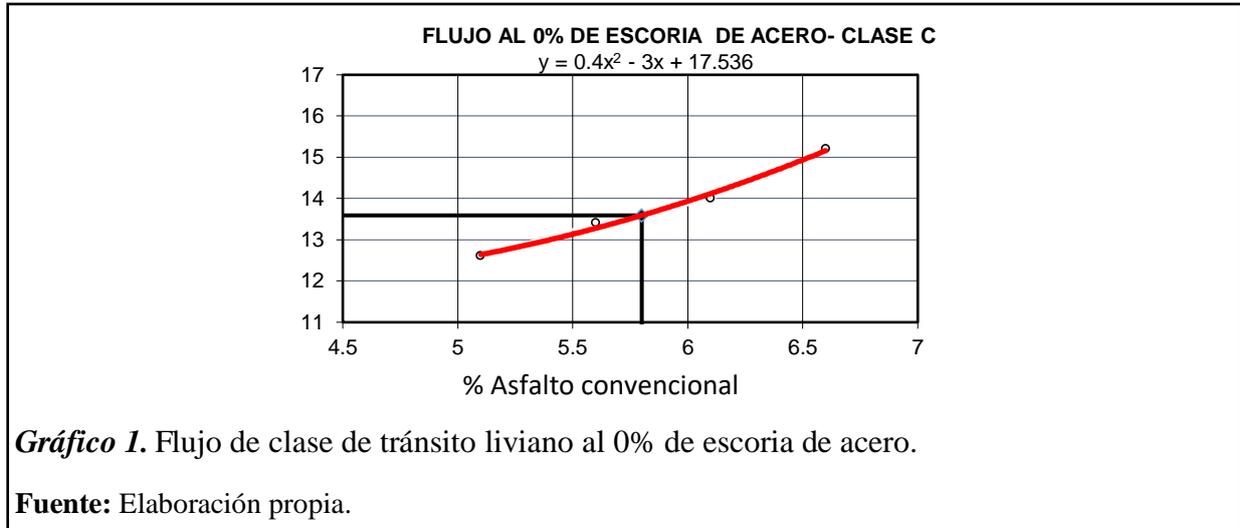
### **Interpretación:**

El investigador menciona que los ensayos realizados para el tránsito liviano cumplen con las especificaciones mínimas y máximas sin sustituir el agregado grueso por la escoria de acero, pues existe un incremento de los valores obtenidos, dependiendo del contenido de escoria de acero.

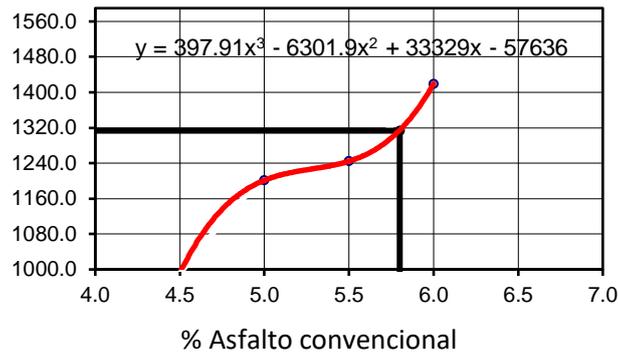
### 3.1.4. Resultados del desarrollo objetivo N°4.

Corresponde a evaluar propiedades físicas y mecánicas para tránsito liviano, mediano y pesado con porcentajes óptimos.

- **Resultados para un 0% de escoria de acero – Mezcla convencional**



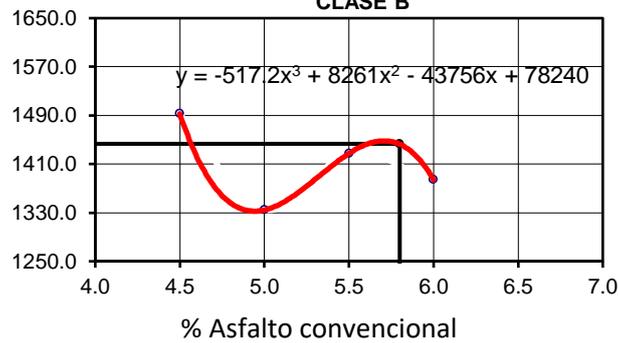
ESTABILIDAD AL 0% DE ESCORIA DE ACERO -  
CLASE C



**Gráfico 4.** Estabilidad según clase de tránsito liviano al 0% de escoria de acero.

**Fuente:** Elaboración propia.

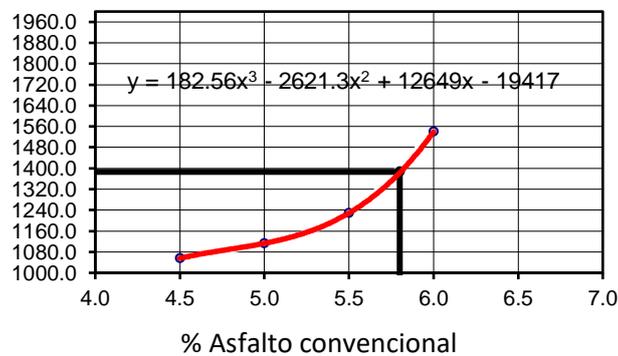
ESTABILIDAD AL 0% DE ESCORIA DE ACERO -  
CLASE B



**Gráfico 5.** Estabilidad según clase de tránsito mediano al 0% de escoria de acero.

**Fuente:** Elaboración propia.

ESTABILIDAD AL 0% DE ESCORIA DE ACERO -  
CLASE A



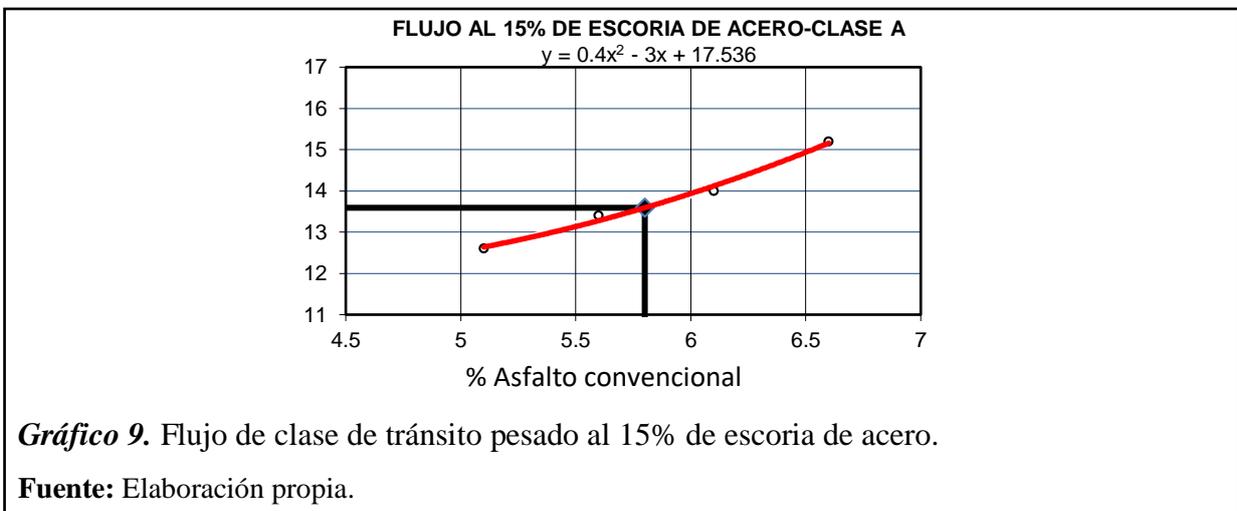
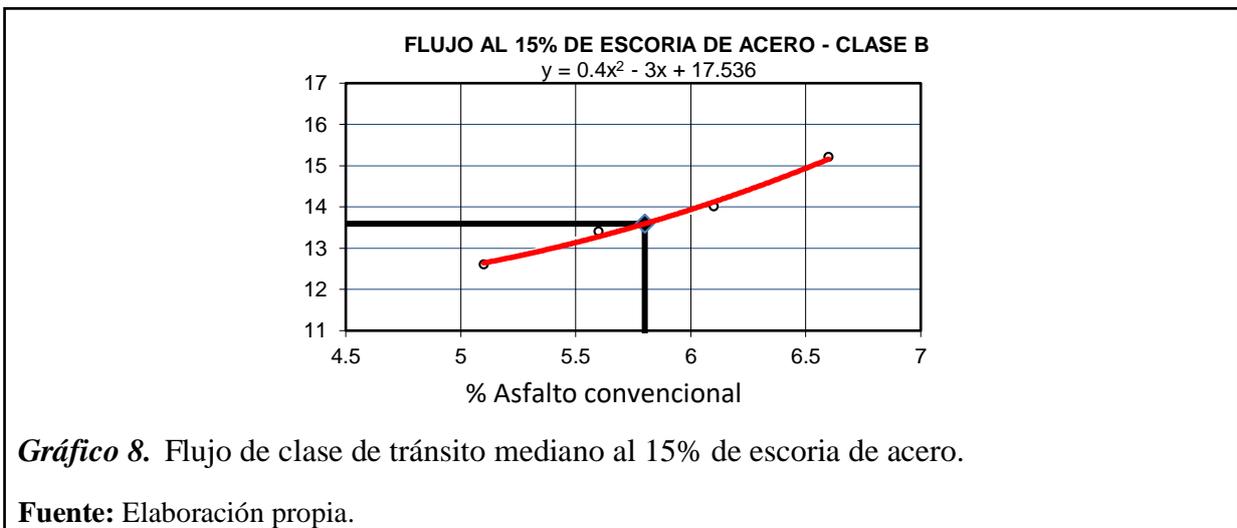
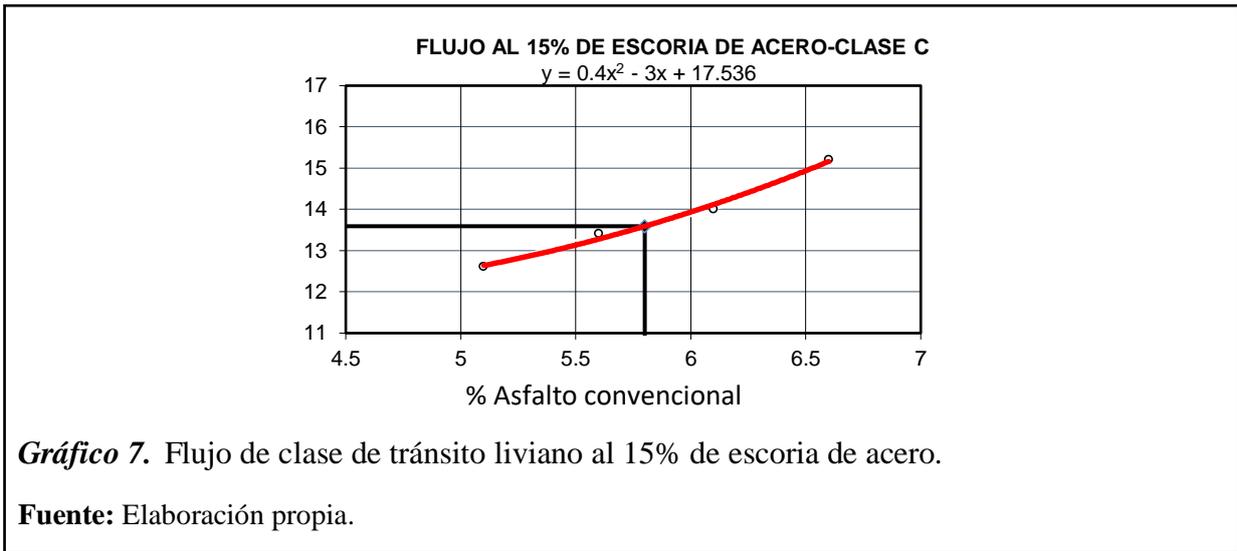
**Gráfico 6.** Estabilidad según clase de tránsito pesado al 0% de escoria de acero.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Interpretación:**

Presenta un mejor comportamiento en los niveles de tránsito liviano, mediano y pesado; ya que en la estabilidad y el flujo se encuentra dentro de los parámetros mínimos y máximos.

- **Resultados para un 15% de escoria de acero – Mezcla modificada**





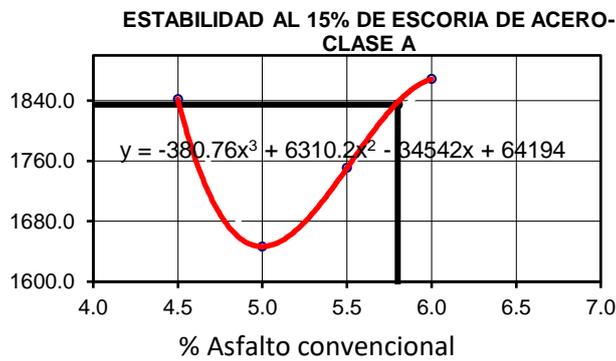
**Gráfico 10.** Estabilidad según clase de tránsito liviano al 15% de escoria de acero.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Gráfico 11.** Estabilidad según clase de tránsito mediano al 15% de escoria de acero.

**Fuente:** Elaboración propia.



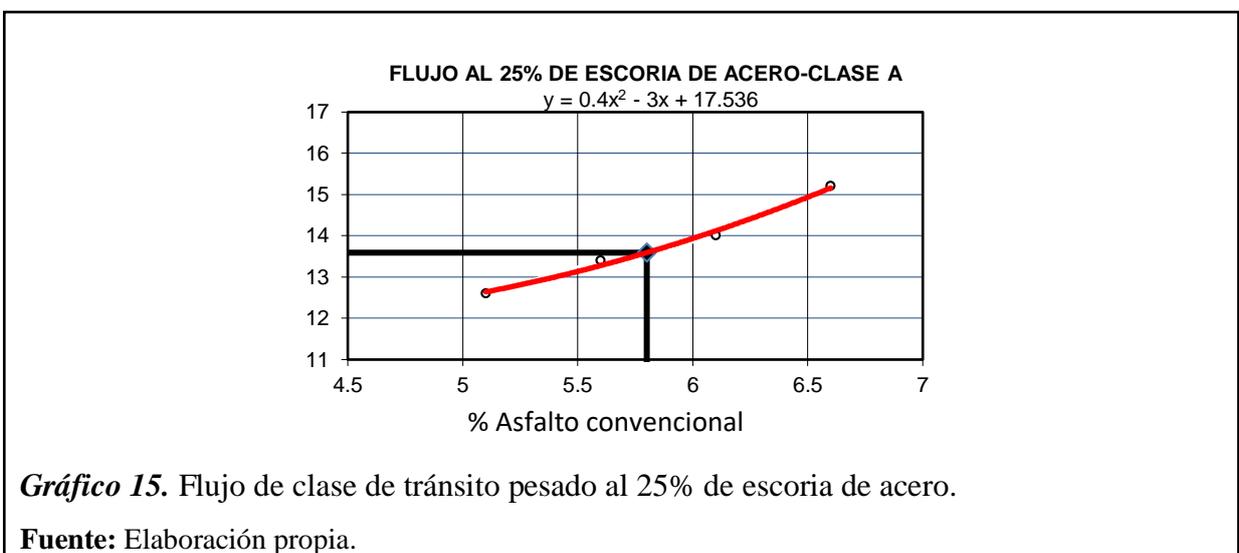
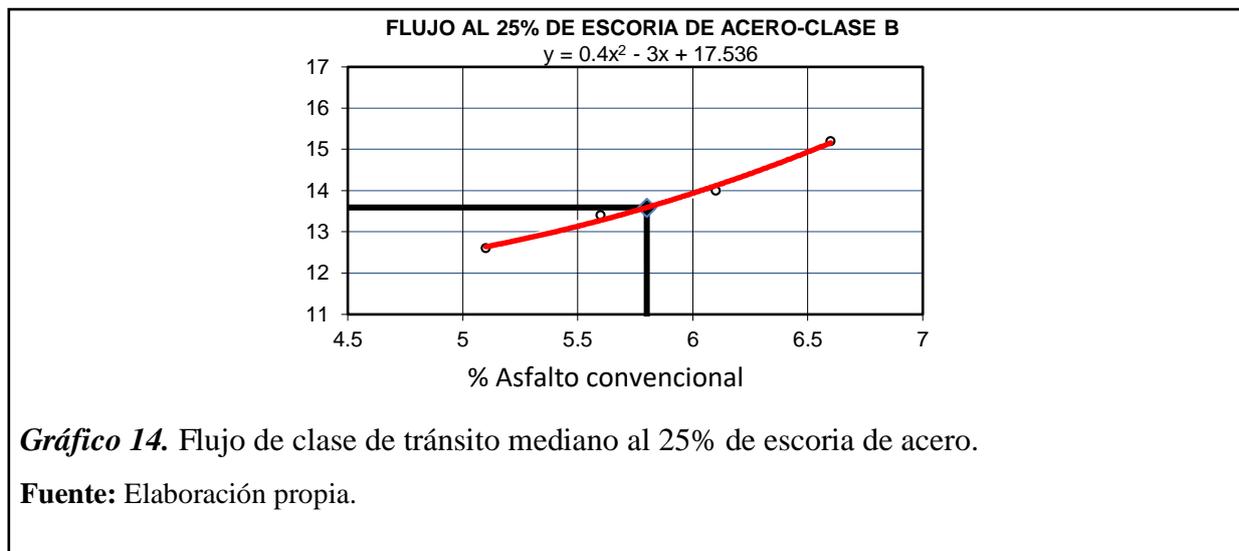
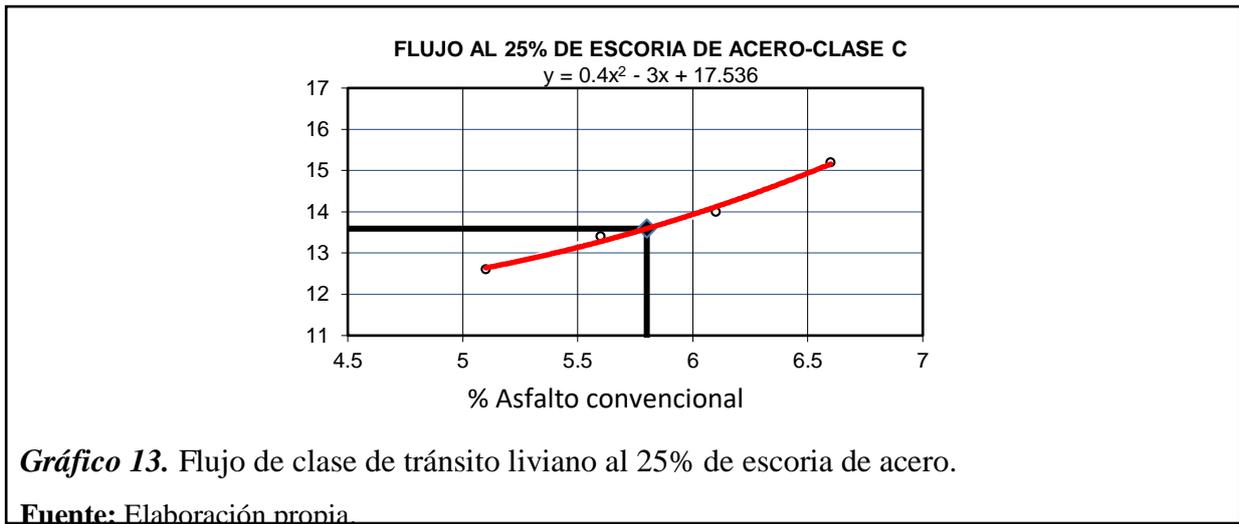
**Gráfico 12.** Estabilidad según clase de tránsito pesado al 15% de escoria de acero.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Interpretación:**

No presenta buena estabilidad, pero si un buen flujo en el nivel de tránsito pesado con la inclusión de escoria de acero 15%; ya que en la estabilidad y el flujo en el nivel de tránsito liviano y mediano si se encuentran dentro de los parámetros mínimos y máximos.

- **Resultados para un 25% de escoria de acero**





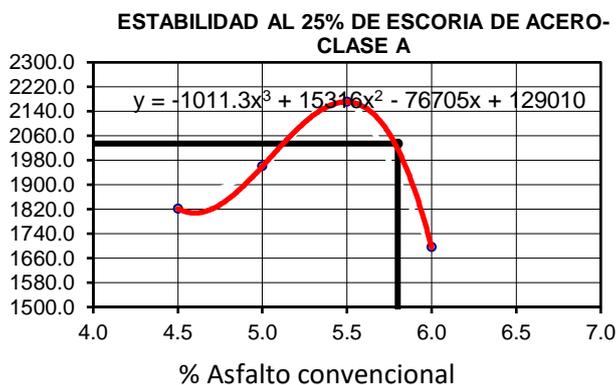
**Gráfico 16.** Estabilidad según clase de tránsito liviano al 25% de escoria de acero.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Gráfico 17.** Estabilidad según clase de tránsito mediano al 25% de escoria de acero.

**Fuente:** Elaboración propia.



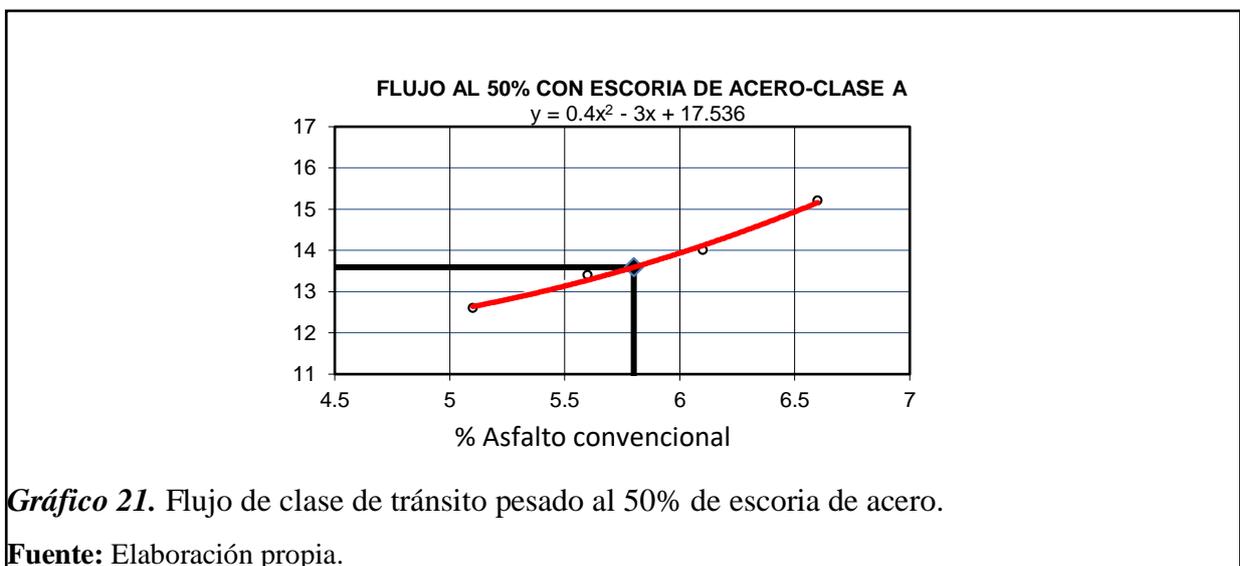
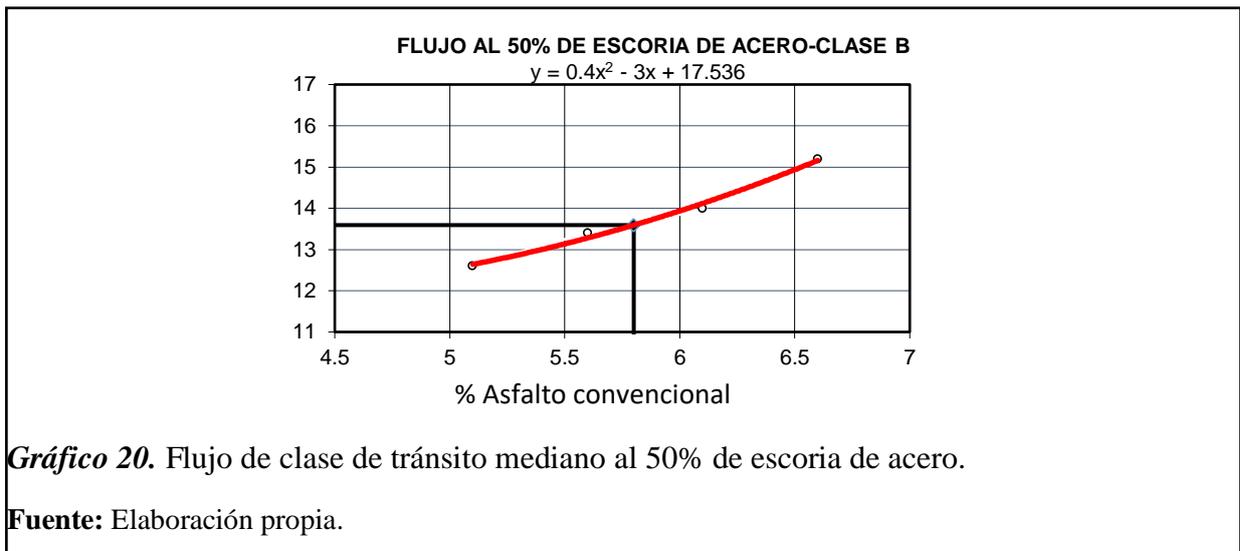
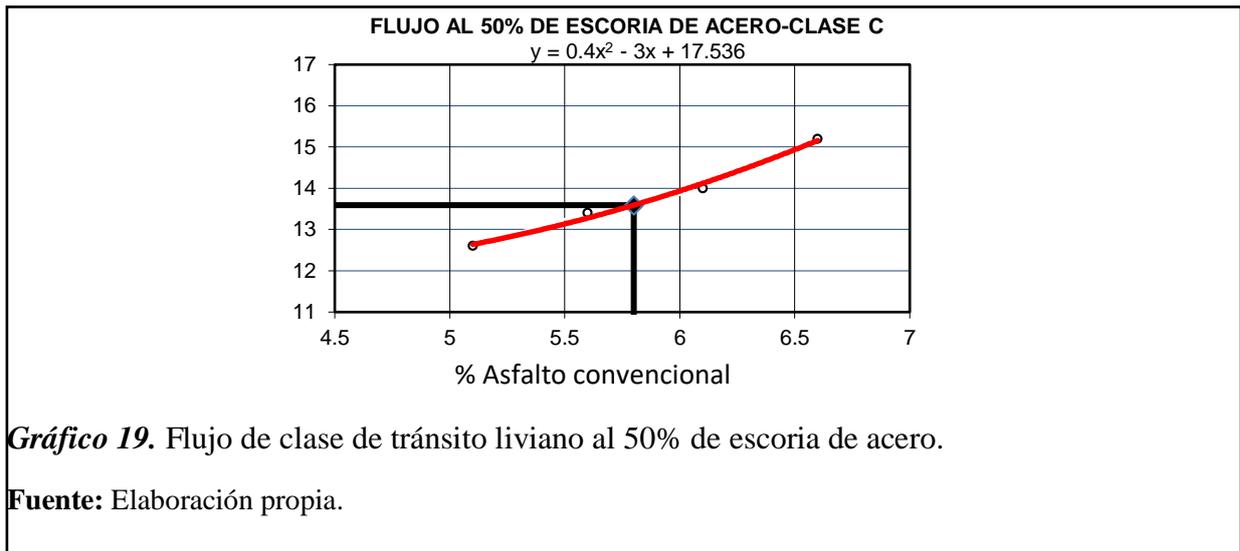
**Gráfico 18.** Estabilidad según clase de tránsito pesado al 25% de escoria de acero.

**Fuente:** Elaboración propia.

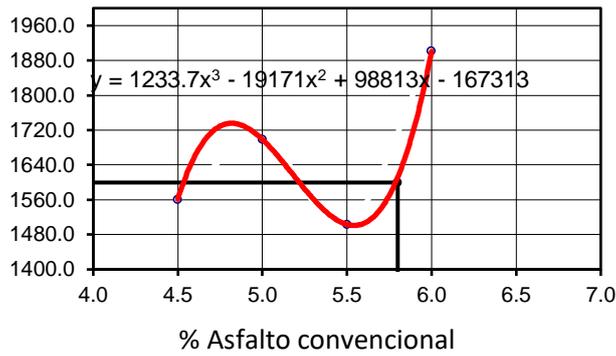
**Interpretación:**

No presenta buena estabilidad, pero si un buen flujo en el nivel de tránsito pesado con la inclusión de escoria de acero 25%; ya que en la estabilidad y el flujo en el nivel de tránsito liviano y mediano si se encuentran dentro de los parámetros mínimos y máximos.

- **Resultado para un 50% de escoria de acero**



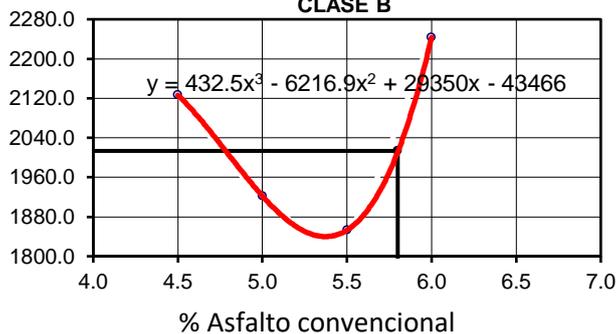
**ESTABILIDAD AL 50% DE ESCORIA DE ACERO-  
CLASE C**



**Gráfico 22.** Estabilidad según clase de tránsito liviano al 50% de escoria de acero.

**Fuente:** Elaboración propia.

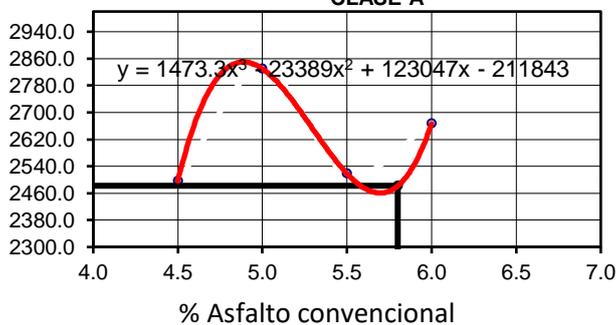
**ESTABILIDAD AL 50% DE ESCORIA DE ACERO-  
CLASE B**



**Gráfico 23.** Estabilidad según clase de tránsito mediano al 50% de escoria de acero.

**Fuente:** Elaboración propia.

**ESTABILIDAD AL 50% DE ESCORIA DE ACERO-  
CLASE A**



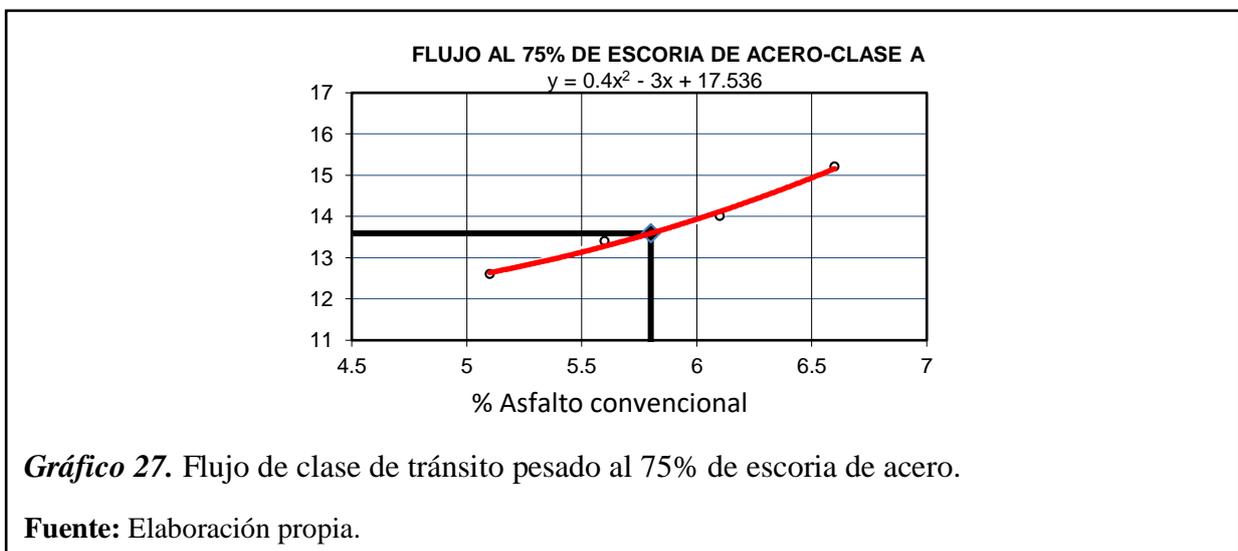
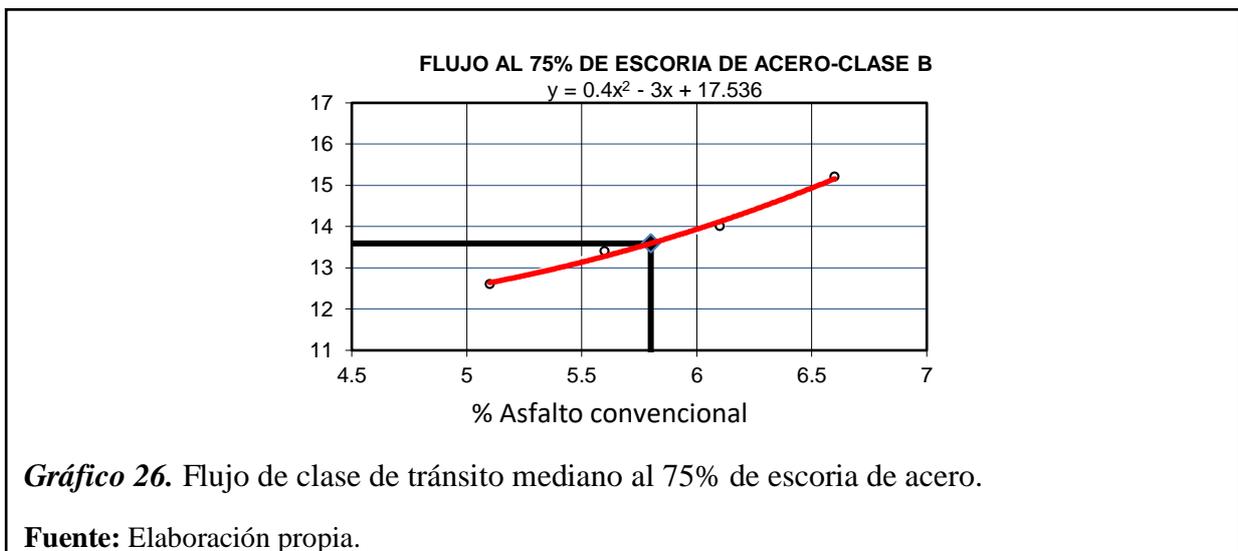
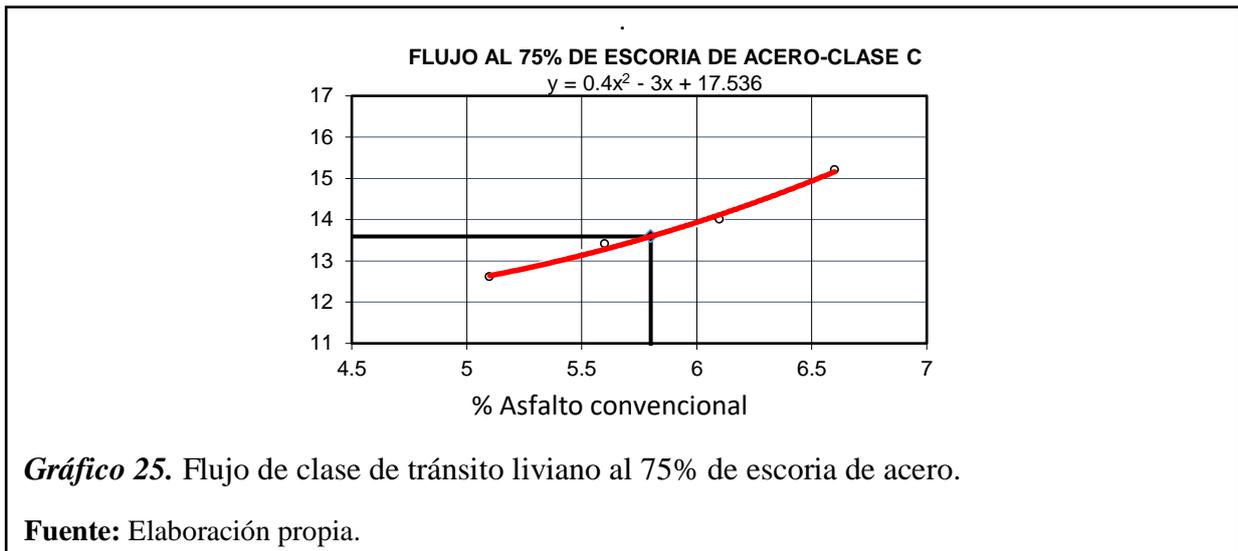
**Gráfico 24.** Estabilidad según clase de tránsito pesado al 50% de escoria de acero.

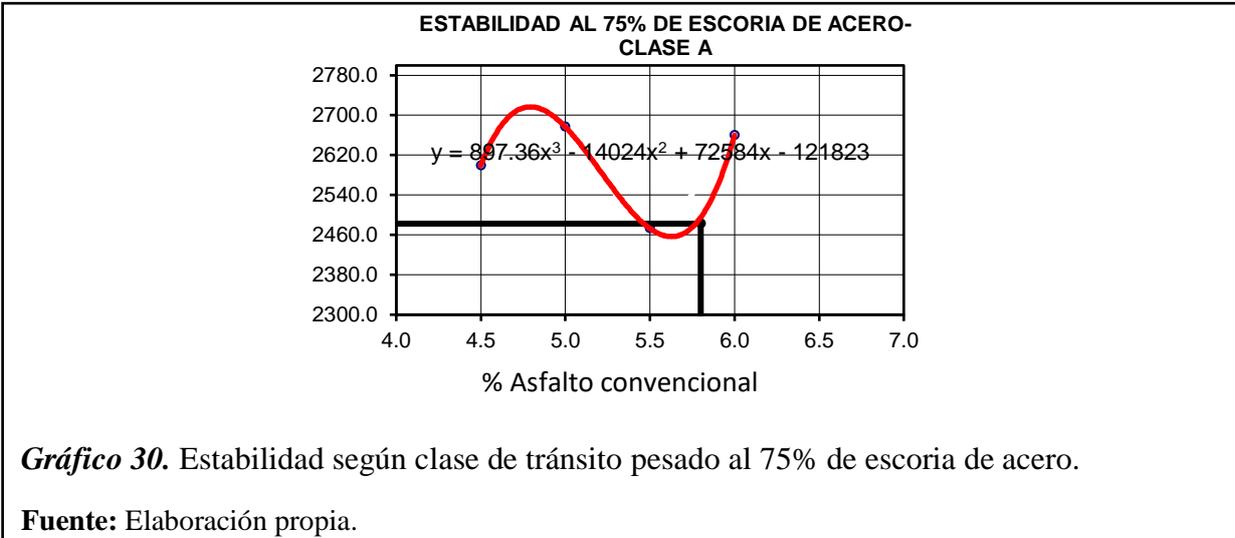
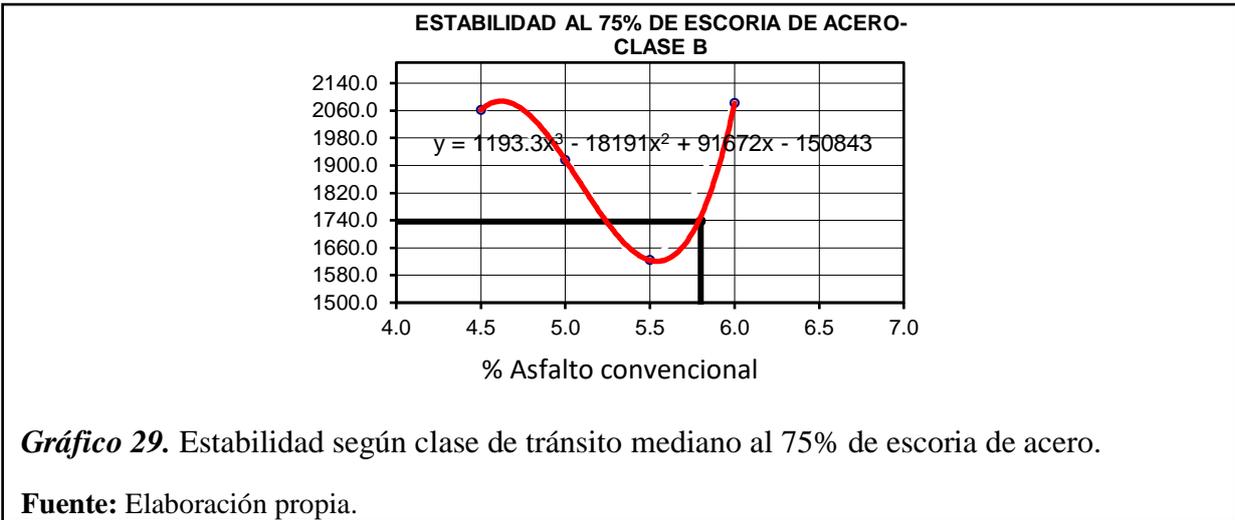
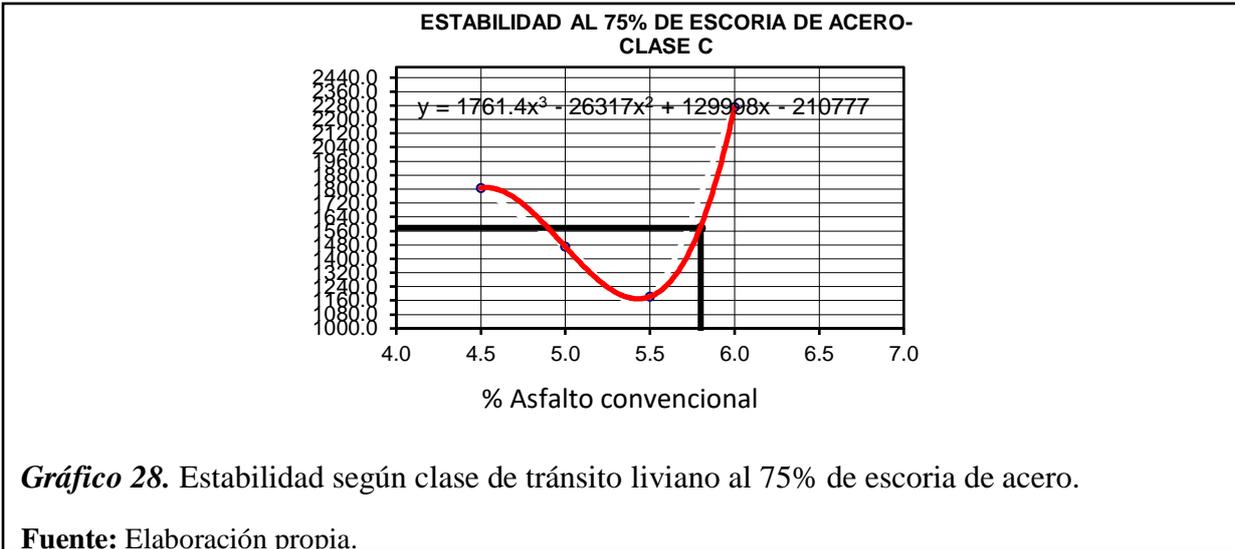
**Fuente:** Elaboración propia.

**Interpretación:**

No presenta buena estabilidad, pero si un buen flujo en el nivel de tránsito pesado con la inclusión de escoria de acero 50%; ya que en la estabilidad y el flujo en el nivel de tránsito liviano y mediano si se encuentran dentro de los parámetros mínimos y máximos.

- **Resultados para un 75% de escoria de acero**





**Interpretación:**

No presenta buena estabilidad, pero si un buen flujo en el nivel de tránsito pesado y mediano con el 75% escoria de acero; siendo muy diferente en el flujo y estabilidad en el nivel de tránsito liviano donde si se encuentran dentro de los parámetros mínimos y máximos.

### 3.2. Discusión de resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos se revisa y discute la hipótesis, como predicciones previas a la investigación.

#### 3.2.1. Desarrollo de discusión N°1: Pruebas de control de calidad – agregados pétreos y escoria de acero.

Los ensayos para agregados pétreos y escorias tuvieron buen comportamiento en el caso de los agregados pétreos cumplieron con los parámetros mínimos y máximos según la MTC, en tanto la escoria de acero solo excedió la absorción en 1.4% del valor máximo. Concordando con los investigadores Quipusco & Villegas (2019), los cuales tanto sus agregados pétreos y su escoria de acero si cumplen con los parámetros mínimos y maximos por la MTC.

#### 3.2.2. Desarrollo de discusión N°2: Comportamiento de MAC incorporando %EA.

**Tabla 23**

*Discusiones de diversos autores sobre el comportamiento de mezclas asfálticas.*

Autor (es)	Porcentajes	Material de adición o reemplazo	Adición o sustitución	Resultados mejor combinación
Investigador (2021)	0%, 15%, 25%, 50%, 75%	Escoria de acero	Incorporación respecto al agregado grueso a la MC	La mejor es la combinación al 25% de escoria de acero.
Zumrawi & Khalill (2017)	0, 50, 75 y 100%	Escoria de acero	Sustituto de áridos naturales MAC	La mejor es la combinación al 75% de escoria de acero.
Raposeiras et al. (2016)	15, 25, y 35%	Escoria de cobre	Sustituto por áridos	La mejor combinación es la del 25% de escoria de cobre
Kim et al. (2018)	3%, 3.5%, 4%, 4.5%, 5%.	Escoria de acero	Incorporación	La mejor combinación con 15% de escoria de acero
(Tamayo & Bolivar, 2020)	25%, 75% y 100%	Escoria siderúrgica	Sustituir	La mejor combinación con 25% de escoria de acero
(Parra & Bautista, 2018)	7.5%, 14% y 22.5%	Escoria de alto horno	Reemplazar	La mejor combinación es con 7.5% y 14%de escoria.

(Polonia, 2021)	20% y 25%	Cenizas volantes de carbón	Reemplazo en la llenante mineral	La mejor combinación es con 25% de ceniza volante.
(Novoa, 2018)	35%	Escoria negra	Sustitución	<b>Tránsito pesado</b> Aumenta el contenido con 6.5% óptimo de asfalto y 35% de escoria negra.
Perez (2018)	10%, 15% y 12%	Escoria metalúrgica	Adición por material pétreo	La mejor combinación es al 15% por ser más estable.
(Santa Cruz, 2021)	0%, 20%, 40% y 60%	Material reciclado asfáltico	Incorporar	La mejor es hasta el 40% de material reciclado.
(Lau, 2019)	1% 2% y 3%	Ceniza de bambú	Incorporar	La mejor es insertando el 1% de ceniza de bambú
(Arriola, Villegas, Villareal, & Usquiano, 2021)	0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3%	Aceite crudo de palma (industrial y artesanal)	Adición	La mejor es el 3% con aceite de palma de tipo industrial.
(Siclane, 2019)	0.17%, 0.10% y 0.3%	Escoria siderúrgica	Adición	La mejor es 0.3% de escoria siderúrgica
Quipusco y Villegas (2019)	0, 25, 50, 75, 100%	Escoria de acero	Sustitución por agregado grueso	La mejor combinación es 25%
Bravo y Montalvo (2019)	1, 2, 3%	Caucho sintético	Añadidura por agregado fino	Cumple con 2%
(Castro, Romero, Vásquez, & Arriola, 2020)	0.5%, 0.8, 1%, 1.5%, 2% y 2.5%	Fibra de coco	Adición de fibra de coco	La mejor combinación es con 1% de fibra.

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Comentario:**

Las mezclas asfálticas modificadas del investigador logran obtener una mejor combinación con el porcentaje del 25% de escoria de acero. Referente a ello la tabla 23 no concuerda con algunos autores; pues la gran mayoría cumplen con un porcentaje menor que el 25% de sustitución de escoria de acero pues lo consideran más estable.

### 3.2.3. Desarrollo de discusión N°3: Mezclas asfálticas modificadas.

**Tabla 24**

*Discusiones de diversos autores sobre el flujo y estabilidad de mezclas asfálticas.*

Autor (es)	Porcentajes	Material de adición o reemplazo	Adición o sustitución	Resultados de flujo(mm) y estabilidad (kn) para cada nivel de tránsito
Investigador (2021)	0%, 15%, 25%, 50%, 75%	Escoria de acero	Incorporación respecto al agregado grueso a la MC	<b>Tránsito liviano:</b> Flujo (mm): 13.59 Estabilidad (kg): 12.87-12.94-14.60-15.68-15.46 <b>Tránsito mediano:</b> Flujo (mm): 13.59 Estabilidad (kg): 14.14-14.76-19.23-19.73-17.02 <b>Tránsito pesado:</b> Flujo (mm): 13.59 Estabilidad (kg): 13.59-17.98-19.94-24.33-24.33
Zumrawi & Khalill (2017)	0, 50, 75 y 100%	Escoria de acero	Sustituto de áridos naturales MAC	<b>Tránsito pesado:</b> Flujo (%): 3.5%, 3.4%, 3.5%, 3.2%. Estabilidad (kg): 1390, 1530, 1700, 1560
Raposeiras et al. (2016)	15, 25, y 35%	Escoria de cobre	Adición por áridos	Para estabilidad se apreció un alto nivel de influencia de la escoria, mientras que el porcentaje de RAP fue más significativo para pruebas de flujo.
Kim et al. (2018)	3%, 3.5%, 4%, 4.5%, 5%.	Escoria de acero	Incorporación	<b>Tránsito pesado:</b> Flujo (mm): 27, 27, 29, 29, 28. Estabilidad (N): 13,922-14,020-14,324-14,132-13,789
(Tamayo & Bolivar, 2020)	25%, 75% y 100%	Escoria siderúrgica	Sustituir	<b>Tránsito pesado:</b> Flujo (mm): 22, 24, 25, 26. Estabilidad (N): 12,52-13,0-14,4-13,2

(Parra & Bautista, 2018)	7.5%, 14% y 22.5%	Escoria de alto horno	Reemplazar	<b>Carga monotónica</b> Estabilidad (N): 10591.3-12456- 12766-10933
(Polonia, 2021)	20% y 25%	Cenizas volantes de carbón	Reemplazo en la llenante mineral	<b>Tránsito pesado:</b> Flujo (mm): 14, 17.7, 14, 14.3 Estabilidad (KN): 13,538 -15,445-12,536 -14,892 <b>Tránsito mediano</b> Flujo (mm): 3.94 a 3.02 Estabilidad (Kg): 952 a 1381
(Novoa, 2018)	35%	Escoria negra	Sustitución	<b>Tránsito pesado:</b> Flujo (mm): 3.28 Estabilidad (Kg): 1054.8
Perez (2018)	0% 10%, 15% y 12%	Escoria metalúrgica	Adición por material pétreo	<b>Tránsito pesado:</b> Flujo (mm): 14, 17.7, 14, 14.3 Estabilidad (KN): 13,538 -15,445-12,536 -14,892
(Santa Cruz, 2021)	0%, 20%, 40% y 60%	Material reciclado asfáltico	Incorporar	<b>Tránsito mediano</b> Flujo (mm): 3.94 a 3.02 Estabilidad (Kg): 952 a 1381
(Lau, 2019)	1% 2% y 3%	Ceniza de bambú	Incorporar	<b>Tránsito mediano</b> Flujo (mm): 13.7-14-13.7-13.7 Estabilidad (KN): 17.9-10.5-15.8-14.1
(Arriola, Villegas, Villareal, & Usquiano, 2021)	0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3%	Aceite crudo de palma (industrial y artesanal)	Adición	Solo el industrial y artesanal al 3% Flujo (mm): 3.25 y 3.15 Solo el industrial y artesanal al 3% Estabilidad (KN): 1359.50 y 1375.20
(Siclane, 2019)	0%, 17%, 10% y 3%	Escoria siderúrgica	Adición	Flujo (mm) 3.7-3.5-3.1 Estabilidad (kg) 830 – 1168.6-1136.8- 1149.3
Quipusco y Villegas (2019)	0, 25, 50, 75, 100%	Escoria de acero	Sustitución por agregado grueso	<b>Tránsito medio:</b> Flujo (in): 11-10.4-12-13.6-11.8 Estabilidad (KN):

				19.9-22-20.3-19.6-17.2
Bravo y Montalvo (2019)	1, 2, 3%	Caucho sintético	Añadidura por agregado fino	<b>Tránsito liviano:</b> Flujo (mm): 22-29-23 Estabilidad (kn): 7.4-8.7-11.9 <b>Tránsito mediano:</b> Flujo (mm): 16-24.33-18.67 Estabilidad (kn): 23.4-13.8-12.9 <b>Tránsito pesado:</b> Flujo (mm): 20-16-21 Estabilidad (kn): 20.8-21.3-21.3
(Castro, Romero, Vásquez, & Arriola, 2020)	0.5%, 0.8, 1%, 1.5%, 2% y 2.5%	Fibra de coco	Adición de fibra de coco	Respecto al flujo no estaría cumpliendo pues supera 2.13 mm en relación con la mezcla convencional. A pesar que la adición de coco no estaría cumpliendo algunas especificaciones, presenta mejor comportamiento en cuanto a la relación estabilidad/flujo.

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Comentario:**

Las mezclas asfálticas modificadas obtenidas por el investigador en un 15 y 25% respecto al agregado grueso cumple para el diseño de una MAC-2 y para un tránsito liviano, mediano y pesado. Referente a ello la tabla 24 muestra diferentes autores que no concuerdan; pues se notó una ligera disminución en el valor de flujo en el caso de muestras preparadas con escoria de acero en comparación con especímenes de agregados naturales. Y las muestras preparadas con escoria de acero tuvieron la mayor estabilidad en comparación con los especímenes preparados con agregados naturales, debiéndose al bajo aplastamiento y los valores de abrasión.

**3.2.4. Desarrollo de discusión N°4: Propiedades físicas y mecánicas para tres clases de tráfico liviano, mediano y pesado con óptimo de cemento asfáltico.**

**Tabla 25**

*Discusiones de diversos autores sobre el propiedades físicas y mecánicas para tránsito liviano, mediano y pesado de mezclas asfálticas modificadas.*

<b>Autor (es)</b>	<b>Porcentajes</b>	<b>Material de adición o reemplazo</b>	<b>Adición o sustitución</b>	<b>Resultados de porcentajes óptimos de % de escoria de acero (E.A)</b>
Investigador (2021)	0%, 15%, 25%, 50%, 75%	Escoria de acero	Incorporación respecto al agregado grueso a la MC	<b>Tránsito liviano</b> Cumple todas las dosis de EA <b>Tránsito mediano</b> Solo cumple hasta el 50% EA <b>Tránsito pesado</b> Solo cumple con el patrón al 5.8% de c.a
Zumrawi & Khalill (2017)	0, 50, 75 y 100%	Escoria de acero	Sustituto de áridos naturales MAC	<b>Tránsito pesado</b> Aumenta con 75% de escoria y 6.1% de contenido óptimo de asfalto
Raposeiras et al. (2016)	15, 25, y 35%	Escoria de cobre y RAP	Adición por áridos	Muestra que aumenta al 35% de RAP y 25% de escoria valores similares.
Kim et al. (2018)	3%, 3.5%, 4%, 4.5%, 5%.	Escoria de acero	Incorporación	<b>Tránsito pesado</b> Aumenta el contenido con 6.1% óptimo de asfalto
(Tamayo & Bolivar, 2020)	25%, 75% y 100%	Escoria siderúrgica	Sustituir	No presenta
(Parra & Bautista, 2018)	7.5%, 14% y 22.5%	Escoria de alto horno	Reemplazar	<b>No presenta</b>
(Polonia, 2021)	20% y 25%	Cenizas volantes de carbón	Reemplazo en la llenante mineral	<b>Tránsito pesado</b> Aumenta el contenido con 5% óptimo de asfalto. <b>Tránsito mediano</b> Aumenta con el 25% de escoria y 5% de cemento asfáltico
(Novoa, 2018)	35%	Escoria negra	Sustitución	<b>Tránsito pesado</b> Aumenta el contenido con 6.5% óptimo de asfalto.
Perez (2018)	10%, 15% y 12%	Escoria metalúrgica	Adición por material pétreo	<b>Tránsito pesado</b> Aumenta con el 15% de escoria y 5.53% de cemento asfáltico

(Santa Cruz, 2021)	0%, 20%, 40% y 60%	Material reciclado asfáltico	Incorporar	<b>Tránsito mediano</b> Aumenta con el 40% de escoria y 6% de cemento asfáltico
(Lau, 2019)	1% 2% y 3%	Ceniza de bambú	Incorporar	<b>Tránsito mediano</b> Aumenta con el 1% de escoria y 5.8% de cemento asfáltico
(Arriola, Villegas, Villareal, & Usquiano, 2021)	0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3%	Aceite crudo de palma (industrial y artesanal)	Adición	Mejor aceite de palma industrial de 3%, con contenido de asfalto de 5.7%.
(Siclane, 2019)	0%, 17%, 10% y 3%	Escoria siderúrgica	Adición	Las dosificaciones óptimas son la de 3% y 10% de escoria siderúrgica.
Quipusco y Villegas (2019)	0, 25, 50, 100%	Escoria de acero	Sustitución por agregado grueso	El óptimo es 12.56 % de escoria con 5.19 % de cemento asfáltico
Bravo y Montalvo (2019)	1, 2, 3%	Caucho sintético	Añadidura por agregado fino	<b>Tránsito pesado</b> Cumple con 2% y 5% de cemento asfáltico <b>Tránsito mediano</b> Cumple con 1% y 5% de cemento asfáltico <b>Tránsito liviano</b> No Cumple con ningún porcentaje con 5% de cemento asfáltico
(Castro, Romero, Vásquez, & Arriola, 2020)	0.5%, 0.8, 1%, 1.5%, 2% y 2.5%	Fibra de coco	Adición de fibra de coco	Se tiene el porcentaje óptimo de contenido de asfalto de 6.4% de fibra de coco.

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Comentario:**

Los resultados de las pruebas de Marshall en las muestras preparadas mostraron que el contenido óptimo de asfalto, tuvo un valor del 5.8% con muestras preparadas con 25% de escoria de acero tuvieron mejor respuesta que sustituyendo mayor cantidad de escoria de acero para los tres niveles de tránsito. Referente a ello la tabla 25 expresa que no concuerda con otros autores; debido a la razón al alto valor de absorción de la escoria de acero utilizado solo es óptimo hasta nivel de tránsito liviano y mediano no para pesado, o el tipo de agregado o material por ser de diferentes zonas.

### **3.3. Aporte práctico**

Se presenta en dicha investigación, las mixturas asfálticas en caliente, es así que mediante la elaboración de ensayos ha sido viable la realización de la hipótesis planteada de dicha investigación, teniendo carácter técnico y basado en normatividad actual definido por el MTC (ensayos).

Se proponen para cada nivel de tránsito el porcentaje idóneo óptimo para ser incorporado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente

#### **✓ Tránsito liviano – Clase C**

Presenta las mejores características todas las dosificaciones de incorporación de escoria de acero 15%, 25%, 50% y 75% incluso superando al patrón.

#### **✓ Tránsito mediano – Clase B**

Presenta las mejores características todas las dosificaciones de incorporación de escoria de acero 15%, 25% hasta el 50% incluso superando al patrón, no se recomienda el 75% porque supera el rango mínimo para este nivel de tránsito.

#### **✓ Tránsito pesado – Clase A**

Presenta las mejores características únicamente la mezcla asfáltica tradicional, no se recomienda utilizar con las incorporaciones de escoria de acero 15%, 25%, 50% y 75% ya que salen de las especificaciones técnicas mínimas.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. Conclusiones**

**4.1.1.** Se logró tener un control de calidad de los agregados, de estos el agregado fino (AF) cumplió con todos los parámetros que establece el MTC, como son equivalente de arena (EA=61%), índice de plasticidad (IP=2.39%), sales solubles (0.24%), absorción (0.48%), adhesividad (Riedel weber) (4.01%). Del agregado grueso se obtuvo los resultados abrasión (22.2%), sulfato de Mg (6.53%), partículas chatas y alargadas (8.9%), partículas fracturadas (92/85), sales solubles (0.16%), absorción (0.98), adherencia (95). De la escoria de acero se obtuvo, abrasión de los ángeles (26.34%), pérdida en sulfato de Mg (4.38%), partículas chatas y alargadas (0.21%), partículas fracturadas (0/0), sales solubles (0.07%), absorción (2.4%), adherencia (95).

**4.1.2.** De los porcentajes incorporados se logra obtener que el 15% de escoria es la mejor combinación y 25% es el máximo límite que satisface para el huso granulométrico MAC-2, pues los demás porcentajes tienden a salirse del huso, por lo cual no se considera una buena gradación.

**4.1.3.** La estabilidad y flujo para una mezcla asfáltica clase “A” al 25% de escoria, y en % de asfalto 4.5 – 5.0 -5.5 – 6.0, presenta mejores resultados que las de 50 y 75% de sustitución de escoria de acero, se obtiene que tanto el flujo como la estabilidad mejora respecto a la tradicional, flujo 12.5 – 9.9 – 8.60 – 11.8 y su estabilidad de 18.22 Kn – 19.60 Kn – 21.70 Kn – 16.96 Kn. La estabilidad y flujo para una mezcla asfáltica clase “B” al 25% de escoria, y en % de asfalto 4.5 – 5.0 -5.5 – 6.0, se obtiene que tanto el flujo como la estabilidad mejora respecto a la tradicional, flujo 11.4 – 8.4 – 13.5 – 10.1 y su estabilidad de 19.99 Kn – 18.03 Kn – 17.93 Kn – 21.82 Kn. La estabilidad y flujo para una mezcla asfáltica clase “C” al 25% de escoria, y en % de asfalto 4.5 – 5.0 -5.5 – 6.0, se obtiene que tanto el flujo como la estabilidad mejora respecto a la tradicional, flujo 10.5 – 11.6 – 10.8 – 11.4 y su estabilidad de 9.68 Kn – 10.70 Kn – 12.78 Kn – 16.79 Kn.

**4.1.4.** El remplazo de escoria en porcentajes de 15% (cumple para transito liviano y mediano), 25%, 50% y 75% (cumplen para transito liviano), como se menciona en la conclusión anterior, sin embargo, en el porcentaje de 50% y 75% no cumple con el uso granulométrico para MAC-2.

## **4.2. Recomendaciones**

**4.2.1.** Se recomienda realizar ensayos de calidad de materiales para obtener confiabilidad de los materiales que estamos empleando para la preparación de la mezcla asfáltica.

**4.2.2.** Construir un pequeño tramo y poner a prueba la mezcla asfáltica bajo simulación de cargas para verificar si en esta se producen los ahuellamientos indicadores principal de la estabilidad y flujo.

**4.2.3.** Se recomienda limitar a sustituir la fracción de áridos finos o gruesos, ya que la mezcla de asfalto en caliente que contenga un 100% de escoria de acero es susceptible de espacio vacíos y problemas de abultamiento debido a la forma angular de la escoria de acero.

**4.2.4.** Se propone realizar con otras incorporaciones para obtener nuevas mejoras en sus propiedades de estabilidad y flujo. Asimismo, realizar las investigaciones cercanas al óptimo % de escoria que vendría hacer hasta un máximo de 25%.

## REFERENCIAS

- Abed, A., & Eyada, S. (2019). The Use of Cement Production Waste to Improve the Properties of Hot Mix Asphalt Concrete. *Jordan Journal Of Civil Engineering*, 13(9), 394-404. doi: 10.13140/RG.2.2.11203.76321
- Addahhan, A., Asmael, N., & Fattah, M. (2019). effects of organic warm mix asphalt additives on Marshall properties. *2nd International Conference on Sustainable Engineering Techniques (ICSET 2019)*. 518, pág. 022071. Baghdad: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. doi:10.1088/1757-899X/518/2/022071
- Agramonte, A. (2019). *Características volumetricas y mecánicas de mezcla asfálticas en caliente elaboradas con la aplicación del método Marshall y granulometría superpave en la ciudad de Juliaca*. Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Obtenido de <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/4554>
- Ali, Z., Abdul, N., Athma, N., Khairul, M., & Naquiuddin, M. (2019). Characterization of insdustrial by-products as asphalt paving material. *The 12th International Civil Engineering Post Graduate Conference (SEPKA)*. 220, págs. 1-9. Malasia: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. doi:<https://doi.org/10.1088/1755-1315/220/1/012012>
- Alinezhad, M., & Sahaf, A. (2019). Investigation of the fatigue characteristics of warm stone matrix asphalt (WSMA) containing electric arc furnace(EAF) steel slag as coarse aggregate and Sasobit as warm mix additive. *Cases Studies in Construction Materials*, 11, 1-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00265>
- Alves, F., Lima, D., Rodriguez de Oliveira, A., Fernandez, E., & Bezena, A. (2020). Propriedades mecânicas de argamassas com substituição da areia natural por escória de aciaria BSSF (baosteel's slag short flow). *Revista Matéria*, 25(1), 1-18. doi:10.1590/s1517-707620200001.0887
- Amelian, S., Manian, M., Mahdi, S., & Goli, A. (2018). Moisture sensitivity and mechanical performance assessment of warm mix asphalt containing by-product steel slag. *Journal of Cleaner Production*, 176, 329-337. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.120>
- Andina. (30 de Noviembre de 2017). *andina*. Obtenido de <https://andina.pe/>: <https://andina.pe/agencia/noticia-lambayeque-defensoria-advierte-retrasos-reconstruccion-vias-691374.aspx>
- Arriola, G., Villegas, M., Villareal, J., & Usquiano, I. (2021). Influencia de la temperatura en el diseño de mezclas asfálticas tibias con aceite de palma industrial y artesanal de Yurimaguas. *Revista Pakamuros*, 9(1), 1-11. doi:<https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i1.158>
- Atoche, K., & Olano, K. (2019). *Influencia de la zeolita natural en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica semicaliente*, *Chimbote 2018*. Trujillo: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21193>

- Bethary, R., Subagio, B., Rahman, H., & Suaryana, N. (2019). Effect of recycled materials on Marshall performance of hot asphalt mixture (HMA - RAP). *TICATE 2018*. 508, pág. 012048. Indonesia: IOP Conference Series Materials Science and Engineering . doi: 10.1088 / 1757-899X / 508/1/012048
- Bing, L., Tang, B., Zhen, M., Hanchi, C., & Hongbo, L. (2019). Physical and Chemical Properties of Steel Slag and Utilization Technology of Steel Slag at Home and Abroad. *4th International Conference on Energy Equipment Science and Engineering*. 242, págs. 1-6. Jiamusi: IOP Publishing Ltd. doi:<https://doi.org/10.1088/1755-1315/242/3/032012>
- Bojorque, J. (2019). Parámetros Marshall para el control de calidad de mezclas asfálticas en caliente después de la construcción del pavimento. *Revista Ingeniería de Construcción*.
- Bravo, B., & Montalvo, J. (2019). *Desarrollo de una mezcla asfáltica de caucho: Caracterización del nuevo material*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6877/Bravo%20Cabrera%20Benjam%20adn%20%26%20Montalvo%20Malca%20Jorge.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabrera, J., Escalante, J., & Castro, P. (2016). Compressive strength of concretes with blast furnace slag. Re-visited state-of-the-art. *ALCONPAT*, 6(1), 64 – 83. doi:<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v6i1.116>
- Carrillo, D. (2018). *LOS FACTORES DE RIESGO FÍSICO Y SU EFECTO EN LA SALUD DE LOS TRABAJADORES EN LAS ACTIVIDADES DE RECICLAJE Y FUNDICION DE ACERO*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de [https://repositorio.uta.edu.ec>Tesis\\_t1515mshi.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec>Tesis_t1515mshi.pdf)
- Castro, J. H., Romero, R. B., Vásquez, M. C., & Arriola, C. G. (2020). Influencia de la cáscara y fibra de coco en mezclas asfálticas en caliente. *Re. Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 7(2), 176-190. doi:<https://doi.org/10.26495/icti.v7i2.1506>
- Chavez, H., Pezo, A., Llerena, G., & Torres, V. (2020). Theoretical design proposal for simulated hot asphalt mixture at a temperature below zero degrees Celsius. *IOP Conference Series*.
- Chen, W., Huo, Z., & Yang, Z. (2019). Study on the performance of green cement with large amount of steel slag addition. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 233, págs. 1-7. Xinjiang: IOP Publishing Ltd. doi:<https://doi.org/10.1088/1755-1315/233/2/022015>
- Corbacho, J. (2019). *Análisis de la estabilidad Marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de rueda cargada de Hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de tereftalato de polietileno reciclado en la ciudad del Cusco-2018*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Obtenido de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/3571>

- Crespin, R., Santa Cruz, I., & Torres, P. (2012). *Aplicación del metodo Marshall y granulometría superpave en el diseño de mezclas asfálticas en caliente con asfalto clasificacion grado de desempeño*. San Salvador: Universidad de el Salvador. Obtenido de [https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1796/1/TESIS\\_FULL\\_CORR.pdf](https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1796/1/TESIS_FULL_CORR.pdf)
- Dalhat, M., Osman, S., Alzhuraish, A., Almarshad, F., Qarwan, S., & Adesina, A. (2019). Chicken Feather fiber modified hot mix asphalt concrete: Rutting performance, durability, mechanical and volumetric properties. *Construction and Building Materials*, 239, 117849. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117849>
- Ezzat, H., Badawy, S., Gabr, A., Zaki, S., & Breakah, T. (2020). Predicted performance of hot mix asphalt modified with nano-montmorillonite and nano-silicon dioxide based on Egyptian conditions. *International Journal of Pavement Engineering*, 21(5), 642-652. doi:<https://doi.org/10.1080/10298436.2018.1502437>
- Fajardo, L., & Vergaray, D. (2014). *Efecto de la incorporación por vía seca, del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas*. Lima: Universidad San Martín de Porres. Obtenido de <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/1044>
- Fakhri, M., & Ahmadi, A. (2017). Recycling of RAP and Steel slag aggregates into the warm mix asphalt: A performance evaluation. *Construction and Building Materials*, 147, 630-638. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.117>
- Fan, S., Ruonan, P., Guosu, W., Ji, L., & Sifa, F. (2019). Gradation Design and Performance of OGFC-13 Steel Slag Permeable Asphalt Concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 688, pág. 7. China: IOP Publishing Ltd. doi:<https://doi.org/10.1088/1757-899X/688/2/022017>
- Freire, K. (2018). *Uso de vidrio molido en las mezclas asfálticas, con el propósito de reducir la contaminación*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15089>
- Galvez, C., & Valladolid, E. (2015). *Estudio comparativo de las mezclas asfálticas en frío, con escoria siderúrgica y otra convencional*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/1041>
- García, J., & Inga, R. (2020). *VARIACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS OBTENIDAS DEL ENSAYO MARSHALL ENTRE LAS MEZCLAS ASFALTICAS TIBIAS PRODUCIDAS CON DIFERENTES TECNOLOGIAS Y LAS MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE*. Lima: Facultad de Ingeniería - Universidad Ricardo Palma. Obtenido de [http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3654/CIV-T030\\_45012443\\_T%20%20%20INGA%20LOPEZ%20RONNY%20DAVID.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3654/CIV-T030_45012443_T%20%20%20INGA%20LOPEZ%20RONNY%20DAVID.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- García, T., & Rios, J. (2020). *Diseño de concreto usando escoria de acero para el blindaje de las construcciones de ambientes hospitalarios que requieran la atenuación de rayos X en Lima*. Lima: Facultad de Ingeniería - Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/653613/Garc% c3% ada\\_ZT.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/653613/Garc%c3%ada_ZT.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

- Gibreil, H., & Feng, C. (2017). Influence of high temperature on the stability performance of high density polyethylene and crumb rubber powder modified HMA mixture. *Journal of Structural Fire Engineering*, 9(1), 19-27. doi:<https://doi.org/10.1108/JSFE-12-2016-0021>
- Giordano, C., Leao, B., Dos santos, G., Andrade, P., & Cecche, R. (2019). Use of electric arc furnace slag for producing concrete paving blocks. *Ambiente Construído*, 19(2), 21-32. doi:<https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000200305>
- Goli, H., Hesami, S., & Ameri, M. (2017). Laboratory Evaluation of Damage Behavior of Warm Mix Asphalt Containing Steel Slag Aggregates. *American Society of Civil Engineers*, 29(6), 9. doi:10.1061 / (ASCE) MT.1943-5533.0001832
- Gupta, L., & Bellary, A. (2018). Comparative study on The Behavior of Bituminous Concrete Mix and Warm Mix Asphalt Prepared Using Lime and Zycotherm as Additive. *meterialstoday:PROCEEDINGS*, 5(1), 2074-2081. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.09.203>
- Haas, E., Ericson, C., & Bennert, T. (2018). Laboratory designed hot mix asphalt mixtures with post-consumer Recycled Asphalt Shingles (RAS) utilizing AASHTO PP78. *Construction and Building Materials*, 226, 662-672. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.314>
- Halomoan, R., Pranowo, S., Jachrizal, R., & Hendra, R. (2017). Influence of Void in Mix on Rutting Performance Hot Mix Asphalt Pavement with Crumb Rubber Additive. *Key Engineering Materials*, 753, 321-325. doi:<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.753.321>
- Hamed, H., & Moghadas, F. (2016). Evaluating the Effect of Mix Design and Thermodynamic Parameters on Moisture Sensitivity of Hot Mix Asphalt. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 29(2), 04016207. doi:10.1061 / (ASCE) MT.1943-5533.0001734
- Handayani, A. T., Peni, S. N., & Pandita, H. (2019). Marshall immersion test of warm mix asphalt polymer using Bayat natural zeolite. *Conference on Innovation in Technology and Engineering Science*. 602, págs. 012106. Padang,: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. doi:<https://doi.org/10.1088/1757-899X/602/1/012106>
- Hanif. (2019). Use of steel slag with variations of fas compressive strength of concrete. *International Conference on Science and Innovated Engineering (I-COSINE)*. 536, págs. 1-9. Aceh: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. doi:10.1088/1757-899X/536/1/012029
- Herrera, R., Aellende, A., & Villegas, N. (2018). Evaluación de aditivos naturales para las mezclas asfálticas semicalientes. *Centro de Investigación y Desarrollo de la Construcción (CIDC)*, 17(2), 330-336. doi:<http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.17.2.330>
- Hidalgo, Y., & Porlles, J. (2019). *Implementación del sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional para mejorar la productividad en el Área de Producción de Manufacturas Especiales del Acero S.A.C. Villa del Salvador, 2019*. Lima: Facultad

de Ingeniería y Arquitectura - Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/54187>

- Hidayat, N., Pratama, G., & Pramita, I. (2019). The Effect of PET Plastic Addition (Polyethylene Terephthalate) and Carbide Waste Filler for Asphalt Concrete - Binder Course (AC - BC) on Marshall Characteristics. *IOP Conference Series*.
- Hien, N., Dai, L., & Le, S. (2018). Investigation of using steel slag in hot mix asphalt for the surface course of flexible pavements. *2nd International Conference on Sustainable Development in Civil, Urban and Transportation Engineering (CUTE 2018)*. 143, págs. 1-11. Vietnam: IOP Publishing Ltd. doi:<https://doi.org/10.1088/1755-1315/143/1/012022>
- Huamán, N., & Chang, C. (2015). La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú. *Paradigmas*, 2(11), 23-31. doi:[https://doi.org/10.31381/perfiles\\_ingenieria.v2i11.402](https://doi.org/10.31381/perfiles_ingenieria.v2i11.402)
- Irwanto, T., & Qadar, T. (2019). Influence of replacement Portland cement with white limestone powder from Madura as filler on hot asphalt mixture (hot mix) asphalt concrete wearing course (ACWC) on Marshall characteristic. *Annual Conference of Science and Technology* (págs. 1-11). Indonesia: IOP Publishing. doi:10.1088 / 1742-6596 / 1375/1/0120
- Jimenez, C. (2016). *Análisis comparativo de la estabilidad y la deformación del pavimento asfáltico con fibras celulósicas y pavimento asfáltico tradicional*. Ambato: Universidad Técnica De Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25151>
- Kim, K., Haeng, S., Kim, N., & Kim, H. (2018). Characteristics of hot mix asphalt containing steel slag aggregate according to temperature and void percentage. *Construction and Building Materials*, 188, 1128-1136. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.08.172>
- Kirsanova, A., Dildin, A., & Maksimov, S. (2017). Influences of steelmaking slags on hydration and hardening of concretes. *ICCATS 2017*. 262, pág. 012021. Chelyabinsk: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. doi:10.1088/1757-899X/262/1/012021
- Lay, M. H. (2019). *Evaluación del comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente incorporando cenizas de bambú, Lima- 2019*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Lim, J., Chew, L., Choong, T., Tezara, C., & Yazdi, M. (2016). Utilizing steel slag in environmental application-an overview. *International Conference on Chemical and Bioprocess Engineering*. 36, págs. 1-8. Kinabalu: IOP Publishing Ltd. doi:<https://doi.org/10.1088/1755-1315/36/1/012067>
- Lopera, C., & Córdova, J. (2013). Diseño de mezcla asfáltica tibia a partir de la mezcla de asfalto y aceite crudo de palma. *Dyna*, 80(179), 99-108. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n179/v80n179a11.pdf>

- López, A., Ochoa, R., & Grimaldo, G. (2018). Use of BOF slag and blast furnace dust in asphalt concrete: an alternative for the construction of pavements. *DYNA*, 85(206), 24-30. doi:<https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.70404>
- López, G., Thenoux, G., Sandoval, G., Armijo, V., Ramirez, A., Guisado, F., & Moreno, E. (2017). Estudio de mezclas asfálticas templadas con emulsión super-estabilizada. *Revista ingeniería de construcción*, 32(1), 57-64. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732017000100006>
- Maguiña, W. (2019). *Caucho reciclado de llantas en la mezcla de Asfalto a compresión para mejorar las Propiedades Mecánicas*. Lima: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2919>
- Mamani, C., & Figueroa, I. (2019). *Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de la planta de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/625099>
- Mansob, A., Ismail, A., Atiq, R., Nazri, M., Alsharif, F., Ismael, S., & Rehan, M. (2017). Evaluation of permanent deformation and durability of epoxidized natural rubber modified asphalt mix. *IOP Conference Series*.
- Manurung, D., & Sulaiman, S. (2020). Performance mix asphalt concrete wearing course with addition of plastic bottles of polyethylene terephthalate. *IOP Conference Series*.
- Mardones, L. (2018). Evaluación de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas con la incorporación de fibras sintéticas de aramida y polipropileno. *Infraestructura Vial*, 20(36), 15-24. doi: <http://dx.doi.org/10.15517/iv.v20i36.37729>
- Martinho, F., Picado, L., & Capitão, S. (2018). Influence of recycled concrete and steel slag aggregates on warm-mix asphalt properties. *Construction and Building Materials*, 185, 684-696. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.041>
- Mejía, C., & Sierra, C. (2017). *Estado del arte de mezclas asfálticas modificadas en los últimos 10 años: Caso de estudio universidades de Bogota D.C.* Bogota D.C.: Universidad Piloto De Colombia. Obtenido de <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00003837.pdf>
- Minaya, S., & Ordoñez, H. (2006). *Diseño moderno de pavimentos asfálticos* (2 ed.). Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Modupe, A., Olayanju, T., Atoyebi, O., Aladegboye, S., Awolusi, T., Busari, A., . . . Modupe, O. (2019). Performance evaluation of hot mix asphaltic concrete incorporating bone ash (CBA) as partial replacement for filler. *IOP Conference Series*.
- Mohamad, K., Machsus, M., Amalia, F., & Anggardha, Y. (2020). Effect of Compaction Temperatures on Marshall Properties on Hot Rolled Sheet - Base mixture with the addition of plastic waste. *IOP Conference Series*.
- Mohammed, A., Koting, S., Ramli, N., Rehan, M., Afiza, S., & Rasdan, M. (2020). Effect of Palm Oil Clinker (POC) Aggregate on the Mechanical Properties of Stone Mastic Asphalt (SMA) Mixtures. *sustainability*.

- Moses, O. (2016). Marshall stability and flow of lime-modified asphalt concrete. *Transportation Research Procedia*, 14, 685-693. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.333>
- MTC EG. (2013). *Manual de Carreteras ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN* (Vol. 1). Lima: I Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_9%20MCV-2014\\_2016.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_9%20MCV-2014_2016.pdf)
- Nguyen, H., Lu, D., & Le, S. (2018). Investigation of using steel slag in hot mix asphalt for the surface course of flexible pavements. *IOP Conference Series*.
- Novoa, M. A. (2018). *Implementación de escoria negra de horno de arco eléctrico (ENHAE) como agregado grueso en la mezcla asfáltica*. Tunja: Universidad Santo Tomas.
- Ochoa, R., Grimaldo, G., Ojuela, M., & Muñoz, C. (2018). Análisis del uso de escoria granulada en la fabricación de mezclas asfálticas para pavimentos. *Espacios*, 14.
- Padilla, A. (2004). *Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista*. Barcelona: Universidad Politecnica De Catalunya. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3334>
- Paramo, J. A., & Poncino, H. E. (2012). *Diseño de mezclas asfálticas en caliente en los inicios del siglo XXI*. Córdoba: Congreso Argentino de Viabilidad y Transito.
- Parra, P. L., & Bautista, B. M. (2018). *Resistencia bajo carga monotónica de una mezcla asfáltica tibia reciclada sustituyendo parte del agregado pétreo por escoria de alto horno*. Bogotá: Universidad Dsistrital Francisco José de Caldas.
- Passetto, M., & Partl, M. (2020). Proceedings of the 5th International Symposium on Asphalt Pavements & Environment (APE). *Lecture Notes in Civil Engineering* (pág. 503). Parma: Springer, Cham. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-030-29779-4>
- Perez, H. (2018). *Diseño de mezclas asfálticas en caliente con la adición de escoria metalurgica-Lima, 2018*. Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33945>
- Pérez, J., & Ramirez, L. (2018). *Evaluación y determinación de las patologías del pavimento asfáltico en la AV. Los Treboles - Distrito de Chiclayo - Provincia de - Chiclayo - Departamento Lambayeque*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/5534>
- Pilares, C. (2018). *Análisis del comportamiento de mezclas asfálticas en caliente con fibras de polipropileno incorporada para condiciones de zonas de altura*. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola. Obtenido de <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/8514>
- Pinedo, D. I., & Vaca, R. R. (2018). *Efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31856>

- Polaczyk, P., Shu, X., Gong, H., & Huang, B. (2019). Influence of aggregates angularity on the locking point of asphalt mixtures. *Road Materials and Pavement Design*, 20(1), S183-S195. doi:<https://doi.org/10.1080/14680629.2019.1588151>
- Polonia, R. J. (2021). *Aprovechamiento de residuos del sector industrial en la producción de mezclas asfálticas para la infraestructura vial*. Bogotá D.C: Fundación Universidad de America.
- Quipusco, F., & Villegas, D. (2019). *Efectos de sustituir agregado grueso convencional por siderúrgico en las propiedades físico-mecánicas de mezclas asfálticas en caliente*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5609/Quipusco%20Villalobos%20&%20Villegas%20Villegas.pdf?sequence=1>
- Rahmawati, A., & Saputro, E. (2018). The effects of substitution of the natural sand by steel slag in the properties of eco-friendly concrete with the 1:2:3 ratio mixing method. *International Conference on Advanced Materials for Better Future 2017*. 333, págs. 1-9. Surakarta: IOP Publishing Ltd. doi: 10.1088/1757-899X/333/1/012097
- Ramadhansyah, P., Noram, R., Idris, M., Mohd, A., Khatijah, S., Norhidayah, A., & Haryati. (2019). Stability and voids properties of hot mix asphalt containing black rice husk ash. *IOP Conference Series*.
- Raposeiras, A., Vargas, A., Movilla, D., & Castro, D. (2016). Effect of copper slag addition on mechanical behavior of asphalt mixes containing reclaimed asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, 119, 268-276. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.05.081>
- Recio, a. (1999). *Ofrecen escoria de acero como opcion para obras*. Mexico: Editorial El Sol, S.A de C.V.
- Regalado, D., & Regalado, E. (2018). *Influencia de la zeolita en la elaboración de mezclas asfálticas en caliente mediante la metodología Marshall*. Pimentel: Universidad Señor De Sipán. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/5210>
- Reyes, O., & Camacho, J. (2008). Influencia de la granulometría en la resistencia al ahuellamiento de mezclas asfálticas. *Ingeniería & Desarrollo*, 23, 27-42. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/n23/n23a04.pdf>
- Reyes, Ó., & Millán, S. (2009). Influencia de la temperatura, la granulometría y el agua en la cohesión de mezclas asfálticas. *Javeriana*, 13(2), 309-324. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/inun/v13n2/v13n2a05.pdf>
- Rondon, H., & Reyes, F. (2011). Evaluación de las Propiedades Mecánicas de una Mezcla Densa en Caliente Modificada con un Desecho de PVC. *Tecno Lógicas*(27), 11-31. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/n27/n27a02.pdf>
- Rondón, H., & Reyes, F. (2012). Evaluación de los parámetros mecánicos de una mezcla asfáltica sometida a las condiciones ambientales de la ciudad de Bogotá D.C. *Ingeniería de Construcción*, 27(1), 57-74. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732012000100004>

- Rondon, H., Muniz, M., Reyes, & Alberto, F. (2018). Uso de escorias de alto horno y acero en mezclas asfálticas:revisión. *Ingenierías Universidad de Medellin*, 17(33), 71-97. doi:HTTPS://DOI.ORG/10.22395/RIUM.V17N33A4
- Rondon, H., Ruge, J., & Muniz, M. (2018). Behavior of Hot-Mix Asphalt Containing Blast Furnace Slag as Aggregate: Evaluation by Mass and Volume Substitution. *American Society of Civil Engineers*, 31(2), 1-10. doi:10.1061 / (asce) mt.1943-5533.0002574
- Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.). Ciudad de México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Santa Cruz, V. P. (2021). *Análisis de nuevas mezclas asfálticas en caliente utilizando material asfáltico reciclado de la Av. André Avelino Cáceres - Provincia de Concepción 2020*. Huancayo: Universaidad Continental.
- Serquen, W. (24 de Octubre de 2018). *Diario Correo*. Obtenido de Diario Correo: <https://diariocorreo.pe/edicion/lambayeque/pistas-en-mal-estado-en-la-ciudad-de-chiclayo-849709/>
- Shiha, M., Badawy, S., & Gabr, A. (2019). Modeling and performance evaluation of asphalt mixtures and aggregate bases containing steel slag. *Construction and Building Materials*, 248, 1-15. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118710
- Siclane, S. L. (2019). *Aplicación de escoria siderúrgica para rehabilitar pavimentos flexibles en el Distrito de La Victoria-Lima 2018*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Song, Y., Qi, F., & Liu, H. (2018). Static and dynamic mechanical properties of warm mixed asphalt mixture before and aging. *IOP Conference Series*.
- Soriano, C. (2009). *Las enfermedades profesionales en el sector del Metal su prevención y tratamiento*. Madrid: Metal, Construcción y Afines de UGT (MCA-UGT). Obtenido de [http://portal.ugt.org/saludlaboral/publicaciones/manual\\_estudio/2009-05.pdf](http://portal.ugt.org/saludlaboral/publicaciones/manual_estudio/2009-05.pdf)
- Tacca, C., & Supo, W. (2018). Efecto de mejoradores de adherencia en la Estabilidad y Flujo Marshall de mezclas asfálticas. *Científica Investigación Andina*, 18(2), 51-61. doi:http://dx.doi.org/10.35306/rev.%20cien.%20univ..v18i2.614
- Tamayo, J., & Bolivar, L. (2020). *PROTOCOLO PARA LA ELABORACION DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON INCORPORACIÓN DE ESCORIA SIDERÚRGICA COMO LLENANTE MINERAL*. Bogota D.C.: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25866/1/PROTOCOLO%20PARA%20LA%20ELABORACION%20DE%20UNA%20MEZCLA%20ASF%20C3%81L%20TICA%20CON%20INCORPORACI%20C3%93N%20DE%20ESCORIA%20SIDER%20C3%9ARGICA%20COMO%20LLENANTE%20MINERAL.pdf>
- Tamayo, L. J., & Bolivar, B. L. (2020). *Protocolo para la elaboración de una mezcla asfáltica con incorporación de escoria siderúrgica como llenante mineral*. Bogota D.C: Universidad Católica de Colombia.

- Valera, F. (2018). *Evaluación del efecto de la cal hidratada y el polvo de ladrillo utilizado como relleno mineral en las propiedades de una mezcla asfáltica*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Obtenido de <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/1288>
- Valeriano, W., & Catacora, A. (2017). *Comportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia con adición de zeolita para la pavimentación de la ciudad de Juliaca*. Juliaca: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4985>
- Veropalumbo, R., Viscione, N., & Formisano, A. (2018). Hot mix asphalt with fy ashes for dense-graded surface layers of rural roads. *WIT Transactions on Ecology and the Enviroment*, 215, 93-105. doi:10.2495 / EID180091
- Yan, J., Leng, Z., Ling, C., Zhu, J., & zhou, L. (2019). Characterization and comparison of high-modulus asphalt mixtures produced with different methods. *Construction and Building Materials*, 237. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117594>
- Yan, Z., & Hao, Z. (2019). Study on preparation and performance of steel slag asphalt mixture based on steel slag aggregate. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 631, págs. 1-6. Chongqing: IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/631/2/022067
- Yan, Z., & Hao, Z. (2019). Study on Prepartion and Performance of Steel Slag Asphalt Mixture Based on Steel Slag Aggregate. *ICAMMT 2019*. 631, págs. 1-6. Chongqing: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. doi:10.1088 / 1757-899X / 631/2/022067
- Yinfei, D., Mingxin, D., Haibin, D., Deyi, D., Peifeng, C., & Cong, M. (2019). Incorporating hollow glass microsphere to cool pavement: Preliminary evaluation of asphalt mastic. *Construction and Building Materials*.
- Zelada, R. (2016). *Valoración económica de la escoria de horno eléctrico de SiderPerú como producto alternativo a la piedra cantera en el sector construcción*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7813>
- Zhu, J., Ma, T., Fan, J., Fang, Z., Chen, T., & Zhou, Y. (2020). Experimental study of high modulus asphalt mixture containing reclaimed asphalt pavement. *Journal of Cleaner Production*.
- Zumrawi, M., & Khalill, F. (2017). Experimental Study of Steel Slag used As Aggregate in Asphalt Mixture. *American Journal of Construction and Building*, 2(1), 26-32. doi:<https://doi.org/10.11648 / j.ajcbm.20170201.14>

## **ANEXOS**

## **ANEXO I: Informe de Laboratorio**

**INFORME**

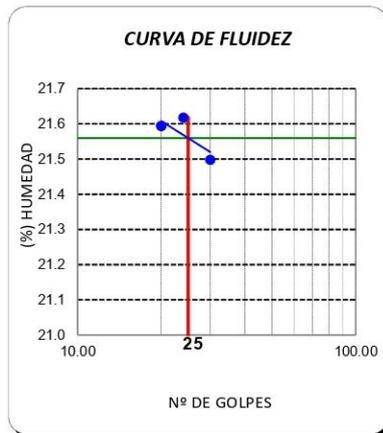
Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
 Proyecto : Tesis "Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 23 de Febrero del 2021.

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo.  
 REFERENCIA : N.T.P. 399.131

**Identificación:**

Muestra : Agregado Fino

Ensayo	Límite Líquido			Límite Plástico	
	L1	L2	L3	P1	P2
N° Tara	30	24	20	-	-
% Humedad	21.50	21.62	21.59	20.78	17.56



Límite Líquido	21.56%
Límite Plástico	19.17%
Índice de Plasticidad	2.39%

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayorealizado por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla N°200

INFORME

Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
Proyecto : Tesis "Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : 20 de Febrero del 2021.  
NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.  
REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Agregado Fino

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	3.798
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.47

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME**

**Solicitante** : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
**Proyecto** : Tesis "Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de recepción** : 21 de Febrero del 2021.

**NORMA** : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

**REFERENCIA** : N.T.P. 400.021

Muestra: Agregado Grueso

Cantera : Planta de Asfalto - Batangrande

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.684
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.97

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
 Proyecto : Tesis "Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 23 de Febrero del 2021.  
 Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
 Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: Planta de Asfalto - Batán Grande

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1475
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1466
Contenido de Humedad	(%)	0.61
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1728
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1718
Contenido de Humedad	(%)	0.61

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



**INFORME**

Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
Proyecto : Tesis "Estabilidad y Flujo de Mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de aceros"  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : 27 de Febrero del 2020.

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.

REFERENCIA : NTP 339.146:2000 (revisada el 2014)

Identificación:

Muestra : Agregado Fino

<b>EQUIVALENTE DE ARENA (%)</b>	<b>61</b>
---------------------------------	-----------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- La muestra fue tamizada por la malla N°4



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



LEMS W&C EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswycerl.com

Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
Ubicación : Disto. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de recepción : 22 de Febrero del 2021.

ENSAYO : AGREGADOS. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.  
REFERENCIA : N.T.P. 400.040

**Muestra** : Agregado Grueso

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	PESO DE PARTÍCULAS CHATAS	PESO DE PARTÍCULAS ALARGADAS	PESO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					
1/2"	12.700	29.8	16.5	15.6	7.18	3.00
3/8"	9.500	78.9	17.4	25.9	10.15	5.91
Nº 4	4.750					

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	8.9
-----------------------------------	-----

**OBSERVACIONES :**

- Relación usada: 1/3 (Espesor /Longitud).
- Muestras provistas e identificadas por el solicitante,

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**INFORME**

Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
Proyecto : Tesis "Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : 25 de Febrero del 2021.

**ENSAYO** : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

**REFERENCIA** : NORMA N.T.P. 400.019

**Muestra** : Agregado Grueso

<b>% de desgaste por abrasión</b>	%	22.2
<b>% de uniformidad</b>	%	0.8

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500



LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

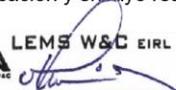
Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
 Proyecto : Tesis " Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : 25 de Febrero del 2021.  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.152 : 2002

<i>Muestra</i> : Agregado Fino		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	2400
Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	%	0.24

<i>Muestra</i> : Agregado Grueso		
Constituyentes de sales solubles totales	ppm	1600
Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	%	0.16

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.




**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



**LEMS W&C** EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyc.com

**Solicitante** LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
**Proyecto** Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
**Ubicación** Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de Apertura** 19 de febrero del 2021.

**Ensayo** AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
**Referencia** N.T.P. 400.012

Muestra : Escoria de acero - Siderperu  
Masa inicial Seco 1004.42

Malla		Masa Retenido	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
Pulg.	(mm.)				
3"	75	0	0.00	0.00	100.00
2"	50	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	38	3.78	3.78	96.22
3/8"	9.5	120.12	11.96	15.74	84.26
Nº 4	4.75	800	79.65	95.39	4.61
Nº 8	2.36	44.7	4.45	99.84	0.16
Nº 10	2	0.8	0.08	99.92	0.08
Nº 16	1.18	0	0.00	99.92	0.08
Nº 20	0.850	0.0	0.00	99.92	0.08
Nº 30	0.600	0.00	0.00	99.92	0.08
Nº 40	0.425	0.00	0.00	99.92	0.08
Nº 50	0.300	0.00	0.00	99.92	0.08
Nº 80	0.180	0.00	0.00	99.92	0.08
Nº100	0.150	0.00	0.00	99.92	0.08
Nº200	0.075	0.00	0.00	99.92	0.08
<b>FONDO</b>		<b>0.80</b>	0.08	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>

Observaciones:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Ángel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

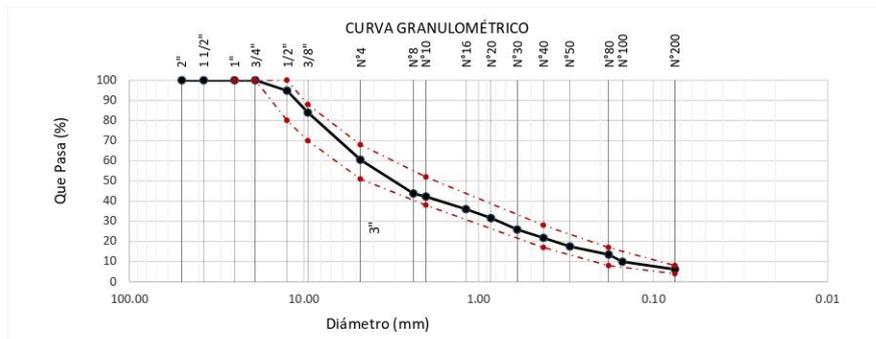
Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
 Proyecto : Tesis "Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 24 de Febrero del 2021.

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Combinado A. Grueso 54% + A. Fino 44%

Malla	54	0	44	2	100	GRADACIÓN	
						% Que Pasa	
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	escoria	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	90.5	100.0	100.0	100.0	94.9	80 - 100
3/8"	9.500	70.3	96.2	100.0	100.0	84.0	70 - 88
Nº 4	4.750	27.6	84.3	99.2	100.0	60.5	51 - 68
Nº 8	2.360	0.9	4.6	93.9	100.0	43.8	
Nº 10	2.000	0.5	0.2	90.8	100.0	42.3	38 - 52
Nº 16	1.180	0.4	0.1	76.8	100.0	36.0	
Nº 20	0.850	0.4	0.1	66.7	100.0	31.6	
Nº 30	0.600	0.4	0.1	53.9	100.0	25.9	
Nº 40	0.425	0.4	0.1	44.6	100.0	21.8	17 - 28
Nº 50	0.300	0.3	0.1	34.8	100.0	17.5	
Nº 80	0.180	0.3	0.1	25.8	100.0	13.5	8 - 17
Nº100	0.150	0.3	0.1	17.7	100.0	9.9	
Nº200	0.075	0.2	0.1	9.2	100.0	6.2	4 - 8



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

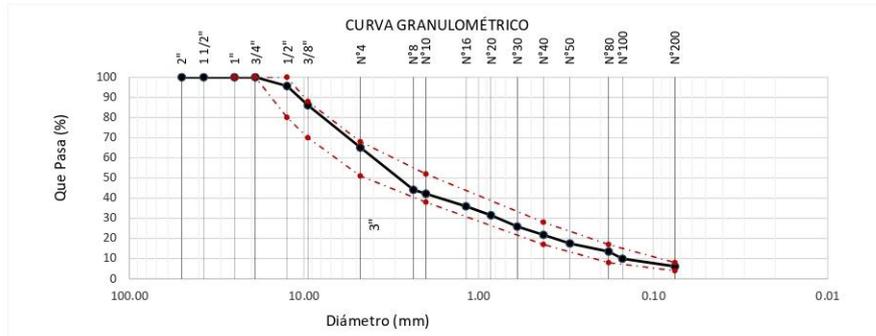
Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
 Proyecto : Tesis "Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 24 de Febrero del 2021.

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Combinado A. Grueso 45.9% + A. Fino 44%

Malla	46	8	44	2	100	GRADACIÓN	
						% Que Pasa	
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	escoria	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	90.5	100.0	100.0	100.0	95.6	80 - 100
3/8"	9.500	70.3	96.2	100.0	100.0	86.1	70 - 88
Nº 4	4.750	27.6	84.3	99.2	100.0	65.1	51 - 68
Nº 8	2.360	0.9	4.6	93.9	100.0	44.1	
Nº 10	2.000	0.5	0.2	90.8	100.0	42.2	38 - 52
Nº 16	1.180	0.4	0.1	76.8	100.0	36.0	
Nº 20	0.850	0.4	0.1	66.7	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	0.4	0.1	53.9	100.0	25.9	
Nº 40	0.425	0.4	0.1	44.6	100.0	21.8	17 - 28
Nº 50	0.300	0.3	0.1	34.8	100.0	17.5	
Nº 80	0.180	0.3	0.1	25.8	100.0	13.5	8 - 17
Nº100	0.150	0.3	0.1	17.7	100.0	9.9	
Nº200	0.075	0.2	0.1	9.2	100.0	6.2	4 - 8



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

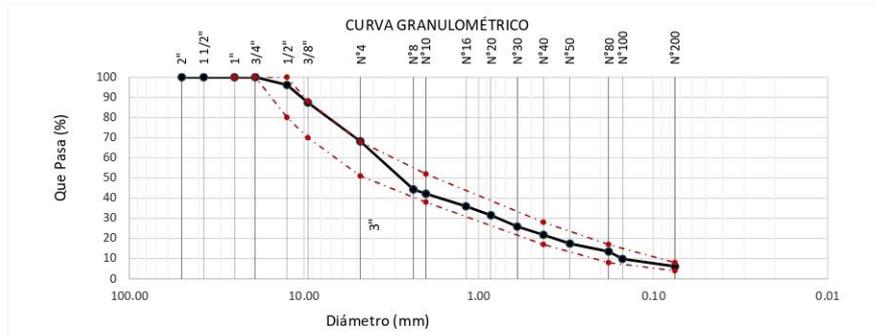
Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
 Proyecto : Tesis "Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 24 de Febrero del 2021.

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Combinado A. Grueso 40.5% + A. Fino 44%

Malla		41	14	44	2	100	GRADACIÓN MAC - 2
Pulg.	(mm.)	% Que Pasa					
		A. Grueso	escoria	A. Fino	Filler	Combinado	
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	90.5	100.0	100.0	100.0	96.1	80 - 100
3/8"	9.500	70.3	96.2	100.0	100.0	87.5	70 - 88
Nº 4	4.750	27.6	84.3	99.2	100.0	68.2	51 - 68
Nº 8	2.360	0.9	4.6	93.9	100.0	44.3	
Nº 10	2.000	0.5	0.2	90.8	100.0	42.2	38 - 52
Nº 16	1.180	0.4	0.1	76.8	100.0	36.0	
Nº 20	0.850	0.4	0.1	66.7	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	0.4	0.1	53.9	100.0	25.9	
Nº 40	0.425	0.4	0.1	44.6	100.0	21.8	17 - 28
Nº 50	0.300	0.3	0.1	34.8	100.0	17.5	
Nº 80	0.180	0.3	0.1	25.8	100.0	13.5	8 - 17
Nº100	0.150	0.3	0.1	17.7	100.0	9.9	
Nº200	0.075	0.2	0.1	9.2	100.0	6.1	4 - 8



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

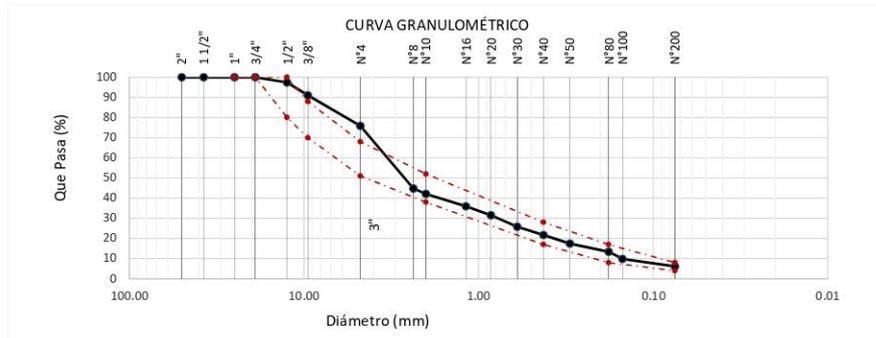
Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
 Proyecto : Tesis "Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 24 de Febrero del 2021.

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Combinado A. Grueso 27% + A. Fino 44%

Malla	27	27	44	2	100	GRADACIÓN	
							% Que Pasa
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	escoria	A. Fino	Filler	Combinado	MAC - 2
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	90.5	100.0	100.0	100.0	97.4	80 - 100
3/8"	9.500	70.3	96.2	100.0	100.0	91.0	70 - 88
Nº 4	4.750	27.6	84.2	99.2	100.0	75.8	51 - 68
Nº 8	2.360	0.9	4.5	93.9	100.0	44.8	
Nº 10	2.000	0.5	0.1	90.8	100.0	42.1	38 - 52
Nº 16	1.180	0.4	0.1	76.8	100.0	35.9	
Nº 20	0.850	0.4	0.1	66.7	100.0	31.5	
Nº 30	0.600	0.4	0.1	53.9	100.0	25.8	
Nº 40	0.425	0.4	0.1	44.6	100.0	21.7	17 - 28
Nº 50	0.300	0.3	0.1	34.8	100.0	17.4	
Nº 80	0.180	0.3	0.1	25.8	100.0	13.5	8 - 17
Nº100	0.150	0.3	0.1	17.7	100.0	9.9	
Nº200	0.075	0.2	0.1	9.2	100.0	6.1	4 - 8



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

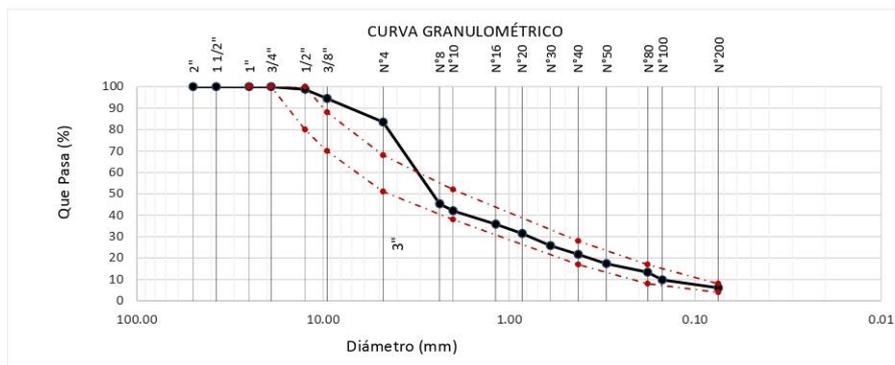
Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
 Proyecto : Tesis "Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acer

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 24 de Febrero del 2021.

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Combinado A. Grueso 13.5% + A. Fino 44%

Malla	14	41	44	2	100	GRADACI	
							% Que Pasa
Pulg.	(mm.)	A. Grueso	escoria	A. Fino	Filler	Combinado	MAC -
2"	50.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
1/2"	12.500	90.5	100.0	100.0	100.0	98.7	80 -
3/8"	9.500	70.3	96.2	100.0	100.0	94.5	70 -
Nº 4	4.750	27.6	84.2	99.2	100.0	83.5	51 -
Nº 8	2.360	0.9	4.5	93.9	100.0	45.3	
Nº 10	2.000	0.5	0.1	90.8	100.0	42.1	38 -
Nº 16	1.180	0.4	0.1	76.8	100.0	35.9	
Nº 20	0.850	0.4	0.1	66.7	100.0	31.4	
Nº 30	0.600	0.4	0.1	53.9	100.0	25.8	
Nº 40	0.425	0.4	0.1	44.6	100.0	21.7	17 -
Nº 50	0.300	0.3	0.1	34.8	100.0	17.4	
Nº 80	0.180	0.3	0.1	25.8	100.0	13.4	8 -
Nº 100	0.150	0.3	0.1	17.7	100.0	9.8	
Nº 200	0.075	0.2	0.1	9.2	100.0	6.1	4 -



Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**ANEXO II: Informe de Laboratorio Ensayos de escoria de acero y A.G.**



**LEMS W&C** EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyc.com

**Solicitante** LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
**Proyecto** Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
**Ubicación** Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de Apertura** 19 de febrero del 2021.

**Ensayo** AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
**Referencia** N.T.P. 400.012

Muestra : Escoria de acero - Siderperu  
Masa inicial Seco 1004.42

Malla		Masa Retenido	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
Pulg.	(mm.)				
3"	75	0	0.00	0.00	100.00
2"	50	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	38	3.78	3.78	96.22
3/8"	9.5	120.12	11.96	15.74	84.26
Nº 4	4.75	800	79.65	95.39	4.61
Nº 8	2.36	44.7	4.45	99.84	0.16
Nº 10	2	0.8	0.08	99.92	0.08
Nº 16	1.18	0	0.00	99.92	0.08
Nº 20	0.850	0.0	0.00	99.92	0.08
Nº 30	0.600	0.00	0.00	99.92	0.08
Nº 40	0.425	0.00	0.00	99.92	0.08
Nº 50	0.300	0.00	0.00	99.92	0.08
Nº 80	0.180	0.00	0.00	99.92	0.08
Nº 100	0.150	0.00	0.00	99.92	0.08
Nº 200	0.075	0.00	0.00	99.92	0.08
<b>FONDO</b>		<b>0.80</b>	0.08	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>

**Observaciones:**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Pimentel – Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334  
 Email: servicios@lemswycairl.com

Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Disto. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 26 de Febrero del 2021.

ENSAYO : AGREGADOS. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.  
 REFERENCIA : N.T.P. 400.040

**Muestra** : Escoria de acero

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	PESO DE PARTICULAS CHATAS	PESO DE PARTICULAS ALARGADAS	PESO DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					
1/2"	12.700	1.3	1.2	0.0	0.29	0.12
3/8"	9.500	0.9	0.9	0.0	0.15	0.09
N° 4	4.750					

<b>PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)</b>	<b>0.21</b>
--	-------------

**OBSERVACIONES :**

- Relación usada: 1/3 (Espesor / Longitud).
- Muestras provistas e identificadas por el solicitante,

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON CLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Disto. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 26 de Febrero del 2021.

ENSAYO : AGREGADOS. Partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.

REFERENCIA : MTC E-205

**Muestra :** ESCORIA DE ACERO - SIDER PERU

A	peso Mat. Sat sup seca (en aire) (gr)	2048.2	2046.1	
B	peso Mat. Sat sup seca (en agua) (gr)	1422.7	1298.0	
C	vol. De masa + vol. De vacios = A-B (gr)	638	760.6	
D	peso material seco en estufa (105°C) (gr)	2000	1998	
E	vol. De masa = C-(A-D) (gr)	589.8	712.5	promedio
	Pe Bulk (base seca) = D/C	3.13	2.63	2.88
	Pe bulk (base saturada) = A/C	3.21	2.69	2.95
	Pe Aparente (base Seca) = D/E	3.39	2.80	3.10
	% de absorcion = ((A-D)/D*100)	2.41	2.407	2.4

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON CLAYA AGUILAR  
 TÍT. ENGENIERO DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



**LEMS W&C** EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

**FORMATO INTERNO**

Solicitante Calva Herrera Leyner Oswaldo  
Proyecto Tesis "Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"  
Ubicación Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura 25 de Febrero del 2021.

**Ensayo**

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

**Referencia**

NORMA N.T.P. 400.019

**Muestra** Escoria de acero

**I.- Granulometría global**

Mallas Pasa	Retiene	Peso retenido	% retenido	Método
1 1/2"	1"	0	0.0	0.0
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0
3/4"	1/2"	743.2	51.4	2640.5
1/2"	3/8"	703.4	48.6	2640.5
3/8"	Nº4	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>		<b>1446.6</b>	<b>100.0</b>	<b>5281</b>

**II.- Ensayo de Abrasión**

- Masa inicial antes del ensayo	5281.0
- Masa final después de las 200 revoluciones	4148.0
- Masa final después de las 500 revoluciones	3890.0

**III.- Cálculos**

- % de desgaste por abrasión	26.34
- % de uniformidad	0.8

**OBSERVACIONES :**

NOTA :

- Método de ensayo a usar: Gradación "B", Nº de esferas : 11, Revoluciones : total 500

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,  
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", Nº de esferas : 11, Revoluciones : total 500

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. 246904



**LEMS W&C** EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
Proyecto : Tesis " Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : 25 de Febrero del 2021.

Formato interno de ensayo

ENSAYO SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.  
REFERENCIA NORMA N.T.P. 399.152 : 2002

Muestra:	Escoria de acero	Muestra usada	g.	50
		Agua destilada usada	ml	250
Profundidad				
01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada		5	5
02	Número de beaker		C-5	C-4
03	Masa de beaker	g.	39.270	39.296
04	Masa de beaker + residuo de sales	g.	39.275	39.305
05	Masa de residuo de sales	(4)-(3) g.	0.005	0.009
06	Volumen de la solución tomada	ml	50	50
07	Constituyentes de sales solubles totales	$[ (5) \times (1000000) ] / (6) \times (1)$ ppm	500	900
08	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(7) / 10000 (%)	0.05	0.09
		PROMEDIO (ppm) =	700	
		PROMEDIO (%) =	0.07	

OBSERVACIONES :

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,

LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
 Proyecto : Tesis " Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : 25 de Febrero del 2021.

Formato interno de ensayo

**ENSAYO** Ensayo de caras fracturadas

REFERENCIA NORMA MTC E 210  
 AGREGAD GRUESO

tamiz	F	N	P
3"			
2 1/2"			
2"			
1 1/2"		0	0
1"		255	25
3/4"		220	30
1/2"		145	35
3/8"			
			<b>86.5</b>

ESCORIA DE ACERO

tamiz	F	N	P
3"			
2 1/2"			
2"			
1 1/2"		0	0
1"		0	240
3/4"		0	180
1/2"		0	135
3/8"			
			<b>0.0</b>

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



LEMS W&C EIRL  
 WILSON CLAVA AGUILAR  
 T.C. ESPECIALISTA DE MINERALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@emswyceirl.com

Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
Proyecto : Tesis " Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : 25 de Febrero del 2021.

Formato interno de ensayo

ENSAYO PERDIDA POR SULFATOS

REFERENCIA NORMA MTC E 209

AGREGAD GRUESO

ESCORIA DE ACERO

Tamiz	masa inicial	masa final	%perdida
1 1/2" - 3/4"	1500	1447	3.53
3/4" - 3/8"	1000	957.9	4.21
3/8" - 4	300	264.5	11.83
		total	6.53

Tamiz	masa inicial	masa final	%perdida
1 1/2" - 3/4"	1500	1453.9	3.07
3/4" - 3/8"	1000	964.3	3.57
3/8" - 4	300	280.5	6.50
			4.38

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,

LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. EN INGENIERÍA DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Ángel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



**LEMS W&C** EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : Calva Herrera Leyner Oswaldo  
Proyecto : Tesis " Estabilidad y Flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escoria de acero"  
  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : 25 de Febrero del 2021.

Formato interno de ensayo

**ENSAYO** Adherencia

**REFERENCIA** NORMA MTC E 517  
Agregado grueso

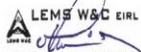
tamiz	partículas	95% a mas	
3/8" - 1/4"	50	95	inspeccion visual

Escoria de acero

tamiz	partículas	95% a mas	
3/8" - 1/4"	50	95	inspeccion visual

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TÉC. EN INGENIERÍA DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Huiz Peralas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**ANEXO III: Informe de Laboratorio Ensayos de Marshall.**



**LEMS W&C EIRL**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE AGERO"

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel - Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de apertura : 15 de marzo del 2021.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS %	Piedra	Escoria	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM						No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
						1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10					
BRIQUETA N°	54	0	44	2	100	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	3
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50										
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					51.30				5.5					6	
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					41.80				41.58					41.36	
4	% de escoria de acero					0.00				0.00					0.00	
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					1.91				1.89					1.88	
6	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.018				1.018					1.018	
7	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.696				2.696					2.696	
8	Peso Especifico de la Arena < N°4" (Bulk) gr/cc					2.632				2.632					2.632	
9	peso especifico de la escoria - bulk					0				0					0	
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15				3.15					3.15	
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					6.4										
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					6.4										
13	Altura promedio de la briqueta cm					1191	1192	1188	1189	1188	1190	1198	1187	1187	1172	1194
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1198	1199	1194	1195	1194	1196	1205	1192	1194	1179	1200
15	Masa de la briqueta al agua por 60" (gr)					696	696	689	694	698	703	702	693	688	675	701
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					502	503	505	501	496	493	503	500	499	504	499
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					2.373	2.370	2.352	2.373	2.395	2.414	2.382	2.376	2.346	2.325	2.393
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)															
19	Peso Especifico Maximo - Ríce (ASTM D 2041)					2.63				2.60			2.58		2.55	
20	% de Vacíos = (17-16)X100/17 (ASTM D 32)					9.8	9.9	10.6	8.7	7.9	7.1	7.6	7.8	8.0	8.8	6.1
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.704				2.704			2.704		2.704	
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.831				2.831			2.830		2.820	
23	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.84				1.69			1.67		1.55	
24	% de Asfalto Efectivo					2.75				3.39			3.92		4.54	
25	Relación Polvo/Asfalto					0.4				0.5			0.6		0.7	
26	V.M.A.					16.2	16.3	16.9	16.6	15.8	15.2	16.8	17.0	16.9	18.5	19.2
27	% Vacíos llenos con C.A.					39.5	39.2	37.5	37.5	47.6	50.3	54.7	53.9	54.3	56.7	54.1
28	Flujo 0.01"(0.25 mm)					9.9	10.2	11.0	10.7	10.7	10.5	10.7	10.5	10.7	11.9	11.9
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					960	950	950	950	1180	1080	1100	1200	1290	1425	1350
30	Factor de estabilidad					1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
31	Estabilidad Corregida 27 * 28					998	988	988	1227	1123	1254	1144	1248	1342	1373	1482
32	Estabilidad / Flujo					2560	2470	2271	2922	2674	3020	2724	2971	3233	2984	3153

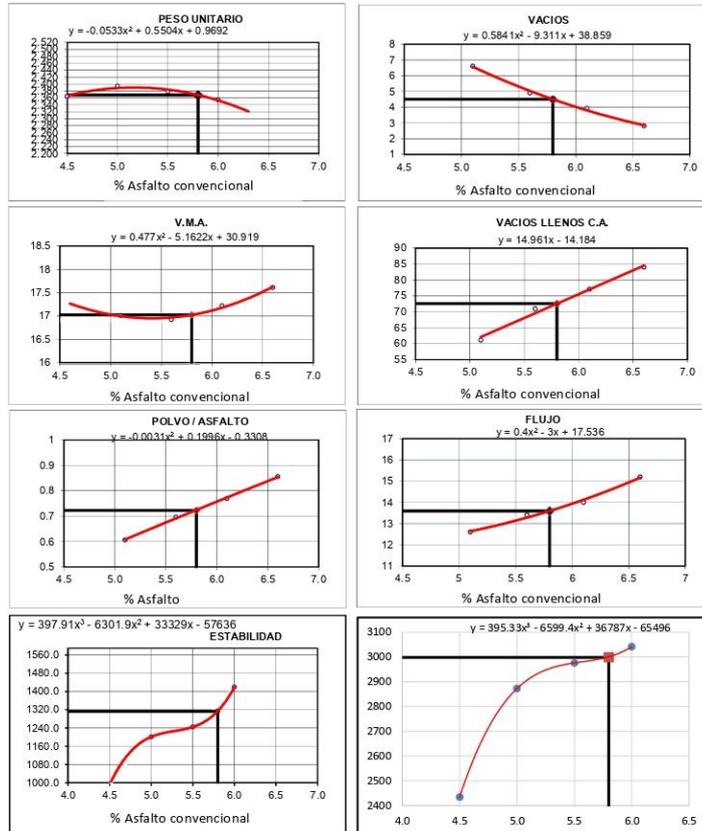
**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.



**INFORME**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 15 de marzo del 2021.



**CARACTERISTICAS MARSHALL + 0% DE ESCORIA DE ACERO**

	35	50	75
GOLPES	35	50	75
% C. A.	5.80		
P. UNITARIO	2.369		
VACIOS	4.50	3 - 5	
V.M.A.	17.02	14.0	
V. LL. C.A.	72.59		
POLVO / ASFALTO	0.72	0.6 - 1.3	
FLUJO	13.59	8-20	8-16 8-14
ESTABILIDAD (min)	12.87	4.53 kN.	5.44 kN. 8.15 kN.
ESTABILIDAD/FLUJO	2998.4	1700 - 4000	

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. EN INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



Solicitante  
**LEMS W&C EIRL**  
 : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Pimentel – Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334

Proyecto

: Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de apertura : 26 de marzo del 2021.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

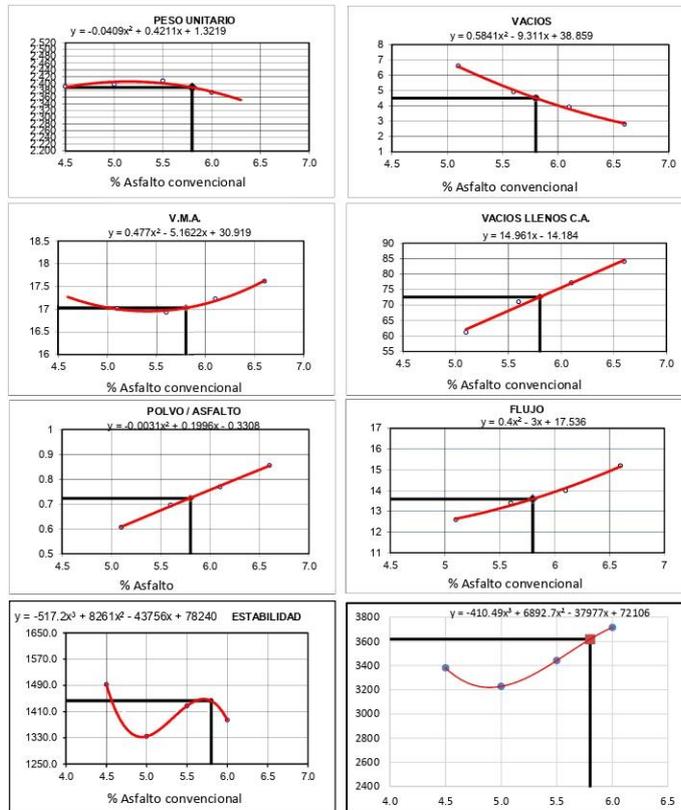
AGREGADOS	Piedra	Escoria	Arena	Filler	Total			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
					%	54	0									
<b>Tamices ASTM</b>																
<b>% pasa Material</b>																
BRIQUETA N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	3
1	% C.A. en masa de la Mezcla	4.50					5					5.5				6
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla	51.30					51.30				51.03					50.76
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla	41.80					41.80				41.58					41.36
4	% de escoria de acero	0.00					0.00				0.00					0.00
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla	1.91					1.90				1.89					1.88
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc	1.018					1.018				1.018					1.018
7	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc	2.696					2.696				2.696					2.696
8	Peso Especifico de la Arena < N°4" (Bulk) gr/cc	2.632					2.632				2.632					2.632
9	Peso especifico de la escoria - bulk	0					0				0					0
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc	3.15					3.15				3.15					3.15
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc															
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc															
13	Altura promedio de la brikqueta	6.4					6.40									
14	Masa de la brikqueta al aire (gr)	1183					1179									1189
15	Masa de la brikqueta al agua por 60' (gr)	1189					1192									1179
16	Masa de la brikqueta desplazada (gr)	690					698									1185
17	Volumen de la brikqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)	499					494									700
18	Peso especifico Bulk de la Brikqueta = (12/15)	2.371					2.370									2.341
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)	2.63					2.60									2.402
20	% de Vacios = (17-16)x100/17	8.2					8.8									2.55
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total (ASTM D 32)	2.704					2.704									2.704
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total	2.842					2.831									2.820
23	Asfalto Absorbido por el Agregado	1.84					1.69									1.55
24	% de Asfalto Efectivo	2.75					3.39									4.54
25	Relacion Polvo/Asfalto	0.4					0.5									0.7
26	V.M.A.	16.3					15.4									16.5
27	% Vacios llenos con C.A.	39.3					47.2									65.0
28	Flujo 0.017(0,25 mm)	10.3					11.6									9.7
29	Estabilidad sin corregir (kg)	1225					1280									1280
30	Factor de estabilidad	1.04					1.09									1.04
31	Estabilidad Corregida 27 * 28	1274					1300									1417
32	Estabilidad / Flujo	3135					3199									3719

**OBSERVACIONES :**

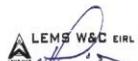


**INFORME**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 26 de marzo del 2021.


**CARACTERISTICAS MARSHALL + 0% ESCORIA DE ACERO**

	50	35	50	75
GOLPES	50			
% C.A.	5.80			
P. UNITARIO	2.388			
VACIOS	4.50		3 - 5	
V.M.A.	17.02		14.0	
V.L.L.C.A.	72.59			
POLVO / ASFALTO	0.72		0.6 - 1.3	
FLUJO	13.59	8-20	8-16	8-14
ESTABILIDAD (mH)	14.14	4.53 kN.	5.44 kN.	8.15 kN.
ESTABILIDAD FLUJO	3618.3		1700 - 4000	

**OBSERVACIONES :**


**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. INGENIERO DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



**LEMS W&C EIRL**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Proyecto : Prolongación Bolognesi Km. 3,5 Pimentel – Lambayeque R.U.C. 20480781334

Ubicación : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"

Fecha de apertura : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de apertura : 26 de marzo del 2021.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

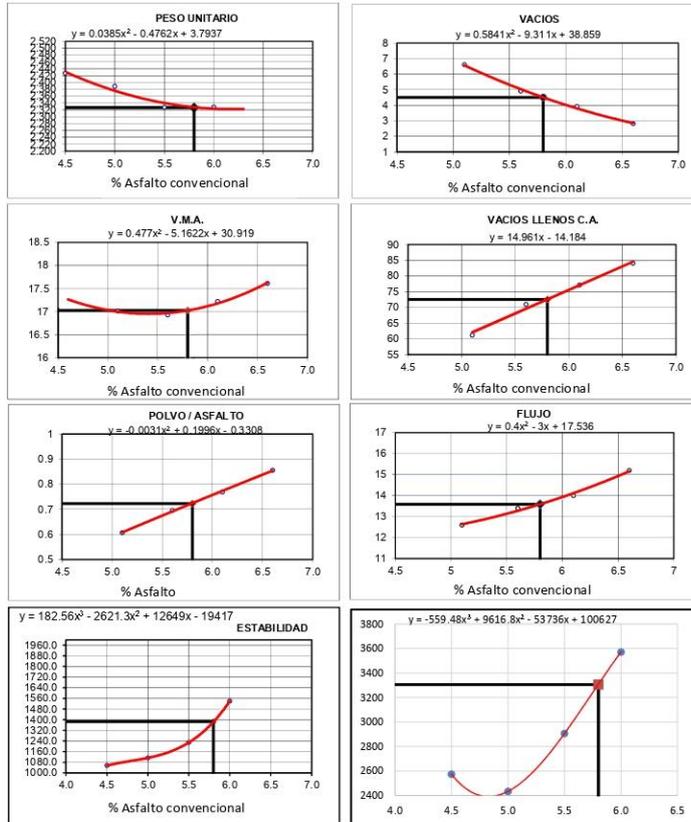
AGREGADOS	Piedra	Escoria	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM						No 80	No 200		
						% pasa Material								No 4	No 10
BRIQUETA N°	54	0	44	2	100	100	100	100	94.9	84	60.5	42.3	21.8	13.5	6.2
1	% C.A. en masa de la Mezcla					1	2	3	3	1	2	3	1	2	3
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					4.30	5				5.5				6
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					51.30					51.03				50.76
4	% de escoria de acero					42.02					41.58				41.36
5	% de cemento portland en masa de la Mezcla					0.00					0.00				0.00
6	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.91					1.89				1.88
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					1.018					1.018				1.018
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.696					2.696				2.696
9	Peso especifico de la escoria - bulk					0					0				0
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15					3.15				3.15
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc														
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc														
13	Altura promedio de la briqueta					6.4					6.40				
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1191					1173				1195
15	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)					1198					1179				1209
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					709					698				687
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					489					485				513
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.436					2.419				2.329
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.63					2.63				2.55
20	% de Vados = (17-16)x100/17 (ASTM D 32)					7.4					8.3				8.6
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.704					2.704				2.704
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.842					2.831				2.820
23	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.84					1.67				1.55
24	% de Asfalto Efectivo					2.75					3.39				4.54
25	Relación Polvo/Asfalto					0.4					0.6				0.7
26	V.M.A.					14.0					16.2				19.0
27	% Vados llenos con C.A.					47.0					48.5				54.6
28	Flujo 0.01 (0.25 mm)					10.3					11.6				11.0
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					994					984				1544
30	Factor de estabilidad					1.09					1.09				1.00
31	Estabilidad Corregida 27 * 28					1083					1083				1544
32	Estabilidad / Flujo					2666					2814				3576

**OBSERVACIONES :**



**INFORME**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 26 de marzo del 2021.


**CARACTERISTICAS MARSHALL + 0% DE ESCORIA DE ACERO**

	75	35	50	75
GOLPES	75	35	50	75
% C.A.	5.80			
P. UNITARIO	2.327			
VACIOS	4.50	3 - 5		
V.M.A.	17.02	14.0		
V. LL.C.A.	72.59			
POLVO / ASFALTO	0.72	0.6 - 1.3		
FLUJO	13.59	8-20	8-16	8-14
ESTABILIDAD (min)	13.59	4.53 kN.	5.44 kN.	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3306.1	1700 - 4000		

**OBSERVACIONES :**


**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



**LEMS W&C EIRL**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Proyecto : Pimentel - Lambayeque

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de apertura : 16 de marzo del 2021.

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel - Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

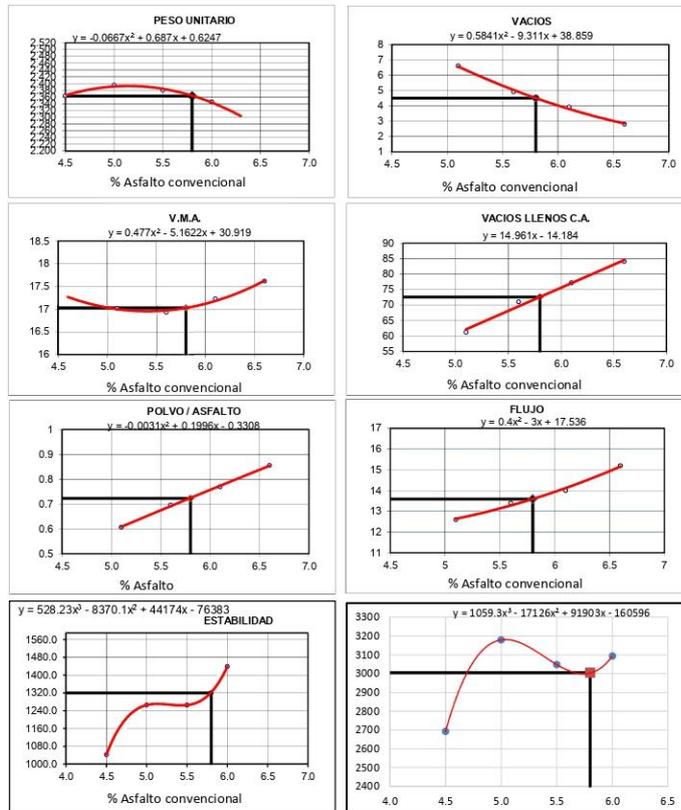
INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)														
AGREGADOS %	Piedra	Escoria	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM						No 200		
						100	1" 3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10		No 40	No 80
	45.9	8.1	44	2	100	100	100	95.6	86.1	65.1	42.2	21.7	13.4	6
BRIQUETA N°						1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50								
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					43.61	5			5.5				6
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					41.80				43.38				43.15
4	% de escoria de acero					7.74				41.58				41.36
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					1.91				7.65				7.61
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018				1.89				1.88
7	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.696				1.018				1.018
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.632				2.696				2.696
9	peso especifico de la escoria - bulk					2.561				2.632				2.632
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15				2.561				2.561
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc									3.15				3.15
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc													
13	Altura promedio de la briqueeta cm	6.4	6.50		6.40									
14	Masa de la briqueeta al aire (gr)	1192	1194	1187	1190	1187	1187	1189	1199	1189	1189	1188	1170	1197
15	Masa de la briqueeta al agua por 60' (gr)	1199	1203	1195	1196	1194	1195	1195	1205	1193	1193	1195	1177	1202
16	Masa de la briqueeta desplazada (gr)	697	698	690	695	699	702	701	701	686	694	686	673	699
17	Volumen de la briqueeta por desplazamiento (cc) = (13-14)	502	505	505	501	495	493	493	504	500	499	509	504	503
18	Peso especifico Bulk de la Briqueeta = (12/15)	2.375	2.364	2.350	2.375	2.398	2.412	2.378	2.379	2.378	2.383	2.334	2.321	2.380
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)	2.63				2.60				2.58				2.55
20	% de Vacuos = (17-16)x100/17 (ASTM D 31)	9.7	10.1	10.6	8.6	7.8	7.2	7.7	7.7	7.7	7.5	8.5	8.9	6.7
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total	2.692				2.692				2.693				2.693
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total	2.842				2.831				2.830				2.820
23	Aerato Absorbido por el Agregado	2.00				1.85				1.83				1.71
24	% de Asfalto Efectivo	2.59				3.24				3.77				4.39
25	Relación Polvo/Asfalto	0.4				0.5				0.6				0.7
26	V.M.A.	15.8	16.1	16.6	16.2	15.4	14.9	14.9	16.5	16.5	16.4	18.5	19.0	16.9
27	% Vacuos llenos con C.A.	38.4	37.3	36.0	46.7	49.6	51.5	53.4	53.2	53.9	54.4	52.8	52.8	60.7
28	Flujo 0.01'(0,25 mm)	9.7	9.0	11.0	10.3	9.7	10.3	10.3	10.3	11.0	11.6	11.6	11.6	11.6
29	Estabilidad sin corregir (Kg)	999	998	1010	1240	1150	1200	1300	1350	1450	1400	1400	1400	1400
30	Factor de estabilidad	1.04	1.04	1.04	1.04	1.09	1.09	1.09	1.04	1.04	1.04	1.00	1.04	1.04
31	Estabilidad Corregida 27 * 28	1039	1038	1050	1290	1199	1308	1196	1248	1352	1350	1508	1456	1456
32	Estabilidad / Flujo	2727	2919	2433	3173	3147	3219	2943	3071	3151	2797	3298	3185	3185

OBSERVACIONES :



**INFORME**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 16 de marzo del 2021.


**CARACTERISTICAS MARSHALL AL 15% DE ESCORIA DE ACERO**

	35	35	50	75
GOLPES	35	35	50	75
% C.A.	5.80			
P. UNITARIO	2.363			
VACIOS (%)	4.50		3 - 5	
V.M.A.(%)	17.02	14.0		
V. LL.C.A.(%)	72.59			
POLVO / ASFALTO	0.72		0.6 - 1.3	
FLUJO (mm)	13.59	8-20	8-16	8-14
ESTABILIDAD (kn)	12.94	4.53 kN.	5.44 kN.	8.15 kN.
ESTABILIDAD FLUJO	3004.9		1700 - 4000	

**OBSERVACIONES :**


**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. EN INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Pesales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904





Solicitante  
Proyecto

: LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de apertura : 29 de marzo del 2021.

: Tesis ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO\*

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADOS %	Piedra	Escoria	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM						No 200		
						100	100	1/2"	3/8"	No 4	No 10		No 40	No 80
	45.9	8.1	44	2	100	100	100	95.6	86.1	65.1	42.2	21.7	13.4	6
BRIQUETA N°						1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50				5.5				6
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					43.83	43.61			43.38				43.15
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					42.02	41.80			41.58				41.36
4	% de escoria de acero					7.74	7.70			7.65				7.61
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla					1.91	1.90			1.89				1.88
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018	1.018			1.018				1.018
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.696	2.696			2.696				2.696
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.632	2.632			2.632				2.632
9	peso especifico de la escoria - bulk					2.561	2.561			2.561				2.561
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15	3.15			3.15				3.15
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc													
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc													
13	Altura promedio de la briqueta cm					6.4	6.40							
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1180	1179	1173	1190	1193	1189	1189	1196	1187
15	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)					1187	1186	1181	1197	1200	1198	1200	1203	1194
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					687	692	684	696	701	694	696	698	684
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					500	494	497	501	499	504	504	505	506
18	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.360	2.367	2.360	2.375	2.391	2.359	2.373	2.350	2.338
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.63	2.63			2.60				2.55
20	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 320)					10.3	9.3	10.3	8.6	8.0	9.3	8.2	7.9	8.8
21	Peso Especifico Bulk-Agregado Total					2.692	2.692			2.692				2.693
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.842	2.842			2.831				2.820
23	Asfalto Absorbido por el Agregado					2.00	2.00			1.85				1.71
24	% de Asfalto Efectivo					2.59	2.59			3.24				4.39
25	Relación Polvo/Asfalto					0.4	0.4			0.5				0.7
26	V.M.A.					16.3	15.3	16.3	16.2	15.6	16.8	17.0	16.7	17.9
27	% Vacios llenos con C.A.					36.9	39.6	36.9	46.7	48.6	44.8	51.6	52.5	54.9
28	Flujo 0.01'(0,25 mm)					10.3	11.6	11.6	10.3	11.6	9.7	11.0	10.3	9.7
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					1300	1650	1580	1380	1500	1300	1315	1380	1450
30	Factor de estabilidad					1.04	1.09	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
31	Estabilidad Corregida 27 * 28					1352	1799	1643	1435	1560	1352	1368	1435	1508
32	Estabilidad / Flujo					3327	3934	3594	3531	3412	3549	3167	3531	4586

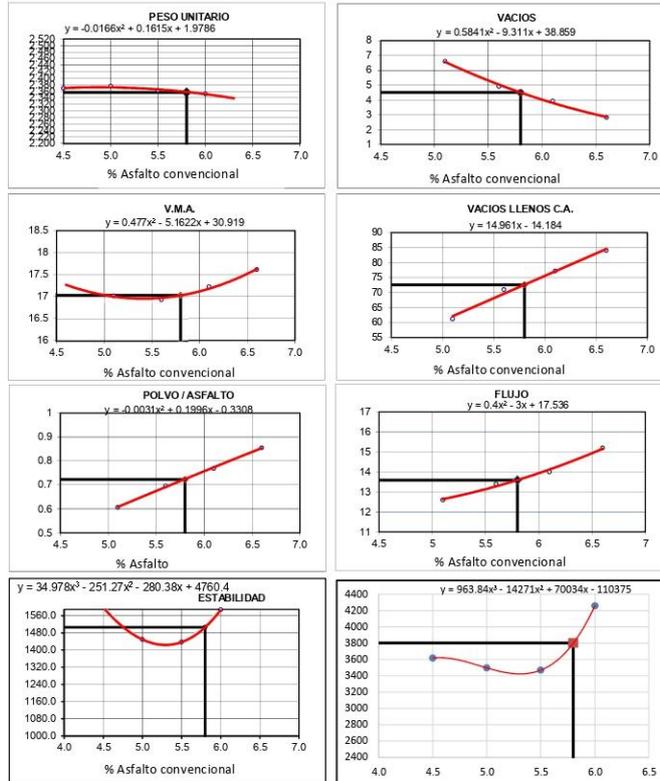
OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



**INFORME**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 29 de marzo del 2021.


**OBSERVACIONES :**
**CARACTERISTICAS MARSHALL AL 15% DE ESCORIA DE ACERO**

	50	35	50	75
GOLPES	50	35	50	75
% C. A.	5.80			
P. UNITARIO	2.357			
VACIOS	4.50	3 - 5		
V.M.A.	17.02	14.0		
V. LL.C.A.	72.59			
POLVO / ASFALTO	0.72	0.6 - 1.3		
FLUJO	13.59	8-20	8-16	8-14
ESTABILIDAD (mm)	14.76	4.53 kN.	5.44 kN.	8.15 kN.
ESTABILIDAD FLUJO	3802.5	1700 - 4000		

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



**LEMS W&C EIRL**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de apertura : 18 de marzo del 2021.

Prolongación Bolognesi Km. 3,5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piedra	Escoria	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM						No 80	No 200	
						100	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10			No 40
%	45.9	8.1	44	2	100	100	100	95.6	86.1	65.1	42.2	21.7	13.4	6
BRIQUETA N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	3
1	% C.A. en masa de la Mezcla	4.50								5.5				6
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla	43.83				43.61				43.38				43.15
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla	42.02				41.80				41.58				41.36
4	% de escoria de acero	7.74				7.70				7.65				7.61
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla	1.91				1.90				1.89				1.88
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc	1.018				1.018				1.018				1.018
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc	2.696				2.696				2.696				2.696
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc	2.632				2.632				2.632				2.632
9	Peso Especifico de la escoria - bulk	2.561				2.561				2.561				2.561
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc	3.15				3.15				3.15				3.15
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc													
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc													
13	Altura promedio de la briqueta	6.4				6.40								
14	Masa de la briqueta al aire (gr)	1175				1180				1189				1199
15	Masa de la briqueta al agua por 60° (gr)	1183				1188				1195				1208
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)	689				705				698				704
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)	494				492				503				508
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)	2.379				2.398				2.348				2.329
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)	2.63				2.427				2.345				2.358
20	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 32)	9.6				8.8				7.6				7.5
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total	2.692				2.692				2.693				2.693
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total	2.942				2.831				2.830				2.820
23	Asfalto Absorbido por el Agregado	2.00				1.83				1.83				1.71
24	% de Asfalto Efectivo	2.59				3.24				3.77				4.39
25	Relación Polvo/Asfalto	0.4				0.5				0.6				0.7
26	V.M.A.	15.6				14.9				13.9				17.4
27	% Vacios llenos con C.A.	38.8				40.9				44.4				57.5
28	Flujo 0.01"(0.25 mm)	11.6				12.3				12.3				10.3
29	Estabilidad sin corregir (Kg)	1650				1700				1720				1800
30	Factor de estabilidad	1.09				1.09				1.09				1.04
31	Estabilidad Corregida 27 * 28	1799				1853				1875				1872
32	Estabilidad / Flujo	3934				3840				3885				4456

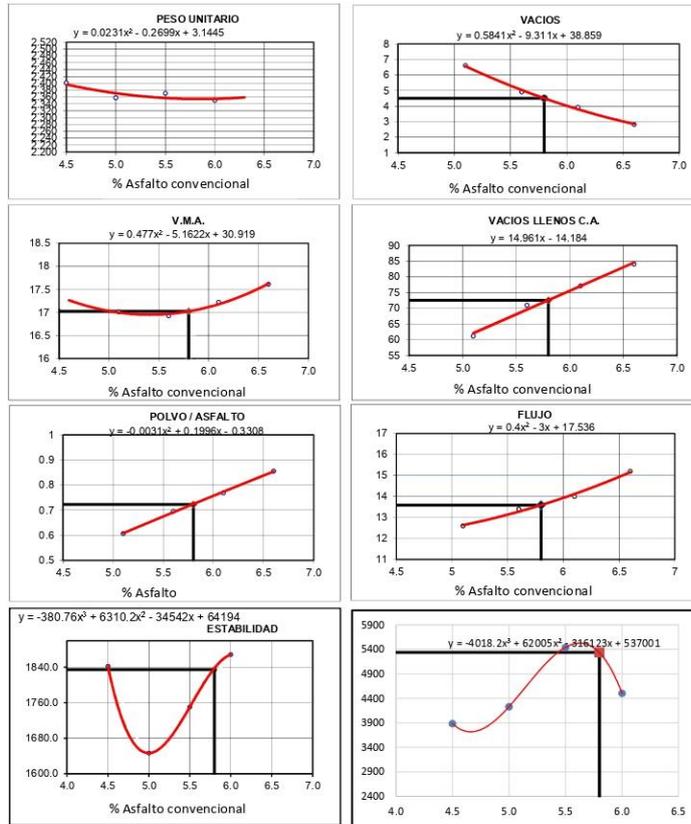
**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



**INFORME**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 18 de marzo del 2021.



**CARACTERISTICAS MARSHALL AL 15% DE ESCORIA DE ACERO**

	75	35	50	75
GOLPES	75	35	50	75
% C.A.	5.80			
P. UNITARIO	0.802			
VACIOS	4.50	3 - 5		
V.M.A.	17.02	14.0		
V. LL.C.A.	72.59			
POLVO / ASFALTO	0.72	0.6 - 1.3		
FLUJO	13.59	8-20	8-16	8-14
ESTABILIDAD (min)	17.98	4.53 kN.	5.44 kN.	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	5336.8	1700 - 4000		

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



**LEMS W&C EIRL**  
 Solicitante  
 : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Pimentel - Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334

Proyecto  
 : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"

Ubicación  
 : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

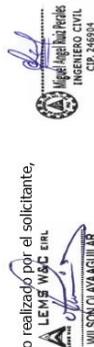
Fecha de apertura  
 : 24 de marzo del 2021.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

BRIQUETA N°	Piedra		Escoria	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
	40,5	13,5					44	2	100										100
1	% C.A. en masa de la Mezcla						1	2	3					1	2	3	1	2	3
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla						4,50	5						5,5			6		
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla						36,68							38,27			38,07		
4	% de escoria de seco						42,02	41,80						41,58			41,36		
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla						12,89	12,83						12,76			12,69		
6	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc						1,91	1,90						1,89			1,88		
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc						1,018	1,018						1,018			1,018		
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2,696	2,696						2,696			2,696		
9	Peso especifico de la escoria - bulk						2,632	2,632						2,632			2,632		
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc						2,961	2,961						2,961			2,961		
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc						3,15	3,15						3,15			3,15		
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																		
13	Altura promedio de la briqueta cm						6,4	6,40											
14	Masa de la briqueta al aire (gr)						1199	1195	1207	1196	1191	1188	1186	1180	1190	1191	1179	1201	
15	Masa de la briqueta al agua por 60' (gr)						1204	1209	1220	1204	1197	1189	1206	1197	1197	1198	1179	1205	
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)						688	696	702	691	687	680	706	698	698	709	694	710	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)						516	513	518	513	510	513	500	499	499	489	485	495	
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)						2,324	2,329	2,330	2,331	2,335	2,316	2,396	2,385	2,385	2,436	2,419	2,426	
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2,63				2,60			2,58			2,55		
20	% de Vacios = (17-16)X100/17 (ASTM D 32)						11,7	11,4	11,4	10,3	10,2	10,9	7,0	7,5	7,5	4,5	5,1	4,8	
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total						2,685	2,685	2,685	2,685	2,685	2,685	2,685	2,685	2,685	2,685	2,685	2,685	
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total						2,842	2,842	2,831	2,831	2,831	2,831	2,830	2,830	2,830	2,820	2,820	2,820	
23	Asfalto Absorbido por el Agregado						2,10				1,96			1,94			1,82		
24	% de Asfalto Efectivo						2,49	2,49	2,49	3,14				3,67			4,29		
25	Relacion Polvo/Asfalto						0,4	0,5						0,6			0,7		
26	V.M.A.						17,3	17,1	17,1	17,5	17,4	18,1	15,7	16,1	16,1	14,7	15,3	15,1	
27	% Vacios llenos con C.A.						32,8	33,3	33,3	41,0	41,4	39,5	55,1	53,5	53,5	69,7	66,5	67,9	
28	Flujo 0,01"(0,25 mm)						10,3	9,0	12,3	11,6	11,6	11,0	10,3	10,3	11,0	14,2	11,0	9,0	
29	Estabilidad sin corregir (kg)						994	918	994	1258	894	1059	1275	1255	1157	1481	1544	1596	
30	Factor de estabilidad						1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,04	1,04	1,04	1,09	1,09	1,09	
31	Estabilidad Corregida 27 * 28						994	918	994	1258	894	1059	1326	1305	1203	1614	1683	1740	
32	Estabilidad / Flujo						2446	2582	2059	2750	1955	2316	3071	3210	2787	2888	3898	4892	

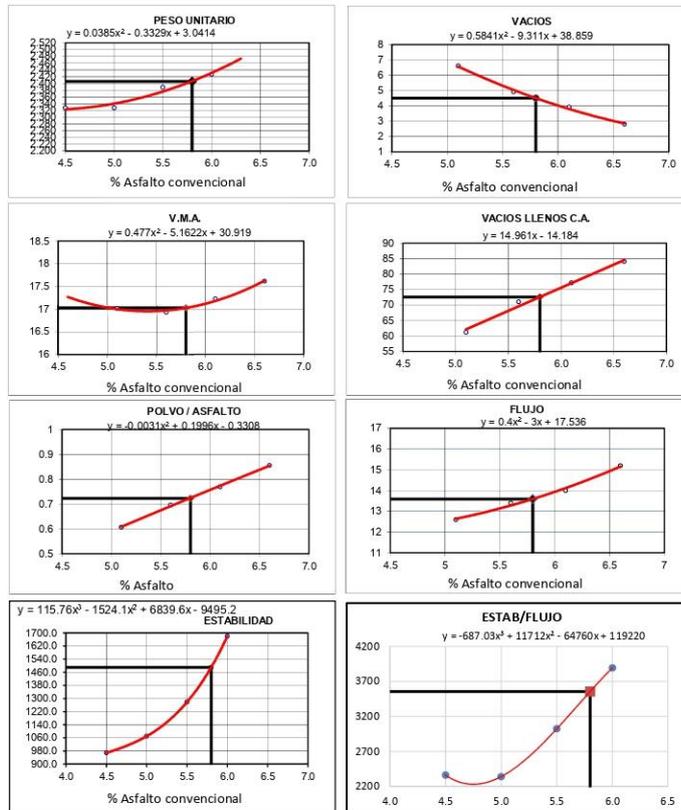
**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



**INFORME**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 24 de marzo del 2021.


**CARACTERÍSTICAS MARSHALL AL 25% DE ESCORIA DE ACERO**

	35	35	50	75
GOLPES	35	35	50	75
% C.A.	5.80			
P. UNITARIO	2.406			
VACIOS	4.50	3 - 5		
V.M.A.	17.02	14.0		
V.LL.C.A.	72.59			
POLVO / ASFALTO	0.72	0.6 - 1.3		
FLUJO	13.59	8-20	8-16	8-14
ESTABILIDAD (m/m)	14.60	4.53 kN.	5.44 kN.	8.15 kN.
ESTABILIDAD FLUJO	3555.9	1700 - 4000		

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"

Ubicación : Dist. Chiclayo, Proor. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de apertura : 26 de marzo del 2021.

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel - Lambayeque

R.U.C. 20480781334

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADOS	Piedra	Escoria	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM			3/4"			1 1/2"			3/8"			No.4			No.10			No.40			No.80			No.200						
						1"	3/4"	1"	3/4"	1 1/2"	3/4"	1"	3/4"	1"	3/4"	1"	3/4"	1"	3/4"	1"	3/4"	1"	3/4"	1"	3/4"	1"	3/4"	1"	3/4"	1"	3/4"	1"	3/4"			
BRIQUETA N°	40.5	13.5	44	2	100	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3							
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50									5.5																					
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					38.68									38.27																					
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					42.02									41.58																					
4	% de escoria de acero					12.89									12.76																					
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla					1.91									1.89																					
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018									1.018																					
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.696									2.696																					
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.632									2.632																					
9	Peso especifico de la escoria - bulk					2.561									2.561																					
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15									3.15																					
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					6.4									6.40																					
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					6.4									6.40																					
13	Altura promedio de la briqueta					1185									1196																					
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1192									1204																					
15	Masa de la briqueta al agua por 60 (gr)					692									701																					
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					500									502																					
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					2.370									2.387																					
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.63									2.396																					
19	Peso Especifico Maximo - Roca (ASTM D 2041)					9.2									8.9																					
20	% de Vacuos = (17-18)x100/17 (ASTM D 32)					2.685									2.685																					
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.842									2.831																					
22	Peso Especifico Efectivo Agregado Total					2.10									1.96																					
23	Asfalto Absorbido por el Agregado					2.49									3.14																					
24	% de Asfalto Efectivo					0.4									0.5																					
25	Relación Polvo/Asfalto					15.7									15.1																					
26	V.N.A.					37.0									38.8																					
27	% Vacios llenos con C.A.					12.3									10.3																					
28	Flujo 0.01"(0.25 mm)					1879									2004																					
29	Estabilidad sin corregir (Kg)					1954									2084																					
30	Factor de estabilidad					4048									5128																					
31	Estabilidad Corregida 27 * 28					4048									5128																					
32	Estabilidad / Flujo					4048									5128																					

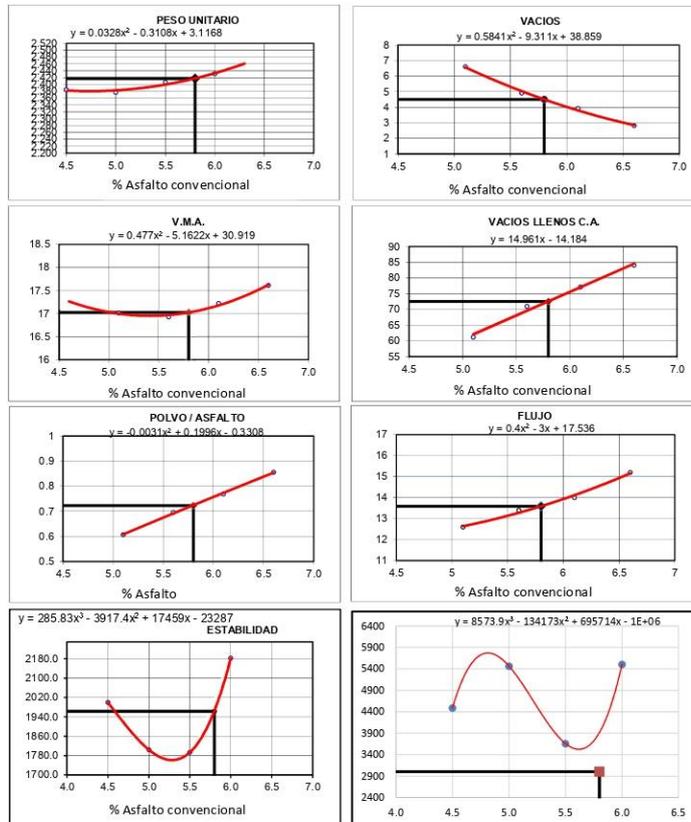
OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



**INFORME**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 26 de marzo del 2021.



**CARACTERISTICAS MARSHALL AL 25% DE ESCORIA DE ACERO**

	50	35	50	75
GOLPES	50			
% C.A.	5.80			
P. UNITARIO	2.418			
VACIOS	4.50	3 - 5		
V.M.A.	17.02	14.0		
V. LL.C.A.	72.59			
POLVO / ASFALTO	0.72	0.6 - 1.3		
FLUJO	13.59	8-20	8-16	8-14
ESTABILIDAD (min)	19.23	4.53 kN.	5.44 kN.	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3004.9	1700 - 4000		

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUIAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



**LEMS W&C**  
EIRL

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimental – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

Ubicación : Dst. Chiclayo, Prov. Lambayeque.

Fecha de apertura : 26 de marzo del 2021.

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS %	Piedra	Escoria	Arena	Filler	Total	Támices ASTM			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
						1	2	3									
	40.5	13.5	44	2	100	100	100	100	96.1	87.5	68.2	42.2	21.7	13.4	6		
BRIQUETA N°						1	2	3	5	5.5	1	2	3	1	2	6	
1	% C.A. en masa de la Mezcla																
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla																
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla																
4	% de escoria de acero																
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla																
6	Peso Especifico aparente del C.A.(Aparente) gr/cc																
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc																
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc																
9	Peso especifico de la escoria - bulk																
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc																
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																
13	Altura promedio de la briqueta cm																
14	Masa de la briqueta al aire (gr)																
15	Masa de la briqueta al agua por 60 '(gr)																
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)																
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)																
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)																
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)																
20	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 32)																
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total																
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total																
23	Asfalto Absorbido por el Agregado																
24	% de Asfalto Efectivo																
25	Relación Polvo/Asfalto																
26	V.M.A.																
27	% Vacios llenos con C.A.																
28	Flujo 0.01"(0,25 mm)																
29	Estabilidad sin correjir (Kt)																
30	Factor de estabilidad																
31	Estabilidad Corregida 27 * 28																
32	Estabilidad / Flujo																

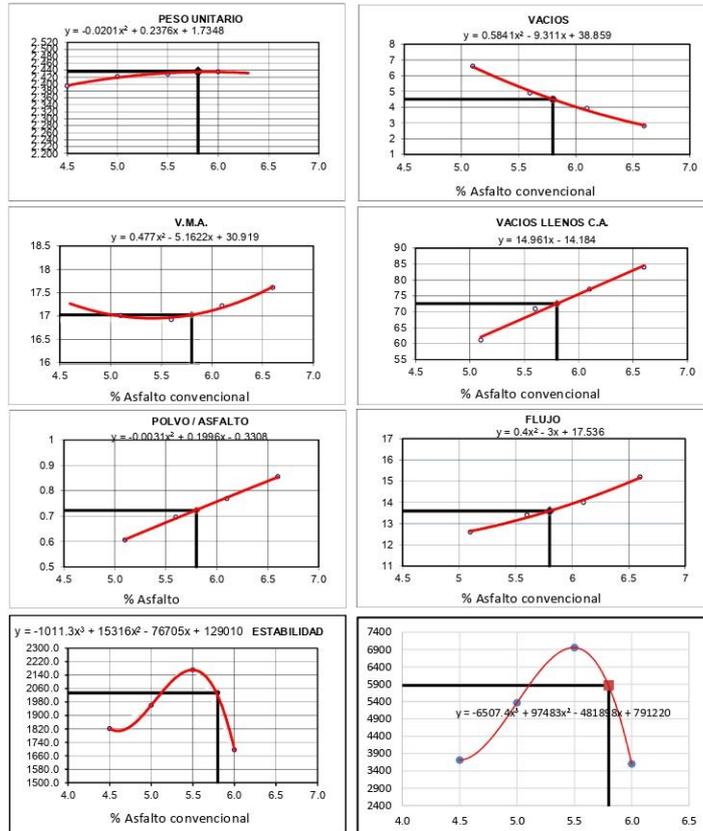
**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



**INFORME**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 26 de marzo del 2021.

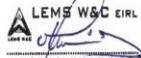


**CARACTERISTICAS MARSHALL AL 25% DE ESCORIA DE ACERO**

	75	35	50	75
GOLPES	75			
% C.A.	5.80			
P. UNITARIO	2.437			
VACIOS	4.50		3 - 5	
V.M.A.	17.02	14.0		
V. LL.C.A.	72.59			
POLVO / ASFALTO	0.72		0.6 - 1.3	
FLUJO	13.59	8-20	8-16	8-14
ESTABILIDAD (min)	19.94	4.53 kN.	5.44 kN.	8.15 kN.
ESTABILIDAD/FLUJO	5867.9		1700 - 4000	

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



**LEMS W&C EIRL**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de apertura : 27 de marzo del 2021.

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimental - Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS %	Piedra 27	Escoria 27	Arena 44	Filler 2	Total 100	Tamices ASTM			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
						100	100	75.8										
BRICQUETA N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	% C.A. en masa de la Mezcla				4.50			5					5.5			6		
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla				25.79			25.65					25.52			25.38		
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla				43.02			41.80					41.58			41.36		
4	% de escoria de acero				25.79			25.65					25.52			25.38		
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla				1.91			1.90					1.89			1.88		
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.018			1.018					1.018			1.018		
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc				2.696			2.696					2.696			2.696		
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.632			2.632					2.632			2.632		
9	Peso Especifico de la escoria - bulk				2.561			2.561					2.561			2.561		
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc				3.15			3.15					3.15			3.15		
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc				6.4			6.40										
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc				6.4			6.40										
13	Altura promedio de la briqueta cm				6.4			6.40										
14	Masa de la briqueta al aire (gr)				1191			1189					1198			1191		
15	Masa de la briqueta al agua por 60" (gr)				1195			1194					1205			1196		
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)				696			708					712			710		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				499			503					499			486		
18	Peso Especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.387			2.380					2.396			2.457		
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.63			2.60					2.58			2.55		
20	% de Vacios = (17-16)/100*17 (ASTM D 3)				8.9			9.5					7.0			6.2		
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total				2.666			2.666					2.666			2.666		
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total				2.842			2.831					2.830			2.820		
23	Asfalto Absorbido por el Agregado				2.37			2.23					2.20			2.08		
24	% de Asfalto Efectivo				2.24			2.89					3.42			4.04		
25	Relación Polvo/Asfalto				0.4			0.5					0.6			0.7		
26	V.M.A.				14.5			14.8					15.1			14.3		
27	% Vacios llenos con C.A.				36.2			37.0					42.3			56.8		
28	Flujo 0.01"(0.25 mm)				11.6			12.3					11.6			12.3		
29	Estabilidad sin correoir (kg)				1368			1284					1883			1610		
30	Factor de estabilidad				1.04			1.04					1.04			1.09		
31	Estabilidad Corregida 27 * 28				1433			1325					1674			1613		
32	Estabilidad / Flujo				3112			4210					2674			3170		

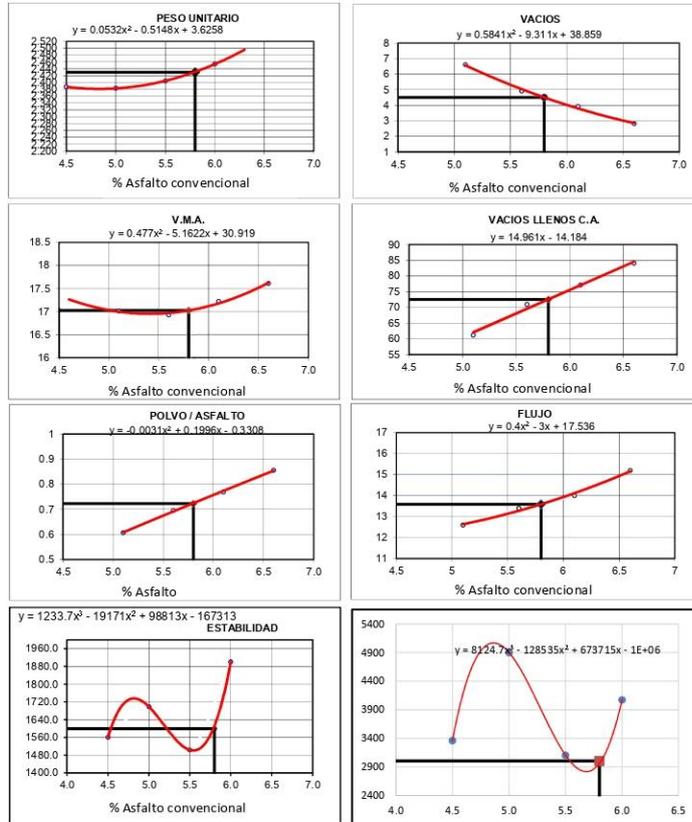
**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante.



**INFORME**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 27 de marzo del 2021.


**CARACTERISTICAS MARSHALL + 50% ESCORIA DE ACERO**

	35	35	50	75
GOLPES	35	35	50	75
% C.A.	5.80			
P. UNITARIO	2.430			
VACIOS	4.50	3 - 5		
V.M.A.	17.02	14.0		
V. LL.C.A.	72.59			
POLVO / ASFALTO	0.72	0.6 - 1.3		
FLUJO	13.59	8-20	8-16	8-14
ESTABILIDAD (min)	15.68	4.53 kN.	5.44 kN.	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3004.9	1700 - 4000		

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,

  
**WILSON OLAYAGULAR**  
 TEC. EN INGENIERIA DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



Solicitante  
**LEMS W&C EIRL**  
 : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Proyecto  
 : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE AÇERO"

Ubicación  
 : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de apertura  
 : 29 de marzo del 2021

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Pimentel – Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)																					
BRIQUETA N°	Piedra		Escoria		Arena		Filler		Total		Tamices ASTM		No 10		No 40		No 80		No 200		
	%	27	27	44	2	100	100	100	100	100	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200			
1	% C.A. en masa de la Mezcla																				
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla																				
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla																				
4	% de escoria de acero																				
5	% Cemento portland en masa de la Mezcla																				
6	Peso Especifico aparente del C.A. (Aparente) gr/cc																				
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc																				
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc																				
9	Peso Especifico de la escoria - bulk																				
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc																				
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																				
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																				
13	Altura promedio de la briketa cm																				
14	Masa de la briketa al aire (gr)																				
15	Masa de la briketa al agua por 60 (gr)																				
16	Masa de la briketa desplazada (gr)																				
17	Volumen de la briketa por desplazamiento (cc) = (13-14)																				
18	Peso especifico Bulk de la Briketa = (12/15)																				
19	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)																				
20	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 32)																				
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total																				
22	Peso Especifico Efectivo Agregado																				
23	Asfalto Absorbido por el Agregado																				
24	% de Asfalto Efectivo																				
25	Relación Polvo/Asfalto																				
26	V.M.A.																				
27	% Vacios llenos con C.A.																				
28	Flujo 0.01(0,25 mm)																				
29	Estabilidad sin corregir (Kg)																				
30	Factor de estabilidad																				
31	Estabilidad Correjada 27 * 28																				
32	Estabilidad / Flujo																				

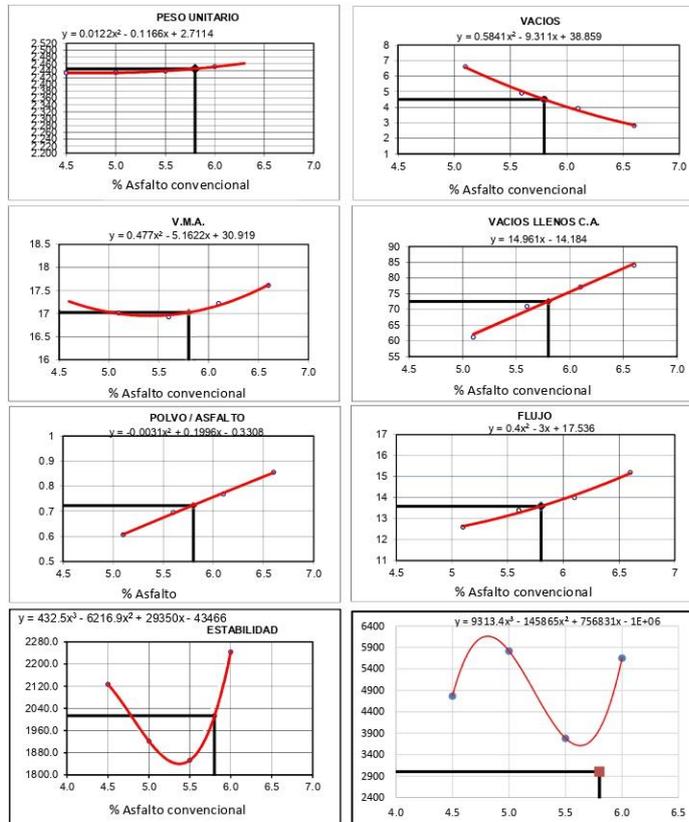
**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante.



**INFORME**

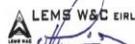
Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 29 de marzo del 2021.


**CARACTERISTICAS MARSHALL + 50% ESCORIA DE ACERO**

	50	35	50	75
GOLPES	50			
% C.A.	5.80			
P. UNITARIO	2.446			
VACIOS	4.50	3 - 5		
V.M.A.	17.02	14.0		
V. LL.C.A.	72.59			
POLVO / ASFALTO	0.72	0.6 - 1.3		
FLUJO	13.59	8-20	8-16	8-14
ESTABILIDAD (min)	19.73	4.53 kN.	5.44 kN.	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3004.9	1700 - 4000		

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



LEMS W&C EIRL  
**WILSON CLAYA AGUIAR**  
 TEC. EXPERTOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



**LEMS W&C EIRL**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de apertura : 29 de marzo del 2021.

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel - Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS %	Piedra	Escoria	Arena	Filler	Total		Tamices ASTM					No 40	No 80	No 200			
					100	100	100	3/4"	1/2"	3/8"	No 4				No 10	No 42.2	No 10
BRIQUETA N°	27	27	44	2	100	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50						5.5			6		
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					25.79						25.52			25.38		
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					42.02						41.58			41.36		
4	% de escoria de acero					25.79						25.52			25.38		
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla					1.91						1.89			1.88		
6	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.018						1.018			1.018		
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.696						2.696			2.696		
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.632						2.632			2.632		
9	Peso especifico de la escoria - bulk					2.561						2.561			2.561		
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15						3.15			3.15		
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc																
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc																
13	Altura promedio de la briqueta					6.4		6.40									
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1384		1183	1193	1192	1188	1184	1191	1199	1195	1193	1201
15	Masa de la briqueta al agua por 60 (gr)					1191		992	1199	1194	1206	1194	1197	1199	1197	1196	1204
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					707		713	718	714	720	722	709	720	724	723	731
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14) - (16)					484		1379	481	480	488	472	481	477	473	473	473
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15) / (17-16) x 100/17					2.446		0.925	2.480	2.483	2.459	2.517	2.462	2.497	2.533	2.526	2.539
19	Peso Especifico Maximo - Rice					2.63											
20	% de Vacios = (17-16) x 100/17					7.0		64.8	5.7	4.5	5.4	3.2	4.5	3.1	1.7	0.9	1.1
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.842		2.666							2.666		
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.831		2.831							2.830		
23	Asfalto Absorbido por el Agregado					2.37									2.20		
24	% de Asfalto Efectivo					2.34									3.42		
25	Relación Pólvora/Asfalto					0.4									0.6		
26	V.M.A.					12.4		66.9	11.2	11.5	12.4	10.3	12.8	11.5	10.2	10.9	11.1
27	% Vacios llenos con C.A.					43.5		3.0	48.9	61.1	56.3	69.2	64.8	72.9	83.1	91.8	90.4
28	Flujo 0.01 (0.25 mm)					9.7		7.1	6.5	7.7	6.5	6.5	11.0	9.7	9.0	11.6	9.0
29	Estabilidad sin corregir (kg)					2331		2703	2538	2566	2390	2596	1991	2213	2423	2509	2336
30	Factor de estabilidad					1.09		0.76	1.14	1.14	1.09	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
31	Estabilidad Corregida 27 * 28					2541		2054	2893	2925	2605	2959	2270	2523	2762	2860	2663
32	Estabilidad / Flujo					6669		7352	11389	9595	10256	11649	5256	6622	7768	6255	7489

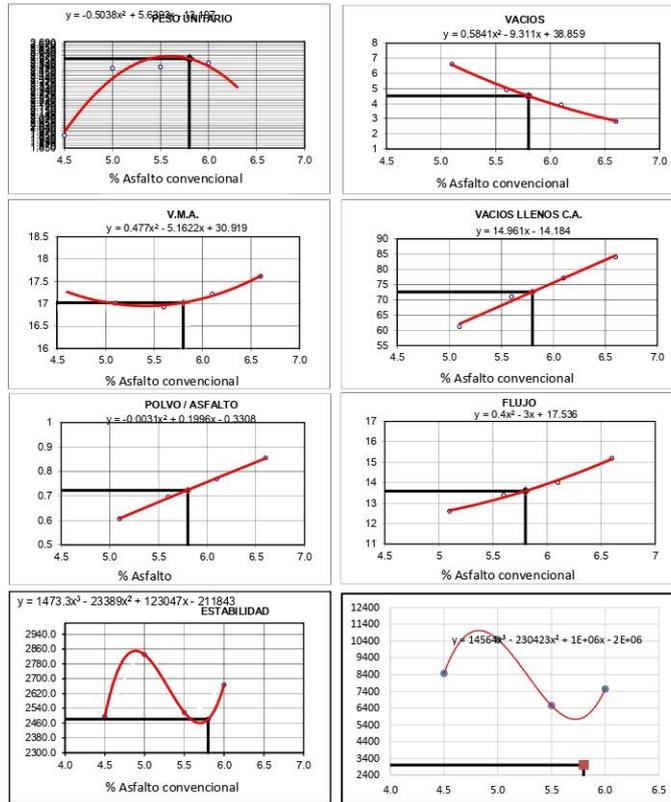
**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



**INFORME**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 29 de marzo del 2021.


**CARACTERISTICAS MARSHALL + 50 % ESCORIA DE ACERO**

	75	35	50	75
GOLPES	75	35	50	75
% C. A.	5.80			
P. UNITARIO	2.563			
VACIOS	4.50	14.0	3 - 5	
V.M.A.	17.02			
V. LL.C.A.	72.59			
POLVO / ASFALTO	0.72	0.6 - 1.3		
FLUJO	13.59	8-20	8-16	8-14
ESTABILIDAD (min)	24.33	4.53 kN.	5.44 kN.	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3004.9	1700 - 4000		

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEG. ENGENYEROS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



Solicitante  
: LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Proyecto  
: Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"

Ubicación  
: Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimental – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

Fecha de apertura  
: 29 de marzo del 2024

Ubicación  
: Dist. Chiclayo, Prov: Chiclayo, Reg. Lambayeque.

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

AGREGADOS	Piedra	Escoria	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM						No 200			
						1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10		No 40	No 80	
%	13.5	40.5	44	2	100	100	100	98.7	94.5	83.5	42.1	21.6	13.3	6.9	
BRIQUETA N°						1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50							5.5		6
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					12.89							12.76		12.69
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					42.02							41.58		41.36
4	% de escoria de acero					38.68							38.27		38.07
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla					1.91							1.89		1.88
6	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018							1.018		1.018
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.696							2.696		2.696
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.632							2.632		2.632
9	Peso especifico de la escoria - bulk					2.561							2.561		2.561
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15							3.15		3.15
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc														
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc														
13	Altura promedio de la briqueta cm					6.4									
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1187							1194		1193
15	Masa de la briqueta al agua por 60 (gr)					1194							1211		1192
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					715							702		704
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					479							488		492
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.433							2.447		2.441
19	Peso especifico Bulk de la Mezcla					2.63							2.58		2.55
20	% de Vacios = (17-16)/100/17					7.5							5.1		5.3
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.648							2.648		2.648
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.842							2.830		2.820
23	Asfalto Absorbido por el Agregado					2.63							2.47		2.35
24	% de Asfalto Efectivo					1.98							3.17		3.79
25	Relación Polvo/Asfalto					0.3							0.5		0.6
26	V.M.A.					10.6							12.7		14.3
27	% Vacios llenos con C.A.					45.5							60.0		56.6
28	Flujo 0,01"(0,25 mm)					12.3							12.9		11.0
29	Estabilidad sin corregir (kg)					1674							1376		1995
30	Factor de estabilidad					1.14							1.09		1.04
31	Estabilidad Corregida 27 * 28					1908							1500		2075
32	Estabilidad / Flujo					3954							4542		5891

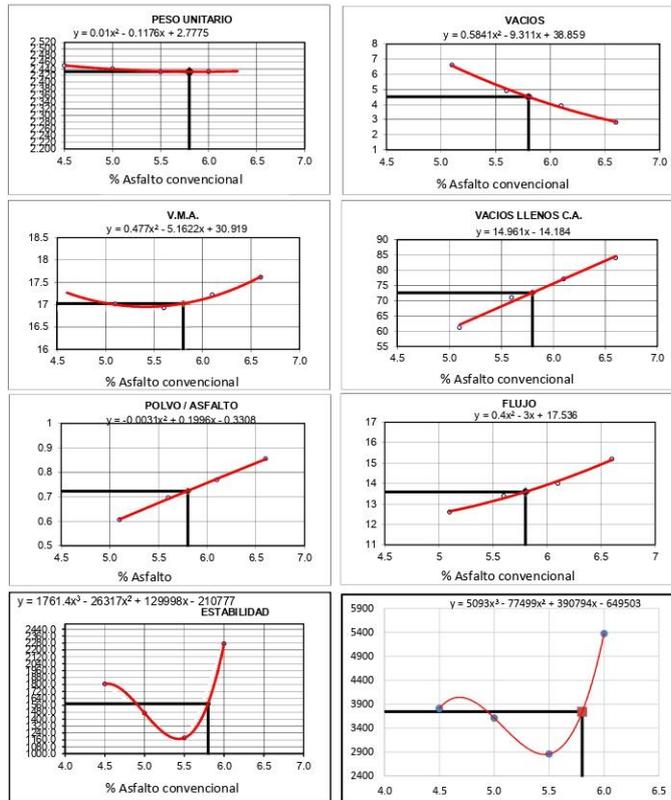
OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



**INFORME**

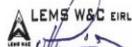
Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 29 de marzo del 2021.


**CARACTERISTICAS MARSHALL AL 75% DE ESCORIA DE ACERO**

	35	35	50	75
GOLPES	35	35	50	75
% C. A.	5.80			
P. UNITARIO	2.432			
VACIOS	4.50		3 - 5	
V.M.A.	17.02	14.0		
V. LLC.A.	72.59			
POLVO / ASFALTO	0.72		0.6 - 1.3	
FLUJO	13.59	8-20	8-16	8-14
ESTABILIDAD (min)	15.46	4.53 kN.	5.44 kN.	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	3741.3		1700 - 4000	

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Ángel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



**LEMS W&C EIRL**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Proyecto : 29 de marzo del 2021.

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de apertura : 29 de marzo del 2021.

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Fimental - Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

AGREGADOS	Piedra	Escoria	Arena	Filler	Total	Tamices ASTM			No. 4	No. 10	No. 40	No. 80	No. 200	
						1"	3/4"	1/2"						3/8"
%	13.5	40.5	44	2	100	100	100	98.7	94.5	83.5	42.1	21.6	13.3	5.9
BRIQUETA N°						1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	% C.A. en masa de la Mezcla					4.50			5.5				6	
2	% Grava > N°4 en masa de la Mezcla					12.89			12.76				12.69	
3	% Arena < N°4 en masa de la Mezcla					42.02			41.58				41.36	
4	% de escoria de acero					38.68			38.27				38.07	
5	% Cemento Portland en masa de la Mezcla					1.91			1.89				1.88	
6	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.018			1.018				1.018	
7	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.696			2.696				2.696	
8	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.652			2.652				2.652	
9	Peso Especifico de la escoria - bulk					2.561			2.561				2.561	
10	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.15			3.15				3.15	
11	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc													
12	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc													
13	Altura promedio de la briqueta cm					6.4								
14	Masa de la briqueta al aire (gr)					1197			1192				1185	
15	Masa de la briqueta al agua por 60 (gr)					1188			1200				1194	
16	Masa de la briqueta desplazada (gr)					708			722				726	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					480			478				478	
18	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)					2.494			2.484				2.475	
19	Peso Especifico Maximo - Rica (ASTM D 2041)					2.63			2.459				2.511	
20	% de Vacuos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3)					5.6			4.6				2.55	
21	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.648			2.648				2.648	
22	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.842			2.831				2.820	
23	Asfalto Absorbido por el Agregado					2.63			2.49				2.35	
24	% de Asfalto Efectivo					1.98			2.63				3.79	
25	Relación Polvo/Asfalto					0.3			0.5				0.6	
26	V.M.A.					10.0			11.4				10.9	
27	% Vacuos llenos con C.A.					48.4			62.4				86.0	
28	Flujo 0.01"(0.25 mm)					11.0			67.4				9.0	
29	Estabilidad sin correr (kg)					1533			1465				1825	
30	Factor de estabilidad					1.14			1.09				1.14	
31	Estabilidad Corregida 27 * 28					1747			1670				2081	
32	Estabilidad / Flujo					4046			5065				5851	

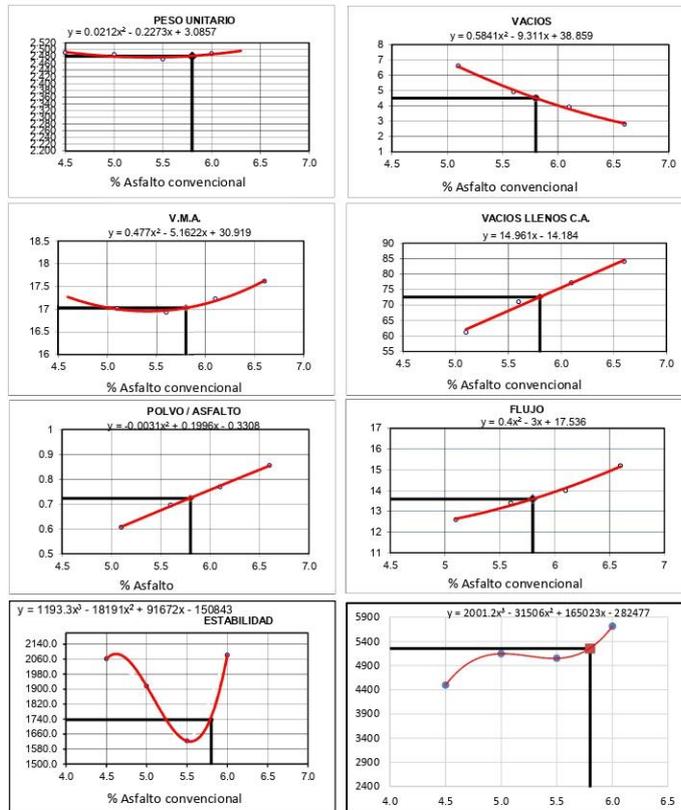
**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



**INFORME**

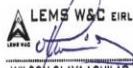
Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 29 de marzo del 2021.


**CARACTERÍSTICAS MARSHALL AL 75% DE ESCORIA DE ACERO**

GOLPES	50	35	50	75
% C.A.	5.80			
P. UNITARIO	2.481			
VACIOS	4.50		3 - 5	
V.M.A.	17.02		14.0	
V.L.L.C.A.	72.59			
POLVO / ASFALTO	0.72		0.6 - 1.3	
FLUJO	13.59	8-20	8-16	8-14
ESTABILIDAD (m/m)	17.02	4.53 kN.	5.44 kN.	8.15 kN.
ESTABILIDAD FLUJO	5252.7		1700 - 4000	

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,



**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. EN ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Ángel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



**LEMS W&C EIRL**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA

Proyecto : Tesis ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE AGERO\*

Ubicación : Dist. Chucayo, Prov. Chucayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de apertura : 30 de marzo del 2021.

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel - Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 1559)**

AGREGADOS %	Piedra 13.5	Escoria 40.5	Arena 44	Filler 2	Total 100	Tamices ASTM			1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
						1	2	3										
BRIQUETA N°						1	2	3										
1						4.50	12.89	12.83	5	5.5	12.76	12.69	12.69	12.69	12.69	12.69	12.69	12.69
2						42.02	41.80	41.80		41.58	41.58	41.36	41.36	41.36	41.36	41.36	41.36	41.36
3						38.68	38.48	38.48		38.27	38.27	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07	38.07
4						1.91	1.91	1.90		1.89	1.89	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
5						1.018	1.018	1.018		1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018
6						2.696	2.696	2.696		2.696	2.696	2.696	2.696	2.696	2.696	2.696	2.696	2.696
7						2.632	2.632	2.632		2.632	2.632	2.632	2.632	2.632	2.632	2.632	2.632	2.632
8						2.561	2.561	2.561		2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561
9						3.15	3.15	3.15		3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15
10						6.4	6.4	6.4										
11						1185	1188	1200	1188	1188	1188	1188	1188	1188	1189	1189	1182	1190
12						1302	1188	1199	1198	1198	1203	1198	1189	1201	1195	1190	1198	1198
13						723	720	725	735	727	736	731	726	738	724	722	723	723
14						479	468	474	468	471	462	472	463	463	471	468	475	475
15						2.495	2.528	2.506	2.564	2.522	2.571	2.538	2.557	2.577	2.524	2.526	2.505	2.505
16						2.63	2.63	2.60	2.60	2.60	2.60	2.58	2.58	2.58	2.55	2.55	2.55	2.55
17						3.9	3.9	4.7	3.0	3.0	1.1	1.5	0.8	0.0	1.0	0.9	0.9	1.7
18						2.648	2.648	2.648	2.648	2.648	2.648	2.648	2.648	2.648	2.648	2.648	2.648	2.648
19						2.892	2.892	2.892	2.892	2.892	2.892	2.892	2.892	2.892	2.892	2.892	2.892	2.892
20						2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
21						1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98
22						0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
23						9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6
24						10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
25						4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
26						50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9
27						82.9	82.9	82.9	82.9	82.9	82.9	82.9	82.9	82.9	82.9	82.9	82.9	82.9
28						66.7	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7
29						98.7	98.7	98.7	98.7	98.7	98.7	98.7	98.7	98.7	98.7	98.7	98.7	98.7
30						2306	2306	2306	2306	2306	2306	2306	2306	2306	2306	2306	2306	2306
31						2132	2132	2132	2132	2132	2132	2132	2132	2132	2132	2132	2132	2132
32						1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
33						2554	2554	2554	2554	2554	2554	2554	2554	2554	2554	2554	2554	2554
34						2820	2820	2820	2820	2820	2820	2820	2820	2820	2820	2820	2820	2820
35						2432	2432	2432	2432	2432	2432	2432	2432	2432	2432	2432	2432	2432
36						9559	9559	9559	9559	9559	9559	9559	9559	9559	9559	9559	9559	9559
37						10333	10333	10333	10333	10333	10333	10333	10333	10333	10333	10333	10333	10333
38						8999	8999	8999	8999	8999	8999	8999	8999	8999	8999	8999	8999	8999
39						10345	10345	10345	10345	10345	10345	10345	10345	10345	10345	10345	10345	10345
40						6608	6608	6608	6608	6608	6608	6608	6608	6608	6608	6608	6608	6608
41						8222	8222	8222	8222	8222	8222	8222	8222	8222	8222	8222	8222	8222
42						10747	10747	10747	10747	10747	10747	10747	10747	10747	10747	10747	10747	10747

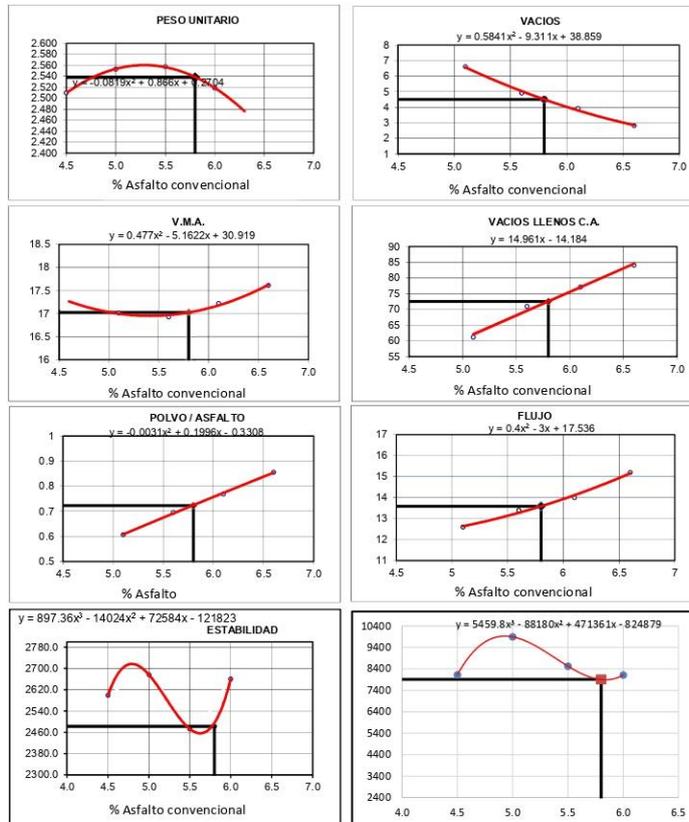
**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante.



**INFORME**

Solicitante : LEYNER OSWALDO CALVA HERRERA  
 Proyecto : Tesis "ESTABILIDAD Y FLUJO DE UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO"  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 30 de marzo del 2021.


**CARACTERISTICAS MARSHALL AL 75% DE ESCORIA DE ACERO**

	75	35	50	75
GOLPES	75	35	50	75
% C.A.	5.80			
P. UNITARIO	2.538			
VACIOS	4.50	3 - 5		
V.M.A.	17.02	14.0		
V. LL.C.A.	72.59			
POLVO / ASFALTO	0.72	0.6 - 1.3		
FLUJO	13.59	8-20	8-16	8-14
ESTABILIDAD (min)	24.33	4.53 kN.	5.44 kN.	8.15 kN.
ESTABILIDAD/ FLUJO	7912.1	1700 - 4000		

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificadas y ensayo realizado por el solicitante,

## **ANEXO IV: Panel fotográfico**

## Panel fotográfico

### I. Visita de canteras y extracción de materiales – Batán Grande - Ferreñafe.



### II. Elaboración de ensayos de los materiales pétreos.



**III. Elaboración del Método Marshall con incorporación de escoria de acero.**





**IV. Elaboración de briquetas patrón y con incorporación de escoria de acero.**



## **ANEXO V: Validez de instrumentos de Juicio experto**

**VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**  
**JUICIO EXPERTO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE**  
**INCORPORANDO ESCORIAS DE ACERO**

**RESPONSABLE: CALVA HERRERA, LEYNER OSWALDO**

**Instrucción:** luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "PRUEBA ESCRITA" con la matriz de consistencia de la presente, le solicitamos que en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

**NOTA:** Para cada criterio considere la escala de 1 a 5 donde

1.- Muy poco	2.- Poco	3.- Regular	4.- Aceptable	5.- muy aceptable
--------------	----------	-------------	---------------	-------------------

Criterio de Validez	Puntuación					Argumento	Observaciones y/o sugerencias
	1	2	3	4	5		
Validez de contenido					X		
Validez de Criterio Metodológico					X		
Validez de Intención y objetividad de medición y observación					X		
Representación y formalidad del Instrumento				X			
<b>Total Parcial</b>				4	15		
<b>Total</b>				4	18		

**Puntuación**

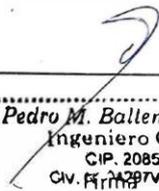
De 4 a 11: No válida, reformular

De 12 a 14: No válido, modificar

De 15 a 17: Válido, mejorar

De 18 a 20: Válido, aplicar

Apellidos y Nombres:	BALLENA DEL RÍO PEDRO MANUEL
Grado Académico:	MAESTRO EN GERENCIA DE OBRAS Y CONSTRUCCIONES
Mención:	GERENCIA DE OBRAS Y CONSTRUCCIONES

  
**Pedro M. Ballena Del Río**  
 Ingeniero Civil  
 CIP. 20853  
 CV. F. 1737VCZRII

**VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**  
**JUICIO EXPERTO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE**  
**INCORPORANDO ESCORIAS DE ACERO**

**RESPONSABLE: CALVA HERRERA, LEYNER OSWALDO**

**Instrucción:** luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "PRUEBA ESCRITA" con la matriz de consistencia de la presente, le solicitamos que en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

**NOTA:** Para cada criterio considere la escala de 1 a 5 donde

1.- Muy poco	2.- Poco	3.- Regular	4.- Aceptable	5.- muy aceptable
--------------	----------	-------------	---------------	-------------------

Criterio de Validez	Puntuación					Argumento	Observaciones y/o sugerencias
	1	2	3	4	5		
Validez de contenido					X		
Validez de Criterio Metodológico					X		
Validez de Intención y objetividad de medición y observación					X		
Representación y formalidad del Instrumento				X			
<b>Total Parcial</b>				4	15		
<b>Total</b>				4	19		

**Puntuación**

De 4 a 11: No válida, reformular

De 12 a 14: No válido, modificar

De 15 a 17: Válido, mejorar

De 18 a 20: Válido, aplicar

Apellidos y Nombres:	<i>GONZALEZ CHAVEZ JOSE LUIS</i>
Grado Académico:	<i>MAESTRO</i>
Mención:	<i>BELENERIA DE OBRAS Y CONST.</i>

  
 Firma

**VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**  
**JUICIO EXPERTO**

**ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE**  
**INCORPORANDO ESCORIAS DE ACERO**

**RESPONSABLE: CALVA HERRERA, LEYNER OSWALDO**

**Instrucción:** luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "PRUEBA ESCRITA" con la matriz de consistencia de la presente, le solicitamos que en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

**NOTA:** Para cada criterio considere la escala de 1 a 5 donde

1.- Muy poco	2.- Poco	3.- Regular	4.- Aceptable	5.- muy aceptable
--------------	----------	-------------	---------------	-------------------

Criterio de Validez	Puntuación					Argumento	Observaciones y/o sugerencias
	1	2	3	4	5		
Validez de contenido					X		
Validez de Criterio Metodológico					X		
Validez de Intención y objetividad de medición y observación					X		
Representación y formalidad del Instrumento				X			
<b>Total Parcial</b>				21	15		
<b>Total</b>				36			

**Puntuación**

De 4 a 11: No válida, reformular

De 12 a 14: No válido, modificar

De 15 a 17: Válido, mejorar

De 18 a 20: Válido, aplicar

Apellidos y Nombres:	RUIZ SAAVEDRA PEPTON JAJD
Grado Académico:	MAESTRO
Mención:	

  
 Firma